

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ**



ВАЖКЕ МАШИНОБУДУВАННЯ. ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

МАТЕРІАЛИ

XX **МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**



КРАМАТОРСЬК-ТЕРНОПІЛЬ 2022

УДК 621.9

Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали XX Міжнародної науково-технічної конференції 01 — 03 вересня 2022 року / за заг. ред. В. Д. Ковальова. — Краматорськ-Тернопіль: ДДМА, 2022. — 228 с.

ISBN 978-617-7889-20-4

В збірнику наведені матеріали до вирішення актуальних проблем важкого машинобудування, конструювання, виготовлення та експлуатації машин, верстатів, інструментів, розробки та впровадження прогресивних енергозберігаючих технологій та ін.

МІЖНАРОДНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Голова

Ковальов В.Д., д.т.н., проф., ректор ДДМА

Співголова

Митник М.М., к.т.н., доц., ректор ТНТУ ім. І. Пулюя

Члени програмного комітету:

Алієв І.С., д.т.н., проф., зав. каф. ДДМА

Антонюк В.С., д.т.н., проф. КПІ ім. Ігоря Сікорського

Васильченко Я.В., д.т.н., проф., зав. каф. ДДМА

Воронцов Б.С., д.т.н., проф. КПІ ім. Ігоря Сікорського

Гасанов М.І., д.т.н., проф., проректор НТУ "ХПІ"

Грицай І.Є., д.т.н., проф. НУ "Львівська політехніка"

Данильченко Ю.М., д.т.н., проф., зав. каф. КПІ ім. Ігоря Сікорського

Дашич П., проф. ВТМІ, Трстенік, Сербія

Заковоротний О.Ю., д.т.н., проф., зав. каф. НТУ "ХПІ"

Залого В.О., д.т.н., проф. СумДУ

Калафатова Л.П., д.т.н., проф. ДонНТУ

Кассов В.Д., д.т.н., проф., декан ФМ ДДМА

Клименко Г.П., д.т.н., проф. ДДМА

Клименко С.А., д.т.н., проф., заст. директора ІНМ ім. В. Бакуля НАН України

Клочко О.О., д.т.н., проф. НТУ "ХПІ"

Луців І.В., д.т.н., проф. ТНТУ ім. І. Пулюя

Майборода В.С., д.т.н., проф. КПІ ім. Ігоря Сікорського

Марков О.Є. д.т.н., проф., зав. каф. ДДМА

Мельничук П.П., д.т.н., проф., почесний ректор ДУ "Житомирська політехніка"

Мироненко Є.В., д.т.н., проф., декан ФЕМ ДДМА

Науменко .О.Л., директор представництва Gertner Servis GmbH в Україні

Панчук В.Г., д.т.н., проф., зав. каф. ІФНТУНГ

Пасічник В.А., д.т.н., проф., проректор КПІ ім. Ігоря Сікорського

Пермяков О.А.,	д.т.н., проф., зав. каф. НТУ "ХПІ"
Петраков Ю.В.,	д.т.н., проф. КПІ ім. Ігоря Сікорського
Равська Н.С.,	д.т.н., почесний проф. ДДМА
Рібайн Ф.,	ген. директор "Heidenhain", Німеччина
Родічев Ю.М.,	к.т.н., с.н.с., завідувач відділу ІПМіц ім. Г.С.Писаренка НАН України
Скальський Є.О.,	директор ВАТ Gertner Servis Україна
Сорока О.Б.,	д.т.н., ІПМіц ім. Г.С.Писаренка НАН України
Струтинський В.Б.,	д.т.н., проф. КПІ ім. Ігоря Сікорського
Ступницький В.В.	д.т.н., проф., зав. каф. НУ "Львівська політехніка"
Тонконогий В.М.,	д.т.н., проф., директор ІПТДМ НУ "Одеська політехніка"
Турчанін М.А.,	д.х.н., проф., проректор ДДМА
Чуприна В.М.,	д.т.н., доц., ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки м. Чернігів
Чухліб В.Л.,	д.т.н., проф., зав. каф. НТУ "ХПІ"
Шелковой А.Н.,	д.т.н., проф., зав. каф. НТУ "ХПІ"
Ehrentreich Torsten,	Dipl. Ingenieur, Berlin, Germany
Volodymyr Hutsaylyuk	Dr hab. Eng., Professor, MUT Institute of Robots and Machine Design Department of Manufacturing Technologies Faculty Mechanical Engineering Military University of Technology
Jarosław Ziółkowski	PhD, DSc, Prof., Military University of Technology WAT • Faculty of Mechanical Engineering
Justyna Żylińska	Dr, rector of Helena Chodkowska University of Technology and Economics in Warsaw
Iwona Przychocka	Dr hab., professor, prorector of Helena Chodkowska University of Technology and Economics

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова	Васильченко Я.В., д.т.н., проф., зав. каф. КМСІТ, ДДМА Кобельник В.Р., к.т.н., доц., зав. каф ТНТУ ім. І. Пулюя
Вчені секретарі	Антоненко Я.С., к.т.н.; Шаповалов М.В., к.т.н.
Члени організаційного комітету	Анциферова О.О. к.т.н.; Буховець В.М. к.т.н.; Залого О.О., к.т.н.; Копейкіна М.Ю., к.т.н.; Лещук Р.Я., к.т.н.; Сенчишин В.С., к.т.н.; Сорокіна Т.О., к.т.н.; Хорошайло В.В., к.т.н.; Юрчишин О.Я., к.т.н.

Ювілей В.Д. Ковальова



Цей рік став ювілейним для В.Д. Ковальова — доктора технічних наук, професора, ректора Донбаської державної машинобудівної академії, широко відомого в Україні та за її межами спеціаліста, вченого та педагога у галузі верстатобудування та машинознавства. 2 вересня йому виповнилося 60 років. Людина дуже працездатна, з високим творчим потенціалом, з неповторною харизмою та чарівністю. Ковальов Віктор Дмитрович народився 1962 року в м. Краматорськ. Навчався у школах №2 та №17. У 1984 році на відмінно закінчив Краматорський індустріальний інститут. Займався спортом — кандидат в майстри спорту з легкої атлетики та багатоборства, переможець та призер багатьох республіканських змагань.

В.Д. Ковальов пройшов хорошу школу професійного зростання — від інженера-конструктора на Старокраматорському машинобудівному заводі та асистента (1985) кафедри металорізальних верстатів та інструментів до професора, завідувача (з 2002 року) кафедри, а відтак і ректора ДДМА. Кандидат технічних наук з 1989 р., доцент кафедри металорізальних верстатів та інструментів з 1996 року, доктор технічних наук з 2001 р. Докторську дисертацію захистив у спеціалізованій вченій раді у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут» за спеціальністю 05.03.01. Процеси механічної обробки, верстати та інструменти". Тема дисертації — «Основи теорії розрахунку та проектування гідравлічних опорних вузлів верстатного обладнання». Вчене звання професора кафедри металорізальних верстатів та інструментів присвоєно у 2003 році. Протягом довгих років він очолює наукову школу «Підвищення якості верстатноінструментальних систем».

Був членом Експертної ради ВАК України (2007–2012 рр), членом науково-методичної комісії Міністерства освіти та науки України, членом Президії Національної Академії наук України, Головою Донецького наукового центру Національної Академії наук і Міністерства освіти і науки України. Неодноразово приймав участь в акредитації вищих навчальних закладів за наказами Міністерства освіти і науки України. Голова Ради ректорів вищих навчальних закладів Донецької і Луганської областей, керівник відокремленого підрозділу Всеукраїнської громадської організації «Спортивна студентська спілка України» у Донецькій області, член Наукової ради Національної Академії наук України з проблем навколишнього середовища і сталого розвитку.

Займається науковою діяльністю в галузі розроблення систем бронювання об'єктів військового призначення; підвищення якості, точності та працездатності технологічних систем, створення нових видів верстатного обладнання; розробки систем адаптивного управління технологічними системами; створення нових опор і передач рідинного тертя для верстатів і машин; створення технологій та обладнання для складнопрофільної обробки; розробки технології та обладнання для зміцнення інструменту, деталей і матеріалів.

Науковий керівник держбюджетних науково – дослідних робіт, які виконуються по результатам конкурсу Міністерства освіти та науки України, а також керівник багатьох госпдоговірних науково – дослідних робіт. Опублікував більше 400 наукових праць, більша частина яких – у фахових та зарубіжних наукових виданнях, має 30 винаходів. Під керівництвом Ковальова В.Д. захищено 1 докторська та 4 кандидатські дисертації, зараз – науковий консультант докторанта та кількох аспірантів, яких з студентських років готував до вступу в аспірантуру.

Голова спеціалізованої вченої ради з захисту дисертацій (м. Краматорськ), член редакційних рад, колегій багатьох фахових збірників і журналів, член програмних комітетів багатьох міжнародних конференцій. Голова програмного комітету щорічної Міжнародної науково-технічної конференції «Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку».

У 2014 році Ковальов В.Д. став лауреатом Державної премії України, у 2018 році – лауреатом премії Кабінету Міністрів України за розроблення і впровадження інноваційних технологій.

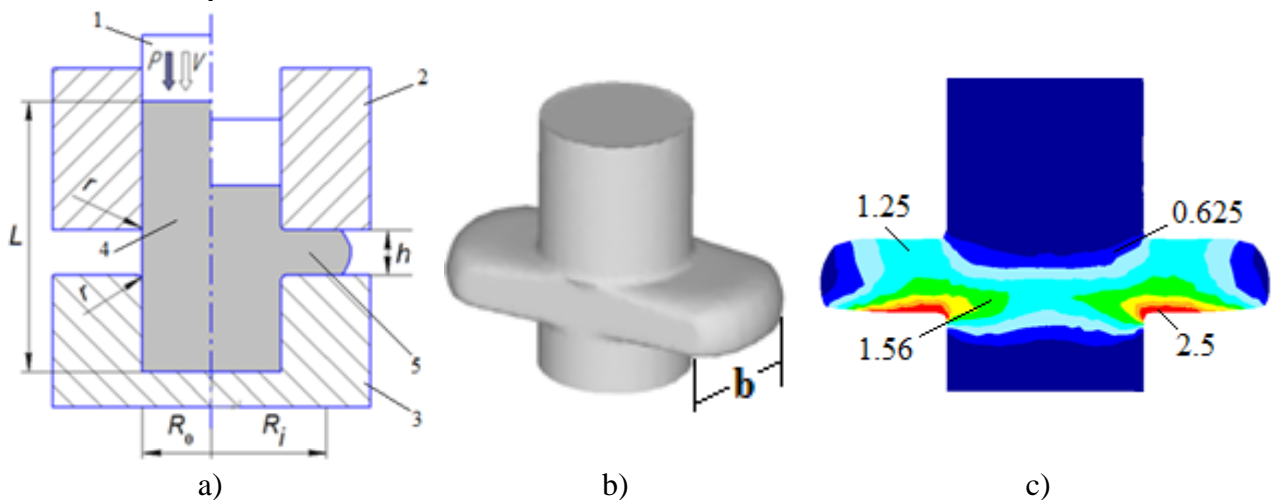
Нагороджений Знаком «Відмінник освіти України», Знаком «За наукові заслуги», Почесними грамотами Міністерства освіти і науки України, Почесною ювілейною відзнакою «100 років НАН України», Знаком «За наукові досягнення» НАН України, Відзнакою командувача Об'єднаних Сил України «За звитягу та вірність» та медаллю.

NUMERICAL SIMULATION INVESTIGATION TO MAKE NON-AXISYMMETRIC PART WITH LATERAL EXTRUSION PROCESS

Abhari P.B., Tagan L.V.
(DSEA, Kramatorsk, Ukraine)

The development of metal forming, finite element method that is a numerical method, increasingly applied with great success in recent years. Lateral extrusion process is one of the main metal forming processes that is used to make different industrial parts such as non-axisymmetric parts. Based on finite element software as DEFORM 3D, in this paper are carried out investigations to get results such as formed part and distributions of effective strain [1].

The die scheme, die geometry parameters, axisymmetric billet dimensions and the formed part for single-ended lateral extrusion process is shown in Fig. 1, as follows: R_0 – the radius of billet ($R_0=15\text{mm}$), R_i – the intermediate branch radius, L – the billet height ($L=100\text{mm}$), h – the branch height ($h=15\text{mm}$), b – The branch thickness ($b=30\text{mm}$) r – the die tip radius ($r=1\text{mm}$), V – punch velocity ($V=1\text{mm/s}$), P – punch load, The friction factors between the billet and tools are constant (Zibel's law, $\mu=0.08$), and also the material used for the simulation is AA 6060 aluminum alloy.



1 – punch, 2 – upper die, 3 – lower die, 4 – billet, 5 – formed part
Fig. 1. a) Die scheme of single-ended lateral extrusion process, b) formed part and
c) distributions of effective strain

It is seemed that in the lateral extrusion process with branch, to design and simulate, some tool parts such as upper, lower dies and movable punch that are all rigid and also billet that is rigid-plastic have been used. Distributions of effective strain (Fig. 1c) in lateral extrusion process with relationship $h/R_0=1.0$ and $R_i/R_0=2.4$ are shown. It can be seen that the effective strain was symmetrical distributed in this process. The maximum effective strain is occurred when material will contact on the lower die to fill die cavity. The calculated amount is $\epsilon_{\max} = 2.5$.

Жирепарыпа: 1. Abhari Payman. The investigation of lateral extrusion process using finite element simulation / Payman Abhari // International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology (IJRASET). – August 2017. – Volume 5. – Issue VIII. – p. 1703–1707. – ISSN 2321-9653. <http://ijraset.com/archive-detail.php?AID=60>, DOI: 10.22214/ijraset.2017.8242.

MODELING THE IMPACT OF WAGES ON STAFF TURNOVER IN THE UKRAINIAN INDUSTRY

Gitis Tetiana

(DSEA, Kramatorsk, Ukraine)

The value of the staff turnover indicator is one of the main features that characterize the degree of efficiency of labor resource management processes of any enterprise. In this regard, the problem of too high staff turnover in the Ukrainian industry deserves special attention. Thus, according to the state statistics service of Ukraine [1], the value of this indicator over the past ten years ranges from 22% to 27% (that is, more than twice the permissible value of 10%). Therefore, this situation needs to be resolved.

The aim of the work is to model the impact of wages on staff turnover in the Ukrainian industry.

According to the results of the correlation analysis, there is a very strong (feedback) relationship between staff turnover and the level of wages in the Ukrainian industry, which is reflected in Table. 1.

Table 1. Correlation between the indicator of staff turnover (Y) and the level of wages (X) by type of economic activity in the industry of Ukraine (formed according to the state statistics service of Ukraine in 2021 [1])

Types of economic activity in industry	Y, %	X, UAH.
Mining and quarrying	14,9	19309
Manufacturing:		
manufactures of textiles	31,2	8761
manufacture of wood articles, paper and printing	29,8	11725
manufacture of chemicals and chemical products	18,7	13768
manufacture of basic metals, fabricated metal products	17,4	16110
manufacture of computers, electronic and optical products	19,5	14997
manufacture of electrical equipment	22,9	12508
manufacture of machinery and equipment not elsewhere classified	21,8	13012
manufacture of motor vehicles, trailers and semi-trailers and other vehicles	25,5	13572
Electricity, gas, steam and air conditioning supply	13,8	19752
Correlation coefficient		-0,9167

The analytical form of the detected relationship can be represented as a regression model:

$$Y = 44,6293 - 0,0016 * X \quad (1)$$

Consequently, if the salary level increases by UAH 1000, the probability of reducing staff turnover in industry will be approximately 1.6%.

In conclusion, the regression model (1) allows predicting the dynamics of the turnover rate, as well as increasing the efficiency of the processes of forming and improving the mechanisms of material motivation of personnel of manufacturing enterprises in Ukraine.

References: 1. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>

APPLICATION OF THE AUTOMATION ENGINEERING METHODS FOR THE STABILITY OF A COMMERCIAL BANK ANALYSIS

¹Gitis V., ²Zahorodnikh D., ³Gitis I.

(¹DSEA, Kramatorsk, Ukraine, ²DSEA, Kramatorsk, Ukraine, ³NURE, Kharkiv, Ukraine)

A commercial bank is a complex system whose financial activities are subject to various kinds of risks. This creates significant difficulties in planning its financial activities.

At the same time, if we consider a commercial bank as a cybernetic system of financial flows, it becomes possible to make informed planned decisions on its financial activities based on the use of methods of economic and mathematical modeling and modern information technologies.

Nowadays, the modeling of banking activity attracts special attention due to the fact that bank models are the main element of the decision support system in the process of optimizing financial strategy. Financial modeling makes it possible to effectively analyze complex and uncertain situations related to strategic decision-making and is a tool for bank managers.

The main purpose of the study of banking dynamics is to ensure the sustainable functioning of the commercial bank in general, as well as individual indicators that are components of the banking system.

Based on the works [1] and [2], an extended block diagram of the bank's asset model was developed, shown in Fig. 1.

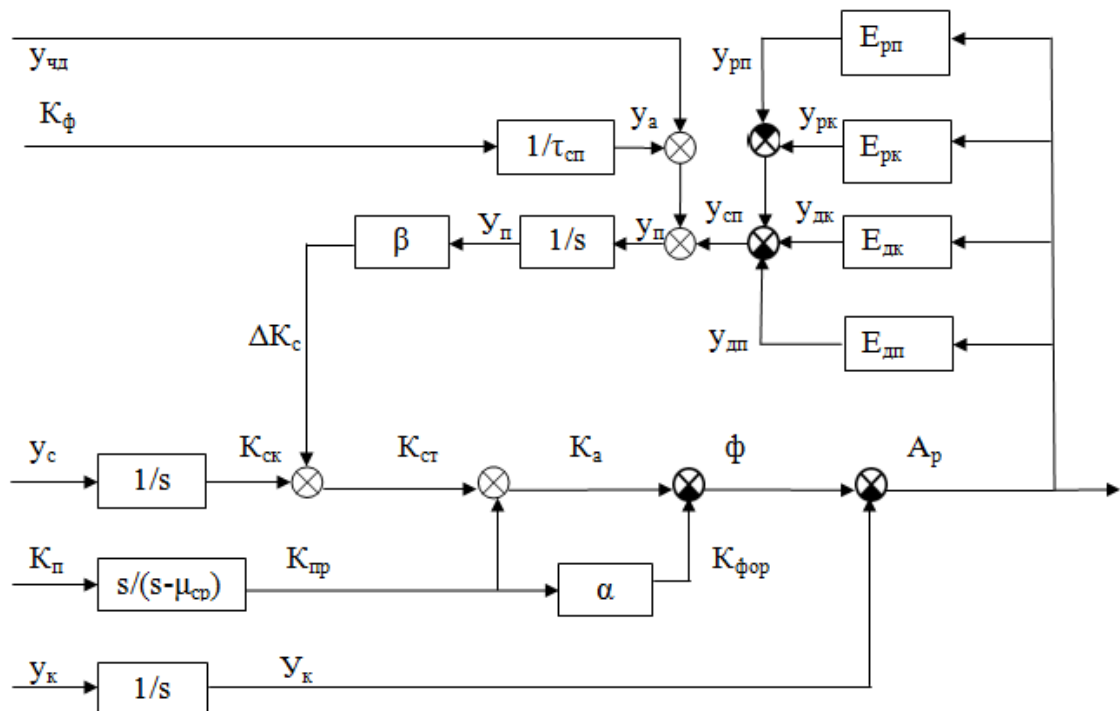


Fig. 1 – Block diagram of the bank's asset model.

In the diagram, which is presented above, the following designations are adopted:

α – the share of the mandatory reserves fund in the attracted resources;

β – the income tax rate;

ΔK_c – the increase in equity;

μ_{cp} – the annual growth rate of attracted resources;

$\tau_{cп}$ – the useful life of depreciable assets;

A_p – the amount of working assets of the bank;

$E_{дк}$ – commission yield;

$E_{дп}$ – profitability interest rate;

$E_{рк}$ – commission expense;

$E_{рп}$ – interest expense;

K_a – the amount of the bank's assets;

$K_{п}$ – funds raised;

$K_{пп}$ – capital raised;

$K_{ск}$ – the amount of equity;

$K_{ст}$ – the bank's own current funds;

$K_{ф}$ – fixed assets;

$K_{фор}$ – funds of the mandatory reserves fund;

y_a – depreciation expense flow;

$y_{дк}$ – commission income;

$y_{дп}$ – interest income;

y_k – capital investment flow;

Y_k – capital investment amount;

$y_{п}$ – profit;

$y_{рк}$ – commission expenses;

$y_{рп}$ – interest expenses;

y_c – own funds flow;

$y_{cп}$ – the amount of the main profit;

$y_{чд}$ – profit from non-core activities.

To study the obtained system for stability, the methods of the automation engineering were used – the algebraic Hurwitz criterion and the graphic-analytical Mikhailov stability criterion. Furthermore, an information system was developed that implements a block diagram.

In conclusion, the developed system allows analyzing the dynamics of indicators, which gives an idea of the nature and speed of changes in indicators over time, as well as the possible state of indicators in the future. Furthermore, the system allows you to identify the most problematic segments of the bank's activities and their negative impact on the commercial bank as a system.

References: 1. Царьков В. А. Применение кибернетических моделей для стратегического управления банком / Царьков В. А. // Аудит и финансовый анализ. – 2009. – № 1. – С. 321-326. 2. Антонюк О. А. Применение математической модели Гурвица для определения устойчивости банковской системы // Вектор науки: ТГУ. – 2012. – № 2. – С. 202-206.

COOLANT LUBRICANTS USAGE FOR CHIP REMOVAL

Gnytko O.M., Kuznetsova A.V.

(National Aerospace University named after M. Ye. Zhukovskiy “Kharkov aviation institute”, Kharkov city, Ukraine)

The steadiest tendency of modern mechanical engineering effecting is the continuous increase of its productivity and qualities of issued production. It determines a urgency of paths looking up of engineering operations efficiency increase not requiring scale costs of perfecting of the capital equipment.

One of such paths bases on the concept of coolant lubricants usage complex, first of all, in conditions of an automated production, for the solution of following problems:

- deleting a chip from a cutting zone;
- clearing of a cutting tool of the stuck chip;
- clearing of base surfaces of machine tools, appliances and bars;
- deleting a chip before assembly;
- transportation of small-sized parts to a place of assembly, relative orientation and assembly of parts in ink-jet assembly automatic control units;
- protection from infiltrations of grains into surface layer of bar treated by abrasive tools;
- surface hardening of parts.

For implementation of a considered direction of an automated production efficiency increase, the complex system of usage in an automated production is shown from system stands envisioning consideration of composite technical objects as of integrated systems, structural units, consisting of sets interacting among themselves and to an environment. Pursuant to it, the body of interest is reviewed as set of several subsystems having definite functional independence and interacting among themselves, with modules and with an environment. The system submission of object research has allowed elaborating its structurally functional scheme, in which one except for interconnection between subsystems and modules, there are interconnection between mathematical models depicting operation of separate modules and a system as a whole. The operation of each of modules is described by one or several mathematical models.

To number rather effective (and it is enough apparent) of directions of coolant lubricants usage complex deleting a metallically chip from a working area concerns at milling T-shaped grooves at the expense of hydrodynamic impact of pressure head sprays of working fluid.

At the same time, the capability of effective well-timed deleting of a chip of grooves by the conventional generally accepted methods and means, especially in conditions of a computer aided production, practically is eliminated. The listed circumstances, in aggregate with tendency to a maximum raising the productivity of processing of grooves, cause necessity of deleting of a chip which is generatrix on

operations of their milling, at the expense of pressure head sprays coolant lubricants usage.

At the same time, now practically there are idealized mining and indispensable computational relations for definition of rational values of parameters of systems of pressure head sprays, executing power hydrodynamic impact, coolant lubricants on a separated chip with the purpose of its deleting from a working area. The creation conforming mathematical and software causes necessity of simulation of working processes of considered systems.

With the purpose of mining techniques of definition of rational parameters of considered systems and conforming computational relations the integral mathematical model of quality assurance of T-shaped profile grooves is built at their milling.

Two basic versions of operation model implementation of a deleting system of a chip - verifying and computational are envisioned. The verifying version is oriented on definition of option values of a roughness of job surfaces, outgoing from set values of parameters of a system of deleting of a chip (diameter of a nozzle, pressure of working fluid, spacing interval from a nozzle up to a displaced chip). The design version envisions of required values definition of a chip deleting system parameters, outgoing from a set value of parameter of a roughness of job surfaces.

The integral model of a chip deleting system operation as the basic components actuates four individual mathematical models: model of hydrodynamic impact of pressure head sprays; model of moving of a body of a draw derivate by a removed chip; model for definition of a drag coefficient to moving of a body of a draw; model of quality of surfaces.

For model building for definition of a drag coefficient to moving of a body of a draw the experimental researches on a special full-scale bench are conducted. It is established, that the time history of a resistance force to moving of a body of the draw which has been compounded of a metallic chip, has the expressed periodic non-linear nature, close to vibratory process. This regularity takes place for all kinds of a chip and option values of a roughness in studied range. The obtained outcomes it is good corresponds with available submissions about change of friction force by activity of pairs of friction in a damage zone, described by grasping, crumpling, scratch and other pathological processes.

The indicated nature of resistance forces change to moving of a chip causes expediency of integral mathematical model implementation by methods of simulation modeling.

Most perfect and friend medium of simulation modeling for the solution of put problems is the packet of simulation of dynamic systems Simulink, included in structure of the amplate version of systems of the class MATLAB.

Ground above-stated the design version of an integral simulation model of operation of systems of deleting of a chip by pressure head sprays coolant lubricants is designed at milling T-shaped grooves oriented on definition of optimum parameters of such systems.

IMPROVEMENT OF ENGINEERING PERSONNEL TRAINING IN SCIENTIFIC CIRCLE

Kravchenko V.I., Jartovsky A.V., Avraimov A.I.

(DSEA, Kramatorsk, Ukraine)

One of the components of the modern stage of engineering education system development and training of highly qualified personnel for enterprises of heavy engineering industry is teaching future specialists the basics of scientific-research activities. Every educational program in all the areas of training assumes the formation of research competence. It is important to improve the system of acquiring practical skills and abilities to effectively solve real professional problems. For this purpose, the scientific student's circle successfully applied for improvement of earlier received by the student complex academic knowledge and practical abilities and skills can be used [1,2]. But this form of training in the new conditions of quarantine and emergency states requires adjustments towards the transition from face-to-face training to remote access training. The aim of the work is to improve the training of engineering personnel through modern information technologies of remote access. Objectives of the work: - study and analysis of modern means of remote access: - development of the concept of a social network for bloggers - students of the circle. Analysis of existing Internet software has shown that in terms of speed of access to Internet resources is expedient to use stream - broadcast live over the Internet with a specially created blogger social network with a donation service. In terms of training, this can be a message (demonstration) which is broadcast in real time by the head of the circle for his listeners with the support of the developer of the network. In this case, the organizational structure would consist of the leader, the mugshots and the developer. When a donation message is sent, the leader will receive notifications and a larger portion of the donation. The developer will receive a smaller portion, as a percentage of the donation. Thus, the development of a social network facilitates the communication of mug-bloggers with the audience will improve the quality of engineering training through the sustainable acquisition of research competence. The further course of the research implies the transition from a network based on individual sites to an independent social network.

References:

1. V. Kravchenko. Improvement of teaching computer graphics and related disciplines in the permanent elective course / В.І.Кравченко, А.В.Жартовский, Е.И.Донченко, С.С. Гурковская//Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Комп'ютерна графіка та розпізнавання зображень» – Вінниця, грудень 2018 у 2 т. , т.2, С. 89 – 92.

2. Кравченко В.І., Жартовський О.В.Научный кружок - модель совершенствования математической подготовки студентов направления компьютерные науки и смежных специальностей. Збірник наукових праць за матеріалами дистанційної всеукраїнської наукової конференції «Математика у технічному університеті ХХІ сторіччя». –Краматорськ, ДДМА, 2019, С.177- 180.

DEVELOPMENT OPTIMAL CONTROL FOR SHAPE FORMING PIECES TURNING ON CNC LATHE MACHINE

Petrakov Y., Ezenduka J.

(Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Kyiv, Ukraine)

When programming turning contouring operations on CNC lathes, it is recommended to use the G71, G72, and G73 rough contouring canned cycles followed by the G70 finishing cycle [1]. The machining efficiency is determined by the cutting mode, which contains three components: depth of cut, feed and spindle speed. All these parameters are not automatically offered in the CAM system, but are assigned by the technologist, which often leads to errors and losses.

The objective is develop a programming technique for standard cycles of turning shaped surfaces with the determination of the optimal cutting mode and possible correction of the shaping trajectory at the finishing pass.

The problem of optimizing the turning process was formulated as a single-criterion task with an objective function $f = FS \rightarrow \max$, where F is the feed, S is the spindle speed. The solution is performed by searching for the maximum on the phase plane “longitudinal feed – spindle speed”, which is determined by the coordinates of the vertex of the area of admissible values formed by the intersection of restrictions on roughness, tool life, allowable cutting power or feed force [2]. To determine the optimal cutting mode, a specially created simulation program was used (Fig. 1).

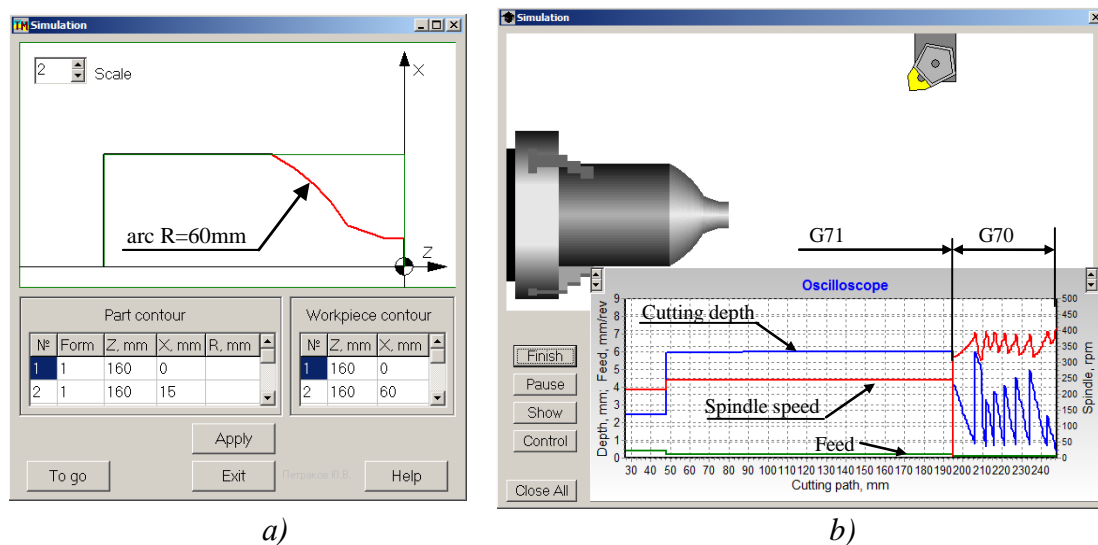


Fig. 1. Machining simulation

Resume: To determine the optimal components - feed and spindle speed - during turning, a simulation program is proposed, where the optimization problem by the criterion of maximum productivity is solved and is presented in the form of control files, according to which a control program can be compiled in G-codes.

Жирепарыа: 1. FANUC CNC TURNING ALL PROGRAMMING MANUAL. Available: http://tctechology.com/cgi-bin/content/view.php?data=fanuc_cnc_turning_all_programming_manual&filetype=pdf&id=cec185b14ecaf5d106bb335e27ca239b 2. Y.V. Petrakov, “Metodi upravlinnya protsesami rizannya”, *Visnik ZhDTU*, No. 2(80), pp. 124–134, 2017. [https://doi.org/10.26642/tn-2017-2\(80\)-124-134](https://doi.org/10.26642/tn-2017-2(80)-124-134).

ANALYSIS OF APPROACHES TO SOLVE OPERATIONAL DISORDERS IN THE SUPPLY CHAIN CAUSED BY FINANCIAL PROBLEMS

¹Rajabzadeh M., ¹Emtehani F., ²Zaloga V., ²Ivchenko O.

(¹Mahallat Institute of Higher Education, Mahallat, Iran, ²Sumy State University, Sumy, Ukraine)

In the literature on «operational management», the attention of researchers is most often concentrated on the flows of goods and services without taking into account the influence of the degree of capital availability and, accordingly, the financial situation on a particular operation. It should be noted that indeed, in cases where financial markets are efficient, for example, when external financial resources are abundant and relatively cheap, and companies have sufficient budgets for day-to-day operations, then operational and financial decisions can be made separately. In this series of studies, it is assumed that a company can always finance its operation (activity) at an optimal level or take loans with a fixed interest rate. In such cases, it practically turns out that the subdivision that is located downstream in the supply chain (flow) pays for the inventory ordered from the subdivision higher.

It should be noted that operational decisions can be highly limited by working capital and rather highly dependent on external funding. Insufficient attention to the issue of organizing financial flows depending on physical ones, which is quite often observed at the present time, in practice can lead to unreasonable disorders in the activities of companies and, accordingly, to a sharp decrease in the effectiveness of the entire supply chain. It should also be borne in mind that budget constraints even for one member in the supply chain can significantly affect the financial activities of all participants (members). Therefore, to improve the effectiveness of the supply chain, financial flow management is just as important as physical flow management. However, at present, the relationship and interaction between operations and finance, unfortunately, are still insufficiently studied and many real hypotheses in this category of researches are most often ignored. Over the past few years, the simultaneous optimization of operational and financial decisions has increasingly attracted the attention of some researchers, since the financial activities of a company and the market can have a significant impact on operational decisions. Despite the fact that budgetary shortage is largely a common constraint for corporate operational decisions, so the degree of interaction between operations and finance is still rarely covered in the literature, as a result of which it can be argued that it has not been sufficiently studied and researched to date. It should be noted that in previous studies of the interaction of operational and financial decisions, the main focus was on improving corporate operations, as a rule, for only one type of product by balancing material flows with financial flows, while largely ignoring possible budget constraints. However, this

approach is often unacceptable, especially in cases where the relationship between buyer and seller is formed in a relatively large number of types of products. This study, in addition to integrating physical and financial flows into a more complex supply chain of several types of products, also considers the conditions of a possible financial crisis, for example, due to a shortage of budget, financial constraints and occasional high financial costs, which tend to disrupt operational flows.

The purpose of this study is to study and find ways to solve some financial problems associated, for example, with a shortage of capital, constrained financial capabilities, high cost of credit financing, etc., with which operational managers may face in practice, and which can significantly disrupt operational company flows and, accordingly, influence the activities of the entire supply chain. Operations managers usually, regardless of the financial situation of the company, try to optimally plan operational flows. The question is, what will be the impact on the quality of the supply flow if the company faces financial problems in practice? Will operational plans remain optimal under these circumstances? What should operations managers do to prevent such disruptions, and how can they remain competitive despite financial problems? This study is aimed at creating an integrated model for making operational and financial decisions based on the example of a structure that sells newspapers, magazines and similar products, which would allow answering exactly these questions. The considered supply chain may have several members.

The supply chain assumed in this study consists of one manufacturer and several suppliers of raw materials. The manufacturer faces complex financial problems, such as a shortage of budget and, accordingly, there are financial constraints. The manufacturer, based on the probable demand for the final product, as well as on the study of the financial situation of the company, decides on the activities for inventory (availability), as well as for the realization of products, taking into account the financial capabilities of the company, including, for example, the possible timing of debt repayment (if required) for the purchase of raw materials and financing of certain types of company activities. Two methods of financing are considered, including financing through appropriate financial institutions and financing through commercial loan. At the same time, the purpose of such financing is to maximize the expected profit from the sale of products, taking into account the costs of inventory, production and the necessary financial management.

Thus, the analysis of the problem shows that due to constrained financial capabilities, the manufacturer must take into account constrained credit capabilities when planning an operation. Otherwise, the practical implementation of the adopted operational decisions in a real situation will become partially or completely impossible, and the company in this business will fail. Consequently, the integration of operational and financial decisions in such circumstances is inevitable, i.e. the need for such integration is obvious. At the same time, if the manufacturer is able to take loans

without any limitations, then he can first decide on the required production volumes, and then calculate the amount of the loan, which will support a successful operation and determine the time of payment of his debt. Accordingly, this study compared integrated decision-making and a separate (traditional) decision-making process for the case when there are no constraints on financial capabilities, for different rates of external financing (loan). In Fig. 1 shows the corresponding results.

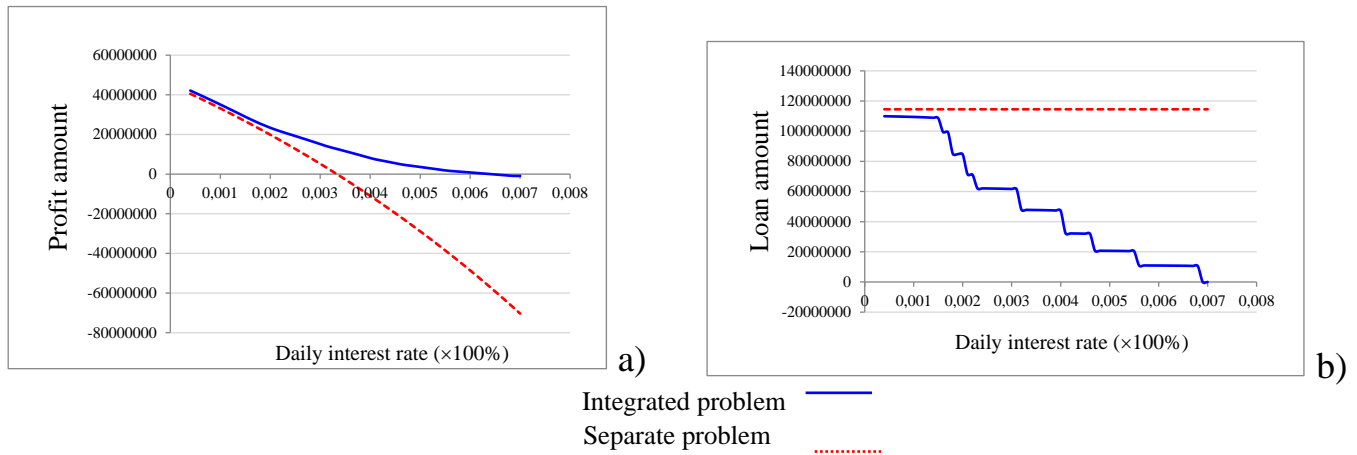


Fig. 1. Profit (a) and loan (b) amounts in integrated and separate problems for different interest rates

As expected, interest rates and loans will decline as the daily interest rate increases. The results show that the interest and loan amount in the integrated decision-making process is greater and less, respectively, than the interest amount and loan amount in the traditional decision-making process. However, at lower interest rates, the difference is small. But as interest rates rise, the gap widens, and the interdependence of operations and financial decisions become obvious. If the daily interest rate on the loan is between 0.0034 and 0.0064 (Fig.1a) and the manufacturer makes a decision in accordance with the integrated model presented in this study, production can still be profitable (in the extreme case, not unprofitable) – blue curve. But in the case when the manufacturer follows the traditional method, if the daily interest rate of external financing is more than 0.0034, the business will crash – red curve. Thus, in general, it can be said that when production in accordance with the traditional decision-making process due to the high cost of debt is unprofitable, then if the manufacturer makes a decision based on the integrated model developed in this study, it may still be profitable, stay competitive and maintain market share. This result can be very interesting for managers who can remain competitive in complex economic conditions due to a shortage of budget and high financial costs.

This research also studied the effect of financing through commercial loans on the profitability and amount of loans to manufacturers when interest rates change (rise). The results are shown in Fig. 2 and 3.

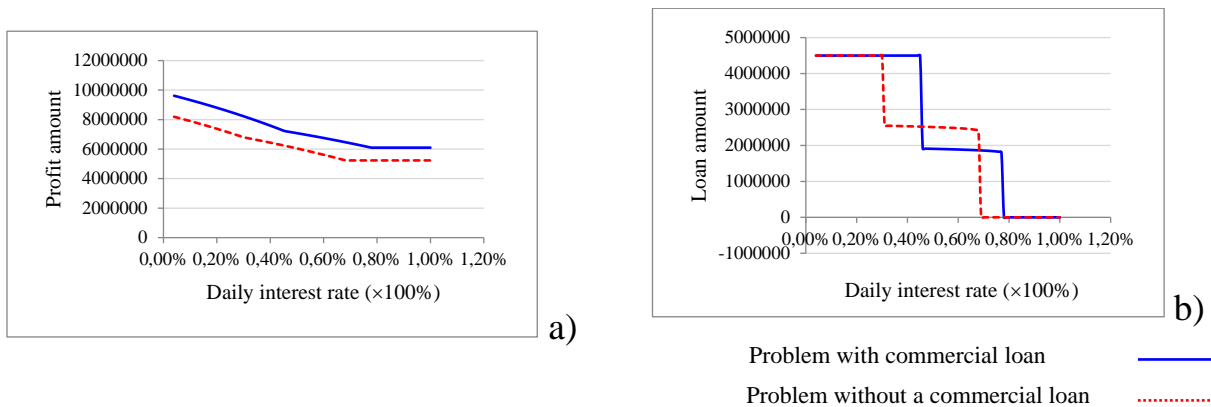


Fig. 2. Profit (a) and loan (b) amounts with and without commercial loan for different interest rates

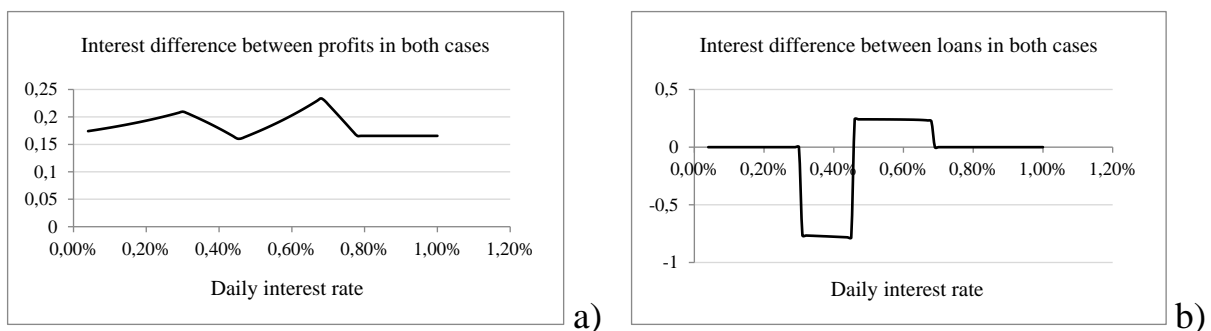


Fig. 3. Interest differences between profits (a) and loans (b) for different amounts of interest rates

A MODEL OF CUSTOMER KNOWLEDGE MANAGEMENT: PROBLEMS OF IMPLEMENTATION

¹Rajabzadeh M., ¹Khosravi A., ²Zaloga V., ²Ivchenko O.

(¹Mahallat Institute of Higher Education, Mahallat, Iran, ²Sumy State University, Sumy, Ukraine)

According to the overwhelming majority of scientists and experts, the development of customer knowledge management (CKM) in organizations as a management tool improves the quality of products and services, which, in turn, increases their competitiveness in the national and international markets. In fact, CKM helps improve business processes for high quality as well as new products and services. In this way, CKM can increase customers satisfaction and organizational efficiency, leading to higher profits and increased competitiveness, but development of CKM comes with real problems. Organizations are facing technological, organizational, and human problems as CKM evolves.

Obtaining knowledge from external sources such as customers is more difficult than obtaining knowledge from internal sources such as employees. Therefore, the application of CKM technologies is considered to be a difficult task. In addition, the obstacles to the implementation of customer relationship management (CRM) systems in companies highlight the need to solve this problem. In fact, it is difficult to create mechanisms and technologies for obtaining customer knowledge in organizations. CKM is considered to add value to organizations as customer knowledge is the most valuable knowledge for customer knowledge-oriented organizations.

The results of the analysis of scientific works done in the field of CKM in enterprises show the lack of a comprehensive study of the problems of CKM in companies, which is the motivation for this study. Therefore, the first purpose of this study is to analyze the literature to study the problems of CKM and classify them on the basis of the "Orlikovsky theory", according to which, CKM problems can be divided into three categories: "technological", "human" and "organizational". According to a review of the literature based on the fact that the development of CKM includes different stages, in this study, CKM consists of six stages. Therefore, the next purpose of this study is to provide a step-by-step model for the development of CKM that highlights the basic process of CKM. This research can be useful for companies if they coordinate their strategies and ideas based on this model for CKM. They can also identify common positions within companies about CKM and the challenges they face and steps they can take.

According to this study, lack of top management commitment to CKM, poor communication, lack of cultural readiness and lack of customer management skills are barriers to development and implementation of CKM. It has been found that the most important problems in the effective implementation of CKM are organizational rather than technological problems. It is clear that the problems are not limited to the problems proposed here. In fact, depending on the environment, the complexity of projects, and other variables, various problems can arise. However, the perception of the key features of the problems helps to identify some key elements that can contribute to the development of reliable and sustainable CKM systems. The problems of each CKM process were then mentioned. In this study, human problems were found to be the most important problems in the process of acquiring knowledge. In the process of storage, technological problems are more serious. In the processes of distribution and deployment (application), more attention is paid to human and organizational problems. However, organizational problems such as strategy and top management commitment can trigger other problems. For example, if an organization's top management does not support a CKM program, specialized human resources and an advanced technology infrastructure may be useless for successful CKM.

In addition, this study developed a "step-by-step CKM model" in which all steps (stages) were mentioned along with the challenges of each step (Table 1).

Table. 1 – The proposed stepwise model for CKM

Main problems			Processes of interest	Stages of CKM
Human	Organizational	Technological		
---	---	---	---	1. Lack of information
Motivational problems, Competence problems, Lack of customer engagement, Trust problems	CKM strategy problems, Top management support	Problems of IT ¹ -infrastructure, Storage of accumulated knowledge	Obtaining, storage	2. Knowledge storage
Competence problems	Top management support	Problems of IT-infrastructure, Knowledge Map, Knowledge Organization	Storage, organization	3. Knowledge reference map
Motivational problems, Competence problems, Trust problems, Privacy problems	Structural problems	Problems of the cooperation system, Problems of social networks	Sharing	4. Platform for cooperation
Trust problems, Competence problems	Cultural problems, customer knowledge used in business processes	Social networks problems, Problems related to CKM assessment	Increasing the use of knowledge	5. Organizational learning
Competence problems, Motivational problems	Cultural problems, Customer knowledge used in business processes	Problems related to CKM assessment	Action-oriented usage	6. Quality and organizational innovation

Then the process of CKM was identified and discussed, which should be considered more seriously at each stage. In this model, each stage refers to a specific stage in the development of CKM in an organization. In the proposed model, some enabling conditions are more related to specific stages than others. Table 1 outlines the stages of CKM and emphasizes that organizations should focus on the specific process of CKM at each of these stages. This table also shows the main problems at each stage, which must be solved by organizations. In this table, problems are classified into "technological", "organizational" and "human". Using this model, companies will be informed about the status of CKM in their companies and the current stage of development of their company. However, more research is needed to find solutions to the problems at each stage and at the stage of application of CKM in organizations, through which companies can achieve an innovative culture.

THE REDUCTION OF EQUIPMENT DOWNTIME BY RESUMING PERFORMANCE OF A LARGE-MODULAR SHAFT GEAR

Ryazantsev A.O., Nechaev V.P., Fedusov V.O.

(Kryvyi Rih National University, Ukraine)

Large-sized and coarse-grained tooth gears are of widespread occurrence in industry. For example, ball mills, suitable for crushing of various ores, coal, and other raw materials, are built up with open tooth gear, teeth module of which equals $m = 20 \dots 34$ mm, face width $b = 600 \dots 1000$ mm [1]. Gear drive takes the leading place in mechanical systems and the industrial safety and output quality depends on its current technical condition.

The large gear gears are one of the most loaded and responsible elements of the mill, which determines the reliability and durability of the equipment as a whole. Repair and replacement of such gear gears of mining machines requires the decommissioning of the main production equipment and the stop of the technological line leading to significant losses. The analysis of damaged gears shows that their premature failure is due mainly to the destruction processes in the surface layers of the teeth [1]. They are operated in conditions of impulsive-cyclic subgrade loads, which cause high requirements for the loadbearing of gear drive. The common modes of failure of open gears are mechanical wear along with abrasion and also bending fatigue failure as a result of wear or improper operation and installation. As a consequence, emergencies often occur in the operation of the mill, particularly the premature failure of the expensive shaft gear.

Exploitation experience and experimental research show that service life of gear rim is determined by economic aspect, not physical capacity. Currently «Yuzhniy GOK» Mining and Processing Plant of Kriviy Rig is not using the technology to restore some broken or worn teeth of shaft gears. During 2020 – 2021 more than 10 million UAH were invested for the purchase of the given details. The wait for spare parts is 100 days net, which causes large downtime of mining equipment.

The purpose of the work is to reduce purchase costs of the new commodities and materials and to decrease the wait time by the maintenance technology of shaft gear restoration.

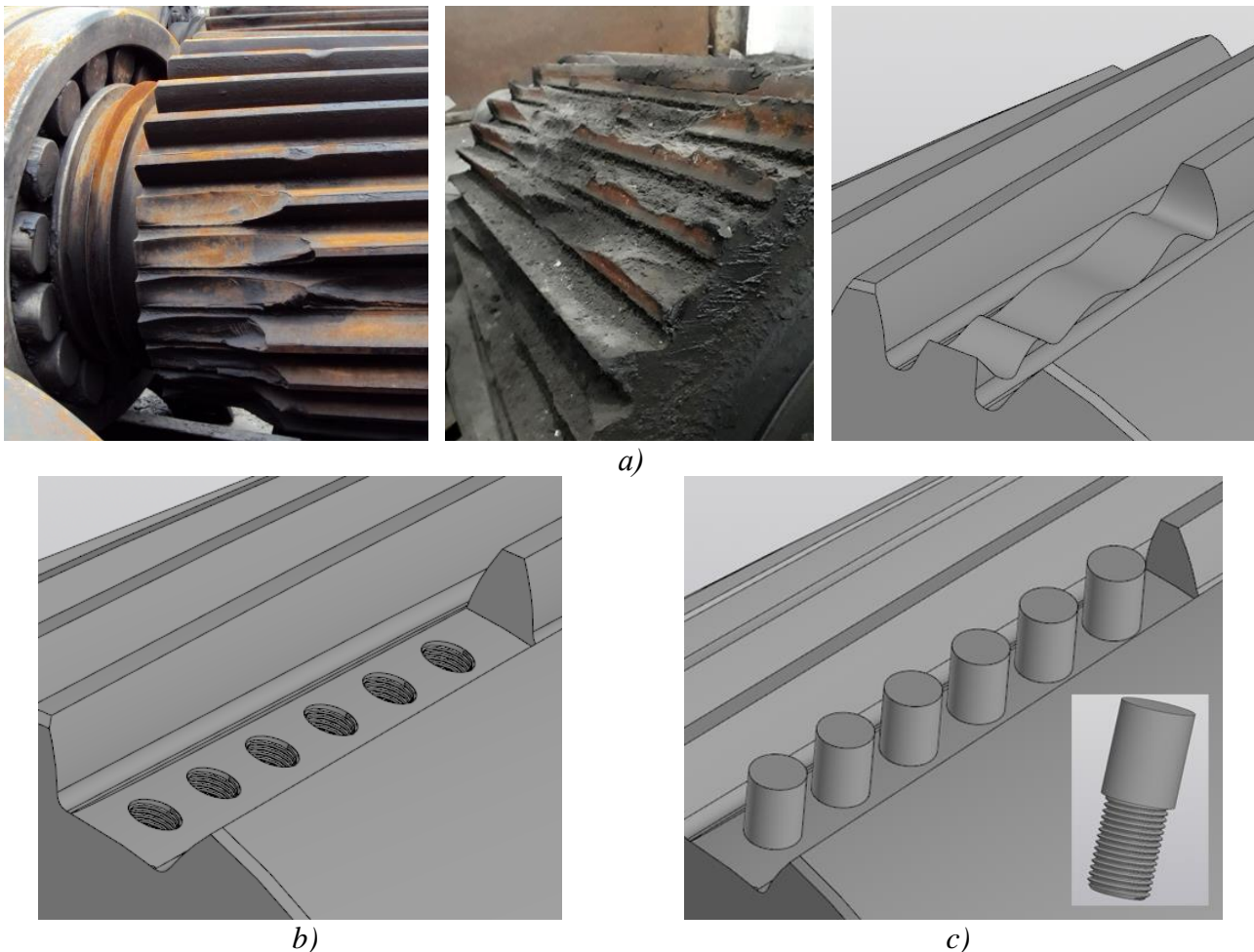
As a rule, ring gears with the worn teeth are not restored but replaced with new ones. However, the considered shaft gears are high-priced details that have not exhausted their service life in most cases. Therefore, it is recommended to apply the restoration of the ring gear.

There are a number of methods to restore the teeth [2], but for the teeth of wide wheels it is worth applying the restoration by "soldiers" which are installed on the thread in the previously prepared wheel rim and then they are brazed. The presence of so-called "soldiers" will give the necessary rigidity and prolong the life of the shaft.

The sequence of work is as follows (fig. 1):

1. Milling the broken area of the tooth, preparing the surface for the following mechanical operations.
2. Drilling the holes.

3. Thread cutting.
4. Installation of studs-soldiers.
5. Brazing. The method of automatic submerged-arc welding.
6. Milling the tooth profile.



a) broken tooth; b) milled tooth with holes; c) installation of "soldiers"

Fig. 1. Stages of gear shaft tooth restoration

The advantages of implementing this technique:

1. Short time for repairing. Time required: 10 teeth – 226 hours or 10 days.
2. Low cost price compared to the method of wrapping banding. The cost of repair: 10 teeth – 117400 UAH.
3. Reducing the cost of purchasing new shafts. Compared with the cost of a new shaft (653666 UAH, 100 days of manufacturing) we get: 10 times less time needed, 6 times cheaper.

References: 1. Nechaev V.P. Details loaded surfaces plasma strengthening [Текст] / V.P. Nechaev, A.A. Ryazantsev // “Innovative development technologies for mining. Multi-authored monograph”. – Sofia: Publishing House “St.Ivan Rilski”. – 2018. – P.394-415. – ISBN 978-954-353-351-0. 2. Кулешков, Ю. В. Відновлення зношених шестерень пластичним деформуванням / Ю. В. Кулешков, В. Ю. Мирний, В. С. Пікаш // Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту : Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. – Кропивницький: ЦНТУ, 2018. - С. 145-153.

ANALYTICAL CALCULATION OF THE PRIMARY MEASURING TRANSDUCER OF OPTICAL TYPE

Subotin Oleg V., Sus Stepan P.

(DSEA, Kramatorsk, Ukraine)

The proposed interpretation of the mathematical model of the optical type primary measuring transducer (PMT) allows to make the calculation of power distribution radiation $P(x)$ at the photo detector at different values of the reflection coefficients K_{ref} and channel length, as well as to determine the optimum length of the channel in which the reflected optical signal is surely fixed at the receiver of the converter [1,2]. During the simulation of the PMT by varying generalized methods and variable elements the new technical solutions according to the requirements were searched [3,4]. Then, in the PMT, realizing optical location, the total power of radiation incident on the photodetector (PD) is equal to:

$$\frac{P(x)}{P_o} = K_{ref} \left[\exp(-K_x X) + \exp\left(-K_x X \int_{\gamma}^0 \frac{1}{\cos \gamma} d\gamma\right) \right]. \quad (1)$$

Where $P(x)$ – power distribution radiation; P_o – power on the photodetector; K_{ref} – reflection coefficient; K_x – natural losses in the optical signal propagation channel (OSPC), X – optical channel length, m ; γ - angle of the light beam aperture.

It is the main expression (1) in the development of the method for calculating the converter and can be considered static characteristic equation of the optical type PMT. Static characteristic defines the basic parameters and the converter operation.

Due to the complexity of the integral expressions (1) describing the mathematical model of the optical type PMT, it is expedient to solve it by a numerical method on a computer. Thus, an important issue is to determine the actual values of the reflection coefficients for the materials of different type and thermal condition. A comparison of the obtained coefficients with the calculated ones will test the adequacy of the proposed model.

Fig. 1 shows the dependence of the relative value of the total power $P(x)/P_o$ at the photo detector on the total length of the optical channel X (where P_o - radiation power value at $x = x_o$).

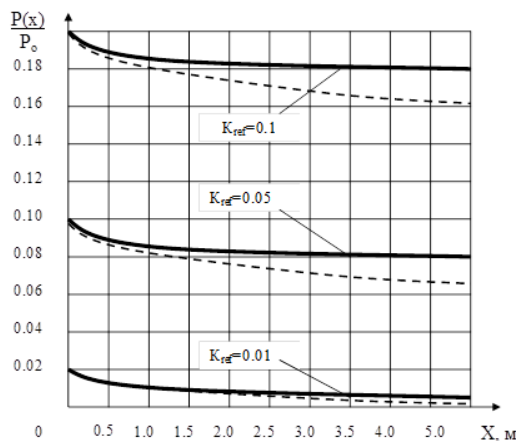


Fig. 1. Static characteristics photoelectric PMT depending on the reflection factor

Fig. 2 shows a diagram of the change in the signal power at the photo detector $P(x)/P_o$ depending on the reflection angle γ , which determines the calculated reflection coefficient ρ_{calc} .

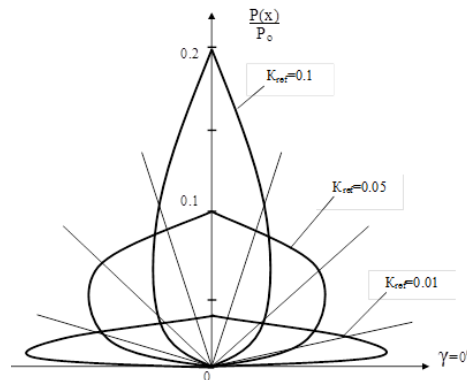


Fig. 2. Power distribution of the reflected signal

Calculations were carried out on a computer numerical. Data for calculation are taken from the real optical PMT (photoelectric) with the following parameters: $K_x = 0.08$, $X_o = 0.005 \text{ m}$, $D = 0.005 \text{ m}$, $K_{ref} = 0.01...0.5$. According to the analytical calculation, the following conclusions were obtained:

- calculated dependences were obtained which describe the variation of the radiation power on the length of optical channel and magnitude of the external attenuating factors;

- these results allow us to determine the optimum length of the optical channel (in general or for a particular type of object material) for maximum reliability of the control;

- theoretical studies have shown that the diagram of the reflected signals has a narrow focus, for the PMT it must be installed exactly perpendicular to the controlled object, that will give an opportunity to get maximum possible power of the reflected and attenuated optical signal on the PD. Decreasing the angle of view of a photoelectric transducer to a value greater than five degrees is energetically favorable;

- the problem of studying the attenuating effect of the optical signal propagation channel, in particular the reflectivity of displayed objects K_{ref} is urgent. This value has the greatest effect on the reflected optical signal, more than 10 times of weakening its energy;

- the main way to increase the channel length is to increase the sensitivity of the photo detector.

As a result, it became necessary to experimentally the reflection coefficients of some materials in order to determine the actual value of attenuation of the signal energy information, and correcting the optimum length of the channel.

References: 1. Butsenko, A., Yakovenko, V., Sagaida, I., Lutsik, J.: Sensors and methods for improving their accuracy: tutorial. New in science and technology – for students and pupils. Issue 4. High school, Kiev (1989). 2. Goldstein, A.: Physical basis for obtaining information: tutorial. TPU Publishing House, Tomsk (2010). 3. Miroshnikov, M.: Theoretical foundations of optoelectronic converters (OEC). Mechanical engineering, Leningrad (1977). 4. Azimov, R., Shipulin, Y.: Optoelectronic transducers of large displacement based on hollow fibers. Automation library. Issue 664. Energoatomizdat, Moscow (1987).

SOME PROBLEMS OF MODELLING THE COMPLEX SYSTEMS

Trokhimchuck P. P.

(Lesya Ukrainka Volyn National University, Luitsk, Ukraine)

Hierarchical systems are usually used to model of simple and complex systems [1]. However, it should also be applied to open systems. In [2], an analysis is carried out for the feasibility of developing such theories and examples of their implementation are given on the example of polymetric analysis (PA), system theory of variable measure.

Based on the historical and comparative analysis of this problem, it is shown that such theories must satisfy the following six criteria:

It must be open theory or theory with variable hierarchy.

This theory must be having minimal number of principles.

1. It must base on nature of mathematics (analysis, synthesis and formalization all possible knowledge).
2. We must create sign structure, which unite verbal and nonverbal knowledge (mathematical and other) in one system.
3. We must have system, which is expert system of existing system of knowledge and may be use for the creation new systems of knowledge.
4. Principle of continuity must be true for all science.

These conditions were formulated for the creation the universal theories of knowledge and science.

One of the main theories of polymetric analysis is the hybrid systems theory (HTS) [2]. It is shown that there are only 10 minimal types of systems of analysis, synthesis and formalization of knowledge, which include all known systems of knowledge (science, culture, mythology and religion), the number of the systems themselves can be arbitrarily large.

Methods of PA and HTS were used for the resolutions the next problems of modern science [2]: creation of universal theory of measure and measurements (theory of variable measure); PA may be represented as operational concept of foundations of mathematics, which allows to unite in one system all possible information and knowledge: précised (mathematics), ordered (science) and disorder knowledge; methods of PA allow resolving S. Beer centurial problem in cybernetics (problem of information complexity); PA may be represented as universal computer, which is included all possible procedure of computing process; some chapters of modern computer science (theory of functional logical automata, theory of multiadic games, etc.) were created.

The conclusion is suggested that the formulated criteria should be used to create theories of complex systems, including engineering ones, where it is necessary to organize information from various fields.

References: 1. Kuhtenko A. I. Cybernetics and Fundamental Science. – Kiev: Naukova Dumka, 1987. - 142 p. (In Russian). 2. Trokhimchuck P. P. Theories of Everything: Past, Present, Future. – Chisinau: Lambert Academic Publishing, 2021. – 260 p.

ХОЛОДНЕ ПОПЕРЕЧНЕ ВИДАВЛЮВАННЯ СКЛАДНОПРОФІЛЬОВАНИХ ДЕТАЛЕЙ З ВІДРОСТКАМИ

¹Алієв І.С., ²Левченко В.М., ¹Таган Л.В., ¹Чепеленко О.Ю., ¹Стратєєв Д.О.
(¹Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна;
²ІРЕ ім. О.Я. Усикова НАН України, м. Харків, Україна)

Перспективним методом отримання складних деталей є поперечне бокове видавлювання, яке характеризується витіканням металу заготовки в поперечному напрямку і заповненні металом каналних порожнин рознімної матриці [1–3].

Метою роботи є систематизація способів бокового видавлювання і дослідження силового режиму процесу бокового видавлювання.

Розроблено класифікацію кінематичних варіантів бокового видавлювання (рис. 1). В основі класифікації лежить кінематика відносного переміщення металу і інструменту. Найбільш проста схема деформування 1 передбачає односторонню подачу металу рухомим пуансоном в порожнину нерухомої матриці. Видавлювання з двосторонньої подачею металу в робочу порожнину матриці може бути здійснено двома пуансонами (схеми 1, 5), які рухаються назустріч один одному, або у рухомої матриці (схеми 3 і 4).

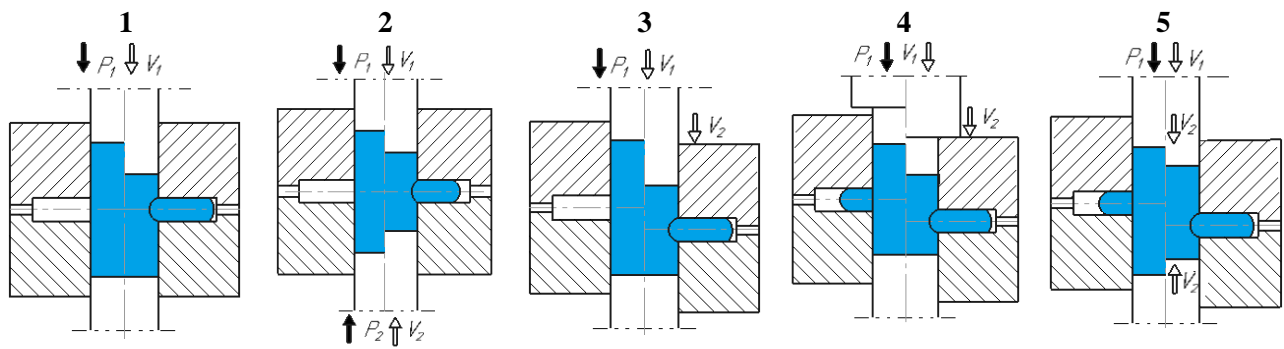


Рис. 1. Варіанти регулювання кінематики процесу бокового видавлювання деталей з відростками

Результати моделювання і експериментальних досліджень показали, що видавлювання з двосторонньою подачею вимагає менших значень приведенного тиску деформування і сприяє усуненню високого градієнту зсувних деформацій, тобто дозволяє уникнути браку. Пособи бокового видавлювання є ефективним методом виготовлення деталей складної форми.

Література:

1. Алиева Л. И., Жбанков Я. Г. Перспективы развития процессов точной объемной штамповки. *Вісник ДДМА*. Краматорськ. 2008. 1 (11). С. 13–19.
2. Алиева Л. И. Совершенствование процессов комбинированного выдавливания: монография. Краматорск: ООО «Тираж-51». 2018. 352 с.
3. Aliev I.S. Radial extrusion processes. *Soviet Forging and Metal Stamping Technology (English Translation of Kuznechno-Shtampovochnoe Proizvodstvo)*, 1988, Part 3, pp. 54–61.

РОЗРОБКА ШТАМПІВ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ ПРОФІЛІВ СКЛАДНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ

Алієв І.С., Марков О.Є., Карнаух С.Г.

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

На сучасному етапі розвитку машинобудування задача економічного використання енергоресурсів і металу при його переробці має важливе значення і є актуальною [1-2]. Якщо способи безвідхідного поділу прокату простих форм достатньо добре вивчені, то цього не можна стверджувати щодо поділу профілів складної несиметричної конфігурації. Недостатньо добре досліджені як технологія, так і штампове оснащення для поділу таких профілів способом відрізки зсувом на мірні заготовки для того, щоб науково обґрунтовано розробити технології, призначити режими деформації. Відсутні працездатні конструкції упорів, не визначені раціональні області їх застосування [1-2].

Одним із профілів складної несиметричної конфігурації є П-подібний несиметричний профіль. На підставі літературного та патентного пошуків [3-4] визначено, що найбільш перспективною із усіх схем для розділення штанги з П-подібним несиметричним профілем на мірні заготовки, є багатоопорна схема відрізки. Найбільш часто використовують двохопорну схему відрізки. Тому за принципову схему штампа була обрана саме двохопорна схема відрізки.

Принципова схема штампа для двохопорної відрізки зсувом представлена на рис. 1 [1]. Штанга 1 подається до упору 2 і розміщується на опорних поверхнях нерухомих ножів 3,4. Верхній рухомий ніж 5, під дією сили приводу, рухається вниз і здійснює відрізок одразу двох заготовок. Застосування двохопорної схеми відрізки зсувом дозволяє у двічі підвищити продуктивність процесу відрізки. Особливістю двохопорної схеми є те, що перша і друга заготовки знаходяться у неоднакових напружено-деформованих станах при відрізці. Перша заготовка відділяється по одній поверхні розділу, а друга – по двох поверхнях розділу при двохопорному симетричному розміщенню частини прутка. Перша заготовка має гірші показники геометричної точності, а друга – кращі показники геометричної точності та якість заготовки у цілому. Тобто симетричне навантаження усуває згин відрізаних заготовок, забезпечує притискання заготовки до ножа, виключає необхідність поперечного затиску, і сприяє підвищенню геометричної точності заготовок (див. рис. 1).

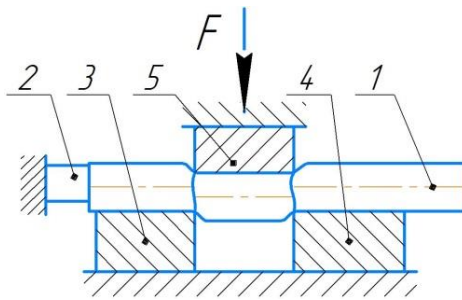


Рис. 1. Принципова схема штампа

Основною проблемою таких штамів є те, що перша відрізана заготовка може бути видалена із робочої зони штампа способом проштовхування штанги. При цьому упор 2 (див. рис. 1), синхронно з переміщенням верхнього ножа до крайнього нижнього положення, повинен переміститися із свого положення для того, щоб звільнити місце для видалення заготовки із робочої зони штампа. У заключний період видалення першої заготовки упор повинен повернутися у вихідне положення, синхронно з поверненням у вихідне положення верхнього ножа. Це необхідно зробити для того, щоб обмежити переміщення штанги, яка займає вихідне положення для здійснення наступного робочого ходу. Нажаль, в літературі конструкції подібних передніх упорів відсутні.

Тому в даній роботі запропоновано конструкцію (рис. 2), яка забезпечує вертикальне переміщення самого упору для вивільнення простору з метою видалення відрізаної заготовки з робочої зони штампа. При цьому сигнал на «спрацювання» упору йде від штанги, якою проштовхується відрізана заготовка.

Сортовий прокат 13 подається у робочу порожнину ножів штампа до упору в плиту 1. Під дією сили приводу повзун здійснює розділення прокату за схемою двохопорної відрізки зсувом. Одночасно відрізається дві заготовки. Перша заготовка 14 видаляється із робочої зони штампа «на провал». Друга 15 залишається в робочій порожнині ножа. Одночасно при цьому повзун через проставки 3 переміщує плиту 1 по напрямним колонкам 2 до нижнього крайнього положення, в якому плита 1 фіксується. Фіксація здійснюється за рахунок того, що стрижні 9 займають положення у відповідних отворах колонок 2 під діє сил з боку пружин 6. Після відрізки заготовок повзун і деталі штампа повертаються у вихідне положення на холостому ході пресу. Відрізана заготовка 15 проштовхується силою подачі прокату 13 і взаємодіє зі стулками 11, які обертаються навколо осей 12 і натискають на стрижні 8, які розміщені у втулках 10. Стрижні 8, разом з плитами 7 та стрижнями 9 віджимаються від колонок 2 і під дією пружини 5, разом з плитою 1 повертаються у вихідне положення.

Одночасно заготовка 15 по нахиленому лотку 4 попадає до тари. Цикл роботи упору до штампа поновлюється.

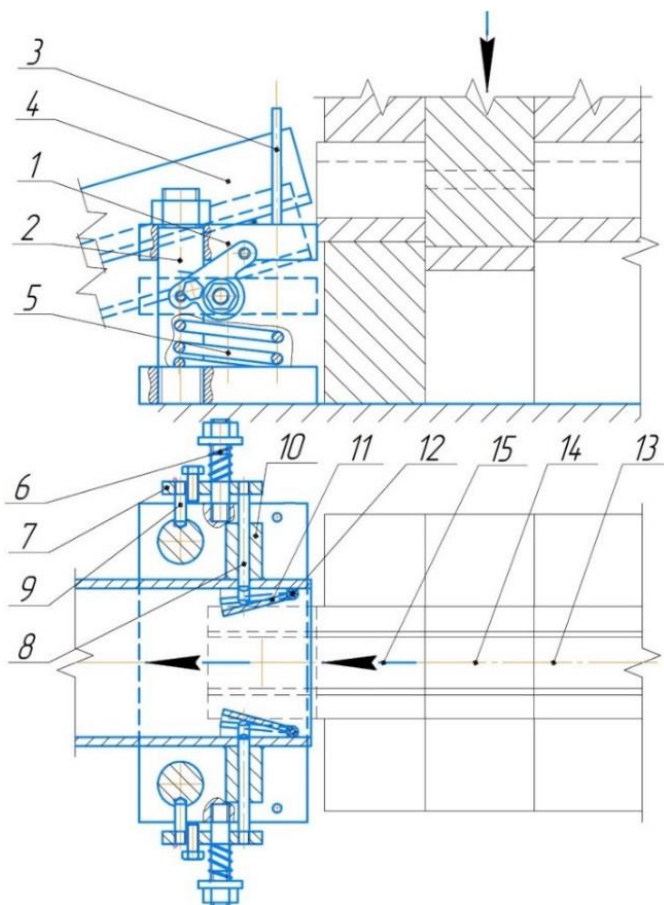


Рис. 2. Конструкція упору до штампа

Висновки. На підставі літературного та патентного пошуків визначено, що найбільш перспективною із усіх схем для розділення штанги з П-подібним несиметричним профілем на мірні заготовки, є багатоопорна схема відрізки, а саме – двохопорна схема. Розроблена перспективну конструкцію упору. Запропонована конструкція забезпечує надійну роботу переднього упору штампа та підвищує культуру виробництва.

Література:

1. Соловцов С.С. Безотходная разрезка сортового проката в штампах. Москва: Машиностроение. 1985. 176 с.
2. Lisunets N.L. Usage of physical and mathematical simulation for improvement of the processes of metal shear cutting. CIS Iron and Steel Review. 2019. 17. pp. 34–38.
3. Lisunets N.L. Improving the efficiency of the processes of billets manufacture from rolled metal via shift cutting based on simulation. Chernye Metally. 2018. (6). pp. 31–35.
4. Karnaukh S.G., Markov O.E., Aliieva L.I., Kukhar V.V. Designing and researching of the equipment for cutting by breaking of rolled stock. International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2020. 109. 9-12. pp. 2457-2464.

Мінімальний та максимальний радіуси канавки шириною L .

$$R_{det\ min} = A - Rs \quad (2)$$

$$R_{det\ max} = \left(\sqrt{\left(\frac{L}{2} \cos(a)\right)^2 + A^2} - Rs \right) \sqrt{1 + \left(\frac{L \cos(a)}{2A \tan(a)}\right)^2} \quad (3)$$

Наявність трьох параметрів (A , a , Rs) розташування елементів шліфування надає можливість забезпечити ще одну умову. Такою умовою може бути умова забезпечення радіусу канавки в заданому перерізі, наприклад, в перерізі мінімального радіуса ($x=0$) треба забезпечити кривизну твірної рівну R^{-1} . Для цього прирівняємо кривизну другій похідній функції зміни радіусу при $x=0$.

$$R^{-1} = \frac{d}{dx} \left[\left(\sqrt{(x \cos(a))^2 + A^2} - Rs \right) \sqrt{1 + \left(\frac{x \cos(a)}{A \tan(a)}\right)^2} \right]. \quad (4)$$

Отримаємо

$$R^{-1} = \left(\frac{\cos(a)}{A \tan(a)} \right)^2 (R_{min} + A \tan^2(a)). \quad (5)$$

Залежність (5) запишемо у формі квадратного рівняння.

$$A^2 - A \cos^2(a) R - R_{min} R \left(\frac{\cos(a)}{\tan(a)} \right)^2 = 0. \quad (6)$$

Рішення квадратного рівняння відносно A .

$$A = R \left[\frac{\cos^2(a)}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\cos^2(a)}{2}\right)^2 + \frac{R_{min}}{R} \left(\frac{\cos(a)}{\tan(a)}\right)^2} \right]. \quad (7)$$

Після спрощення маємо

$$A = R \frac{\cos^2(a)}{2} \left[1 \pm \sqrt{1 + \frac{R_{min}}{R} \left(\frac{2}{\tan(a) \cos(a)}\right)^2} \right].$$

Врахуємо наступне. Вираз під коренем більший за одиницю. Розмір A не може бути від'ємним. Маємо.

$$A = R \frac{\cos^2(a)}{2} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{4 R_{min}}{R \sin^2(a)}} \right]. \quad (8)$$

Відоме значення величини A дозволяє визначити невідомий кут поміж проекціями осей з трансцендентного рівняння (5).

Висновок. Запропонована схема шліфуванням криволінійних канавок дозволяє наближено, за трьома параметрами канавки, визначати взаємне розташування елементів шліфування канавок криволінійного симетричного профілю, чим підвищити якість обробки цих поверхонь.

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕСУ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОГО ВІДНОВЛЕННЯ ПОВЕРХОНЬ

Бережна О.В., Недвіга А.А., Буйкус Я.О.

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

З огляду на короткочасність протікання процесу електроконтактного наварювання, існують певні складності в прогнозуванні одержуваної якості покриття і відповідності його основними експлуатаційними властивостями. Тому виникає необхідність використання математичного апарату для аналітичного моделювання електроконтактного наварювання з метою оптимізації основних параметрів процесу для отримання покриття, яке б максимально відповідало заданим вимогам. Незалежно від виду електродного металу природа утворення з'єднання з основним металом залишається незмінною, що пояснюється спільністю основних закономірностей утворення зварного з'єднання при зварюванні металів тиском.

В [1] розроблено теоретичну модель формування осередків схоплювання однорідних металів при електроконтактному приварюванні. Отримано залежності для розрахункової оцінки розмірів осередків схоплювання. Так, при електроконтактному приварюванні сплавів на основі заліза це призводить до необхідності існування критичних температур, нагрівання вище яких робить можливим формування покриття з реальною міцністю з'єднання [2].

В роботі [3] відзначається, що при електроконтактному наварюванні дроту його пластична деформація призводить до зміщення наварених обсягів металу на поверхні виробу як в радіальному (поперек шву привареного металу) так і в осьовому (уздовж шву привареного металу) напрямках [4]. Згідно з [3] експериментальні дані свідчать про збільшення міцності зчеплення між електродним дротом і деталлю з ростом осьової деформації. Однак осьова деформація в даній роботі контролювалася зміною температурних параметрів умов наварювання і це ускладнює оцінку впливу власне деформаційних процесів на збільшення міцності одержуваного привареного шару.

Авторами [5] запропоновано математичну модель процесу формування шару на поверхні циліндричних деталей при електроконтактному наварюванні дротом, що дозволяє вирішити задачу підвищення міцності зчеплення між електродним дротом і деталлю без збільшення тепловкладення і, відповідно, з мінімізацією термічного впливу на деталь. Ця проблема згідно з [5] може бути вирішена розвитком методів контролю осьової деформації дроту без зміни сили і тривалості імпульсів струму наварювання. Розрахунок сил і моментів проведено з урахуванням коефіцієнту тертя ковзання в контакті дроту з відновлюваною деталлю. Результати експериментальних досліджень, наведені в [5], підтверджують можливість значного збільшення міцності зчеплення дроту з деталлю за рахунок збільшення тільки осьової деформації дроту. Внаслідок цього, осьова деформація дроту може бути представлена як ще один контролюючий

параметр умов наварювання. Однак контролювати осьову деформацію дроту в процесі електроконтактного наварювання за рахунок моменту на ролику-електроді досить складно. Тому для застосування способу наварювання з затримкою роликів-електродів на практиці необхідно розробити метод ефективного контролю осьової деформації електродного дроту.

В роботі [6] показано рішення задачі шляхом отримання масиву даних з подальшою їх обробкою і знаходженням оптимальних параметрів режиму наварювання. Однак для оптимізації параметрів процесу необхідно здійснити десятки експериментів, що є трудомістким процесом і займає велику кількість машинних ресурсів. З огляду на малу тривалість реального процесу електроконтактного наварювання, яка складає частки-одиноці секунд, зробити такий обсяг розрахунків в режимі реального часу складно. Окрім того, при електроконтактному наварюванні для отримання якісного зварного з'єднання важливо знати характер розподілу тепла в зоні з'єднання основного і привареного металу через неконтрольовану і нерівномірну щільності зварювального струму в різних ділянках електричного контакту, а також через неоднакові умови відведення тепла.

З розвитком технологій нанесення покриттів електроконтактними методами можливості емпіричних підходів у виборі конструктивних схем покриттів і технологічних режимів вичерпали себе, що передбачає на стадії проектування технологічного процесу аналіз напружено-деформованого стану електродного матеріалу в процесі електроконтактного наварювання з урахуванням реального характеру розподілу його фізико-механічних властивостей під дією теплових і механічних навантажень. З огляду на складності фізико-хімічних процесів, що відбуваються при нанесенні покриттів електроконтактними методами, існуючі аналітичні залежності не дають можливості всебічно вивчити процес формування привареного шару, що робить актуальним подальше вдосконалення фізико-математичного апарату з максимальним урахуванням змінних процесу електроконтактного відновлення та зміцнення робочих поверхонь.

Література:

1. Дубровский, В.А., Булычев, В.В., Хабаров, В.Н. (2001). Восстановление деталей путевых машин электроконтактной наплавкой. *Путь и путевое хозяйство*, № 2, С.13-15.
2. Dubrovskiy, V.A., Bulychev, V.V. (1998). Electric resistance surfacing with a wire and with melting of the mefalstobe joined. *Welding International*, Vol. 12, № 7, PP. 570-572.
3. Загиров, И.И., Нафиков, М.З. (2008). Математическая модель формирования соединения при электроконтактной наплавке (наварке) проволоки. *Технология машиностроения*, №6, С.62-66.
4. Klimentko, Yu V. (1978). *Electric resistance surfacing*. Moscow: Metallurgiya, 350p.
5. Bulychev, V.V., Zezyulya, V.V. (2011). Electrical resistance deposition with a wire and deceleration of the roller electrode. *Welding International*, Vol. 25, No. 5, PP. 374–377, DOI: 10.1080/09507116.2011.554231.
6. Гулаков, С.В., Лаврентик, О.А., Матвиенко, В.В. (2002). Повышение качества электроконтактной наплавки. *Вісник Приазовського державного технічного університету*, Вип. 12, С. 134–139.

СУЧАСНИЙ СТАН СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ НА ПІДПРИЄМСТВАХ МАШИНОБУДІВНОЇ ГАЛУЗІ

Бившева Л.О., Шапаренко О.А.

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

Економічний стан держави обумовлений в основному її науково-технічним розвитком. Найважливішою метою науково-технічного прогресу є прискорення виробництва високоякісної продукції в необхідній кількості і з найменшими витратами матеріальних, трудових і фінансових ресурсів. Очевидно, що мета економіки і науково-технічного розвитку збігаються – вони полягають у задоволенні потреб усіх членів суспільства. Масові потреби людей у свою чергу змінюються під впливом економічних умов їхнього життя і постійно зростаючих можливостей, які надають прогресуючі наука, техніка і технології виробництва матеріальних благ. Крім того, слід зазначити, що сьогодні найрозвинутіші економіки світу, такі, як економіка США, Франції, Великобританії працюють на задоволення потреб військових, оскільки у світі збільшилася вірогідність виникнення конфліктів, що потребує нових вимог до якості продукції.

Метою роботи є аналіз системи управління якістю підприємств машинобудівної галузі, визначити основні тенденції її розвитку.

Якість товару є основною складовою його конкурентоспроможності. Визначаючи якість продукту слід намагатися виділити властивості товару, яким надає перевагу споживач. Слід мати на увазі, що надати всі бажані якості товару практично неможливо, та й взагалі немає сенсу з точки зору вимог конкретних сегментів ринку, а також з точки зору забезпечення ефективності підприємницької діяльності.

Якщо брати до уваги Україну, то розвиток якості в нашій державі, у відмінності від інших країн, розпочався порівняно недавно. Це дозволило врахувати досвід інших держав, що досягли значних успіхів на цьому шляху.

Контроль якості – шлях до виходу з кризи. Держава розуміє це і всіляко сприяє розвитку цієї галузі. Українська система стандартизації спрямована на забезпечення прав споживача з питань надання безпечної, якісної продукції і послуг, що відповідають розвитку науки, техніки і потреб населення.

В управлінні якістю продукції на підприємствах промислово розвинутих країн простежується багато спільного, але, тим не менше, йому також властиві й національні риси.

Загально визнаними світовими лідерами в області управління якістю є підприємства США, Японії і ряду країн Західної Європи. Тому представляється досить цікавим розгляд їх досвіду.

Японський досвід управління якістю продукції дозволив цій країні випускати товари високої якості і дешевше, ніж аналогічні американські і західноєвропейські [1]. Відмінною рисою японських програм підвищення якості

та системного управління ним є спрямованість на запобігання дефектів, а не виявлення їх шляхом контролю. Для Японії характерна перевага контролю якості технологічних процесів над контролем якості продукції. Велика роль відповідальності безпосереднього виконавця за якість. Кожен на своєму робочому місці керується принципом: виконавець наступної операції - твій споживач.

На американських підприємствах управління якістю розуміють як адміністративну діяльність, яка складається з чотирьох етапів: встановлення вимог до якості; оцінки відповідності продукції цим вимогам; вживання заходів при невідповідності цим вимогам; подальшого підвищення вимог до якості. Заходи з удосконалення системного управління якістю орієнтовані не тільки на поточний період та найближчу перспективу, але й на більш віддалене майбутнє. Так, на багатьох фірмах США створені лабораторії для підготовки до технічного переоснащення, які розробляють перспективні стандарти, вимоги до якості майбутніх товарів, інші норми [2]

Управління якістю охоплює частину функцій управління, спрямованих на досягнення цілей у сфері якості. Цілі в сфері якості передбачають створення на підприємстві умов, в яких можливо контролювати, регулювати якість, забезпечувати відповідність прийнятним вимогам і гнучко змінювати встановлені вимоги.

В даний час однією із серйозних проблем для українських підприємств є створення системи якості, що дозволяє забезпечити виробництво конкурентоспроможної продукції. Система якості важлива при проведенні переговорів із закордонними замовниками, що вважають обов'язковою умовою наявність у виробника системи якості і сертифіката на цю систему, виданого авторитетним сертифікаційним органом. Система якості повинна враховувати особливості підприємства, забезпечувати мінімізацію витрат на розробку продукції і її впровадження. Споживач бажає мати впевненість, що якість продукції, що поставляється, буде стабільною і стійкою.

Сучасні системи управління дають значні переваги на міжнародних ринках тим, хто їх впроваджує. На жаль, в Україні спостерігається ситуація, коли стимулів у підприємств до впровадження систем управління явно недостатньо, щоб вони переважили фінансові та трудові витрати, які необхідні для успішного впровадження системи. Відсутність усвідомлення на рівні більшості керівників підприємств та організацій того, що без сучасних систем управління вони не матимуть у найближчому майбутньому стабільності та зростання, має бути компенсоване адекватними діями з боку держави.

Література:

1. Валявський С.М. Управління якістю продукції на підприємствах в умовах входження України в ЄС. Ефективна економіка. 2017. №1.
2. Олійник ЄО. Олійник А.С. Пилипченко О.Г. Пугін О.С. Управління якістю продукції: сутність, принципи, основні підходи. Агросвіт. 2019. №23. С. 79-86

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ГРАФІТОВИХ ЕЛЕКТРОДІВ ШЛЯХОМ НАНЕСЕННЯ ЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ

¹Биковський О.Г., ¹Лаптева Г.М., ²Кидун Р.А.

(¹НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна, ²АТ «Мотор Січ», м. Запоріжжя, Україна)

У сучасних дугових сталеплавильних печах (ДСП), а також в руднотермічних печах (РТП) для виготовлення електрокорунду використовують графітові електроди різних марок в залежності від матеріалу сировини. Основною їх перевагою є менший питомий опір, що дозволяє застосовувати електроди меншого діаметра в порівнянні з вугільними та самоспеченими, це полегшує конструкцію стійок, кареток електродотримачів і зменшує електричні втрати в електродах. При цьому використовують як суцільні, так і трубчасті електроди, які працюють в зоні від струмопідводу до колосника в інтервалі температур від 500 °С до 2000 °С, та від 2000 °С до 4000 °С в просторі печі [1].

В процесі експлуатації можливі механічні (обвал шихти) та термічні (перевищення струмових навантажень) руйнування. Більш суттєвим є бічне зношування, обумовлене окисленням поверхні електроду при високій температурі, яке становить 55-75 % для звичайних ДСП та 40 % для надпотужних [2]. Це пов'язано не тільки з окисленням вуглецю, а й з втратою зв'язуючого компонента, внаслідок чого радіус пор і їх кількість (пористість електроду обумовлена специфікою отримання виробу) при нагріванні збільшується, що призводить до втрати маси з бічної поверхні, тому що в першу чергу до окислення більш схильний кам'яновугільний пек, як зв'язуючий компонент [3].

Тому для запобігання окислювальних процесів треба наносити на бічну поверхню захисне покриття, яке перешкоджатиме взаємодії кисню з графітом шляхом закупорювання пор і проникненню кисню в глиб електроду.

Оптимальним способом нанесення захисним дротом марки АК-5 [4]. Використання алюмінію у захисному покритті обумовлено утворенням оксидів, які мають високу температуру плавлення 2050 °С і температуру дисоціації 3500 °С. Останній показник наближений до температури випаровування графіту 3400 °С. Важливою властивістю оксиду алюмінію Al₂O₃ є висока щільність оксидної плівки і корозійна стійкість аж до температури сублімації графіту. Додаток кремнію знижує поверхневий натяг і в'язкість в алюмінієвому сплаві, що сприяє його розтіканню при нанесенні на поверхню графіту. Для оцінки розподілу температури в проміжку від електродотримача до колосника та її впливу на захисне покриття був проведений розрахунок в пакеті програмного забезпечення ANSYS WORKBENCH. Оскільки основним джерелом нагрівання електроду є джоулеве тепло, то для аналізу було обрано два розрахункові модулі: Electric та Transient Thermal. При певних граничних умовах для електроду

діаметром 300 мм і довжиною 1 200 мм при силі струму 2000 А протягом 1 год. температура електрода біля електродотримача становить 541°C, а на торці сягає 4000 °С. Ці дані приводять до висновку, що захисне покриття потрібне на всій довжині електроду. Для дослідження поведінки захисного покриття на графітову пластину марки ЕГ товщиною 7 мм, шириною 18 мм, довжиною 150 мм було нанесено плазмове покриття марки АК-5 товщиною 0,4 мм з одного боку. Цю пластину використовували як зварювальний електрод, на постійному струмі прямої полярності при $I_{зв} = 450...500$ А, $U_d = 38...40$ В протягом 5 с. Теоретичний розрахунок розподілу температурних полів показав наближені до наведених в роботі [1] результатів.

Для нанесення захисного покриття використовувався метод плазмового напилення струмоведучим дротом. Даний спосіб являється оптимальним серед газотермічних способів формування покриттів. До переваг слід віднести більший К.К.Д., кращу міцність зчеплення та економічність. Напилення проводилось за наступними параметрами: $I_n = 170$ А; $U_d = 65$ В; $d_e = 1,2$ мм; $Q_{Ar} = 30$ л/хв; $Q_{повітря} = 16,5$ м³ /год.; $a = 100$ мм, де a – відстань від електроду до поверхні, що напилюється; кількість нанесених шарів - 3. Після нанесення кожного шару виконувалася пошарова зачистка металевою швидко обертовою щіткою поверхні напиленого шару для збільшення когезійної міцності [4]. Згідно [4] на Запорізькому абразивному комбінаті були напилені циліндричні графітові електроди діаметром 300 мм руднотермічної печі, в результаті чого термін їхньої експлуатації підвищився в 4–5 разів.

Згідно з наведеним вище можна зробити наступний висновок: при капілярному просочуванні збільшується площа взаємодії захисного покриття з графітом, а в умовах експлуатації внаслідок нагрівання збільшується пористість графіту, це сприяє подальшому розтіканню розплаву захисного покриття і перешкоджанню окислення графіту.

Література:

1. Храпко С. А. Производство стали в ДСП: конспект лекций /С. А. Храпко, Е.Л. Корзун, Ю.В. Костецкий. – Донецкий Национальный Технический Университет – 136 с.
2. Бажин В. Ю. Управление тепловыми и электрохимическими процессами в дуговых печах / В. Ю. Бажин, С. А. Мартынов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 5. – С. 34-37
3. Одейчук А. Н. Моделирование окисления графита в среде кислорода при температурах 400-800° С / А. Н. Одейчук, А. И. Комир // Физика твердого конденсированного тела. – 2015. – Т.12. – №2. – С. 532-542.
4. Графитированный электрод с защитным покрытием : пат.№ 2193294 С1 Российская Федерация, МПК H05B 7/085, C23C 4/06 / Русев Г. М., Киселев С. М., Овсяников В. В., Галюк Н. Ф.- № 2001129111/06 : заявл. 30.10.2001 : опубл. 20.11.2002.

УМОВИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЗНОСОСТІЙКОГО ПОРОШКОВОГО ПОКРИТТЯ ПКХТН-30 У ДЕТАЛЯХ АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ

¹Бойко І.А., ²Мельничук П.П., ¹Юр'єва В.В.

(¹ПАТ «Мотор Січ», м. Запоріжжя, Україна,

²ДУ «Житомирська політехніка», м. Житомир, Україна)

Розвиток авіаційної техніки неодмінно супроводжується необхідністю забезпечення зростання показників надійності, ефективності, економічності й екологічності найбільш важливого, та, безперечно, технологічно складного елемента будь-яких сучасних літальних апаратів – авіаційних двигунів.

Одним із найважливіших показників надійності авіаційних двигунів є їхня ремонтпридатність. Працюючи в агресивних умовах, деталі газотурбінних двигунів піддаються агресивній дії різноманітних факторів: високій температурі, фретинг корозії, динамічним навантаженням, зношуванню, тертю тощо. Усі ці фактори призводять до збільшення зазорів у з'єднаннях, втрати надійності кріплення деталей у вузлах, погіршення шорсткості контактувальних поверхонь, появи забоїн, тріщин тощо. Для забезпечення ремонтпридатності пошкоджених робочих поверхонь деталей і вузлів, на які покладаються функції забезпечення необхідного рівня зносостійкості або швидкого припрацювання поверхонь, які контактують, використовуються покриття різних типів, що є наноструктурними та мікроструктурними тугоплавкими порошковими матеріалами.

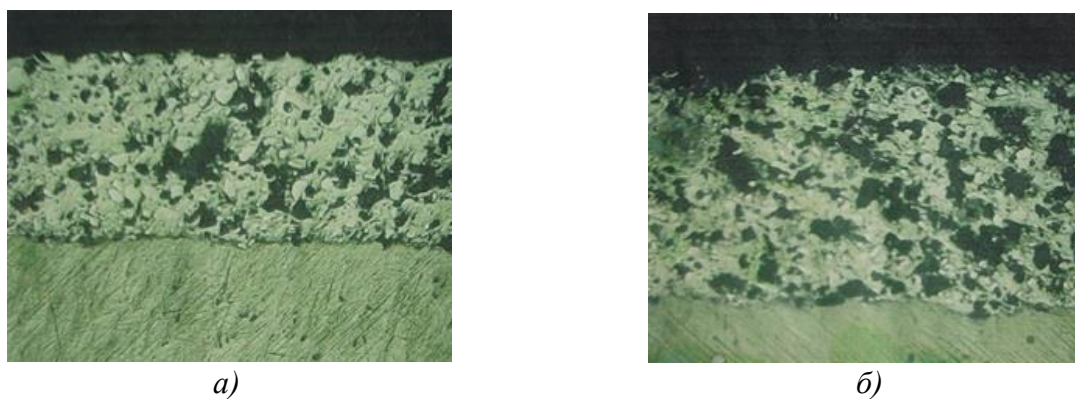
Як зносостійке покриття в основному використовуються сплави на нікелевій або кобальтовій основі і їхні суміші з модифікаторами з тугоплавких та ультрадисперсних металів, карбідів, нітридів, оксидів тощо., які забезпечують утворення зміцнювальних фаз і покращують структуру покриття.

Одним із таких матеріалів є порошок карбіду хрому та титану ПКХТН-30, плакований нікелем [1]. Покриття ПКХТН-30 ($\text{Cr}_3\text{C}_2 + \text{TiC}$) використовується для нанесення на деталі із жароміцних (ЕП718-ІД), якісних конструкційних сталей (30ХГСА, 40ХН2МА), титанових штампованих (ОТ4-1) та литих (ВТ5Л, ВТ6) сплавів. Основна сфера застосування – деталі, що працюють в умовах дії високих температур, контактних навантажень, гідро- та газоабразивного зношування.

У нанесеному з такого порошку покритті частки карбідів відіграють роль зносостійкої основи, а нікель виступає в якості пластичної оболонки, що забезпечує адгезію покриття до поверхні деталі і його низьку пористість. Процентне відношення карбіду хрому-титану до нікелю в покритті становить, %: 70% ($\text{TiC} + \text{Cr}_3\text{C}_2$) + 30% Ni.

Нанесення порошку на кільцеву заготовку зі сталі ЕП-718-ІД здійснюється на установці Metco 9МС плазмовим методом. У якості транспортувального газу використовується аргон, плазмоутворювального – аргон і кисень. Покриття наноситься на попередньо оброблену поверхню деталі, яка підлягає відновленню, з шорсткістю не вищою за Ra1.6. Покриття наноситься на наступних режимах: $I=550$ А, $U=50$ В, Ar тр.=20 л/хв., Ar пл.=80 л/хв.,

Лдис.=100..120 мм. Температура плазми з металом може перевищувати 6000 °С. Фракція порошку ПКХТН-30, яка використовувалась для напилення <40 мкм. У процесі плазмового нанесення композит зберігає свою мікроструктуру й характеризується однорідним розподіленням фаз (карбіду титану – хрому та нікелю) по всьому покриттю (Рис. 1). Металографічний аналіз і рентгеноспектральний мікроаналіз, аналіз на растровому електронному мікроскопі виявили, що мікроструктура зерен композиту забезпечує в покритті високі й однорідні показники твердості та зносостійкості.



а) 100Х-кратне збільшення; б) 200Х-кратне збільшення
Рис. 1. Мікроструктура плазмового покриття ПКХТН-30

У хімічному складі покриття після нанесення, крім основних елементів, присутній і кисень унаслідок напилення в кисневому середовищі. Уміст елементів по товщині покриття перебуває приблизно на одному рівні. Межа між покриттям та основним матеріалом чітка, перехідної дифузійної зони не виявлено.

Покриття ПКХТН-30 характеризуються високою твердістю його складових елементів, зокрема карбідів хрому-титану. Так твердість карбіду хрому коливається в межах 63-68 HRC, тоді як твердість карбіду титану може сягати 73-78 HRC, або бути навіть вищою, що вже відповідає твердості корундів та алмазів.

Така висока твердість зумовлює використання переважно абразивної обробки над лезовою. Однак це не завжди зручно, оскільки часто поверхні, що обробляються, мають складний профіль, що зумовлює необхідність використання саме лезової обробки, а шорсткість оброблених поверхонь повинна бути не нижчою за Ra2.5 – Ra1.6.

Зважаючи на зазначені особливості та ефективність застосування порошкового покриття ПКХТН-30 в деталях авіаційних двигунів, вважаємо, що подальшого дослідження вимагають питання підвищення продуктивності лезової обробки плазмових зносостійких покриттів високої твердості.

Література: 1. Бойко І.А., Мельничук П.П., Юр'єва В.В. Проблеми забезпечення оброблюваності зносостійких порошкових покриттів у деталях авіаційних двигунів. *Авіація, промисловість, суспільство* : матеріали III Міжнар. наук.-практ.конф. (м. Кременчук, 12 трав. 2022 р.) / МВС України, Харків. нац. ун-т внутр. справ, Кременчуц. льотний коледж., Наук.парк «Наука та безпека». – Харків : ХНУВС, 2022. С. 207-209.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ВІБРОУДАРНОГО ПРЕСУВАННЯ

Веселовська Н. Р.

(ВНАУ, м. Вінниця, Україна)

Вступ. Технології характеризуються процесами формоутворення заготовок, і в них реалізується текучість матеріалів із складною реологією в умовах складного навантаження, тому вони якнайбільш потребують нових розробок, вивчення та вдосконалення. Широкого використання отримали вібраційні та віброударні технологічні процеси, а також обладнання для їх реалізації. На основі дослідження закономірностей для кожного типу порошкового матеріалу можна вказати найефективніший основний режим віброударного пресування, а для конкретного зразка із заданого матеріалу – найраціональніше співвідношення величин енергії, при яких він досягає максимальної середньої щільності в разі мінімальної відносної нерівнощільності за об'ємом і відсутності на його поверхні ознак пере і недопресувань.

Тому побудова і аналіз єдиної форми запису рівнянь рухів співударяючих елементів машин на всій часовій вісі, які описують повну сукупність реалізованих рухів є актуальною задачею

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботах [1-3] сформовано основи теорії розрахунку та розробка процесів і обладнання для віброударного пресування, розглянуті основні напрямки досліджень в питаннях формоутворення заготовок, визначені проблеми формоутворення заготовок порошкових матеріалів.

Мета досліджень. Метою дослідження є побудова єдиної форми запису рівнянь рухів співударяючих елементів машин на всій часовій вісі, які описують повну сукупність реалізованих рухів.

Результати досліджень. Застосована процедура пошуку періодичних рішень, в якій визначена регулярність співударянь може бути постульована, проте навіть і в даному випадку побудовані розв'язки не є цілком адекватними дослідним моделям із-за можливості додаткових перетинів траєкторіями тіл обмежувальних рівнів. Тому необхідно було перейти до побудови і аналізу єдиної форми запису рівнянь рухів співударяючих елементів машин на всій часовій вісі, яким можна буде описати повну сукупність реалізованих рухів. Це досягається за допомогою введення нелінійних залежностей, що відображають процес силової взаємодії співударяння тіл або їх елементів.

Література:

1. Искович-Лотоцкий Р.Д., Матвеев И.В., Крат В.А. Машины вибрационного и виброударного действия. Киев : Техніка, 1982. 208 с.

2. Искович-Лотоцкий Р.Д., Веселовська Н.Р., Зелінська О.В., Веселовський Я.П.. Дослідження основних робочих режимів інерційного вібропрес-молота з гідроімпульсним приводом. *Всеукраїнський НТЖ «Вібрації в техніці та технологіях»*. №2(85). 2017. С.43-46.

3. R. Iskovych-Lototsky, O. Zelinska, Y. Ivanchuk, N. Veselovska. Development of the evaluation model of technological parameters of shaping workpieces from powder materials. *East European Journal of advanced technologies*. Issue 1/1 (85). 2017.PP. 9-17.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ПЛОЩИН ЧИСТОВИМ ТОРЦЕВИМ ФРЕЗЕРУВАННЯ

Виговський Г.М., Балицька Н.О., Плисак М.М., Отаманський В.В.

(Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир, Україна)

Дослідженнями [1] встановлена висока ефективність використання торцевих ступінчастих фрез косокутного різання з безвершинними різальними кромками, оснащеними НТМ, для чистової та напівчистової обробки плоских поверхонь деталей із загартованих сталей та високоміцних чавунів. Разом з тим нестаціонарність процесу різання, яка властива торцевому фрезеруванню, призводить до змінних деформацій технологічної системи (ТС). За даними роботи [2] при торцевому фрезеруванні похибки обробки деталей внаслідок деформацій ТС можуть складати до 86% сумарної похибки, а при фінішних методах обробки – до 20% .

Метою експериментальних досліджень (ЕД) було вивчення впливу режимів різання на деформації ТС.

Умови дослідження: верстат 6Р12; фреза $\varnothing 250$ мм; матеріал різців – гексаніт-Р, геометрія - $\gamma = -10^\circ$, $\alpha_v = 12^\circ$, $\lambda = -35 \dots -45^\circ$; заготовка – СЧ21, розміри деталі – 180×165 мм; $v = 6,5 \dots 10,4$ м/с; $S_z = 0,15 \dots 0,25$ мм/зуб; $t = 0,15 \dots 0,25$ мм. Для комплексних досліджень була створена установка, яка визначає нахил торцевої фрези в процесі різання; осьове зміщення фрези; коливання кутової швидкості торцевої фрези.

За результатами ЕД встановлено, що в границях зміни режимів різання величина осьового зміщення фрези h змінюється від $0,002$ до $0,018$ мм, а нахил фрези α – від $0^\circ 2' 30''$ до $0^\circ 4' 20''$. При цьому, максимальні значення h та α мають місце при мінімальній v та максимальних S_z і t , а збільшення h та α призводить до зростання відхилення від площинності у 2,5 рази. Дослідження кутової швидкості показують, що при врізанні вона зменшується на 15% за час $T = 0,025 \dots 0,04$ с, а її стабілізація відбувається за $T = 0,001 \dots 0,08$ с. При виході різця із зони різання відбувається підвищення швидкості до сталого значення за $T = 0,04 \dots 0,08$ с. З підвищенням швидкості виникають крутильні коливання в момент початку різання. Частота крутильних коливань приблизно у 3 рази вище частоти імпульсів входу. Розрахунок коефіцієнта нерівномірності показує, що підвищення v та S_z призводить до зменшення коефіцієнта нерівномірності.

Отримані результати ЕД деформацій ТС в процесі різання дозволяє суттєво уточнити характеристики процесу торцевого фрезерування, що в свою чергу дає можливість більш глибокого вивчення впливу деформацій ТС на якість оброблених поверхонь.

Література:

1. Выговский Г.Н., Мельничук П.П. Конструкции и эксплуатация торцевых фрез с ножами из сверхтвердых материалов // Тяжелое машиностроение. – 1999. – Вып. 6. – С. 25–27.
2. Горчаков Л.М., Колев К.С. О возмущающих воздействиях при прерывистом резании. – Труды СКГМИ, Орджоникидзе. – 1970. – Вып. 27. – С. 3–8.

ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ОБЛАДНАННЯ З ГІДРАВЛІЧНИМИ ТА ПНЕВМАТИЧНИМИ ПРИВОДАМИ

Віштак І.В.

(ВНТУ, м. Вінниця, Україна)

Надійність є одним із найважливіших показників якості та конкурентоспроможності машин, в конструкції яких є системи гідравлічного та пневматичного приводу. Відмова роботи таких конструкцій та їх елементів призводять до позапланових ремонтів, а також простою основного, в певних випадках, високошвидкісного обладнання. Це зменшує розмір прибутку за рахунок зменшення обсягів виробництва, підвищує собівартість машини чи виробу в результаті збільшення витрат на одиницю продукції та інші види витрат. Значною мірою це стосується систем гідравлічного та пневматичного приводів, вихід з ладу яких призводить до значних витрат виробництва. Визначити надійність приладу можна, якщо відомі її призначення і конструкція, задані режими і умови роботи при використанні за прямим призначенням, визначені робочі показники для кожного з режимів роботи і допустимі межі їх зміни [1].

Метою роботи є дослідження надійності при конструюванні обладнання в конструкції яких є системи гідравлічного та пневматичного приводу.

Створення будь-якої машини повинно мати на меті її ефективне використання за прямим призначенням, тобто експлуатація. Під експлуатацією розуміють використання машини за призначенням, технічне обслуговування, ремонт, зберігання та транспортування. У процесі експлуатації машини властивості, що визначають її якість, зазвичай погіршуються. Здатність машини зберігати якість у процесі експлуатації визначається її надійністю, що є інтегральним показником якості [2, 3].

Забезпечення необхідної надійності машини – складна проблема, яка пов'язана з її життєвим циклом, а саме проектуванням, виготовленням та експлуатацією, починаючи з моменту формування та обґрунтування ідеї створення нової моделі та закінчуючи рішенням про вихід з ладу. Основні рішення щодо технічної надійності, що приймаються на етапі проектування, безпосередньо впливають на експлуатаційні та економічні показники приводу або обладнання, які, як правило, суперечать один одному. Тому необхідно виявити взаємозв'язок між показниками надійності та можливістю їх реалізації на кожному етапі створення та експлуатації приводу.

Література: 1. Андренко П.М. Поліпшення енергетичних характеристик об'ємних гідроагрегатів / П.М. Андренко, А.Ю. Лебедев // Вісник Чернігівського Державного технологічного університету. – Чернігів : ЧДТУ, 2011. – № 2 (49). – С. – 98–101. 2. Лур'є З.Я. Інтегральна методика теплового розрахунку об'ємного гідроагрегату / З.Я. Лур'є, П.М. Андренко, О.Б. Панамарьова // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь : ТДАУ. – 2012. – Вип. 12. – Т. 3. – С. 3–14. 3. Планування та обробка результатів випробувань гідропневмосистем : навч. посіб. / Коваленко А.О., Сьомін Д.О., Роговий А.С., Пілавов М.В. – Луганськ : Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2011. – 216 с.

СУЧАСНІ МЕТОДОЛОГІЇ ТА БІЗНЕС-МОДЕЛІ ІНФОРМАЦІЙНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

Володченко В.В.

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

Бізнес-моделі можуть створюватися для: певного продукту або послуги (групи однорідних продуктів/послуг); підприємства в цілому; групи підприємств або холдингу. Враховуючи різноманітність бізнес-моделей і їх структурну складність, є доцільним виявлення базового набору основних елементів, що дозволяють стандартизувати опис бізнес-моделей, полегшити сприйняття і керування ними. Кожна бізнес-модель повинна давати характеристику наступних основоположних аспектів бізнесу будь-якого підприємства:

- 1) що є споживчою цінністю, яку пропонує підприємство; фактичний стан економічної системи (існуюча бізнес-модель);
- 2) як підприємство створює споживчу цінність;
- 3) як підприємство реалізує споживчу цінність;
- 4) як підприємство керує своєю діяльністю;
- 5) як підприємство генерує дохід і прибуток.

Важлива роль у реалізації визначення бізнес-моделі приділяється аналізу діяльності підприємств. З його допомогою виробляються стратегія і тактика розвитку підприємства, обґрунтовуються плани й управлінські рішення, здійснюється контроль за їхнім виконанням, виявляються резерви підвищення ефективності виробництва, оцінюються результати діяльності підприємства, його підрозділів і робітників.

В сучасному висококонкурентному середовищі здатність підприємств до тривалого функціонування залежить від того, наскільки продуманими є їх бізнес-моделі з погляду створення споживчої цінності. Однак висока мінливість споживчих потреб вимагає від підприємців постійного вдосконалення моделі ведення бізнесу для утримання лояльності споживачів. Вдосконалення бізнес-моделі може відбуватися як у розрізі здійснюваних бізнес-процесів, так і у способах взаємодії з партнерами. Для ефективності бізнес-моделі важливо, щоб процеси, які створюють найбільшу споживчу цінність, залишались у основному підприємству та перебували під постійним контролем менеджменту для забезпечення їх бездоганного виконання.

Модель бізнесу включає наступні складові та їх характеристики:

- споживач, визначає: для кого створюється продукт; які споживачі є найціннішими;
- цінність (продукт), визначає: який продукт постачається клієнтові; на вирішення яких проблем клієнта спрямований бізнес; які потреби клієнта задовольняє бізнес; який набір продуктів та сервісів призначений для кожного сегменту ринку;

- канали збуту (поширення), визначає: якими каналами збуту користуватися для окремих сегментів; якими каналами бізнес користується зараз; який зв'язок між каналами поширення; які з каналів працюють найкраще; які з каналів найефективніші по затратах; як канали збуту інтегровані зі структурами замовника (споживача);

- стосунки із замовниками (споживачами), визначає: які види взаємозв'язку кожен сегмент замовників очікує від організації; які види взаємозв'язку вже налагоджені; наскільки витратні види взаємозв'язку; як стосунки із замовниками інтегровані з рештою моделі бізнесу;

- отримання виручки (грошові потоки), визначає: за що споживачі реально готові платити; за що споживачі платять зараз; як здійснюється сплата; як споживачі хотіли б платити; який вклад кожного потоку виручки в загальну виручку;

- основні ресурси, визначає: яких основних ресурсів потребує бізнес, в тому числі: продукування основної цінності (продукту); канали поширення; взаємозв'язок зі споживачами; потоки виручки

- ключова діяльність, визначає: які види діяльності потребує бізнес, в тому числі: продукування основної цінності (продукту); функціонування каналів поширення; взаємозв'язок зі споживачами; потік виручки;

- ключові партнери, визначає: які партнери є ключовими; які постачальники є основними; які основні ресурси необхідно отримувати від партнерів (постачальників); якою є ключова діяльність партнерів;

- структура витрат, визначає: якими є найважливіші витрати в прийнятій моделі бізнесу; які ключові ресурси коштують найдорожче; яка ключова діяльність коштує найдорожче.

Революційні технології вимагають нових бізнес-моделей. У цьому новому бізнес-кліматі класична модель «командуй і контролюй» вижила, але стала куди менш ефективною.

Проте, в сьогоденному конкурентному світі прекрасна бізнес-модель сама по собі не створює стійкої конкурентної переваги. В майбутньому зміни стануть відбуватися ще швидше, і успіху доб'ються ті компанії, які зможуть повністю залучити потенціал фірми. Світова конкуренція зростатиме і завдання виживання для компаній ставатиме все важче по мірі руйнування старих правил ведення бізнесу. Переможцями будуть гнучкі фірми, здатні швидко реагувати на нові виклики і достатньо спритні для того, щоб користуватися можливостями, що відкриваються, і створювати нові.

Література:

1. Прахалат К.К. Майбутнє конкуренції. Творення унікальної цінності спільно з клієнтами / К.К. Прахалат, Рамасвами Венкат / пер. з англ. -М. Ставицького. - К.: Видавництво Олексія Капусти (підрозділ "Агенція"Стандарт"), 2005. - 258 с.

2. Саєнко М. Г. Стратегія підприємства: Підручник/ М.Г. Саєнко. — Тернопіль: "Економічна думка", 2006.— 390 с. 3. Шкарлет С.М., Ільчук В.П. Інноваційний розвиток підприємства: Навчальний посібник. - Чернівці, 2015.

ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ ДІЯЛЬНОСТІ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ

Волошина О.О., Моховіков А.Г.

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

Бойові дії, які почалися у лютому 2022 року і продовжуються до наступного часу, торкнулися усіх сфер життя, політична і економічна криза має негативні наслідки у медицині, освіті, банківському секторі, але в першу чергу вона завдала дуже серйозної шкоди промисловості. Практично неможливо здійснювати ефективну економічну діяльність в умовах військових дій, які розгорнулися у 2014 році в Донецькому і Луганському регіоні і сьогодні на всій території країни. На жаль, більша частина промислових підприємств України розташовано у східній частині країни: Харківській, Донецькій, Луганській, Запорізькій областях, які сьогодні частково знаходяться під контролем Російської Федерації. Все це обумовило необхідність переглянути системи управління великими підприємствами.

Мета роботи провести аналіз системи управління вітчизняними машинобудівними підприємствами в умовах воєнного стану, визначити перспективи її розвитку.

Машинобудування – провідна галузь економіки будь-якої держави світу, яка визначає структуру промисловості та рівень науково-технічного розвитку держави, забезпечує підвищення конкурентоспроможності інших галузей. На жаль сьогодні більшість вітчизняних машинобудівних підприємств (близько третини), які впливають на конкурентоспроможність галузі, такі, як ПрАТ «НКМЗ», ПАТ «ЕМСС», ПАТ «КЗВВ», ПАТ «ДМЗ», ММК ім. Ілліча, концерн «Азовмаш» і розташовано або на непідконтрольній Україні території, або на території, де ведуться бойові дії. Відмінність в діяльності машинобудівних підприємств к 2014 році і сьогодні складається в тому, що в період агресії Російської Федерації у 2014-2015 роках практично всі машинобудівні підприємства Донецького і Луганського регіону продовжували свою виробничу діяльність, а у лютому 2022 року виробничу діяльність призупинили всі гіганти машинобудування Донбасу. Кожне з великих підприємств сьогодні намагається знайти свій шлях виживання на ринку, деякі заводи намагаються перенести свої виробничі потужності на західну Україну (ПАТ «КЗВВ»), деякі призупиняють виробничу діяльність, інші проводять перереєстрацію підприємств у більш благополучних регіонах і продовжують виплачувати заробітну плату та відвантажувати готову продукцію (ПрАТ «НКМЗ»), деякі зовсім припиняють діяльність оскільки їм нема за що виплачувати своїм працівникам навіть 2/3 окладу.

Сьогодні нема єдиного вірного рішення про те, що робити з підприємствами, які залишаються на територіях, на яких ведуться бойові дії. Дискусійним сьогодні є питання чи залишати обладнання ворогу, якщо є

вірогідність запуску підприємства на благо країни-агресора. Вирішення проблеми було б перевезення обладнання на західну чи центральну Україну. На жаль, перенести комплекс безперервного розливання сталі чи великі верстати, під які спеціальним способом будувалися фундаменти практично неможливо. По-перше, це буде досить дорого коштувати, а сьогодні у підприємств немає вільних коштів, а інвестувати сьогодні в підприємства, які знаходяться у країні, де йде війна ніхто не буде, видача кредитів буде здійснюватися по дуже високій відсотковій ставці. По-друге, для того, щоб перенести машинобудівне підприємство необхідно знайти спеціальну площадку, побудувати цеха або домовитися на з власниками інших підприємств для розміщення свого обладнання. По досвіду ПАТ «КЗВВ», який зробив спробу перевезти частину свого обладнання до західних регіонів, стало ясно наскільки складна задача знайти площадку для своїх виробничих потужностей, підприємство декілька разів змінювало свою локацію, перевозючи свої верстати з одного міста в інше. Сьогодні вони змогли розташувати частину свого підприємства у Чернівцях. По-третє, навіть, якщо є можливість перевезти в поставити верстати, то стає питання персоналу, який вміє працювати на цьому обладнанні. На жаль, сьогодні велика кількість внутрішньо переміщених осіб різко збільшила ціну на ринку оренди нерухомості у центральній та західній частини країни, а оскільки бойові дії ведуться уже більше 6 місяців, то у населення не залишилось коштів для оплати оренди квартири, за яку сьогодні потрібно платити близько 250-300 доларів. Власники бізнесу не готові сьогодні платити заробітну плату, яка дозволить знімати настільки дороге житло. Крім того, частина професіоналів, яка здатна генерувати дохід виїхала за кордон і намагається знайти роботу там, не збираючись повертатися назад. На жаль, на повноцінне відновлення роботи вітчизняних підприємств ми можемо розраховувати або після закінчення бойових дій і повернення захоплених територій під контроль України або у досить довгостроковій перспективі (5-10 років).

Ситуація, яка сьогодні склалася у вітчизняному сектору машинобудування, потребує від власників підприємств нових методів вирішення поставлених задач. Для розрешення викликів, перед якими стала сьогодні вітчизняна промисловість, необхідні дії не тільки робітників і власників бізнесу, а й держави і закордонних партнерів. Якщо сьогодні не активізувати діяльність по порятунку вітчизняного машинобудування, то в Україні фактично буде зруйнована ця галузь.

Література:

1. Машинобудування світу. The world bank: веб-сайт. URL: <https://www.worldbank.org/uk/country/ukraine> (дата звернення: 25.07.2022).
2. Сектор машинобудування в Україні: стратегічні альтернативи і короткострокові заходи з огляду на припинення торгівлі з Росією. Інститут економічних досліджень та політичних консультацій. Німецька консультативна група: веб-сайт. URL: http://www.ier.com.ua/files/publications/Policy_papers/German_advisory_group/PP_02_2019_ukr.pdf?fbcl (дата звернення: 20.07.2022).

УСУНЕННЯ КОНЦЕНТРАТОРІВ НАПРУГИ КРАНОВИХ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ

Гавриш П.А.

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

За зниження рівня втомної міцності кранових металоконструкцій відповідальні концентратори напруги. Гострокутні концентратори напруги можуть знизити втомну міцність на 40–60 % відсотків [1,2].

Основні причини утворення втомних тріщин кранових металоконструкцій:

- поверхневі і приповерхневі дефекти зварних з'єднань;
- незадовільне конструктивне рішення, що привело до концентрації напруг у тому числі і остаточних напруг зварювання;
- зміна структури і властивостей металу у зварному шві і біляшовній зоні (ЗТВ);
- низька якість металу, його незадовільна зварюваність;
- недотримання технології зварювання, низка якість зварювальних матеріалів;
- експлуатація вантажопідіймального крану в умовах які перевищують паспортні;
- дефекти яких набув кран при експлуатації.

На прикладі рудно-грейферного перевантажувача TAKRAF видно, що виконані дренажні отвори газорізальним методом суттєво знижують втомну міцність з-за наявності гострих концентраторів напруг (рис.1). Таке недбале виконання ремонту приводить до додаткових проблем в експлуатації: усунення концентраторів напруг (додаткова технологія); збільшення експлуатаційних витрат; якщо своєчасно не виконати процес усунення концентраторів – утворення втомних тріщин [3].

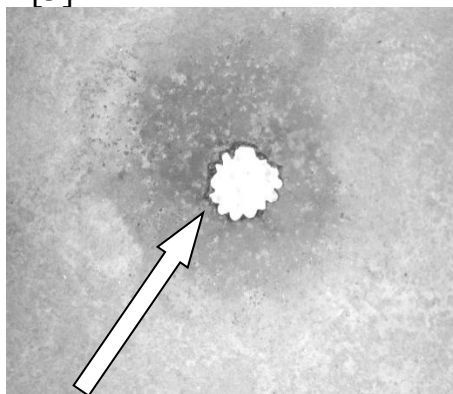


Рис. 1. Виконаний дренажний отвір з концентраторами напруги

Руйнування зварних елементів металоконструкцій кранів при циклічних навантаженнях ґрунтується на стадії зародження і розвитку тріщини в місцях макро і мікродефектів металу [4]. При багатоцикловому навантаженні металоконструкції відбувається накоплення енергії руйнування і коли тріщина досягає критичного розміру (збільшення розмірів відбувається спонтанно) йде

руйнування металу з утворенням магістральної тріщини, що приводить до небезпечної експлуатаційної ситуації вантажопідіймального крану.

Дуже важливим моментом задля безаварійної роботи вантажопідіймальних кранів є своєчасне і якісне виконання ремонту.

При випробуваннях зразка з концентратором напруги і без концентратора напруги отримані дані про зростання втомної тріщини в залежності від циклів навантажень (рис.2).

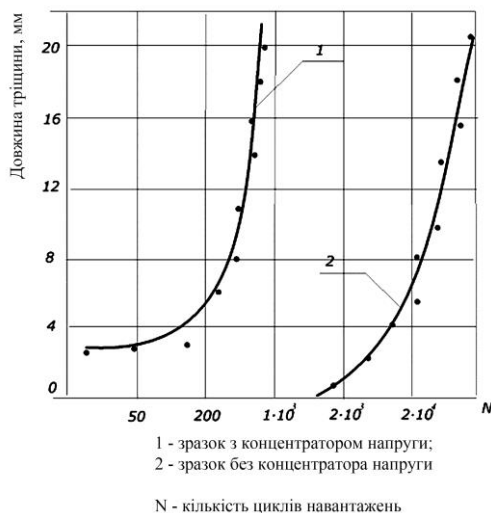


Рис. 2. Криві залежності довжини тріщини від кількості циклів випробувань

При дослідженні таких залежностей зростання довжини тріщини, видно, що спочатку випробувань тріщина розвивається повільно, тому що швидко виходить з місця концентрації напруги, яке зосереджено в невеликому об'ємі біля джерела концентрації напруженості, але потім після навантаження циклів великої кількості довжина тріщини збільшується швидше. В результаті випробувань руйнування зразка з наявними концентраторами напруги відбувається швидше і причому при значно меншій кількості навантажень – ніж зразка без концентратора напруги.

Висновок: концентратори напруги металоконструкцій знижують межу втомної міцності металу і як наслідок зменшують експлуатаційну надійність кранової металоконструкції.

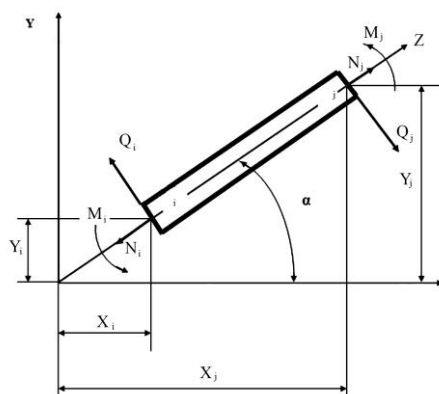
Література: 1. Шепотько, В.П. Методологические основы повышения долговечности сварных металлоконструкций / В.П. Шепотько, П.А. Гавриш // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії: тематичний зб. наук. праць. – Краматорськ : ДДМА, 2011. – №2(23). – С.143-146. ISSN 1993-8322. 2. Schepotko V., Gavrish P., Makarenko N., Koinasch V. DIE BEWERTUNGSMETHODIK DER KONSTRUKTIVER AUSFÜHRUNGEN VON MASCHINENELEMENTEN. Materials of the VI international research and practice conference, Vol. II, Munich, December 27th – 28th, 2013. – P.307-315 / publishing office Vela Verlag Waldkraiburg – Munich – Germany. ISBN 978-3-941352-31-5. 3. Pavlo A. Gavrish, Alexander V. Perig, Eduard P. Gribkov, Mykola Yu. Dorokhov. Improvement of technology for repair of ore-bucket unloader metal structure working under cyclic loading. Advances in Materials and Processing Technologies. 2020. <https://doi.org/10.1080/2374068X.2020.1805683>. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/2374068X.2020.1805683> 4. Chigarev VV, Gavrish PA, Makarenko NA. Quality Control Methods. [Metody kontroliu yakosti]. Textbook. Palmarium Academic Publishing. OmniScriptum Marketing DEU GmbH. – Saarbrücken. 2017;463. ISBN 978-3-659-72456-5.

ОСНОВИ ВИБОРУ КІНЦЕВОГО ЕЛЕМЕНТА ПРИ РОЗРАХУНКУ НАВАНТАЖЕНЬ РУДНО-ГРЕЙФЕРНОГО ПЕРЕВАНТАЖУВАЧА

Гавриш П.А., Сегін В.В.

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

При виборі кінцевого елемента необхідно враховувати те що металоконструкція шпренгельної ферми має вигляд просторової стрижньової конструкції пружно з'єднаних між собою стрижнів [1–3]. Вибираємо у вигляді кінцевого елемента стрижень, що випробовує плаский згин з розтягненням (рис.1).



N_i, N_j – Зусилля розтягнення стрижня;
 Q_i, Q_j – Перерізне зусилля стрижня;
 M_i, M_j – Згинальні моменти;
 α – Кут нахилу стрижня до осі X

Рис. 1. Кінцевий елемент розрахунку

Згідно координатним осям визначається положення стрижня у просторі. Це координати: x_i, x_j, y_i, y_j . Необхідно визначити матрицю жорсткості кінцевого елемента (рис.2). При згинанні функцію переміщень кінцевого елемента приймаємо у вигляді поліному (1).

$$\{V\} = a_0 + a_1Z + a_2Z^2 + a_3Z^3 \quad (1)$$

На (рис.2) показано деформацію (переміщення) кінцевого елемента.

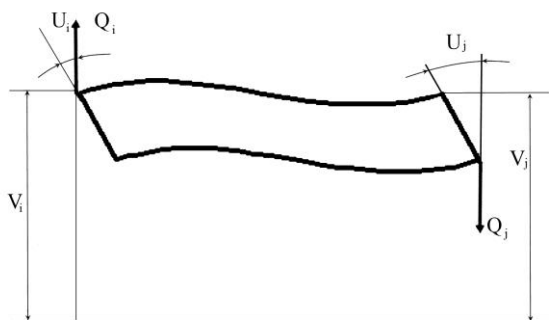


Рис. 2. Деформація (переміщення) кінцевого елемента

При розрахунках плоскої стрижнкової системи (МКЕ) рудно-грейферного перевантажувача TAKRAF використовували програму (Program Stergen). Результати розрахунку приведені в табл. 1.

Таблиця 1. Результати розрахунку навантажень

Складові частини	Напруги від власної ваги і прогин		Напруги від ваги з вантажем зліва і прогин		Напруги від ваги з вантажем посередині і прогин		Напруги від ваги з вантажем справа і прогин		
	МПа	мм	МПа	мм	МПа	мм	МПа	мм	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Шпренгельні граги	4-13	240	14;-2	380	-14;-4	230	15;-2	240	19;-2
	13-14	250	-2;-20	320	-4;-6	280	-2;26	220	-2;-28
	5-14	350	-2;-20	340	-2;-6	440	-2;26	330	-2;-28
	14-15	370	-20;-30	400	-6;-23	480	-26;-34	340	-28;-32
	15-16	380	-30;-24	290	-23;-27	390	-34;-30	460	-32;-14
	16-17	420	-24;-12	280	-27;-15	490	-30;-26	480	-14;8
	17-10	350	-12;-2	320	-15;-2	385	-26;-2	380	8;-2
	17-18	200	-12;-2	170	-15;-2	360	-26;-2	420	8;-4
	18-11	260	-2;-1	240	-2;-6	240	-2;15	460	-4;4

Визначено, що навантаження стрижнів шпренгельної ферми нерівномірне [4,5]. В місцях передавання силового потоку стрижні 5-14; 14-15;15-16; 16-17 – напруги перевищують межу пропорційності. Але самотійно така шпренгельна ферма не працює, тому що вона слугує для розвантаження головних балок перевантажувача. Треба приділяти особливу увагу зварним з'єднанням стрижнів між собою. У випадку утворення дефектів такі з'єднання не в змозі витримати великі напруження і в результаті можлива аварійна ситуація з руйнуванням як шпренгельної ферми так і головних балок [5–6].

Висновок. Визначено, що шпренгельна ферма працює при значних рівнях навантажень, тому при виконанні діагностики таких унікальних споруд як перевантажувачі, необхідно приділяти особливу увагу методам і способам визначення як зовнішніх так і внутрішніх дефектів зварних з'єднань.

Література: 1. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы. – М.: Мир, 1984. – 428 с. 2. Стренг Г., Фикс Дж. Теория метода конечных элементов. – М.: Мир, 1977. – 349с. 3. Clough R.M., Tocher J. Finite elements stiffness matrices for the analysis of plate bending// Proc. Conf. Matrix Meth. Struct. Mech. – Ohio, 1965. 4. Schepotko V., Gavrish P., Makarenko N., Koinasch V. DIE BEWERTUNGSMETHODIK DER KONSTRUKTIVER AUSFÜHRUNGEN VON MASCHINENELEMENTEN. Materials of the VI international research and practice conference, Vol. II, Munich, December 27th – 28th, 2013. – P.307-315 / publishing office Vela Verlag Waldkraiburg – Munich – Germany. ISBN 978-3-941352-31-5. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/2374068X.2020.1805683> 5. Chigarev VV, Gavrish PA, Makarenko NA. Evaluation of welding quality and related processes.[Otsinka yakosti zvariuvannia ta sporidnenykh protsesiv]. Textbook. LAP LAMBERT Academic Publishing member of OmniScriptum Publishing Group. Riga, Latvia 2018;420. [in Ukainian] ISBN 978-613-7-73533-6. 6. Havrysh P.A. Manual «Features of metal structure repair by welding» [Osoblivosti metodiv remontu metalokonstrukcij zvaryuvannyam].–Kramatorsk:DSEA, [in Ukraine] 2020;120. ISBN 978-966-379-934-6.

ЗАСТОСУВАННЯ ОПТИЧНОГО СКАНУВАННЯ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ВУЗЛІВ СПРЯЖЕННЯ

Ганєєв Т.Р., Прибитько І.О., Петренко І.О.

(НУ «Чернігівська політехніка», м. Чернігів, Україна)

В процесі оновлення технологічних процесів виникає необхідність в сполученні нового та існуючого обладнання. Відсутність креслень існуючого обладнання та даних по раніше внесеним модернізаціям не дозволяє швидко та якісно провести їх спряження.

Оптичне або лазерне сканування подібних об'єктів дозволяє значно скоротити терміни підготовки виробництва та отримати цифрові моделі вузлів та деталей з необхідною точністю [1-3].

В якості об'єкту дослідження обрано корпус редуктора конвеєрної лінії (Рис. 1), що необхідно встановити на рамі модернізованої лінії.

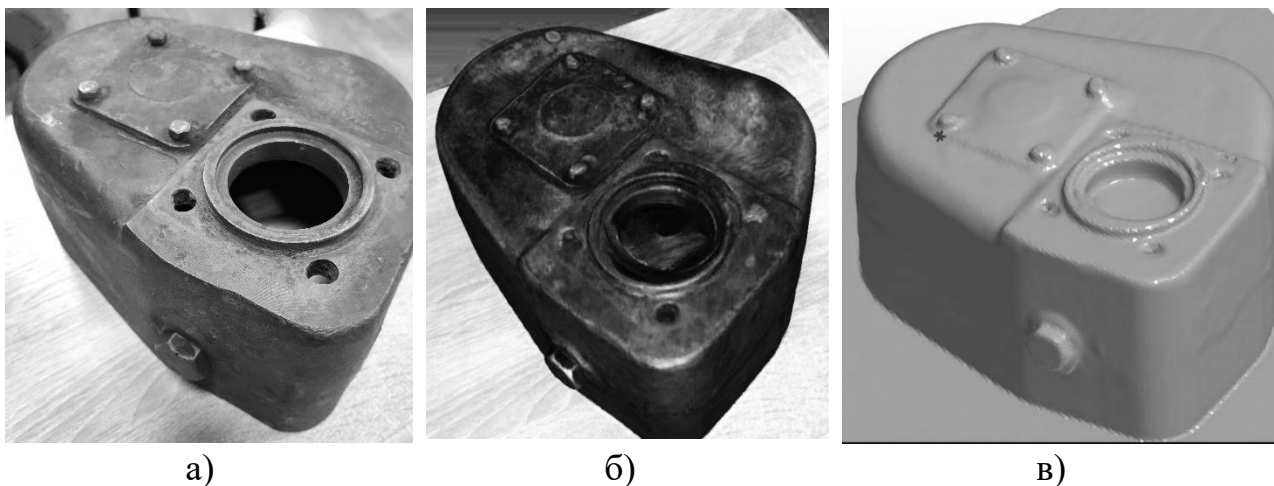


Рис. 1. Корпус редуктора (а); результат сканування (б); 3d модель корпусу (в)

Сканування виконували ручним сканером Crealty CR-Scan 01 з частотою кадрів 10 с^{-1} . Час сканування 3 хвилини.

Проведені роботи дозволили зменшити розміри нової рами конвеєра за рахунок оптимізації розміщення елементів в тому числі редуктора та значно скоротити час проектування.

Литература:

1. Петренко І.О. Визначення похибки оптичного сканеру. Новітні технології сучасного суспільства (НТСС-2021) : II Міжнародна науково-практична конференція (м. Чернігів, 17 грудня 2021 р.) : тези доповідей : у 2 ч. Ч. I. – Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2021. – 213 с.

2. Й. Й. Білинський і С. М. Животівський, «Огляд методів 3D-контролю геометричних розмірів деталей», Вісник ВПІ, вип. 2, с. 114–122, Квіт. 2022.

3. Д. Шодек, М. Бехтольд, К. Грігс, К. М. Као, і М. Стейнберг, Застосування CAD/CAM в архітектурі та дизайні. John Wiley & Sons, Inc; Нью-Йорк, 2005. Цифровий дизайн і виробництво.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПОВЕРХНЕВОГО ГАЗОКИСНЕВОГО ГАРТУ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

¹Гасанов М.І., ¹Шелковий О.М., ²Юрчишин О.Я., ¹Скидан Н.П.,
¹Голубкин С.С., ³Шаповалов М.В.

(¹Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків, Україна, ²Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна, ³Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

Перспективним напрямом спрєерного гарту великогабаритних зубчастих коліс є використання технологій за допомогою спеціальних пальників (горілок) для поверхневого гарту, що працюють на природному газі, або пропан-бутанових сумішах. Порівняно з ацетиленокисневими гартувими пальниками, завдяки спеціальній конструкції, ці пальники значно скорочують вартість робіт, спрощують процес загартування та підвищують його безпеку. Пальники при цьому більш продуктивні та економічніші за рахунок нижчої ціни природного газу в порівнянні з ацетиленом. Особлива конструкція головки дозволяє вирівнювати температуру фронту полум'я по ширині поверхні, що гартується, а спеціальні сопла для подачі води методом розпилення на нагріту поверхню і забезпеченням загартованої поверхні однорідної твердості.

Сучасні вимоги щодо збільшення твердості робочих поверхонь зубців зубчастих коліс є одним з найбільш ефективних та актуальних напрямів підвищення здатності навантаження та довговічності зубчастих передач і редукторів при одночасному зниженні їх розмірів [1, 2, 3].

У процесі роботи зубчастих коліс одночасно відбувається тертя кочення та тертя ковзання, що викликають зношування та руйнування робочих поверхонь зубів.

При над допустимому зносі зубців зубчастих вінців ($m > 26$) та коліс барабанів ($m > 20$) не допускається залишати їх у механізмах. Розмір зносу має перевищувати нормативну більш як $0,17m$.

Граничне знос зубів зубчастих коліс становить $(0,1 - 0,24)m$, де m - нормальний модуль. Для зубчастих коліс із загартованими зубами граничне зношування становить $0,8$ товщини цементованого шару.

При фарбуванні робочої поверхні зуба та інших порушеннях профілю понад допустимі норми, колеса та шестерні підлягають заміні.

Разом з тим, істотне підвищення твердості зубчастих коліс різко збільшує трудомісткість їх виготовлення: підвищуються вимоги до жорсткості зуборізного обладнання, стійкості інструменту, з'являється потреба в дорогих, але малопродуктивних зубошліфувальних верстатах. Якщо для зубчастих коліс дрібного та середнього модуля можна порівняно стійко отримати необхідні характеристики зачеплення шляхом хіміко-термічної обробки та зубошліфування, то для великомодульних коліс ($m = 12 \div 65$ мм), особливо

косозубих з кутом нахилу зубів згори $\beta_d = 25^\circ \div 30^\circ$ і довжиною зуба більше $b_k = 400 \div 1200$ мм, виконання технологічних операцій хіміко-термічної обробки та зубошліфування багаторазово ускладнюється і не завжди забезпечується досягнення поставлених цілей через значні термічні деформації зубів (0,8 ÷ 2,5 мм) та високої (понад 200 верстатно-годин) трудомісткості операцій зубошліфування.

На рис 1 представлені верстат для поверхневого газокисневого гарту (вгорі зліва), процес гарту (вгорі праворуч) і два моменти відпрацювання режимів (внизу). Верстат включає в себе планшайбу з вертикальною віссю обертання і електроприводом, на якій розміщують шестерню, що гартується; супорт, встановлений на візку з електроприводом, та механізм вертикального переміщення гартувального пальника з можливістю регулювання швидкості.



Рис. 1 Машинне загартування зубів шестерні $m = 25$

За допомогою вдосконаленої технології поверхневого газокисневого гарту, заснованого на застосуванні газів – замінників ацетилену, вирішується багато питань збільшення твердості на поверхні деталей без капітальних витрат на здійснення цієї технології.

Література: 1. Клочко А. А. Технологическое основы обеспечения процесса зубообработки закаленных крупномодульных зубчатых колес [Текст] / А. А. Клочко, А. Н. Кравцов; Донбасская государственная машиностроительная академия; Закрытое акционерное об-во "ОНИКС" - Краматорск: ДГМА; Ирбит: ОНИКС, 2014 – 299 с.: ил., табл.; - (Серия: «Проектирование и применение режущего инструмента в машиностроении» / Общ. ред. Ю.М. Соломенцев). ISBN 978-5-906703-02-6. 2. Гасанов М.И., Волошин А.И., Клочко А.А., Бабенко М.В. влияние технологического воздействия на обеспечение эксплуатационных свойств восстановленных крупномодульных зубчатых колес на основе применения комплексных параметров их состояния // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Techniques in a machine industry: зб. наук.пр. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків: НТУ «ХПІ», 2020. – № 1 (1) 2020. – С. 3–12. – ISSN 2079-004X.

ПІДІЙМАЛЬНА ПЛАТФОРМА

Горбатенко Ю. П., Семенчук Р. В.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна)

Підіймальна платформа, загальний вид якої показано на рис.1. призначена для підйому-опускання та утримання вантажу. Передбачено 2-а рівні вантажності: $m_{вр}$ – для рухомого стану, кг; $m_{вф} > m_{вр}$ – для фіксованому положенні платформи, кг.

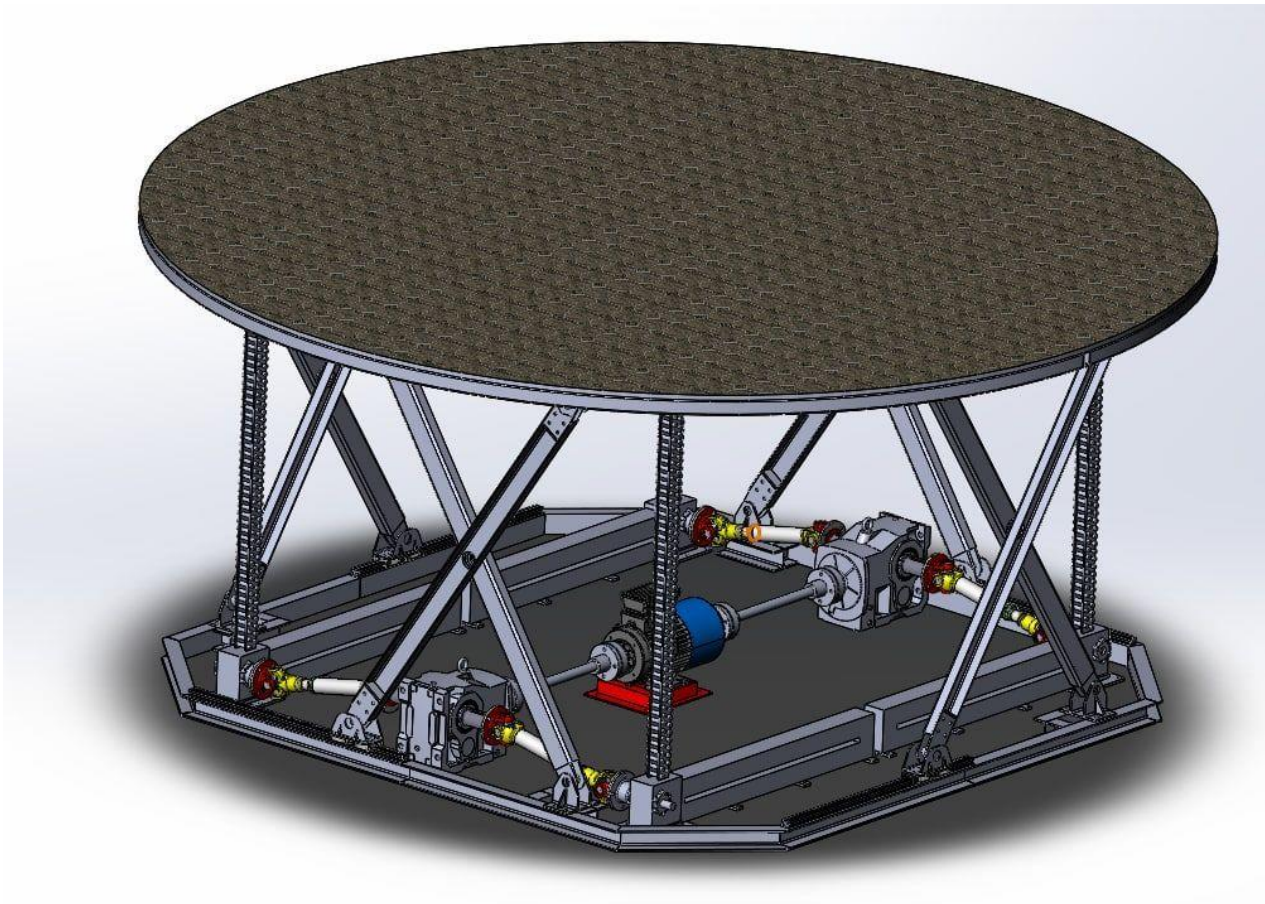


Рис.1. Загальний вид підіймальної платформи.

Методика проектування і розрахунку установки відповідають вимогам норм ФРН [1].

Просторову жорсткість конструкції у сукупності з вертикальною рухливістю платформи забезпечує поєднання у опорно-підіймальній системі 4-х попарно-симетрично встановлених пантографів та 4-х підіймальних механізмів ланцюгового типу Linklift (Serapid). Дані моделювання та аналізу напружено-деформованого стану конструкції, у програмному продукті CAD/CAE Solidworks показали, що при навантаженні платформи у верхньому фіксованому положенні

горизонтальною випробувальною силою, значення переміщення не перевищують допустимих.

Механізм приведення платформи у рух складається із центрально розміщеного асинхронного 3-х фазного двигуна з короткозамкненим ротором, 2-х редукторів та 4-х підймальних ланцюгових механізмів типу Linklift (Serapid). Трансмійні валопроводи, швидкохідні і тихохідні, обладнані шарнірами Гука (карданні вали).[1] Таке конструктивне рішення не передбачає високих вимог до точності взаємного розміщення (центрування) валів. Окремих, з'єднаних валопроводом складових приводу – механізм в даній комплектації працює винятково плавно і безшумно.

Згідно з вимогами [2] привод обладнаний 2-ма дисковими гальмами, конструктивно вбудованих в корпус двигуна. Кожне із гальм налаштовано на величину розрахункового гальмівного моменту $T_{Г(р)}$, Нм, (1) яке забезпечує утримання платформи з навантаженням $m_{вф}$, кг у верхньому фіксованому положенні з коефіцієнтом запасу гальмування $k_{Г} = 2$.

$$T_{Гр} = k_{Г} T_{стГ} = k_{Г} \frac{(m_{р} + m_{п} + m_{вф})gD_3}{2U_{р}} \eta_{м}, \text{ Нм} \quad (1)$$

тут $T_{стГ}$ – момент сил статичного опору руху платформи при гальмуванні, зведений до осі обертання ротора, Нм; $m_{п}$ – маса платформи, кг; $m_{р}$ – маса рухомих частин опорно-підймальної системи, кг; D_3 – діаметр початкового кола зірочки приводу ланцюгів, м; $\eta_{м}$ – к.к.д. механізму.

В системі керування приводом задіяно частотний перетворювач. Числові значення параметрів налаштувань перетворювача для керування приводом у перехідні періоди руху (величини моментів на валу двигуна, частоти вхідної напруги та ін.) були визначені в процесі кінематичного і силового аналізу цих періодів.

Після виготовлення, статичних і динамічних випробувань підймальна платформа поставлена в режим експлуатації.

Література:

1. В. С. Бондарев, О. І. Дубинець, М. П. Колісник, С. В. Бондарев, Ю. П. Горбатенко. – Київ : Вища школа, 2009. – 734 с. «Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підймальних і транспортувальних машин: підручник».
2. DIN 56950-5:2018 «Entertainment technology - Machinery installations - Part 5: Safety requirements for electric chainhoist systems».

ВАНТАЖО-ПАСАЖИРСЬКА ПІДЙМАЛЬНА УСТАНОВКА

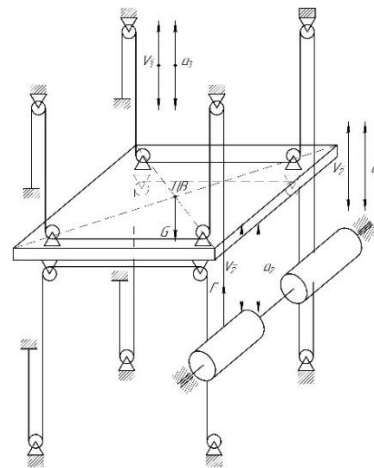
Горбатенко Ю. П., Семенчук Р. В.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна)

Підймальна установка подвійного призначення розроблена з дотриманням вимог норми ФРН [1]. Загальний вид установки показаний на рис.1 [2].



а)



б)

Рис. 1. Підймальна установка
а) загальний вид; б) схема запасування

Основні технічні параметри установки рис.1 а): v_3 – швидкість руху платформи, $\frac{м}{с}$; h – висота підйому, м; $m_{п}$ – маса платформи, кг; $m_{вр}$ – маса вантажу на рухомій платформі, кг; $m_{вф} > m_{вр}$ – маса вантажу, на фіксованій у верхньому положенні платформи, кг; P – потужність електродвигуна, кВт; n – частота обертання ротора двигуна, об/хв; U_p – передаточне число редуктора; T_r – гальмівний момент кожного із 2-х вбудованих у корпус двигуна дискових гальм, який забезпечує утримання платформи з вантажем у верхньому фіксованому положенні, Нм. Привод платформи канато-барабанний, схема запасування вантажного каната показано на рис. 1 б).

В приводі установки використано мотор-редуктор у складі асинхронного 3-х фазного двигуна з короткозамкненим ротором та редуктора; двигун обладнаний 2-ма вбудованими дисковими гальмами. В системі керування приводом встановлено частотний перетворювач. Програмні величини параметру керування, частота вхідної напруги f , Гц, у перехідні періоди руху (пуск, гальмування) визначені за результатом аналізу рівнянь виду (1) [3]:

$$T_{дп(г)} = T_{стп(г)} \pm T_{інп(г)} = T_{срп(г)}, \quad (1)$$

де $T_{дп(г)} = T_{срп(г)}$ – момент на валу двигуна пусковий (гальмівний), Нм; $T_{стп(г)}, T_{інп(г)}$ – момент сил статичного руху платформи з вантажем та сил інерції рухомих мас платформи, вантажу і приводу, зведені до осі обертання ротора

двигуна (3) - (6); знак «+» - пуск на підймання, гальмування при опусканні; «-» - гальмування при підйманні, пуск на опускання, Нм.

Послідовно визначались величини параметрів:

- мінімальний допустимий час пуску (гальмування) приводу із умови обмеження величини прискорення руху платформи з навантаженням $[a]_{\text{п}} = [a]_{\text{г}} = 0,2, \text{ м/с}^2$ (2);

$$[t]_{\text{п}} = [t]_{\text{г}} = \frac{v_3}{[a]_{\text{п(г)}}}, \text{ с} \quad (2)$$

- моменти:

$$T_{\text{ст(п)}} = \frac{(m_{\text{п}} + m_{\text{вп}})gD_{\text{бц}}}{2UU_{\text{р}}\eta_{\text{м}}}, \text{ Нм} \quad (3)$$

$$T_{\text{ст(г)}} = \frac{(m_{\text{п}} + m_{\text{вп}})gD_{\text{бц}}}{2UU_{\text{р}}}\eta_{\text{м}}, \text{ Нм} \quad (4)$$

$$T_{\text{інп(г)}} = \delta I_{\text{р}} \frac{2[a]_{\text{п(г)}}UU_{\text{р}}}{D_{\text{бц}}} + \frac{(m_{\text{п}} + m_{\text{вп}})gD_{\text{бц}}}{2UU_{\text{р}}\eta_{\text{м}}}, \text{ Нм (при підйманні)} \quad (5)$$

$$T_{\text{інп(г)}} = \delta I_{\text{р}} \frac{2[a]_{\text{п(г)}}UU_{\text{р}}}{D_{\text{бц}}} + \frac{(m_{\text{п}} + m_{\text{вп}})gD_{\text{бц}}}{2UU_{\text{р}}}\eta_{\text{м}}, \text{ Нм (при опусканні)} \quad (6)$$

де $I_{\text{р}}$ – момент інерції ротора, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$; δ - коефіцієнт, що враховує наближено інерційність рухомих мас приводу, що обертаються повільніше ротора двигуна, $\eta_{\text{м}}$ – к.к.д. механізму приводу;

- в (1) записуємо:

$$T_{\text{інп(г)}} = \frac{\omega_{\text{ср п(г)}}}{[t]_{\text{п(г)}}}, \text{ Нм} \quad (7)$$

де $\omega_{\text{ср п(г)}}$ – середня кутова швидкість ротора в перехідний період, рад/с ;

- та знаходимо розв'язок рівняння у вигляді (8):

$$\omega_{\text{ср п(г)}} = \frac{[t]_{\text{п(г)}}(T_{\text{дп(г)}} \pm T_{\text{стп(г)}})}{I_{\text{звп(г)}}}, \text{ рад/с} \quad (8)$$

- синхронна кутової швидкості (9):

$$\omega_{\text{с}} = \frac{\omega_{\text{ср п(г)}}}{1 - S_{\text{ср}}}, \text{ рад/с} \quad (9)$$

- частоту вхідної напруги (10):

$$f = \frac{p\omega_{\text{с}}}{2\pi}, \text{ Гц} \quad (10)$$

тут $S_{\text{ср}}$ – середнє ковзання в перехідний період, p – кількість пар полюсів в обмотці статора привідного двигуна.

Описаний вище алгоритм аналізу перехідних періодів дозволяє визначити величину частоти вхідної напруги (10), що характеризує стан приводу в тій чи іншій перехідній фазі руху.

Література:

1. DIN 56950-5:2018 «Entertainment technology - Machinery installations - Part 5: Safety requirements for electric chainhoist systems».
2. Горбатенко Ю. П., Семенчук Р. В. «Підймальна установка вантажо-пасажирського призначення», Інновації молоді в машинобудуванні №2 2020 - Прикладна механіка.
3. В. С. Бондарев, О. І. Дубинець, М. П. Колісник, С. В. Бондарев, Ю. П. Горбатенко. – Київ : Вища школа, 2009. – 734 с. «Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підймальних і транспортувальних машин: підручник»

ВАНТАЖО-ПІДЙІМАЛЬНА ЛЕБІДКА З ДИСКОВИМ БАРАБАНОМ

Горбатенко Ю. П., Семенчук Р. В.

(КПІ імені Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна)

Лебідка рис.1., призначена для виконання керованого вертикального зворотно-поступального переміщення (підйом – опускання) електроосвітлювальних приладів на кабельно-канатному підвісі в спеціальних технологіях освітлення приміщення і території.

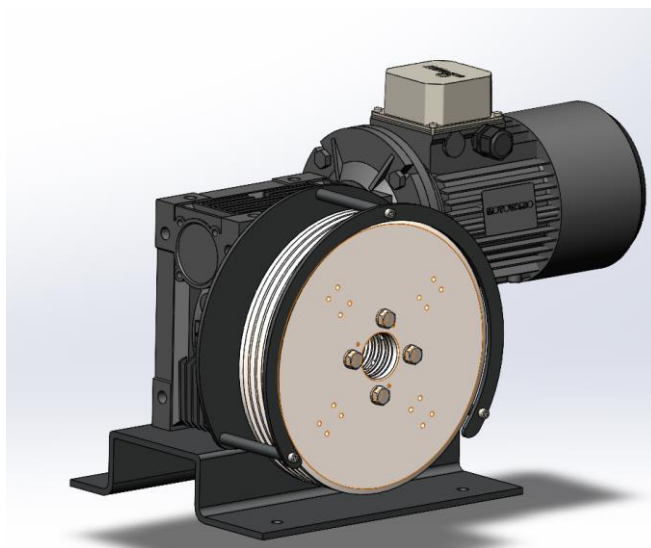


Рис. 1. Загальний вид лебідки

Канатно-кабельний підвіс освітлювального приладу передбачає синхронно-паралельне намотування на один барабан кількох віток вантажного каната та кабелю живлення. Спеціальна конструкція канатно-кабельного барабана дискового типу рис.2., відповідає вимогам: забезпечення строго вертикальної траєкторії руху приладу за рахунок дотримання паралельності і синхронності руху віток каната і кабелю; електроізолюваність елементів підвісу-кабелю від барабана і канатів [1].

Елементи конструкції барабана, внутрішній циліндр та секційні диски (реборди) виготовлені із синтетичного матеріалу, діелектричного, з високими показниками міцності і термостійкості. Живлення від клем, закріплених на корпусі лебідки, до кабелю на барабані передається за допомогою кільцевих струмозмінювальних пристроїв.

При встановленому діаметрі внутрішньої циліндричної поверхні барабана по центру намотування каната $D_{бц}$ при підйомі – опусканні, змінюється в даній конструкції від (1) - у першому шарі:

$$D_{бц1} = D_{бцmin} = d_k(c + 1), м \quad (1)$$

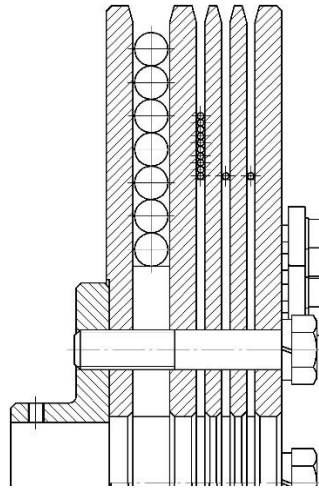


Рис. 2. Кабельно-канатний барабан

до (2) – у кінцевому i -му, шарі намотки:

$$D_{бци} = D_{бцmax} = d_k(c + 2i - 1), \text{ м} \quad (2)$$

тут $c = D/d_k$.

Момент сил статичного опору на барабані [2]:

$$T_{ст} = \frac{zF_k D_{бц}}{2\eta_б}, \text{ Нм} \quad (3)$$

тут F_k – сила натягу вітки канату, Н; z – кількість віток каната, на яких підвішено вантаж; $\eta_б$ – к.к.д. барабана; величина моменту також буде змінюватися упродовж періоду сталого руху і становитиме $T_{ст} = T_{стmin}$, Нм при $D_{бц} = D_{бцmin}$, м та $T_{ст} = T_{стmax}$, Нм при $D_{бц} = D_{бцmax}$, м.

Таку переміну навантаження впродовж періоду сталого руху необхідно враховувати при визначенні розрахункової потужності P_p , кВт при відного двигуна та його виборі: за нашими оцінками при $TВ \leq 25\%$ (відносна тривалість вмикання) у формулі для визначення потужності можна орієнтуватися на (4):

$$T_{стср} = \frac{T_{стmin} + T_{стmax}}{2}, \text{ Нм} \quad (4)$$

при $TВ \leq 25\%$ на $T_{стmax}$, Нм

Література:

1. Інструкції DGUV №115-002 «Інструкція з охорони праці та техніки безпеки в місцях проведення та постановки сценічних вистав і на студійних майданчиках»;
2. В. С. Бондарев, О. І. Дубинець, М. П. Колісник, С. В. Бондарев, Ю. П. Горбатенко. – Київ : Вища школа, 2009. – 734 с. «Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підймальних і транспортувальних машин: підручник».

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МАТЕРІАЛУ СТРІЧКИ ПОРОШКОВОГО ДРОТУ ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ ВИСОКОМАНГАНОВОЇ СТАЛІ

¹Гринь О.Г., ^{1,2}Трембач І.О.

(¹Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна,

²ПрАТ «НКМЗ», м. Краматорськ, Україна)

Виготовлення самозахисного порошкового дроту (СПД), особливо для наплавлення високолегованого металу, потребує введення в наповнювач великої кількості легуючих компонентів, тому важливим завданням є пошук варіанту додаткового легування наплавленого металу. Враховуючи той факт, що легування наплавленого металу при використанні СПД можливо як через наповнювач, так і металеву оболонку, актуальним є використання легової металеві оболонки, тобто стрічки.

Метою роботи є дослідження та обґрунтування вибору матеріалу стрічки (в якості досліджуваних обрані 08кп, 65Г та 60С2), що використовуються для виготовлення СПД для наплавлення високоманганової сталі.

На думку авторів, вибір розміру стрічки, обумовлений технологією виготовлення СПД заданого діаметру і необхідним коефіцієнтом заповнення, який зростає при збільшенні ширини стрічки. Марка, механічні властивості і вихідний стан стрічки і їх зміна в процесі волочіння є суттєвим фактором, що визначає стан поверхні готового дроту.

Важливим фактором при обґрунтуванні марки стрічки є її хімічний склад, за рахунок якого забезпечується додаткове легування наплавленого металу. Для наплавленого металу з високим опором при зношуванні з ударами треба забезпечити в наплавленому металі аустенітну структуру, яка здатна до динамічного деформаційного мартенситного перетворення. Цим умовам відповідає високоманганова сталь. Тому доцільне використання стрічки 65Г.

Матеріал оболонки, її міцність, відносне подовження та їх зміни в процесі волочіння визначають стан поверхні СПД. В свою чергу стан поверхні дроту впливає на стабільність процесу плавлення. Таким вимогам в більшій мірі відповідають марки 65Г і 60С2.

Механічні властивості досліджуваних стрічок наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Механічні властивості стрічок

№ з/п	Марка	Розмір, мм	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %
1	08кп	0,5×20	349	228	53
2	65Г	0,5×15	813	800	6,7
3	60С2	0,5×20	1011	1009	5,5

Матеріал стрічки (оболонки СПД) впливає на:

- кількість неметалевих включень в наплавленому металі;
- стабільність протікання дугового процесу;
- коефіцієнт переходу легуючих елементів в наплавлений метал;
- технологію виготовлення СПД;

Враховуючи вказані фактори для наплавлення високоманганових сталей доцільно використовувати леговану манганом стрічку зі сталі марки 65Г.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ НАРІЗАННЯ ПЛАНЕТАРНИХ ВЕЛИКОМОДУЛЬНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС МЕТОДОМ POWER SKIVING

Грицай І.Є., Сліпчук А.М.

(НУ «Львівська політехніка», м. Львів, Україна)

Зубчасті колеса є поширеними деталями важких і потужних машин, які виготовляють на підприємствах важкого машинобудування, а їх виробництво є працездатним та витратним. Останнім часом для їх виготовлення, зокрема, для планетарних коліс використовують високоефективні процеси *Power Skiving*. Для оптимізації інструменту та їх технології було розроблено математичне забезпечення і проведено дослідження цього процесу для даного підкласу коліс, які дали змогу зробити такі висновки.

1. Порівняно із нарізанням коліс з зовнішніми зубцями в 1,5 – 1,8 разів збільшується коефіцієнт торцьового перекриття, але при цьому до 18-23% зменшується сумарна сила різання.

2. При нарізанні коліс, в яких відношення ширини вінця до діаметра перевищує 0,5, крутильна жорсткість пінолі шпинделя на виході зменшується на 5-15%. Ця тенденція посилюється при збільшенні кута установки шпинделя відносно осі колеса від 20 до 45°, зокрема, через необхідність збільшення довжини перебігу різця та гарантованого оброблення зубців на повну висоту. В таких умовах підвищуються коливання та вібрації шпинделя на інструменту.

3. Внаслідок зміни кінематичних кутів погіршуються умови різання: виникають підвищене тертя по задніх поверхнях вхідних лез зубців і негативні умови стружкоутворення на бокових вихідних лезах; інструмент повинен мати захисні протизносні і зміцнюючі покриття.

4. При збільшенні кута підйому гвинтових зубців косозубих коліс, або кута нахилу інструментального шпинделя при нарізанні прямозубчастих коліс збільшується окружна сила та крутний момент на різці: це спричиняє підвищені коливання сили і моменту на його осі та вимагає вищої жорсткості верстата.

5. Великомодульні колеса необхідно нарізати за 5-8 проходів. Для підвищення ефективності на чорнових проходах достатньо інструменту з прямолінійними боковими лезами та гострозаточеним вершинним лезом, а для чистового проходу - точного різця з евольвентним профілем зубців. Проблема, яка виникає при зміні інструменту – необхідність точної вивірки другого різця по сформованій впадині може бути вирішена завдяки можливостям сучасних систем позиціонування при ЧПК.

ПРОЕКТУВАННЯ ПРОЦЕСІВ ХОЛОДНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ НА ОСНОВІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ РОЗРАХУНКУ

¹Грудкіна Н.С., ²Левченко В.М., ¹Алієва Л.І., ¹Абхарі П.Б., ¹Лепетухин Е.В.
(¹Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ,
²ІРЕ ім. О.Я. Усикова НАНУ, м. Харків, Україна)

Процеси холодного комбінованого видавлювання відносять до перспективних ресурсозберігаючих технологій [1]. Ефективним теоретичним методом дослідження процесів видавлювання є енергетичний метод балансу потужностей [2, 3]. Актуальним питанням є розробка класифікації за основними характеристиками та властивостями кінематичних модулів, як складових розрахункової схеми процесу.

Метою роботи є виявлення особливостей проектування процесів видавлювання із застосуванням енергетичних моделей розрахунку.

Важливим етапом ефективного використання енергетичного методу є побудова розрахункової схеми досліджуваного процесу деформування як сукупності кінематичних модулів із урахуванням особливостей конфігурації інструменту та протікання процесу деформування. Визначальними з точки зору подальшого застосування характеристиками кінематичних модулів слід вважати ступінь свободи течії, форму (найпростіша прямокутна або більш складна: трикутна, трапецеїдальна), жорсткість межування із суміжними кінематичними модулями та можливості варіювання. Кожний клас кінематичних модулів має особливості використання при вбудовуваності у розрахункові схеми та потребує порівняльного аналізу та дослідження раціональності використання в порівнянні із кінематичними модулями найпростішої форми.

Узагальнення результатів проведених досліджень із урахуванням розробленої класифікації та розрахункових схем моделювання процесів комбінованого видавлювання представлено у вигляді розробленого програмного продукту. Програма «EXTRUSION» створена в середовищі розробки «Delphi Community Edition» та призначена для використання в навчальному процесі, у науково-дослідних цілях та на виробництві.

Запропонована класифікація кінематичних модулів сприятиме їх обґрунтованому та раціональному використанню на етапі побудови розрахункових схем процесів. Розроблений програмний продукт містить розрахунки та рекомендації з використання кінематичних модулів, розрахункові енергетичні моделі процесів з можливістю прогнозування дефектоутворення у вигляді утягнення, що сприятиме визначенню оптимальних параметрів конфігурації інструмента.

Література: 1. Алиева Л. И. Совершенствование процессов комбинированного выдавливания: монография. Краматорск: ООО «Тираж-51». 2018. 352 с. 2. Hrudkina N. S., Aliieva L. I. Modeling of cold extrusion processes using kinematic trapezoidal modules. *FME Transactions*. 2020. 48. 2, pp. 357–363. doi:10.5937/fme2002357H\$. 3. Алиева Л. И., Грудкина Н.С. Особенности проектирования процессов холодного выдавливания на основе развития модульного подхода в рамках энергетического метода. *Вісник НТУ «ХПІ»*. Харків. 2015. 24 (1133). С. 21–32.

ФОРМУВАННЯ КОРИТНОГО ГНУТОГО ПРОФІЛЮ ЗІ ЗМІННИМ ПОПЕРЕЧНИМ ПЕРЕРІЗОМ ПО ДОВЖИНІ

Губський С.О., Чухліб В.Л.

(НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна)

В автомобільній, залізничній, авіаційній промисловості, суднобудуванні та в каркасному будівництві споруд є затребуваність на гнуті профілі зі змінним перерізом, що виготовлені з поступовою деформацією кромek в клітях.

Схему поштучного формування коритного гнутого профілю зі змінним поперечним перерізом пропонується виконувати за класичною схемою калібрування валків для профілювання по третьому методу та одночасному формуванні всіх елементів профілю на одні і ті ж кути підгинання. Вісь формування профілю розміщується посередині нижньої горизонтальної стінки.

Кожен валок кліті (рис. 1) складається з двох симетричних частин, які обертаються навколо своєї вісі з необхідною швидкістю та мають можливість поперечного руху вздовж вісі обертання.

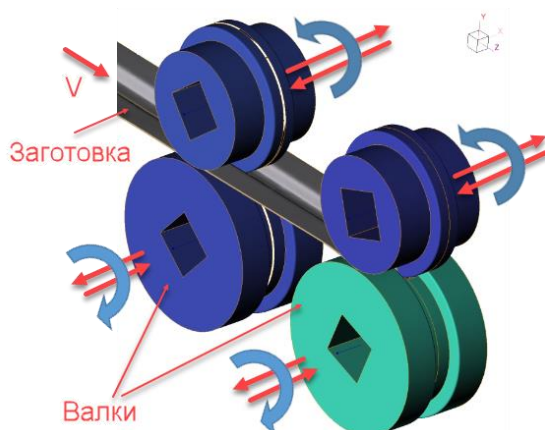


Рис. 1. 3D-моделі валків двох останніх клітей стану (стрілками позначені напрями обертання валків та руху заготовки)

При переміщенні заготовки по клітях стану відбувається обертання валків з одночасним їх поперечним рухом (розходження) перпендикулярно вісі заготовки валків за наступним алгоритмом. При заходженні заготовки в кліть – починається розходження симетричних частин валка (верхнього та нижнього) даної кліті з певною постійною швидкістю. Цей поперечний рух симетричних частин валка (верхнього та нижнього) буде продовжуватися до закінчення проходження заготовки через дану кліть.

Підсумком роботи є запропонована схема поштучного формування коритного гнутого профілю зі змінним поперечним перерізом.

ПОКРАЩЕННЯ ШОРСТКОСТІ SLM 3D ДРУКОВАНИХ ДЕТАЛЕЙ ЗІ СТАЛІ AISI 316L ПРИ МАГНІТНО-АБРАЗИВНОМУ ОБРОБЛЕННІ

Джулій Д.Ю., Майборода В.С., Кучерук Д.В.
(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна)

В процесі селективного лазерного спікання металевих порошків формується поверхня деталей з великою величиною параметра Ra. Для покращення шорсткості поверхонь таких деталей доцільно використовувати порошки меншої зернистості, але це, в свою чергу, спричиняє підвищення складності та вартості процесу адитивного виробництва. Широкого застосування набули порошки з зернистістю 60/20 мкм, що разом з особливостями процесу і спричиняє формування поверхні з великою величиною параметра Ra – на рівні 4,5 – 5 мкм.

Метою роботи є дослідження можливості покращення шорсткості SLM 3D друківаних деталей виготовлених зі сталі AISI 316L за допомогою процесу магнітно-абразивного оброблення в умовах великих магнітних щілин.

Експериментальні дослідження виконували при нахиленому розташуванні зразків в робочій зоні верстату типу кільцева ванна. Швидкість переміщення зразків вздовж робочої зони складала 3 м/с, кутова швидкість обертання їх навколо осі оправки 550 об/хв при величині індукції в робочій зоні 0,244 Тл. Загальний час оброблення склав 20 хв. Оброблення виконували наступними магнітно-абразивними порошками: Феромап з розміром зерен 630/400 мкм, ДЧК з розміром зерен 630+ мкм з додаванням алмазної пасту АСМ 20/14 мкм. Оскільки на зразках були присутні ділянки різної шорсткості, що сформувалась в результаті нерівномірності умов друку, то вимірювання шорсткості виконували в різних ділянках (рис. 1).

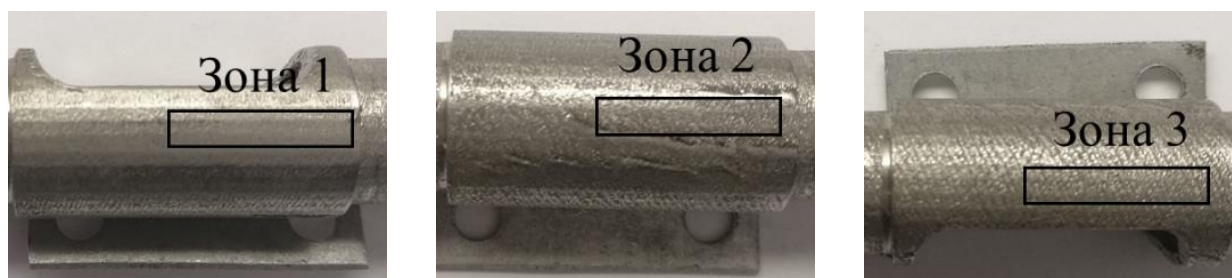


Рис. 1. Схема вимірювання шорсткості на зразках

В результаті експериментальних досліджень встановлено, що для всіх трьох ділянок значне зменшення шорсткості формується при магнітно-абразивному обробленні з використанням порошку ДЧК 630+ мкм з алмазною пастою АСМ 20/14 мкм (рис. 2), в зоні 1 шорсткість зменшилась на 2,92 мкм, в зоні 2 – на 2,23 мкм, а в зоні 3 – на 5,25 мкм. При використанні порошку Феромап 630/400 мкм найкращий результат отримано для першої зони Ra 1,84 мкм, при початковій величині Ra 4,05 мкм.

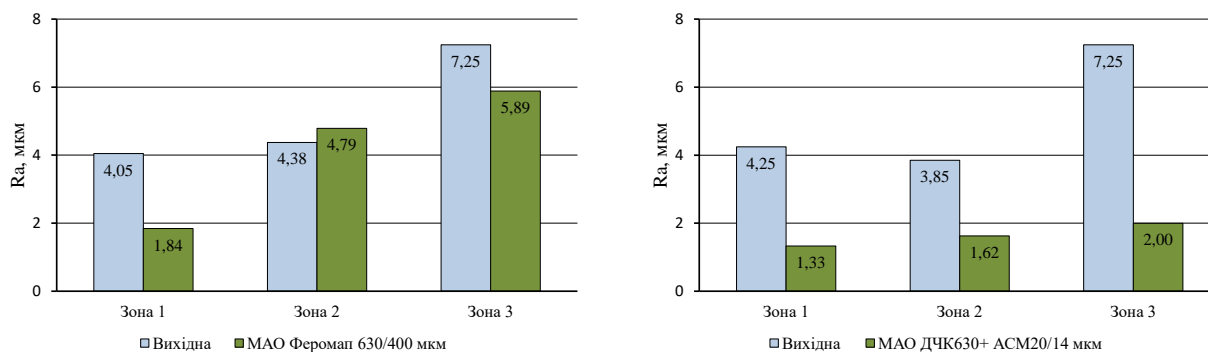


Рис. 2. Шорсткість поверхонь зразків до та після магнітно-абразивного оброблення з використанням різних магнітно-абразивних порошків: Феромап 630/400 мкм; ДЧК 630+ АСМ20/14 мкм

Для поверхонь зразків, оброблених обома порошками, характерним є нормалізація відносної опорної величини профілю для всіх зон, що особливо проявляється для порошку ДЧК 630+ мкм + АСМ 20/14 мкм (рис. 3).

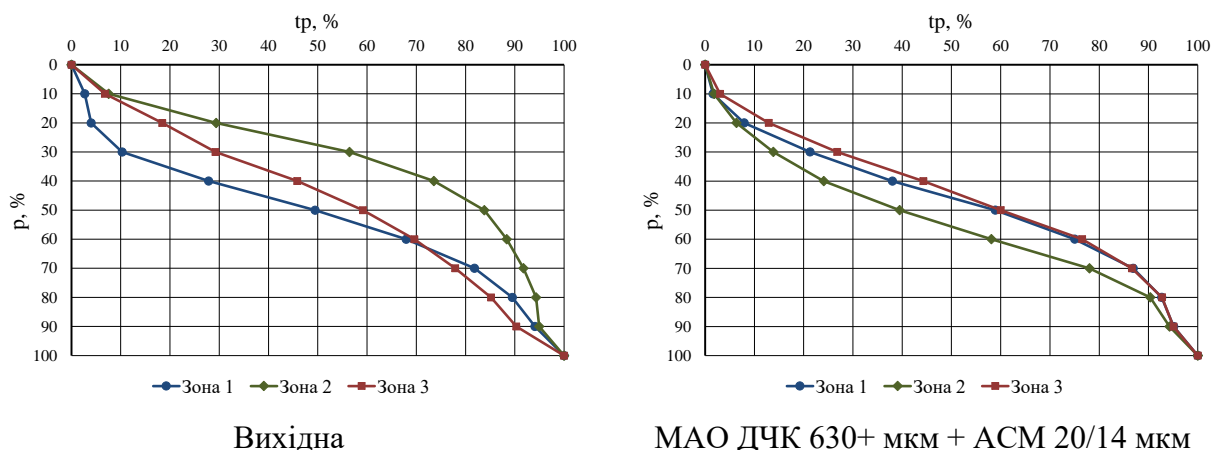


Рис. 3. Відносна опорна величина профілю зразків до та після оброблення порошком ДЧК 630+ мкм з АСМ 20/14 мкм

Висновки:

Експериментально встановлена можливість фінішного магнітно-абразивного оброблення SLM 3D друкованих деталей виготовлених зі сталі AISI 316L. При цьому при використанні порошку ДЧК 630+ мкм з алмазною пастою АСМ 20/14 мкм відбулось значне зниження шорсткості поверхонь за рахунок мікрорізання в порівнянні з Феромап 630/400 мкм, який лише придав блиску поверхні без зміни мікрорельєфу поверхонь.

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ПРОТИ КОЛИВАННЯ ВАНТАЖУ КОЗЛОВИХ І БАШТОВИХ КРАНІВ

Дзержинський І.В., Кассов В.Д.

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

В роботі розглянуті існуючі системи управління приводами козлових і баштових кранів для запобігання коливання вантажу. Розглянуто етапи розвитку контролерів проти коливання вантажу та виявлено їх недоліки.

Постановка проблеми: Крани широко використовуються для транспортування важких вантажів і небезпечних матеріалів на верфях, фабриках, ядерних установках і у висотних будівлях. Козлові крани зазвичай використовуються на заводах. Цей тип кранів має в своєму складі візок, який пересувається в горизонтальній площині. Корисний вантаж кріпиться до візка за допомогою троса, довжина якого може змінюватися підйомним механізмом. Навантаження з тросом розглядається як одновимірний маятник з одним ступенем свободи коливання. Є ще один варіант цих кранів, які можуть рухатися також горизонтально, але в двох перпендикулярних напрямках. Аналіз майже однаковий для всіх, оскільки двонаправлені рухи можна розділити на два незв'язані однонаправлені рухи.

Поворотні крани можна розділити на два типи: крани зі стрілою, які зазвичай використовуються на верфях, і баштові крани, які використовуються в будівництві, рис. 1. У цих кранів точка кріплення вантажопідйомності зазнає обертання. Для цієї точки може існувати інший ступінь свободи. Для стрілових кранів ця точка рухається вертикально, тоді як у баштових кранів вона рухається горизонтально. Крім цих рухів, кабель можна опускати або піднімати. Трос і вантаж розглядаються як сферичний маятник з двома ступенями свободи.



(а) Козловий кран



(б) Баштовий кран

Рис. 1. Типи кранів

Функція кранів полягає в тому, щоб переміщати вантаж з однієї точки в іншу точку за мінімальний час, щоб вантаж доставлявся місця призначення без хитання. Зазвичай це завдання виконує досвідчений оператор. Під час роботи вантаж може вільно розгойдуватися маятниковоподібним рухом. Якщо коливання перевищує критичну межу, його необхідно заглушити або припинити роботу,

поки коливання не згасне. Будь-який варіант займає час, що знижує ефективність роботи крану. Ці проблеми спонукали багатьох дослідників до розробки алгоритмів керування для автоматизації роботи крана. Однак більшість існуючих схем непридатні для практичної реалізації. Таким чином, більшість промислових кранів не автоматизовані та все ще залежать від операторів, які іноді не можуть компенсувати коливання. Ця несправність може загрожувати як вантажу так і навколишньому оточенню. Ще одна складність автоматизації кранів полягає в характері кранового середовища, яке часто є неструктурованим на верфях і заводських цехах. Алгоритм керування повинен справлятися з цими умовами. Іноземні науковці [1] та [2] представили детальний огляд підходів до керування краном. Далі ми коротко представлені загальні методи керування краном.

Аналіз останніх досліджень: Оскільки на коливання вантажу впливає прискорення руху, багато дослідників зосередилися на створенні траєкторій, які б доставляли навантаження в найкоротший час і в той же час мінімізували коливання. Ці траєкторії зазвичай отримують за допомогою методів оптимізації. Цільовою функцією може бути або час передачі [3], або керуюча дія [4], або кут повороту [5]. Іншим важливим методом генерації траєкторій є вхідне формування, яке складається з послідовності імпульсів прискорення та уповільнення навантаження. Ці послідовності генеруються таким чином, що в кінці операції передачі немає залишкового коливання [6]. Отриманий контролер є контролером без зворотного зв'язку, що робить його чутливим до зовнішніх перешкод і змін параметрів.

Відомо, що керування зі зворотним зв'язком менш чутливе до перешкод і змін параметрів. Отже, це привабливий метод для проектування керування краном. Запропоновано [7] контролер, який передає дані про положення та швидкість візка та кут повороту вантажу. Коефіцієнти зворотного зв'язку обчислюються методом проб і помилок на основі методу кореневого локуса. Розроблено [8] контролер лінійного зворотного зв'язку з використанням повного зворотного зв'язку. Підсилення контролера налаштовується відповідно до довжини кабелю. Однак, якщо довжина кабелю змінюється некваліфікованим чином, відбувається погіршення продуктивності системи. Крім того, алгоритм налаштування не перевірявся експериментально. Розроблено [2] та успішно випробувано контролер планування підсилення, який здатний передавати навантаження в межах одного циклу коливань навантаження без викликання перерегулювання в положенні візка. Джерелом даних для цих контролерів зазвичай є кроковий вхід, що робить їх більш придатними для коротких відстаней. Іншою проблемою цих контролерів є висока керуюча дія на початку руху, яка може призвести до вібрації вантажу.

Як зазначалося вище, метою управління краном є переміщення вантажу з однієї точки в іншу точку та в той же час мінімізація коливання вантажу. Зазвичай контролер призначений для виконання цих двох завдань одночасно, як у вищезгаданих контролерах. Однак в іншому підході, який широко використовується, ці дві задачі розглядаються окремо шляхом проектування двох контролерів зворотного зв'язку. Перший - контролер проти розгойдування.

Він контролює амортизацію гойдання за допомогою належного зворотного зв'язку щодо кута гойдання та його швидкості. Другий — контролер стеження, призначений для того, щоб змусити візок слідувати за контрольною траєкторією. Положення та швидкість візка використовуються для відстеження зворотного зв'язку. Траєкторія позиції, як правило, є класичною швидкісною схемою, яку отримують з розімкнутого контуру оптимального керування або методів формування вхідних даних. Контролер відстеження може бути або класичним пропорційно-похідним контролером [9], або контролером з нечіткою логікою [10–13]. Аналогічно, контролер проти розгойдування розроблений різними методами. Розділення завдань керування, запобігання гойданню та відстеження, дозволяє розробнику обробляти різні траєкторії відповідно до робочого середовища. Як правило, довжина кабелю враховується при розробці контролера проти гойдання, а вплив маси навантаження нехтується при розробці контролера відстеження.

Висновки: Представлений аналіз сучасних систем контролерів проти коливання вантажу козових і баштових кранів. Розглянуто контролери зі зворотнім зв'язком та без нього.

Подальша робота зводиться до розробки контролера зі зворотнім зв'язком, який враховував вплив варіацій вхідних параметрів та швидко оброблював зв'язок між обертальними та поступальними рухами баштового крана.

Література:

1. E.M. Abdel-Rahman, A.H. Nayfeh and Z.N. Masoud, Dynamics and control of cranes: A review, *Journal of Vibration and Control* 9 (2003), 863–908.
2. H.M. Omar and A.H. Nayfeh, Gain-scheduling feedback control for tower cranes, *Journal of Vibration and Control* 9 (2003), 399–418.
3. G.A. Manson, Time-optimal control of an overhead crane model, *Optimal Control Applications and Methods* 3 (1982), 115–120.
4. B.L. Karihaloo and R.D. Parbery, Optimal control of dynamical system (1982), 409–417.
5. Y. Sakaw and Y. Shindo, Optimal control of container cranes, in *Proceedings of the 8th IFAC Triennial World Congress, Kyoto, Japan, 1981*, pp. 257–265.
6. C.L. Teo, C.J. Ong and M. Xu, Pulse input sequences for residual vibration reduction, *Journal of Sound and Vibration* 211 (1998), 157–177.
7. A.J. Ridout, Anti-swing control of the overhead crane using linear feedback, *Journal of Electrical and Electronics Engineering* 9 (1989), 17–26.
8. R. Hurteau and R. Desantis, Microprocessor-based adaptive control of a crane system, in *Proceedings of the IEEE Conference on Decision and Control Including The Symposium on Adaptive Processes* 2 (1983), 944–947.
9. Z. Masoud, A control system for the reduction of cargo pendulation of ship-mounted cranes, Ph.D. Dissertation, Virginia Tech, Blacksburg, Virginia, 2000.
10. A. Al-Moussa, A.H. Nayfeh and P. Kashroo, Control of rotary cranes using fuzzy logic, in *ASME 2001 Design Engineering Technical Conference, Pittsburgh, Pennsylvania, September 9–12, 2001*, DETC2001/VIB-21598.
11. H.-H. Lee, S.-K. Cho and J.-S. Cho, A new anti-swing control of overhead cranes, in *IFAC Automation in the Industry, Korea, 1997*, 115–120.
12. M.J. Nalley and M.B. Trabia, Design of a fuzzy logic controller for swing-damped transport of an overhead crane payload, *Dynamic System and Control* 1 (1994), 389–398.
13. H. Yang, Y. Kinouch and N. Sugio, Anti-swing fuzzy control of overhead cranes referring a velocity pattern, *Control and Cybernetics* 25 (1996), 209–281.

ПОДАЛЬШИЙ РОЗВИТОК ЗАСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ФРЕЗ

Донченко Є.І.

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

Датчики вібрацій, особливо виконані на основі мікроконтролерів, та загалом система діагностики фрез повинні забезпечувати надійність реєстрації. До того ж, у зв'язку з тим, що датчики здебільшого виконані у герметичному вигляді, зміна програмного продукту у вбудованих мікроконтролерах - дуже кропітка задача. Це обумовлює, серед іншого, потребу надійної програмної системи для програмування мікроконтролерів.

Ціллю роботи був подальший розвиток концепції автоматного програмування, у рамках якої програма керування реалізується як система формальних автоматів [1], описаних методом графів [2]. Стани програми локалізуються усередині вершин, а переходи між станами перебувають на орієнтованих ребрах. Відомо, що формальна реалізація стану автомата з декількома вихідними дугами потребує чіткого опису умов переходу з кожної дуги, так, щоби не допустити невизначеності у разі одночасного спрацювання умов переходу. Це ускладнює програмування і все рівно залишає місце для похибки.

Було запропоновано рішення, основане на графічному принципі ідентифікації пріоритетів (рисунок 1). Введено три рівня пріоритету дуг – найвищий (товста лінія), нормальний (тонка лінія) та низький (пунктирна). Так, з вершини 3 спочатку буде перевірено перехід X33(), а тільки потім X31().

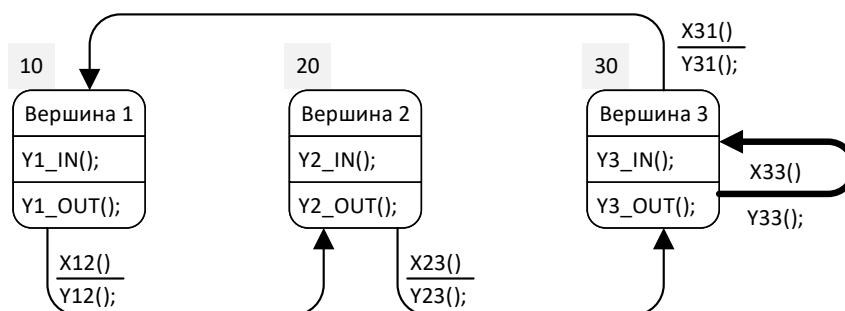


Рис. 1. Графічне визначення пріоритетів дуг

Висновки: введення графічних пріоритетів значно підвищило як зручність складання програм за допомогою графів, так і надійність самих програм – для визначення пріоритету дуги більш не треба докладати зусилля для аналізу умови переходу. Таким чином, засоби автоматного підходу до програмування систем діагностики отримують ще одну значну можливість для подальшого підвищення надійності.

Література: 1. Stoyan Mihov, U. Schulz. / Finite-State Techniques Automata, Transducers and Vimachines. // Cambridge: 2019. - 298с. – DOI: 10.1017/9781108756945. 2. Донченко Є.І. Автоматное программирование при разработке встраиваемых систем. // Информатика, управління та штучний інтелект, Тези шостої міжнародної науково-технічної конференції. – Харків – 2019. стр31. ISSN 2524-0293

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ЦИЛІНДРОВИХ ПОТУЖНОСТЕЙ

¹Єнікєєв О.Ф., ²Євсюкова Ф.М., ¹Захарєнков Д.Ю.

(¹Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна,

²НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна)

Вступ. Пропонується ідея встановити розподіл циліндрових потужностей на основі опрацювання комп'ютерною системою (КС) частотно-модульованого сигналу швидкості обертання колінчастого валу. За результатами моніторингу апаратно-програмні засоби корегують фази процесів подачі паливо-повітряної суміші. Розв'язання задачі забезпечить економію палива на рівні 5%, зменшить ймовірність перевантаження деяких циліндрів, збільшить термін використання силового агрегату й скоротить витрати на профілактику, обслуговування та ремонт.

Постановка завдання. На основі опрацювання даних непрямих вимірювань розробити апаратні засоби та інформаційні технології моніторингу розподілу циліндрових потужностей.

Основні результати. На основі методу безпосереднього цифрового керування та принципу замкненого керування із використанням зворотного зв'язку за станом сигналу флуктуацій швидкості обертання колінчастого валу розроблено концептуальні засади програмних рухів апаратних засобів щодо керування процесами подачі паливо-повітряної суміші. Синхронізацію роботи комп'ютерної системи із фазою обертання колінчастого валу забезпечує сигнал верхньої мертвої точки першого циліндру. Розроблено архітектуру комп'ютерної системи та запропоновано алгоритмічне забезпечення моніторингу розподілу циліндрових потужностей силового агрегату.

Проведено математичне моделювання компонент КС керування процесами подачі паливно-повітряної суміші. Із використанням еталонних моделей компонент, запізнення яких відоме, та мінімізацією квадратичного критерію якості синтезовано пристрій опрацювання сигналу миттєвої швидкості колінчастого валу. Побудовано схему комп'ютерного моделювання сигналу вимірювальної інформації та на основі використання методу моделі, яка навчається, виконано процедуру ідентифікації її параметрів.

Висновок. Рухи циліндрових мас детермінованої математичної моделі кінематичної схеми ДГ ЗТД-1 описано системою лінійних диференційних рівнянь за умови врахування тертя, для розв'язання якої використано перетворення Лапласа за нульових початкових умов. На основі використання визначників та топографічного правила теорії сигнальних графів отримано передавальні функції крутних моментів циліндрів на першу масу колінчастого валу. Для частотного подання сигналу вимірювальної інформації розроблено інформаційну технологію моніторингу ідентичності циліндрових потужностей. При мінімізації нев'язання перевизначеної системи алгебраїчних рівнянь використано метод найменших квадратів. Комп'ютерним моделюванням встановлено, що апаратно-програмні засоби відповідають вимогам щодо швидкодії перетворення вхідної інформації.

ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ МЕТАЛУ ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ ШТАМПОВОГО ІНСТРУМЕНТУ

Жаріков С.В., Голуб Д.М., Халюта А.Е.

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

В умовах необхідності відбудови і розвитку промисловості України велике значення мають питання економії матеріалів і енергоресурсів. Одними із шляхів збільшення терміну роботи штампового інструменту є його виготовлення із застосуванням наплавлення та відновлювальне наплавлення зношеного інструменту. В даний час для відновлення штампів широко застосовується електродугове наплавлення порошковими дротами. Правильно обраний склад наплавленого металу дозволяє не тільки відновлювати інструмент, але і підвищувати його міжремонтну стійкість, що заощаджує значну кількість легованої сталі.

Склад наплавленого металу для відновлення вирубних штампів повинен забезпечувати певні властивості серед яких загартованість, зносостійкість, ударна в'язкість та стійкість штампів, які і використовуються в роботі як параметри оптимізації для оцінки працездатності інструменту.

На основі аналізу літературних даних та попередніх досліджень при виборі складу наплавленого металу для порівняльної оцінки обрані штампіві сталі марок: 8Х3ГСВ2Ф, Х12М, Х2В2ФМ, 12Х14Н3, 6Х8С2РТ.

Наплавлений метал, за умов роботи інструменту холодного штампування, повинен володіти підвищеною твердістю (більше 54 HRC) і відповідно гарною загартовуваністю. Твердість більше 60 HRC сталь Х2В2ФМ отримує при загартуванні в олії з температури 790 °С, сталь 8Х3ГСВ2Ф при 800 °С. Сталі Х12М, 12Х14Н3 і 6Х8С2РТ набувають необхідну твердість тільки в результаті загартування з температури нагрівання понад 880...900 °С. Таким чином, найнижчі температури загартування у сталей Х2В2ФМ і 8Х3ГСВ2Ф.

Для отримання порівняльних даних із відносної зносостійкості і ударної в'язкості наведених сталей були проведені попередні випробування зразків наплавлених цими сталями. Результати досліджень наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати досліджень

Марка сталі	Відносна зносостійкість	Ударна в'язкість КСУ*10 ⁻¹ , кДж/м ²	Кількість штампоударів між двома ремонтами, тис.шт
8Х3ГСВ2Ф	3,5	36	30
Х12М	5,5	16	9
Х2В2ФМ	3,6	28	24
12Х14Н3	5,9	18	15
6Х8С2РТ	3,8	25	25

Карбіди, які є найбільш твердою фазою в сталях, підвищують їх опір стиранню. При низькому відпуску надлишкові карбіди складають основну частину карбідної фази загартованих сталей. Визначено що наплавлений метал Х2В2ФМ, 8Х3ГСВ2Ф і 6Х8С2РТ має практично однакову відносну зносостійкість. У наплавленому металі Х12М і 12Х14Н3 міститься підвищена кількість карбідів, що зумовлює його більш високу зносостійкість, однак ці сталі мають значну карбідну неоднорідність.

Згідно з даними випробувань наплавлений метал 8Х3ГСВ2Ф має найбільшу ударну в'язкість. Менше значення ударної в'язкості наплавленого металу Х2В2ФМ пояснюється більшим вмістом у ньому вуглецю, а наплавленого металу 6Х8С2РТ наявністю титану, за рахунок якого збільшується кількість нітридів наплавлення, а також наявністю бору. Найменшу ударну в'язкість мають метали Х12М і 12Х14Н3, що обумовлено значною карбідною неоднорідністю.

Комплексний вплив властивостей наплавленого металу, який використовується для відновлення штампового інструменту, визначається стійкістю робочих деталей штампу. Їх стійкість визначалася за кількістю штампоударів до повного зносу ріжучих кромek. Результати досліджень наведені в табл. 1. За даними досліджень найбільш високу стійкість показали інструменти, наплавлені металом 8Х3ГСВ2Ф.

Таким чином, на основі проведених досліджень найбільшою мірою вимогам до вирубних штамів задовольняє наплавлений метал 8Х3ГСВ2Ф, який і рекомендується як основа порошкового дроту для наплавлення штампового інструменту.

ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ ЗВАРЮВАЛЬНИХ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ ЗМІННОГО СТРУМУ З ІМПУЛЬСНИМИ ПРИСТРОЯМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ГОРІННЯ ДУГИ

Жерносеков А.М., Римар С.В.

(ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ, м. Київ, Україна)

Досвід промислового застосування електрозварювального обладнання показує, що традиційні джерела живлення із застосуванням зварювальної дуги змінного струму промислової частоти на базі зварювальних трансформаторів залишаються затребуваними [1-3]. Це пояснюється надійністю їх основного силового електромагнітного елементу – трансформатора і простотою обслуговування. Такі сучасні джерела живлення, оснащені додатковими блоками управління і впливу на зварювальну дугу широко застосовуються в промисловості. В якості перспективних напрямів використання імпульсних впливів при зварюванні змінним струмом є застосування імпульсних пристроїв стабілізації (ПС) горіння дуги, які поєднуються з традиційними джерелами живлення змінного струму [4]. Застосування ПС дозволяє знизити напругу холостого ходу трансформаторів та зменшити масу їх активних матеріалів.

Дослідження впливу схемного рішення й способів регулювання на зовнішні характеристики традиційних трансформаторних джерел живлення, аналіз впливу цих характеристик на стійкість горіння зварювальної дуги, а також дослідження динамічних процесів в електричних колах змінного струму при подачі стабілізуючих імпульсів достатньо повно в роботах [3, 5]. Показано, що стабілізуючі імпульси, полярність яких протилежна полярності струму дуги, мають перевагу над імпульсами, полярність яких збігається з полярністю зварювального струму, оскільки імпульс, спрямований протилежно до зварювального струму не перешкоджає роботі джерела живлення і сприяє тому, що після закінчення імпульсу джерело живлення працює як стабілізуючий пристрій. Але питання електромагнітної сумісності, а саме генерації вищих гармонік струму традиційними зварювальними джерелами живлення змінного струму, оснащених ПС зварювальної дуги залишається не достатньо дослідженим. Визначення гармонійного складу струму в процесі зварювання такими джерелами живлення є ціллю даного дослідження.

По розробленій в ІЕЗ методиці розрахунку часових залежностей струму при використанні стабілізуючих імпульсів [3, 5] з використанням динамічної моделі зварювальної дуги [6] було одержано гармонійний склад струму $|i_h|$ (де h номер гармоніки), в джерелі живлення зі стабілізуючими імпульсами, коли полярність імпульсу збігається з полярністю струму дуги (рис. 1, а) і коли полярність імпульсу протилежна полярності струму дуги (рис. 1, б). Наявні лише непарні гармоніки струму. На рисунках наведено також значення коефіцієнта загальних гармонійних спотворень THD_i (Total Harmonics Current Distortion). Кращим є режим, коли полярність стабілізуючого імпульсу протилежна полярності зварювального струму, оскільки рівень вищих гармонік з $THD_i = 7,4\%$

менше ніж рівень з $THD_i = 15,7\%$, що забезпечує кращу електромагнітну сумісність джерела живлення.

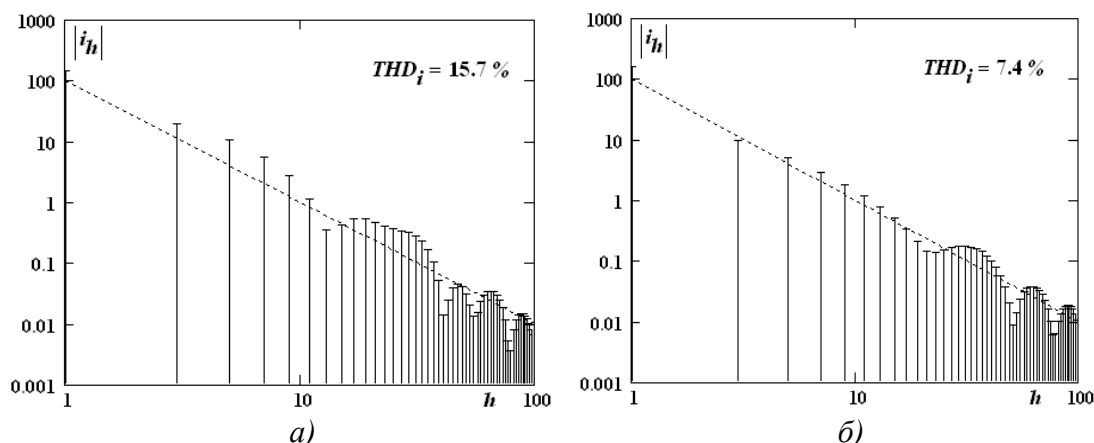


Рис. 1. Гармонійний склад зварювального струму $|i_h|$ при живленні дуги змінним струмом: а) дуга зі стабілізуючими імпульсами, коли полярність імпульсу збігається з полярністю струму дуги; б) полярність імпульсу протилежна полярності струму дуги

Застосування імпульсних ПС горіння дуги на практиці дозволяє покращувати якість формування зварного шву, збільшувати продуктивність процесу зварювання, сприяти економії електроенергії та надавати можливість застосовувати більш продуктивні режими та некоштовні електроди для зварювання постійним струмом.

Висновки. Одним із перспективних напрямів застосування імпульсних впливів при зварюванні змінним струмом є використання імпульсних пристроїв стабілізації горіння дуги у поєднанні з трансформаторними джерелами живлення змінного струму. Застосування стабілізуючих імпульсів, полярність яких протилежна полярності струму дуги, більш переважна. При цьому можливо одержати мінімальні масогабаритні показники джерела живлення та досягти високої електромагнітної сумісності за рахунок малої генерації у мережу живлення вищих гармонік струму. Отримане значення сумарного коефіцієнта нелінійних спотворень струму нижче за існуючі стандарти на якість електроенергії. Це відкриває перспективу модернізації існуючих і створення нових конкурентоспроможних джерел живлення на базі зварювальних трансформаторів з імпульсною стабілізацією зварювальної дуги.

Література: 1. Zaruba I.I., Andreev V.V., Dymenko V.V. Improvement of transformers for manual arc welding. *The Paton Welding Journal*. 2001. No. 3. P. 43-46. 2. Kiji N., Kobayashi K., Ishii J. and Yamaoka H. Development of high efficiency arc welding methods. *The Paton Welding Journal*. 2003. No. 10-11. P. 56-60. 3. Андрианов А.А., Сидорец В.Н. Оптимизация режимов стабилизации сварочной дуги переменного тока. *Електротехніка і електромеханіка*. 2009. № 2. С. 5-12. 4. Paton В.Е., Zaruba I.I., Dymenko V.V., Shatan A.F. Lowering of material content of power sources and power consumption in welding. *The Paton Welding Journal*. 2006. No. 10. P. 15-23. 5. Сидорец В.Н., Андрианов А.А. Методы анализа режимов стабилизации сварочной дуги переменного тока. *Технічна електродинаміка*. 2007. Тематичний випуск. Силова електроніка та енергоефективність. Ч. 5. С. 71-74. 6. Пентегов И.В., Сидорец В.Н. Энергетические параметры в математической модели динамической сварочной дуги. *Автоматическая сварка*. 1988. № 11. С. 36-40.

НАПРУЖЕННЯ В ІНСТРУМЕНТІ ШЛІФУВАННЯ ВІД ДІЇ ДОТИЧНОЇ СИЛИ РІЗАННЯ

¹Заболотний К.С., ²Бельмас І.В., ²Танцура Г.І., ²Білоус О.І., ²Танцура Т.О.
(¹НГУ, м. Дніпро, Україна, ²ДДТУ, м. Кам'янське, Україна)

Знос та самовідновлення різальних кромок робочої поверхні інструменту абразивної обробки матеріалів є результатом їх періодичної взаємодії з деталлю в процесі металообробки. Вони залежать від технології обробки та механічних властивостей інструменту як композитної конструкції.

Метою роботи є визначення залежності напруженого стану інструменту від дотичної сили різання прикладеної до окремого зерна.

Абразивні зерна в матеріалі зв'язки розташовані довільним чином. Вказане суттєво ускладнює задачу моделювання взаємодії зерен в інструменті. Прийmemo що зерна розташовані регулярно вздовж осей (Δ, i, j) в M рядах по N штук, в K шарах. Розміри зерен значно менші за радіус інструмента. Останній прийmemo безмежно великим. Модуль пружності матеріалу зерен значно перевищує відповідний показник матеріалу зв'язки. Знехтуємо опором стику (розтягу) матеріалу зв'язки. Врахуємо опір взаємного зсуву суміжних зерен. Коефіцієнт Пуассона складових інструменту прийmemo рівним нулю. Задачу розв'яжемо в межах лінійного закону Гука.

Зерна будемо ідентифікувати за номерами i, j, Δ . За такою схемою будемо ідентифікувати і величини, що стосуються конкретних зерен. Нехай на зерно робочої поверхні інструменту для якого $i=I, j=J$ діє сила спрямована вздовж осі j . Умова рівноваги довільного зерна довжиною b .

$$\dot{\sigma}_{ij+I,\Delta} - \dot{\sigma}_{ij,\Delta} + ((\tau_{1,i,\Delta+1} - \tau_{1,i,\Delta})\tilde{n} + (\tau_{2,i+1,\Delta} - \tau_{2,i,\Delta})b)b = 0, \quad (1)$$

де b, c – розміри зерна в перетині нормальному до осі j ; T - сила взаємодії зерен.

$$\tau_{1,i,\Delta} = \frac{G}{h}(u_{i,j,\Delta+1} - u_{i,j,\Delta}), \quad \tau_{2,i,\Delta} = \frac{G}{h}(u_{i+1,j,\Delta} - u_{i,j,\Delta}), \quad (2)$$

де h, G - товщина матеріалу зв'язки поміж зернами та його модуль його зсуву.

Підставимо (2) в (1). Отримаємо систему однорідних рівнянь.

$$\dot{\sigma}_{ij+I,\Delta} - \dot{\sigma}_{ij,\Delta} + \frac{G}{h}((u_{i,j,\Delta+1} - 2u_{i,j,\Delta} + u_{i,j,\Delta-1})\tilde{n} + (u_{i+1,j,\Delta} - 2u_{i,j,\Delta} + u_{i-1,j,\Delta})b)b = 0. \quad (3)$$

За законом Гука.

$$T_{i,j,\Delta} = E \frac{b^2}{\tilde{n} + h}(u_{i,j,\Delta+1} - u_{i,j,\Delta}), \quad (4)$$

де E - зведений модуль пружності матеріалів зерна та зв'язки розташованих на лінії дії сили різання.

Крізь зерно $i=I, j=J$ проведемо площину. Нею, умовно, розділимо інструмент на дві частини. Номера частин введемо в нижні індекси величин. Врахуємо (4). Після ряду перетворень, отримаємо шукане рішення в переміщеннях.

$$u_{\psi,i,j,\Delta} = \sum_{n=1}^{K-1} \sum_{m=1}^{M-1} \left(A_{\psi,m,n} e^{\chi_{m,n} j(b+h)} + B_{\psi,m,n} e^{-\chi_{m,n} j(b+h)} \right) f(\mu_m, i) f(\beta_n, \Delta) + \sum_{m=1}^{M-1} \left(A_{\psi,m}^M e^{\chi_m^M j(b+h)} + B_{\psi,m}^M e^{-\chi_m^M j(b+h)} \right) f(\mu_m, i) + \sum_{n=1}^{K-1} \left(A_{\psi,n}^K e^{\chi_n^K j(b+h)} + B_{\psi,n}^K e^{-\chi_n^K j(b+h)} \right) f(\beta_n, \Delta) \quad (5)$$

де $\psi=1 \dots 2$ – номери умовно утворених частин; $\mu_m = \frac{\pi m}{M}$; $\beta_n = \frac{\pi n}{2K}$;

$$\chi_{m,n}(b+h) = ach \left(1 + \frac{G(\tilde{n}+h)}{E h b} \left((1 - \cos(\beta_n)) \tilde{n} + (1 - \cos(\mu_m)) b \right) \right);$$

$$\chi_n^K(b+h) = ach \left(1 + \frac{G(\tilde{n}+h)c}{E_j h b} (1 - \cos(\beta_n)) \right); \quad \chi_m^M(b+h) = arcch \left(1 + \frac{G(\tilde{n}+h)}{E_j h} (1 - \cos(\mu_m)) \right);$$

$$B_{2,m,n} = \frac{2(\tilde{n}+h) f(\mu_m, I) (f(\beta_n, 1) - f(\beta_n, 2K))}{MKEb^2 \left(1 - e^{\chi_{m,n}(b+h)} \right) \left(\eta_{m,n} \left(e^{-\chi_{m,n} J(b+h)} - e^{\chi_{m,n} J(b+h)} \right) - e^{-\chi_{m,n} J(b+h)} + e^{\chi_{m,n}(J-2N)(b+h)} \right)};$$

$$B_{2,m}^M = \frac{(\tilde{n}+h) f(\mu_m, I)}{MK E b^2 \left(1 - e^{\chi_m^M(b+h)} \right) \left(\eta_m^M \left(e^{-\chi_m^M J(b+h)} - e^{\chi_m^M J(b+h)} \right) - e^{-\chi_m^M J(b+h)} + e^{\chi_m^M(J-2N)(b+h)} \right)};$$

$$B_{2,n}^K = \frac{(\tilde{n}+h) (f(\beta_n, 1) - f(\beta_n, 2K))}{MK E b^2 \left(1 - e^{\chi_n^K(b+h)} \right) \left(\eta_n^K \left(e^{-\chi_n^K J(b+h)} - e^{\chi_n^K J(b+h)} \right) - e^{-\chi_n^K J(b+h)} + e^{\chi_n^K(J-2N)(b+h)} \right)};$$

$$B_{1,m,n} = B_{2,m,n} \frac{1 - \left(1 - e^{\chi_{m,n}(b+h)} \right) \left(1 - e^{-\chi_{m,n}(b+h)} \right)^{-1} e^{2\chi_{m,n}(J-N)(b+h)}}{1 - 1 - e^{\chi_{m,n}(b+h)} \left(1 - e^{-\chi_{m,n}(b+h)} \right)^{-1} e^{2\chi_{m,n} J(b+h)}};$$

$$B_{1,m}^M = B_{2,m}^M \frac{1 - \left(1 - e^{\chi_m^M(b+h)} \right) \left(1 - e^{-\chi_m^M(b+h)} \right)^{-1} e^{2\chi_m^M(J-N)(b+h)}}{1 - \left(1 - e^{\chi_m^M(b+h)} \right) \left(1 - e^{-\chi_m^M(b+h)} \right)^{-1} e^{2\chi_m^M J(b+h)}};$$

$$B_{1,n}^K = B_{2,n}^K \frac{1 - \left(1 - e^{\chi_n^K(b+h)} \right) \left(1 - e^{-\chi_n^K(b+h)} \right)^{-1} e^{2\chi_n^K(J-N)(b+h)}}{1 - \left(1 - e^{\chi_n^K(b+h)} \right) \left(1 - e^{-\chi_n^K(b+h)} \right)^{-1} e^{\chi_n^K 2J(b+h)}}; \quad A_{1,m,n} = -B_{1,m,n} \left(1 - e^{\chi_{m,n}(b+h)} \right) \left(1 - e^{-\chi_{m,n}(b+h)} \right);$$

$$A_{1,m}^M = -B_{1,m}^M \left(1 - e^{\chi_m^M(b+h)} \right) \left(1 - e^{-\chi_m^M(b+h)} \right)^{-1}; \quad A_{1,n}^K = -B_{1,n}^K \left(1 - e^{\chi_n^K(b+h)} \right) \left(1 - e^{-\chi_n^K(b+h)} \right)^{-1};$$

$$A_{2,m,n} = -B_{2,m,n} e^{-2\chi_{m,n} N(b+h)} \left(1 - e^{\chi_{m,n}(b+h)} \right) \left(1 - e^{-\chi_{m,n}(b+h)} \right)^{-1};$$

$$A_{2,m}^M = -B_{2,m}^M e^{-2\chi_m^M N(b+h)} \left(1 - e^{\chi_m^M(b+h)} \right) \left(1 - e^{-\chi_m^M(b+h)} \right)^{-1}; \quad A_{2,n}^K = -B_{2,n}^K e^{-2\chi_n^K N(b+h)} \left(1 - e^{\chi_n^K(b+h)} \right) \left(1 - e^{-\chi_n^K(b+h)} \right)^{-1}.$$

Вирази (5), (2), (4) дозволяють визначити характер взаємодії зерен.

Підсумком роботи є алгоритм визначення напруженого стану інструменту абразивної обробки матеріалів. Його використання дозволяє, в процесі розробки технології металообробки, враховувати вплив властивостей композитного матеріалу інструменту на його напружений стан. Відомі межі витривалості складових інструменту абразивної обробки дозволяють прогнозувати втрату та відновлення різальних здатностей зерен робочої поверхні інструменту чим підвищити ефективність абразивної металообробки.

РОЗВИТОК ПРОСТОРОВОГО МИСЛЕННЯ СТУДЕНТІВ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ ТЕХНІЧНОГО СПРЯМУВАННЯ

Кабацький О.В., Хорошайло В.В., Красовський С.С., Загребельний С. Л.
(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

Стрімкий розвиток техніки передбачає пошук все нових і нових рішень у конструкції деталей й виробів та обладнання для їх виготовлення. Це потребує від спеціалістів із вищою освітою досконалої підготовки з дисциплін "Нарисна геометрія", яка є базовою для дисциплін "Інженерна графіка", "Комп'ютерна графіка", та низки спеціальних дисциплін, пов'язаних з автоматизованим проектуванням. Така підготовка є необхідною для майбутніх спеціалістів машинобудівних спеціальностей для набуття знань та навичок роботи із креслярською документацією та сучасними системами CAD/CAM/CAE та 3D-графікою. З іншого боку, слід відмітити також доволі низький початковий рівень графічної підготовки студентів, що приступають до вивчення дисципліни, скорочення обсягу аудиторних занять та ситуативні переходи до дистанційної або змішаної системи навчання.

Вказані чинники обумовлюють доцільність і необхідність пошуку й впровадження у навчання методик та засобів, що сприяють підвищенню якості підготовки студентів. Метою даної роботи є вдосконалення засобів навчання, що сприяють формуванню просторового мислення студентів для більш успішного засвоєння ними дисципліни "Нарисна геометрія".

Велику роль у навчанні з курсу відіграє засвоєння студентами на перших заняттях принципу утворення зображень на площинах проєкцій, заснованого на реалізації методу прямокутного паралельного проектування. Розуміння сутності цього методу дозволяє студентам у подальшому успішно засвоїти правила отримання графічних зображень об'єктів на комплексному кресленнику.

Для створення сучасного методу ілюстрування та пояснення отримання проєкцій просторових об'єктів пропонується використання графічних пакетів комп'ютерної графіки.

Важливим у процесі формування просторового мислення є розгляд проектування моделей, при якому формується уявлення про взаємне розташування плоских та просторових геометричних об'єктів, їх ділянок у просторі. Такий розгляд ефективно здійснюється викладачем у програмі КОМПАС-3D. Створюється файл зборки, в який додаються моделі просторового кута з трьох площин (горизонтальної, фронтальної, профільної) і об'єкту. Далі, при демонстрації викладач обирає площину проєкції і послідовно відтворює проєкцію моделі на площині із подальшою демонстрацією кресленнику та моделі в двовіконному режимі.

Отримані відображення дозволяють акцентувати увагу студентів на просторових співвідношеннях у формі та розташуванні об'єктів, характерних особливостях отриманих ліній та точок на проєкціях цих ліній. Використання цього методу сприяє розвитку у студентів просторового уявлення та мислення, набуттю вмінь і навичок для подальшого засвоєння спеціальних дисциплін, пов'язаних з конструюванням машинобудівного обладнання. Також використання цього методу привертає увагу студентів до систем автоматизованого проектування вже на першому етапі вивчення графічних дисциплін, що є надзвичайно важливим при майбутній роботі в САД системах.

ВПЛИВ СХЕМИ ШЛІФУВАННЯ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ОБРОБКИ ВИРОБІВ ІЗ КРИХКИХ НЕМЕТАЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ

Калафатова Л.П., Чульська Ю.О.
(ДонНТУ, м. Покровськ, Україна)

Ефективність процесів механічної обробки виробів із крихких неметалевих матеріалів (КНМ), до яких відносяться технічні стекла, кераміка, ситали, визначається максимальною продуктивністю процесу формоутворення за умови виконання вимог щодо якості оброблюваної поверхні, наперед за все, мінімальної дефектності порушеного обробкою поверхневого шару деталей. Рівень дефектності суттєво впливає на експлуатаційні характеристики виробів з цих матеріалів.

Встановлено, що при шліфуванні КНМ такі параметри дефектності як розміри, форма, щільність, глибина проникнення дефектів значною мірою визначаються величиною і напрямом силової дії на оброблювані поверхні деталі при різанні. В свою чергу, силові характеристики процесу шліфування залежать від вхідних параметрів технологічного процесу (ТП). Визначення раціональних вхідних параметрів ТП, що забезпечують мінімальну дефектність обробки, є актуальним завданням.

В лабораторних умовах моделювався та досліджувався вплив параметрів ТП, наперед за все схеми шліфування, на енергетичні параметри процесу різання, які пов'язувалися з дефектністю сформованого поверхневого шару виробів. Для дослідження глибини та структури порушеного обробкою шару матеріалу використовувався капілярний метод люмінесцентної дефектоскопії у поєднанні з пошаровим хімічним травленням зразків до рівня, при якому настає повна відсутність дефектів, зумовлених шліфуванням.

Утворення дефектів в оброблюваному матеріалі в процесі шліфування пов'язано з величиною та напрямом сили різання в зоні контакту інструменту з виробом, що викликають появу певного напружено-деформованого стану в об'ємі твердого тіла. Теоретичний аналіз існуючих схем взаємодії інструменту та деталі, виконаний з використанням методів кінцевих та граничних елементів, дозволив сформулювати вимоги до спрямованості силової дії на оброблювану поверхню, при якій забезпечується мінімальний рівень дефектності. Встановлено, що для цього необхідно, щоб основний градієнт напружень від сил різання був зосереджений в об'ємі припуску, що видаляється. Так виконаний аналіз схем плоского шліфування поверхні зразків із ситалу (елементів підкладок, що використовуються в деяких виробках приладобудування) показав наступне. З трьох досліджених схем шліфування: торцевого; периферією круга; торцевого з поперечною подачею круга, найбільш сприятливою, орієнтуючись на значення еквівалентних напружень, направлених в оброблювану поверхню, є варіант схеми плоского торцевого шліфування з поперечною подачею круга. Її впровадження при обробці деталей з ситалу забезпечує у порівнянні з базовим варіантом зменшення глибини розвиненого дефектного шару на 30% при підвищенні міцності виробів на 20%.

ПРОГРЕСИВНА ТЕХНОЛОГІЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ТРИМАЧІВ ЗБІРНИХ ТОКАРНИХ РІЗЦІВ НА БАЗІ ВИКОРИСТАННЯ СПЕЦІАЛЬНОГО МЕХАТРОННОГО ВЕРСТАТНОГО ОБЛАДНАННЯ

Калініченко В.В., Мельник М.С.

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

Значну частку технологічних операцій виробництва збірних токарних різців становлять операції механічної обробки тримачів різців. Сучасні конструкції тримачів збірних різців відрізняються наявністю конструктивних елементів складної форми з жорсткими вимогами до точності розмірів, форми та взаємного розташування їхніх поверхонь. Відтак, вдосконалення технології механічної обробки тримачів збірних токарних різців із забезпеченням високої продуктивності та точності обробки є важливою науково-практичною задачею.

Цікаві перспективи успішного вирішення даної задачі створює розробка та впровадження спеціальних мехатронних верстатних комплексів механічної обробки [1, 2]. Наприклад, у роботі [2] запропоновано мехатронний верстатний комплекс для обробки тримача різця з висотою перетину тримача $H = 40$ мм та представлено у патенті [3] конструкцією вузла кріплення різальної пластини за допомогою коливного та натискного елементів. Реалізація прогресивних технологічних рішень при використанні такого комплексу дозволить суттєво вдосконалити технологію механічної обробки тримача.

Суміщення технологічних операцій та переходів дозволяє виконати на запропонованому верстатному комплексі повний цикл багатоінструментальної обробки усіх конструктивних елементів тримача, призначених для закріплення опорної та різальної пластин, за один установ заготовки. Для фрезерування посадочних місць під твердосплавні пластини, свердлення отворів у тримачі та нарізання різі у отворі використовують окремі шпинделі. Виведення відповідного шпинделю на вихідну позицію для обробки, як і зміна положення заготовки, закріпленої у поворотних лещатах, здійснюються в автоматичному циклі за командою керуючої програми. Відтак, зменшується допоміжний час на обробку тримача, що забезпечує підвищення продуктивності обробки [2]. Використання в мехатронному верстатному комплексі сучасної системи ЧПК, вимірювально-діагностичних пристроїв, точного затискного оснащення гарантує високі показники точності обробки тримачів збірних токарних різців.

Література. 1. Калініченко, В. В. Вдосконалення технології виготовлення деталей збірних токарних різців на базі впровадження спеціальних мехатронних верстатів-автоматів / В. В. Калініченко, М. С. Мельник // Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали XIX Міжнародної науково-технічної конференції 01 – 04 червня 2021 року / за заг. ред. В. Д. Ковальова. – Краматорськ : ДДМА, 2021. – С. 54. 2. Калініченко, В. В. Мехатронний верстатний комплекс для обробки тримача збірного токарного різця / В. В. Калініченко, М. С. Мельник, В. А. Рибкін // Інформатика, управління та штучний інтелект. Тези шостої міжнародної науково-технічної конференції. – Харків : НТУ «ХПІ», 2019. – С. 47. 3. Збірний різальний інструмент: пат. 114465 Україна, МПК В23В 27/16 / Є. В. Мироненко, Я. В. Васильченко, О. М. Лішенко, Д. Є. Гузенко. № 201609272; заявл. 05.09.2016; опубл. 10.03.2017, Бюл. № 5. – 4 с.

ВПЛИВ ШВИДКОСТІ ДЕФОРМУВАННЯ НА ГАРЯЧЕ ЗВОРОТНЕ ВИДАВЛЮВАННЯ ПОРОЖНИСТОГО ВИРОБУ

¹Калюжний В.Л. ¹Левченко В.М., ¹Ярмоленко О.С. ³Таган Л.В.

(¹НТУ України, м. Київ, ²ІРЕ ім. О.Я. Усикова НАН України, м. Харків,

³Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

Для виробництва осесиметричних порожнистих виробів використовують процеси гарячого зворотного видавлювання на гідравлічних пресах, які забезпечують високу швидкість деформування [1]. Тому актуальними задачами є визначення впливу швидкості деформування на параметри гарячого зворотного видавлювання порожнистих виробів [2]. Застосування методу скінченних елементів (МСЕ) для визначення параметрів гарячого штампування дозволяє суттєво зменшити час та витрати на підготовку виробництва [2,3].

Метою роботи є встановлення впливу швидкості деформування на параметри видавлювання порожнистого виробу із високовуглецевої сталі.

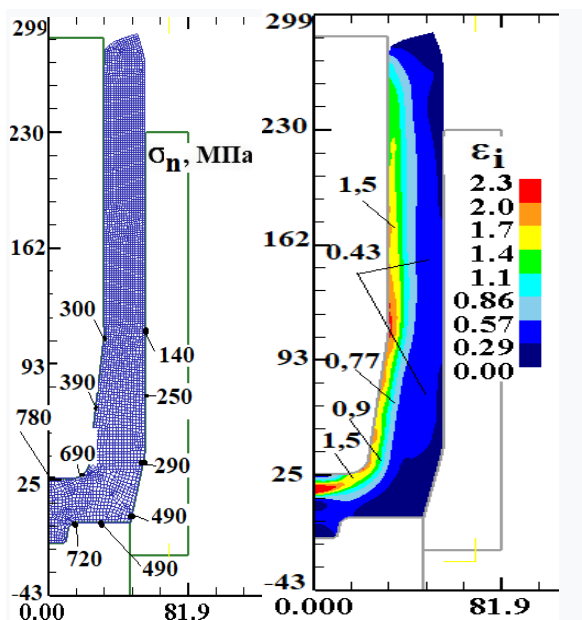


Рис. 1. Розподіли нормальних напружень і деформацій

Моделюванням МСЕ вивчено вплив швидкості деформування на процес гарячого зворотного видавлювання з осаджуванням. Швидкість переміщення пуансону змінювалася від 50 до 400 мм/сек. Для кінцевої стадії видавлювання отримані розподіл температури, компонент напружень і деформацій у виробу (рис. 1). Встановлено залежності зусилля видавлювання, вилучення пуансона та виштовхування виробу з матриці від переміщення інструментів. За величинами нормальних напружень визначено розподіл питомих зусиль на торцях пуансона, виштовхувача та по висоті поверхні матриці.

Збільшення швидкості деформування з 50 до 200 мм/сек призводить до суттєвого зниження зусилля деформування. Подальше зростання швидкості мало впливає величину зусилля. Наведено рекомендації щодо вибору пресового обладнання. Проробка структури металу оцінена за величиною інтенсивності деформацій у стінці та донній частині виробу.

Література: 1. Ковка и штамповка: Справочник в 4-х. т. Москва: Машиностроение. 1986. Т.2. Горячая объемная штамповка. Под ред. Е.И. Семенова. 1986. 592 с. 2. Kalyuzhnyi V. L., Aliieva L. I., Kartamyshev D. A., Savchinskii I. G. Simulation of cold extrusion of hollow parts, *Metallurgist*. 2017. 61. 5-6, pp. 359-365. 3. Aliiev I., Kaliuzhnyi V., Levchenko V., et al. The Determination of deformation velocity effect on cold backward extrusion processes: collective monograph "Mechatronics". Vol. II. London: Taylor & Francis Group. 2021, pp. 81–100. ISBN: 978-1-032-10585-7.

СПІВВІДНОШЕННЯ СУМАРНИХ ПЕРИМЕТРІВ ОДНОЧАСНО РІЗУЧИХ ЗУБІВ СТАНДАРТНИХ ФРЕЗ І ФРЕЗ ІЗ РОЗДІЛЬНОЮ СХЕМОЮ ФОРМОУТВОРЕННЯ ШЕВРОННИХ КОЛІС

¹Камчатна-Степанова К.В., ²Скоркін А.О., ³Півень Л.В., ⁴Антоненко Я.С., ⁵Мироненко О.Є.

(¹НТУ «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна, ²УІПА, м. Харків, Україна, ³Донецький обласний інститут післядипломної педагогічної освіти, м. Краматорськ, Україна, ⁴Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна, ⁵ПрАТ «НКМЗ», м. Краматорськ, Україна)

Для дослідження динаміки зубофрезерування шевронних коліс та визначення можливого співвідношення величин крутних моментів, обводових сил і потужності різання важливо знати сумарні периметри зубів інструментів, що одночасно беруть участь у різанні [1]. Аналіз схем різання стандартної черв'ячної фрези і фрези із роздільною схемою формоутворення (рис. 1 - різальні ділянки кромки виділені жирно) показує, що у першій одночасно в різанні присутніми є 3 зуби, що працюють почергово п'ятьма або сімома ділянками кромки, а у другій 3 або 4 зуби, що працюють трьома або чотирма ділянками кромки. На ділянках КД і К'Д' лінії зачеплення ВЕ і В'Е' в різанні беруть участь по одному зубу від кожного корпусу фрези, а на ділянках ВК, DE, В'К і D'E' - по два зуби (рис. 1.а, позначено цифрами 1 і 2). Довжину ділянок КД і К'Д можна визначити за формулою:

$$l_0 = \pi \cdot m \cdot \cos 20^\circ (2 - \pi b) \quad (1)$$

де πb – кількість обертів фрези, що бере участь у різанні:

$$\pi b = \frac{r_b (\operatorname{tg} \alpha_a - \operatorname{tg} \alpha_b)}{P_b} \quad (2)$$

Довжина ділянок КД і К'Д, в залежності від кількості нарізуваних зубів, зазвичай складає $(0,25 - 0,5) P$, де P_b – шаг зачеплення. Співвідношення кількості працюючих зубів фрези таке, що коли від одного з корпусів у різанні бере участь один зуб, то від другого – два і навпаки. Розрахуємо величину сумарних периметрів одночасно різальних кромки зубів для кожної з фрез при кількості зубів оброблюваного колеса $Z_1 = 90$ і $Z_2 = 270$ і модулі зубів $m = 20 - 60$ мм.

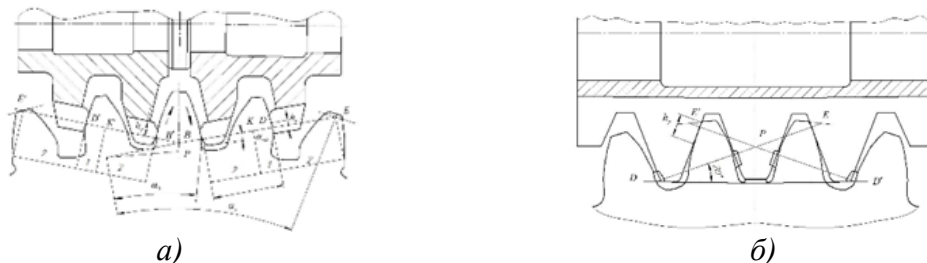


Рис. 1 Визначення сумарного периметра одночасно різальних кромки: а - для черв'ячної фрези з роздільною схемою формоутворення; б - для стандартної фрези

Література: 1. Ключко О.О., Камчатна-Степанова К.В., Анциферова О.Л., Манохин А.С. Підвищення ефективності лезової обробки великомодульних шевронних коліс. Інформатика, управління та штучний інтелект. Тези восьмої міжнародної науково-технічної

конференції. – Харків: НТУ "ХПІ", 2021. – С. 61.

РОЗРОБКА ДОПОМІЖНИХ ПРИСТРОЇВ ДО ШТАМПІВ ДЛЯ ВІДРІЗКИ СОРТОВОГО ПРОКАТУ ЗСУВОМ З ДИФЕРЕНЦІЙНИМ ЗАТИСКОМ

Карнаух С. Г., Чоста Н. В.

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

Витрати заготівельного виробництва становлять значну частку в собівартості готової продукції. Тому завдання вдосконалення технології й устаткування для реалізації процесів розділення є актуальними [1-2]. У заготівельному виробництві використовується більш десяти різних способів виготовлення заготовок шляхом розділення сортового прокату на мірні заготовки. При цьому вибір способу одержання заготовки пов'язаний з конкретними техніко-економічними розрахунками собівартості готової деталі, зробленими для заданого обсягу річного випуску з обліком інших умов виробництва. Одним з перспективних способів поділу сортового прокату на мірні заготовки є безвідхідна відрізка зсувом [3-4].

Однією із прогресивних схем поділу сортового прокату є схема відрізки з активним поперечним затиском, і особливо її різновид, відомий за назвою «диференційний затиск». Принципова відмінність такої схеми відрізки полягає в тому, що в ній сила затиску прутка в ножах не постійна за значенням, а змінюється пропорційно силі відрізки. Однак, незважаючи на наявність інформації про конструктивні реалізації схеми відрізки з диференційним затиском, подібне обладнання не знайшло широкого застосування на виробництві. Це пояснюється як недоліками конструктивних розробок, так і складнощами реалізації допоміжного устаткування для подачі прутків у робочу зону штампа.

Економічність експлуатації штампа суттєво залежить від механізації допоміжних операцій, зокрема від пристрою упору [1]. Точність довжини заготовки також залежить від конструкції пристрою, що подає (крокової подачі, рольганга, упору) [3]. Надійне й швидке видалення відрізаних заготовок із штампа має важливе значення для забезпечення стабільної безвідмовної його роботи.

Найбільш універсальним для штампів з диференційним затиском прокату є спосіб видалення заготовки проштовхуванням прутком з переміщенням упору із зони різання, який і одержав найбільше поширення [1]. Однак застосування способу обмежене внаслідок необхідності відводу переднього упору в момент виштовхування. Оскільки довжина заготовки, що відрізається в штампі з

диференційним затиском прокату, повинна становити не менш двох діаметрів перерізу, то упор у момент відрізки (при відрізці недовгих $L \cong 2 \cdot d$ і коротких $L \leq 0,8 \cdot d$ заготовок) розміщується в робочій порожнині відрізного ножа. Для видалення відрізаної заготовки проштовхуванням упор повинен залишити робочу зону штампа, а після видалення – повернутися у вихідне положення [4].

Для вирішення поставлених проблем, на кафедрі основ проектування машин Донбаської державної машинобудівної академії, розроблено механізм упору до штампа (рис. 1) [5]. Механізм упору до штампу для відрізки сортового прокату зсувом містить станину 1 і підпружинений упор 2, встановлений з можливістю обертального руху. При цьому в станині 1 розміщено рухому раму 3 з можливістю зворотного-поступального руху під дією підпружинених двох клинів 4. Кліни 4 встановлено з можливістю контакту по клиновим поверхням з відповідними поверхнями рухомої рами 3, а підпружинений упор 2 розміщено у втулці 5, з можливістю регулювання його положення відносно втулки за допомогою гайок 6. При цьому втулка 5, з одного боку, зв'язана поперечиною 7 з гільзою 8, яку встановлено на осі 9, що закріплена на корпусі штампу, а з іншого – за допомогою пружини 10 зі станиною 1. Кліни 4 зв'язані між собою поперечиною 11, яка контактує з пружиною 12, встановленою між поперечиною 11 і станиною 1.

Механізм упору до штампу для відрізки сортового прокату зсувом працює в такий спосіб. Під дією сили преса клини 4 рухаються вниз і переміщують рухому раму 3 разом з гільзою 8 і упором 2 горизонтально вперед до внутрішньої порожнини ножових вкладишів. При цьому пруток, долаючи силу подачі рольганга, також рухається вперед на задану величину, забезпечуючи відрізок заготовок заданої довжини. У цьому випадку виключається відскок прокату від упору, що забезпечує високу точність відрізаних заготовок. При подальшому русі повзуна преса вниз відбувається затиск і відрізка прокату. Оскільки передбачається, що упор у крайньому положенні розташовується в порожнині ножових вкладишів, то при відрізці прокату відбувається поворот упору 2 щодо осі 9. При цьому пружина 10 працює на стискання й кручення. Пружина 12 працює на стискання. Тому після відділення заготовки, під дією сил пружин 10 і 12 механізм упору до штампу повертається у вихідне положення. Під дією сили з боку рольганга пруток проштовхує відрізану заготовку, і вона падає в тару. Пруток рухається вперед до контакту з упором 2. Цикл роботи поновлюється. Запропонована конструкція механізму упору дозволяє розширити технологічні можливості та підвищити якість відрізаних заготовок. Роботу упору синхронізовано з процесом відрізки заготовки, що дозволяє відрізати заготовки

будь-якої довжини, у тому числі, короткі заготовки. Оскільки упор переміщується проти напрямку подачі прутка з боку рольгангу, виключається відскік прокату від упору, що забезпечує високу точність відрізаних заготовок за довжиною.

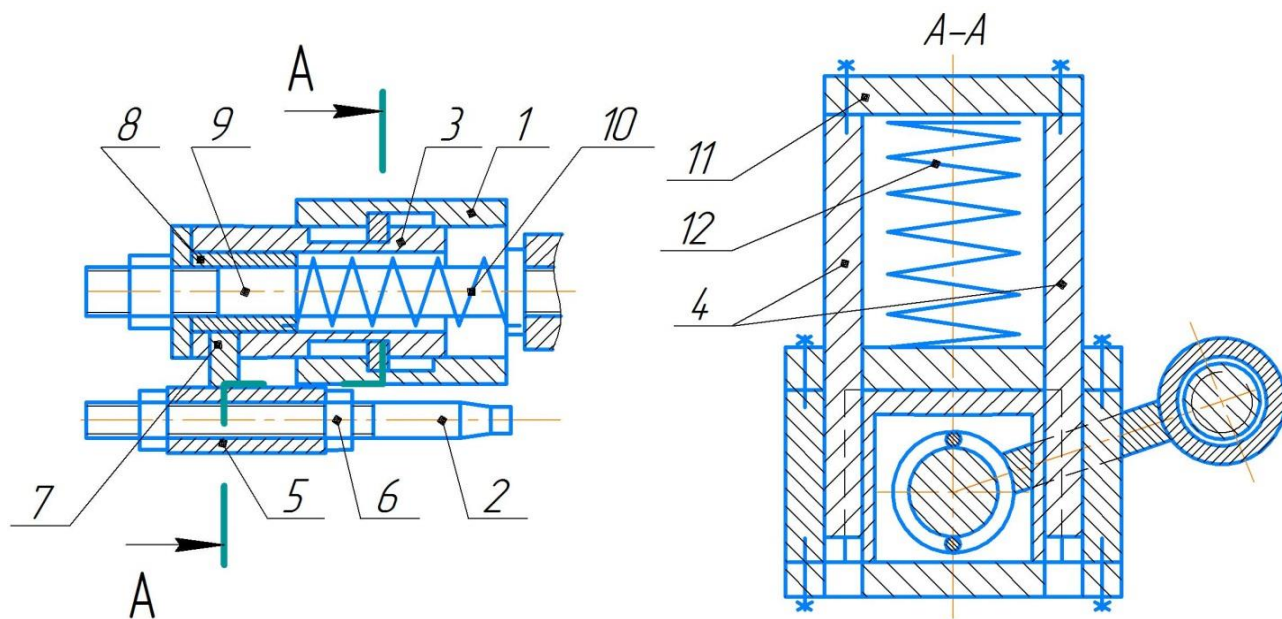


Рис. 1. Механізм упору до штампу для відрізки сортового прокату зсувом [5]

Висновки:

1. На підставі проведеного патентного пошуку розроблена оригінальна конструкція упору. Запропонована конструкція механізму упору дозволяє розширити технологічні можливості та підвищити якість відрізаних заготовок. Роботу упору синхронізовано з процесом відрізки заготовки, що дозволяє відрізати заготовки будь-якої довжини, у тому числі, короткі заготовки. Отримані результати можуть бути використані у заготівельному виробництві.

Література:

1. Соловцов С. С. Безотходная разрезка сортового проката в штампах. Москва: Машиностроение. 1985. 176 с.
2. Lisunets N. L. Usage of physical and mathematical simulation for improvement of the processes of metal shear cutting. CIS Iron and Steel Review. 2019. 17. pp. 34-38.
3. Lisunets N. L. Improving the efficiency of the processes of billets manufacture from rolled metal via shift cutting based on simulation. Chernye Metally. 2018. 6. pp. 31-35.
4. Карнаух С. Г. Совершенствование безотходных способов разделения сортового проката и оборудования для получения заготовок высокого качества : монография. Краматорск: ДГМА. 2010. 196 с.
5. Пат. 124778 Україна. Механізм упору до штампу для відрізки сортового прокату зсувом. Карнаух С.Г., Карнаух Д.С., Літвиненко О.І.; заявл. 23.10.2017; опубл. 25.04.2018, Бюл. №8, 2018.

ПОВЕРХНІ ГРАНИЧНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ПРИ ОЦІНЦІ ДЕФОРМОВАНOSTІ ЗАГОТОВОК ТИПУ «СТАКАН»

Кириця І. Ю.

(ВНТУ, м. Вінниця, Україна)

При формуванні заготовок типу «Стакан» холодним пластичним деформуванням реалізується об'ємний напружений стан.

Підходи запропоновані в роботах [1-6] дозволяють врахувати об'ємність схеми напруженого стану шляхом використання поверхонь граничних деформацій замість діаграм пластичності, що в свою чергу дає змогу більш точно оцінити використаний ресурс пластичності.

Метою роботи є при оцінці деформованості заготовок типу «Стакан» врахувати об'ємність схеми напруженого стану, який реалізується в процесах зворотного холодного пластичного деформування, використовуючи поверхні граничних деформацій.

Виклад основного матеріалу

За результатами досліджень отриманими в роботах [1-6]: вивчено механіку процесу формування виробів типу «Стакан», як з гідропідпором, так і без; сформовано технологічний паспорт матеріалів (АД0 та М1), з яких виготовляються деталі типу «Стакан»; використовуючи методику запропоновану в роботі [1, 2] розраховано і досліджено напружено-деформований стан в різних областях формуемого виробу з метою оцінки використаного ресурсу пластичності.

Поверхні граничних деформацій для АД0 та М1 визначали за методикою запропонованою в роботах [3] та [4].

$e_p(\eta, \mu_\sigma) = 1,1 \exp(0,42\mu_\sigma - 0,51\eta)$ – поверхня граничних деформацій для АД0 і шляхи деформування частинок матеріалу в небезпечних областях при зворотному видавлюванні циліндричних виробів з глухим отвором (рис. 1).

$e_p(\eta, \mu_\sigma) = 1,022 \exp(0,38\mu_\sigma - 0,45\eta)$ – поверхня граничних деформацій для М1 і шляхи деформування частинок матеріалу в небезпечних областях при зворотному видавлюванні циліндричних виробів з глухим отвором (рис. 2).

Використання поверхонь граничних деформацій для оцінки використаного ресурсу пластичності дозволило врахувати об'ємність схеми напруженого стану.

В даній роботі використаний ресурс пластичності ψ розраховували за критерієм (1) [3, 4, 5, 6]

$$\psi = \int_0^{e_u} \frac{de_u}{e_p(\eta, \mu_\sigma)}. \quad (1)$$

На рис. 3 та рис. 4 наведено закони зміни використаного ресурсу пластичності ψ по радіусу заготовки.

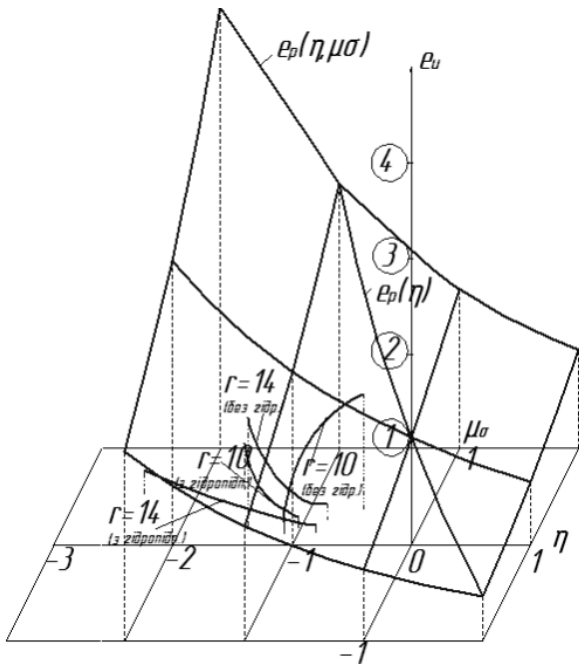


Рис. 1. Поверхня граничних деформацій для АД0 та шляхи деформування частинок матеріалу в небезпечних областях

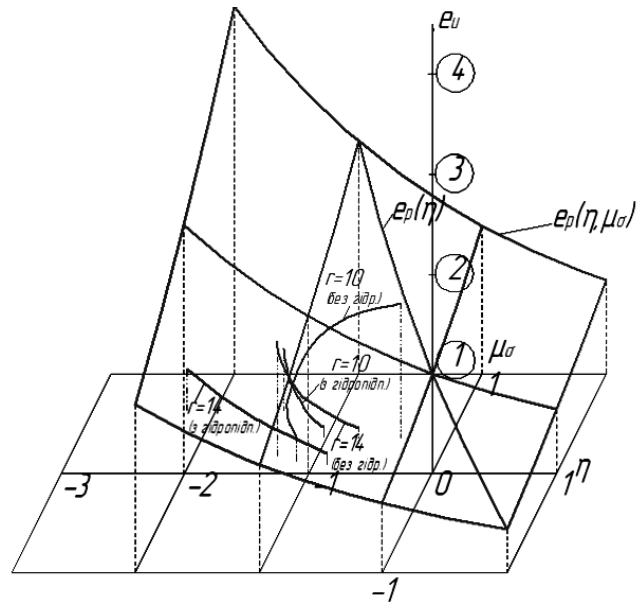


Рис. 2. Поверхня граничних деформацій для М1 та шляхи деформування частинок матеріалу в небезпечних областях

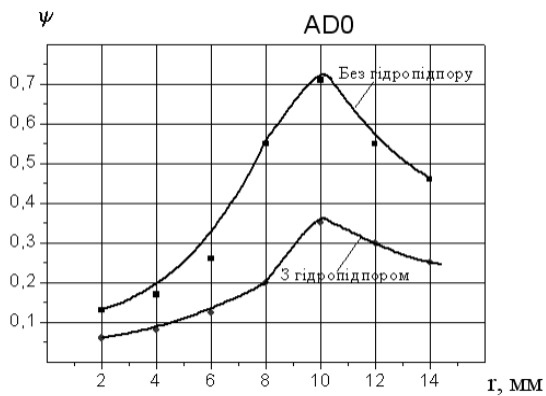


Рис. 3. Зміна використаного ресурсу пластичності по радіусу заготовки АД0

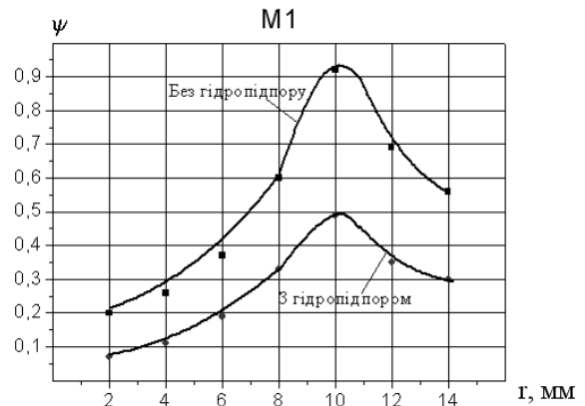


Рис. 4. Зміна використаного ресурсу пластичності по радіусу заготовки М1

Висновки: Для більш достовірної оцінки деформованості металів при об'ємному напруженому стані, який має місце при зворотному видавлюванні, використано поверхні граничних деформацій замість діаграм пластичності. Отримані в роботі результати можуть бути використані для оцінки граничного формозмінення в подібних технологічних процесах, що супроводжуються об'ємною схемою напруженого стану.

Література: 1. Огородніков В. А. Механіка процесів холодного пластичного деформування вісесиметричних заготовок з глухим отвором : [монографія] / В. А. Огородніков, І. Ю. Кириця, В. Є. Перлов. – Вінниця: – ВНТУ, 2015 – 164 с. 2. Сивак І.О. Оцінка здеформованості заготовок в процесах холодного зворотного видавлювання / І. О. Сивак, І. Ю. Кириця, Н. В. Нікітіна // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2007. – № 6. – С. 92–96. 3. Сивак І. О. Поверхність предельной пластичности // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії. Краматорськ: ДДМА – 1999. – С. 9–15. 4. Сивак І. О., Коцюбівська К. І. Пластичність металів при об'ємному напруженому стані // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні: Зб. наук. праць. – Краматорськ, 2007. – С. 74–76. 5. Кириця І. Ю. Феноменологічні критерії руйнування // Вісник Хмельницького національного університету. – 2022. – № 3. – С. 75–81. 6. Кириця І. Ю. Особливості розрахунку використаного ресурсу пластичності при холодному формуванні виробів типу стакан // Вісник Хмельницького національного університету. – 2022. – № 4. – С. 110–115.

ЗМІНА НАДІЙНОСТІ СВЕРДЕЛ З ШВИДКОРІЗАЛЬНОЇ СТАЛІ Р6М5 ПІСЛЯ ЗМІЦНЕННЯ В ІМПУЛЬСНОМУ МАГНІТНОМУ ПОЛІ

Кінденко М. І.

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

Поліпшення якості інструментів можна досягти легуванням матеріалу, а також використанням всіх відомих механізмів об'ємного зміцнення.

Один з основних напрямів фізичній технології зміцнення це магнітна обробка інструменту. Ефективність способу магнітної обробки залежить від цілого ряду чинників, що відносяться як до умов дії на інструмент магнітним полем, так і до умов, в яких цей інструмент експлуатується [1].

Метою роботи є розгляд зміни надійності свердел, виготовлених з швидкорізальної сталі Р6М5 і оброблених в імпульсному магнітному полі.

Першопричиною поліпшення експлуатаційних характеристик осьового інструменту, підданого магнітній обробці, є зміна властивостей інструментального матеріалу. Воно відбувається за рахунок магніострикційного зміцнення швидкорізальної сталі, що виражається в підвищенні її теплостійкості [2].

Встановлено, що дія імпульсних магнітних полів на свердла з швидкорізальної сталі Р6М5 є ефективною лише при певних (оптимальних) режимах магнітної обробки (напруженості магнітного поля, часу обробки інструменту і часу витримки після обробки).

Ріжучий інструмент також повинен мати після магнітної обробки залишкову намагніченість, близьку до нуля, оскільки інакше, інтенсивно налипаюча стружка оброблюваного матеріалу утрудняє процес різання і знижує стійкість інструменту.

Показано, що оптимальні режими магнітної обробки, при яких досягається найбільше підвищення стійкості осьового інструменту і максимальне поліпшення властивостей інструментального матеріалу збігаються.

Отримані експериментальні дані дозволяють зробити висновок про те, що збільшення надійності свердел з швидкорізальної сталі Р6М5 після магнітної обробки відбувається в результаті того, що швидкорізальна сталь зазнає об'ємне зміцнення, дисперсійне тверднення, стає одноріднішою по структурі і покращує свої фізико-механічні властивості.

Література:

1. Кинденко Н.И. Магнитострикционное упрочнение и магнитно-дисперсионное твердение быстрорежущих сталей в импульсных магнитных полях [Электронный ресурс] // Научный вестник Донбасской государственной машиностроительной академии [Электронный ресурс]. - Краматорск, 2017. - № 2 (23Е). - С. 31-35. - режим доступа: [http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/science_vesnik/%E2%84%96\(23%D0%95\)_2017/article/8.pdf](http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/science_vesnik/%E2%84%96(23%D0%95)_2017/article/8.pdf).

2. Кинденко Н.И. Характеристика методов магнитной обработки режущих инструментов из быстрорежущих сталей [Электронный ресурс]//Вісник Донбаської державної машинобудівної академії [Електронний ресурс]-Краматорськ, 2012. -№3(28).-С.287-292

ВПЛИВ МАГНІТНОГО СТАНУ ОСЬОВОГО ІНСТРУМЕНТУ З ШВИДКОРІЗАЛЬНОЇ СТАЛІ НА СТІЙКІСТЬ

Кінденко М. І.

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

В даний час в теоретичних роботах і практиці машинобудування отримують розвиток питання, пов'язані з технологічним зміцненням поверхневих шарів інструменту і зміною їх властивостей в потрібному напрямі.

Одним з основних напрямів фізичній технології є магнітна обробка матеріалів. При магнітній дії речовина змінює свої фізичні і механічні властивості [1].

В цілому результат магнітної обробки розглядається як прояв ефектів післядії в матеріалах, що знаходяться на кордонах стабільності їх властивостей і підданих дії зовнішнього силового поля [2].

В той же час поки що немає і єдиного, всесторонньо підтвердженого погляду на необхідність враховувати, який полюс буде на ріжучій частині інструменту під час магнітної обробки, що викликає зміну його експлуатаційних властивостей.

Метою роботи є на базі відомих теоретичних вистав досліджувати вплив магнітного стану і полярності робочої частини осьового інструменту з швидкорізальної сталі Р6М5 на стійкість.

Тому для визначення впливу магнітного стану інструменту на його стійкість були виконані спеціальні дослідження, пов'язані з обробкою матеріалів з різними магнітними властивостями.

Спочатку випробовувалися свердла, що мають по черзі на робочій частині північну і південну полярність, потім цей же інструмент використовувався після операції розмагнічування, тобто його залишкова намагніченість була близькою до нуля.

Отримані експериментальні дані дозволяють зробити висновок про те, що стійкість інструменту в будь-якому магнітному стані практично не відрізняється, хоча по відношенню до інструменту у вихідному стані вона багато вище.

Для підвищення ефективності магнітно обробленого інструменту, його також доцільно розмагнічувати.

Література:

1. Кинденко Н.И. Магнотрикссионное упрочнение и магнитно-дисперсионное твердение быстрорежущих сталей в импульсных магнитных полях [Электронный ресурс] // Научный вестник Донбасской государственной машиностроительной академии [Электронный ресурс]. - Краматорск, 2017. - № 2 (23Е). - С. 31-35. - режим доступа: [http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/science_vesnik/%E2%84%962\(23%D0%95\)_2017/article/8.pdf](http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/science_vesnik/%E2%84%962(23%D0%95)_2017/article/8.pdf).

2. Кинденко Н.И. Механизм изнашивания и работоспособность инструмента, изготовленного из быстрорежущей стали и упрочненного методом ОИМП [Электронный ресурс] // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії [Електронний ресурс]. - Краматорськ, 2018. - № 2 (44). - С. 120-124. - режим доступа: [http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/ddma/Herald_2\(44\)_2018/article/24.pdf](http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/ddma/Herald_2(44)_2018/article/24.pdf)

ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ТВЕРДОСПЛАВНИХ РІЗЦІВ НА ВАЖКИХ ВЕРСТАТАХ

¹Клименко Г.П., ²Захаров Е.О.

(¹Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна,
²Національний юридичний університет ім. Ярослава Мудрого, м. Харків, Україна)

Технологічні процеси металообробки на важких верстатах є складними системами, які мають велику кількість підсистем. Однією з найважливіших підсистем, що визначає загальну надійність технологічних процесів, є підсистема різального інструменту. Встановлено, що частка відмов важких верстатів, яка пов'язана зі зношуванням, руйнуванням та поломкою інструменту, становить залежно від виду операції від 39 до 50%. Вплив на технологічну систему відмов у підсистемі різального інструменту має велике значення. Проведені дослідження виявили іноді 30-кратне зростання сили різання в результаті руйнування різального інструменту на важкому верстаті, що може становити серйозну небезпеку для вузлів верстата. Крім того, руйнування та зношення інструменту можуть бути причиною невідповідного дефекту вартісних деталей важкого машинобудування.

Розроблено методику розрахунку надійності різального інструменту операцій токарної обробки, яка включає етапи розрахунку ймовірностей відсутності переважних видів відмов при обробці партії деталей і комплексну оцінку надійності функціонування різального інструменту з урахуванням відсутності всіх переважних видів відмов. Вихідними даними для розрахунку є: гранично допустимі значення висоти ділянки зносу по задній поверхні, глибина лунки зносу передньої поверхні, гранично допустима інтенсивність деформацій, базове число циклів при визначенні межі витривалості, коефіцієнт асиметрії циклу навантаження; марка і механічні властивості оброблюваного матеріалу, діаметр і довжина оброблюваної ділянки; марка та механічні властивості матеріалу інструменту при температурі навколишнього середовища; межа витривалості при симетричному циклі навантаження; геометричні характеристики інструменту; режими різання; обсяг партії деталей. Блок-схема алгоритму розрахунку представлена на рисунку 1.

Розроблена методика для оцінки надійності різального інструменту реалізована у вигляді програмного продукту, що складається з наступних підпрограм:

- підпрограма оцінки ймовірності виникнення відмови інструменту за критерієм гранично допустимого адгезійного зносу по задній поверхні здійснює оцінку середньої кількості деталей, розрахунок коефіцієнта варіації стійкості різального інструменту до досягнення критерію гранично допустимого адгезійного зносу по задній поверхні, оцінку імовірності виникнення цього виду відмови;

- підпрограма для оцінки ймовірності виникнення відмови різального інструменту за критерієм гранично допустимого адгезійного зносу по передній поверхні здійснює оцінку середньої кількості деталей та розрахунок коефіцієнта

варіації стійкості різального інструменту до досягнення критерію гранично допустимого адгезійного зносу по передній поверхні, ймовірності виникнення даного виду відмови;



Рис.1. Блок-схема алгоритму розрахунку ймовірності безвідмовної роботи різального інструменту

- підпрограма оцінки ймовірності виникнення відмови різального інструменту за критерієм втомного руйнування ріжучої кромки здійснює оцінку середньої кількості деталей і розрахунок коефіцієнта варіації стійкості різального інструменту до досягнення критерію втомного руйнування ріжучої кромки, оцінку ймовірності виникнення;

- підпрограма оцінки ймовірності виникнення відмови різального інструменту за критерієм гранично допустимого пластичного змінання ріжучої кромки;

- підпрограма оцінки ймовірності безвідмовної роботи різального інструменту здійснює оцінку ймовірності безвідмовної роботи P_j та розрахунок коефіцієнта варіації V_p ймовірності безвідмовної експлуатації різального інструменту при обробці заданої партії деталей.

Створене на базі розробленої методики програмне забезпечення дозволяє прогнозувати ймовірності виникнення переважних видів відмов ріжучого інструменту і ймовірність безвідмовної роботи ріжучого інструменту з урахуванням відсутності всіх видів переважних відмов.

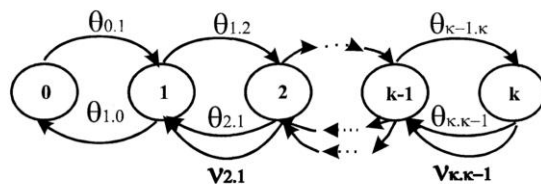
МОДЕЛЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ РІЗУЧОГО ІНСТРУМЕНТУ ПРИ ТОКАРНІЙ ОБРОБЦІ ДЕТАЛЕЙ

¹Клименко Г.П., ²Заковоротний О.Ю., ²Васильченко Ю.В.

(¹Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ,
²Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків, Україна)

Використання систем автоматичного проектування процесів металообробки вимагає оцінки правильності організаційно-технічних рішень, що приймаються на вибір марки матеріалу різального інструменту та призначення основних параметрів процесу його експлуатації. Тому вирішення завдань, пов'язаних з отриманням кількісних оцінок надійності різального інструменту на стадії розробки технологічних процесів, є актуальним завданням, що дозволяє підвищити їх ефективність, знизити витрати матеріальних та трудових ресурсів, підвищити конкурентоспроможність продукції, що випускається. Моделювання умов експлуатації різального інструменту до його виходу з ладу через виникнення якогось переважного виду відмови пропонується здійснювати роботою багатоканальних систем масового обслуговування (СМО). Граф станів такої системи масового обслуговування наведено на рис.1.

Відповідно до графа система масового обслуговування може перебувати у



таких станах: "0" - система "готова до обслуговування" або містить "обслуговувану вимогу", що відповідає виходу інструменту з ладу; "1" - у системі відбувається обслуговування вимоги у всіх каналах при обробці першої партії заготовок; "2" - в системі відбувається обслуговування вимоги у всіх каналах при обробці першої партії заготовок та повторне обслуговування того інструменту, який отримав "відмову в обслуговуванні" при обробці першої партії заготовок; "к" - в системі відбувається обслуговування інструменту у всіх каналах при обробці першої партії заготовок та повторне обслуговування інструменту після першого, другого, третього, . . . "к" відмов у обслуговуванні.

Параметри даної системи масового обслуговування визначаються виразами:

$$Q_{0.1.i} = Q_{1.2.i} = Q_{2.3.i} = Q_{k-1.k.1.i} = \frac{1}{N_d},$$

$$Q_{1.0.i} = Q_{2.1.i} = Q_{3.2.i} = Q_{k.k-1.i} = \frac{1}{N_{d0.i}},$$

$$V_{2.1.i} = \frac{l_i^2 N_d}{N_{0,i}^2}, V_{3.2.i} = 2 \frac{l_i^2 N_d}{N_{0,i}^2}, \dots, V_{k.k-1.i} = (k-1) \frac{l_i^2 N_d}{N_{0,i}^2}.$$

Функціонування даної системи в стаціонарному режимі описується системою алгебраїчних рівнянь:

$$\begin{cases} -Q_{0.1.i}P_{0.i} + Q_{0.1.i}P_{l.i} = 0, \\ -(Q_{0.1.i} + Q_{1.2.i})P_{l.i} + Q_{0.1.i}P_{0.i} + (Q_{2.1.i} + V_{2.1.i})P_2 = 0. \\ P_0 + P_1 + P_2 + \dots + P_k + \dots = 1 \end{cases}$$

Імовірність відсутності при експлуатації інструменту i -го виду переважної відмови оцінюється виразом:

$$P_{n.i} = 1 - \left(1 + \beta_i \left[1 + \frac{\beta_i^2}{1+\beta_i} + \frac{\beta_i^4}{(1+\beta_i)(2+\beta_i)} + \frac{\beta_i^4}{(1+\beta_i)(2+\beta_i)(3+\beta_i)} + \dots \right] \right)^{-1}, \beta_i = \frac{N_{0.i}}{N_d l_i}$$

де $N_{0.i}$ - середнє число заготовок, обробка яких можлива до виникнення i -ї відмови в інструменті; l_i - число елементів інструменту найбільш критичних для виникнення i -го виду відмови; N_d - число заготовок в партії.

Для комплексної оцінки надійності функціонування інструменту на технологічній операції з урахуванням відсутності виникнення всіх переважних видів відмов пропонується використовувати багатоканальну СМО з двома станами, кожен канал якої є одноканальною системою-аналогом, отриманою в результаті згортки багатоканальної СМО з параметрами:

$$Q_{0.1.} = \frac{1}{N_d}; Q_{1.0.i} = Q_{0.1.} \frac{1-P_{n.i}}{P_{n.i}},$$

де $P_{n.i}$ - імовірність відсутності i -ї переважної відмови інструменту.

Імовірність безвідмовної роботи інструменту приймаємо рівній імовірності перебування системи в стані «1». Функціонування даної СМО в нестаціонарному режимі описується системою диференціальних рівнянь Колмогорова:

$$\begin{cases} \frac{dP_0}{dt} = -\theta_{0.1}P_0(t) + (\mathcal{G}_{1.0.1} + \mathcal{G}_{1.0.2} + \dots + \mathcal{G}_{1.0.i})P_1(t) \\ \frac{dP_1}{dt} = +\theta_{0.1}P_0(t) - (\mathcal{G}_{1.0.1} + \mathcal{G}_{1.0.2} + \dots + \mathcal{G}_{1.0.i})P_1(t) \\ P_0(t) + P_1(t) = 1 \\ P_0(0) = 0 \end{cases}$$

Рішення даної системи дає наступну оцінку імовірності:

$$P_1 = \frac{1}{A_m} [1 + (A_m - 1) \exp(-A_m)], A_m = \sum_{i=1}^{L_m} \frac{1}{P_{n,i}} - (L_m - 1),$$

де L_m - кількість переважних видів відмов на технологічній операції; $P_{n,i}$ – імовірність відсутності переважного виду відмов.

Створене на базі розробленої методики програмне забезпечення дозволяє прогнозувати ймовірність виникнення переважних видів відмов різального інструменту та ймовірність безвідмовної роботи різального інструменту з урахуванням відсутності всіх видів переважних відмов.

ВПЛИВ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ В PVD-ПОКРИТТІ НА ВЕЛИЧИНУ НАПРУЖЕНЬ В ІНСТРУМЕНТІ З P_cBN ПРИ ТОЧІННІ ЗАГАРТОВАНОЇ СТАЛІ

Клименко С.А., Манохін А.С., Копейкіна М.Ю., Клименко С.Ан.

(Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України, м. Київ, Україна)

Залишкові напруження, що мають місце в PVD-покриттях, можуть мати різні знак і абсолютні величини. Залежно від знака і умов експлуатації, залишкові напруження в покритті знижують або збільшують напруження від зовнішнього термобаричного навантаження в інструменті від процесу різання [1]. Особливо небезпечні залишкові напруження розтягу, які разом з нормальними напруженнями від зовнішнього навантаження можуть призводити до когезійного розтріскування покриття. Наявність залишкових напружень стиску може відігравати позитивну роль, зменшуючи сумарні напруження з напруженнями від зовнішнього навантаження.

Для досліджень використано зразки PVD-покриттів на основі системи TiAlSiYN. Величини залишкових напружень визначено за допомогою метода рентгенівської дифрактометрії, субструктурні характеристики встановлено для фази TiN. Величину контактних напружень визначено за даними експериментів по точінню загартованої сталі ШХ15 різцем, що оснащений різальною пластиною з P_cBN борсинит з покриттям.

Моделювання напружено-деформованого стану різця з P_cBN дозволило встановити величини перших головних S_1 і еквівалентних напружень S_{eqv} в приконтатному шарі матеріалу інструменту у випадках, коли в покритті наявні залишкові напруження стиску та порівняти їх з напруженнями у різці без покриття. Значення залишкових стискаючих напружень прийнято у відповідності з даними, отриманими у ході рентгенівських дифрактометричних досліджень: – для простих мононітридів титану $\sigma \approx -1$ ГПа; – для наночарових покриттів $\sigma \approx -5$ ГПа; – середнє значення $\sigma \approx -3$ ГПа.

При розрахунках еквівалентних напружень використано теорією міцності за Мором (для P_cBN борсинит границі міцності під час розтягування та стиску – 1,1 та 3,3 ГПа).

Начальну оцінку впливу залишкових напружень стиску у покритті на напружено-деформований стан у різальному інструменті здійснено без врахування наявності радіусу заокруглення різальної кромки, при цьому враховано тільки нормальні контактні ($q_n = 1$ ГПа, довжина контакту $l_c = 0,1$ мм) та залишкові напруження в покритті зі сторони передній поверхні інструмента ($\sigma = -3$ ГПа). Абсолютні величини напружень S_{eqv} , при наявності в покритті напружень стиску, знижуються у порівнянні з інструментом без покриття, а координати положення їх максимальних величин розташовані нижче поверхні розділу «покриття-P_cBN». При наявності стискаючих залишкових напружень в покритті, S_1 (розтягуючи) знижуються в поверхневому шарі інструменту. При

цьом, сумарне значення напружень цього типу, що виникли під дією контактних тисків та залишкових напружень, зменшується в екстремальних точках на 25% (з 1,15 до 0,85 ГПа) при $\sigma = -1$ ГПа та на 50% при $\sigma = -3$ ГПа. S_{eqv} демонструють незначне зниження максимальних значень у межах ділянки контакту (0,1 мм), а за межами ділянки контакту ці напруження в поверхневому шарі стають значно меншими, що особливо проявляється за величини $\sigma = -3$ ГПа.

Моделювання напружено-деформованного стану інструменту у випадку, коли враховується наявність радіуса заокруглення різальної кромки, дозволило отримати кількісно інші результати.

Аналіз розподілу S_{eqv} показує, що небезпечні точки, в яких цей параметр має максимальне значення, знаходиться на відстані $1,25l_c$ та $1,25h_z$ від різальної кромки зі сторони передньої та задньої поверхонь відповідно. За таких умов еквівалентні напруження зі сторони передньої поверхні знижуються від 0,37 (без покриття) до 0,13 ГПа при $\sigma = -1$ ГПа. У випадку збільшення σ до -3 — -5 ГПа спостерігається зростання S_{eqv} до 0,62 та 1,1 ГПа відповідно. На відміну від передньої, на задній поверхні інструменту збільшення σ приводить до зростання S_{eqv} у всьому діапазоні величин залишкових напружень, які використовувались при розрахунках (від 0,29 ГПа при $\sigma = 0$, до 1,35 ГПа при $\sigma = -5$ ГПа). За умов початкового різання позитивний вплив на міцність інструменту має покриття з $\sigma = -1$ — -3 ГПа.

На зношених ділянках інструменту покриття відсутнє, тому розглянуто лише частина ділянки контакту з координатами $x > 0,12$ мм (передня поверхня), $y > 0,3$ мм (задня поверхня). Вплив покриття на S_{eqv} на передній поверхні інструменту призводить виключно до їх зростання, що є негативним фактором та обумовлено суперпозицією напружень стиску, які виникають внаслідок великого значення складової сили різання зі сторони задньої поверхні інструменту та залишкових напружень стиску в покритті. На задній поверхні інструменту покриття компенсує напруження розтягу, а найбільше зниження напружень в небезпечних точках зі сторони задньої поверхні спостерігається за $\sigma = -1$ — -3 ГПа.

Таким чином, проведено оцінка впливу залишкових напружень в PVD-покриттях на інструментах з PcBN на величину напружень, які мають місце у процесі різання загартованих сталей: – наявність у покритті стискаючих напружень величиною $-1,0$ ГПа сприяє зниженню еквівалентних напружень в небезпечних точках на передній поверхні інструменту у початковий період різання; – для зменшення еквівалентних напружень зі сторони задньої поверхні у інструментах зі значним зносом ($\approx 0,3$ мм) потрібно використати покриття з залишковими напруженнями стиску -3 ГПа.

Література:

1. Напружений стан в зоні різання інструментом з ПКНБ з покриттям на основі системи TiAlSiYN / А.С. Манохін, С.А. Клименко, В.О. Столбовий и др. // Надтверді матеріали. – 2022. – № 5. – С.

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТАКТНИХ НАПРУЖЕНЬ ТА РОЗРАХУНОК ЙОМВІРНОСТІ РУЙНУВАННЯ ІНСТРУМЕНТІВ ІЗ ПКНБ ГРУПИ VL ПРИ УДАРНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

Клименко С. Ан., Чумак А.О., , Манохін А.С., Клименко С.А., Румянцева Ю.Ю.
(ІНМ ім. В. М. Бакуля НАН України, м. Київ, Україна)

На теперішній час розроблено та застосовується дві групи надтвердих композитів на основі кубічного нітриду бору – з високим вмістом сBN, група ВН (>80%) та з низьким вмістом сBN, група VL (45–75%).

Інструменти з матеріалами групи ВН ефективні для умов роботи з ударними навантаженнями, але швидко зношуються при їх застосуванні в діапазон високошвидкісного різання (200–300 м/хв.) у зв'язку з інтенсивною хімічною взаємодією з оброблюваним матеріалом.

Для мінімізації цього ефекту розроблено композити групи VL, керамічна матриця яких набагато стабільніша до хімічної взаємодії з оброблюваним матеріалом – навіть в умовах високих швидкостей і температур в контактній зоні. При високошвидкісній обробці (200–350 м/хв.) загартованих сталей не спостерігається дифузійного розчинення зерен зв'язок типу TiC та TiN, які виступають каркасом, що мінімізує зношування основної надтвердої фази. При високій стійкості, основним недоліком композитів з низьким вмістом зерен сBN є недостатня міцність, що обмежує область їх застосування чистовою обробкою загартованих сталей та жаростійких сплавів.

Розрахунок контактних напружень методом кінцевих елементів проводився для умов точіння загартованої сталі ХВГ із ударом, інструментом із ПКНБ групи VL складу 60% сBN-5% Al₂O₃-35% TiC на основі експериментально встановлених складових сили різання (рис. 1).

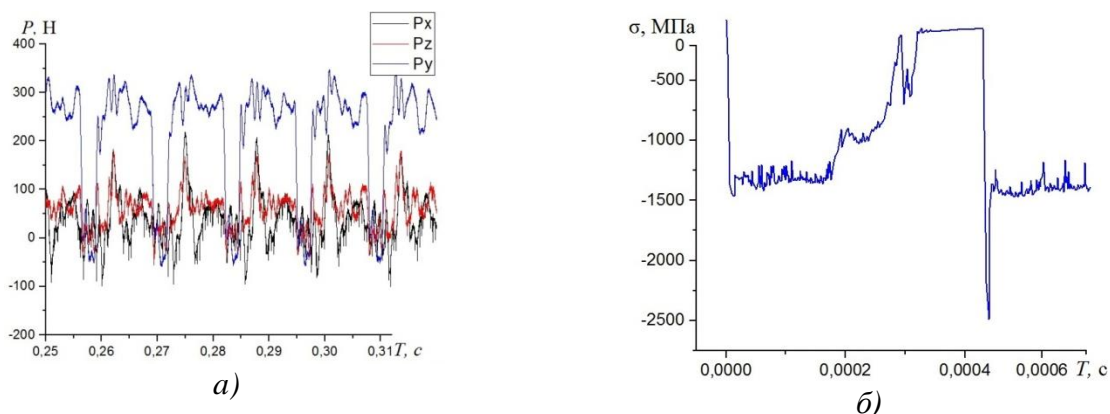


Рис. 1. Складові сили різання при обробці інструментом із ПКНБ-VL при точінні загартованої сталі ХВГ (а) та величина трьох головних напружень у залежності від часу різання (б) ($v = 210$ м/хв.; $t = 0,2$ мм; $S = 0,1$ мм/об)

Обробка інструментом із ПКНБ групи VL супроводжувалася динамічним ударним ефектом, що проявлялося у вигляді пікових навантажень у момент врізання інструменту – величина складових сили різання P_z і P_y зростає до 40%. В точці входу різальної кромки в оброблювану заготовку відбувається пікове

підвищення третіх головних напружень до -2,5 ГПа, що перевищує середній рівень стискаючих напружень при різанні в 1,6 рази.

Саме наявність значних пікових стискаючих напружень в різальному інструменті, які виникають при врізанні в оброблювану заготовку, є однією із головних причин руйнування інструменту із ПКНБ групи VL.

Для оцінки ймовірності руйнування інструменту, величину межі міцності під час стиску для ПКНБ в залежності від вмісту cBN, приймаємо відповідно до [1]: для вмісту cBN 60% – 2720 ± 285 МПа. На основі отриманих даних визначено ймовірності руйнування інструменту при обробці з ударом (рис. 2).

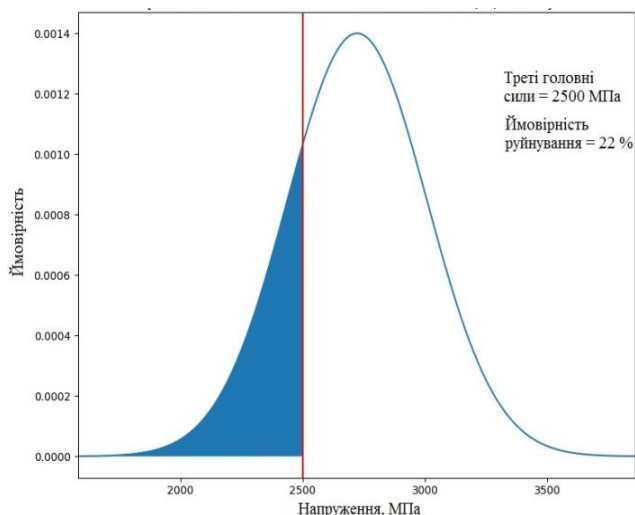


Рис. 2. Ймовірності руйнування інструменту із ПКНБ групи VL при точінні загартованої сталі ХВГ з ударом

Встановлено, що ймовірність руйнування досліджуваного інструменту становить 22 %, що, зважаючи на дисперсію механічних властивостей композитів групи VL, досить значимо. Для порівняння, ймовірність руйнування інструменту із ПКНБ групи ВН "Борсиніт" становить 0,1 %.

Забезпечити проведення обробки інструментом із ПКНБ групи VL при інтенсивних знакозмінних навантаженнях динамічного типу і, одночасно, при високій швидкості різання можливо за рахунок використання композитів, що поєднують підвищені міцність і твердість, хімічну та термічну стабільність. Це можливо реалізувати шляхом армування структури композитів волокнами тугоплавких сполук, що дозволить збільшити міцність ПКНБ і проводити обробку, забезпечуючи головну перевагу VL групи інструментів – високу стійкість до хімічної взаємодії з оброблюваним матеріалом при обробці широкої номенклатури сучасних матеріалів з високими швидкостями різання.

Іншим напрямком вдосконалення інструментів із ПКНБ групи VL є вдосконаленні методів фінішної обробки робочих поверхонь інструментів, які дозволяють керувати властивостями та станом поверхневого шару інструменту.

Джерело фінансування. Роботу виконано за фінансової підтримки Національної академії наук України в рамках виконання проекту «Розробка та дослідження нових композитів на основі кубічного нітриду бору для оснащення різальних інструментів, які застосовуються в умовах ударних навантажень» (договір № 11/01-2022(4)) (проект-переможець конкурсу проектів науково-дослідних робіт молодих учених НАН України).

Література: Yang, L., Gong, J., Yue, Z., & Chu, X. Preparation and characterization of cBN-based composites from cBN-Ti₃AlC₂ mixtures. *DRM*, 66. – 2016. – P. 183–187.

ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНОЇ ТОВЩИНИ ЕЛЕМЕНТУ З ВИСОКОВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ФЕРИТО- ЦЕМЕНТИТНОЇ СУМІШІ З МІНІМАЛЬНОЮ МІЖПЛАСТИНЧАСТОЮ ВІДСТАННЮ

**¹Климов О.В., ²Лебедєв В.О., ³Макаренко Н.О., ¹Капустян О.Є.,
¹Осіпов М.Ю., ¹Савонов Ю.М., ¹Куликовський Р.А., ¹Бриков М.М.**
(¹НУ «ЗП», м. Запоріжжя, Україна, ДП «ДКТБ ІЕЗ ім. Є.О.Патона НАН
України», Україна, м. Київ, ³ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Одним із продуктивних напрямів комплексного підвищення механічних властивостей сталей є подрібнення структурних складових. За будь-якого структурного стану одночасне підвищення міцності і пластичності забезпечується дисперсністю відповідних елементів структури: зерна і субзерна, мартенситні кристаліти, перлітні колонії, міжпластинчаста відстань у ферито-цементитній суміші. Зазначеного ефекту можливо досягти контрольованим режимом охолодження сталей після нагрівання до температур, які забезпечують аустенітний стан металевої основи. У випадку ферито-цементитної суміші необхідно забезпечити строго задану швидкість охолодження, яка б, з одного боку, виключала мартенситне перетворення, а з іншого – була максимально можливою для утворення ферито-цементитної структури. Однак критична швидкість залежить від багатьох чинників, і забезпечити її на практиці є достатньо складним завданням.

Метою роботи було визначення критичної товщини елемента із високовуглецевої сталі, яка забезпечила б його охолодження із критичною швидкістю після нагрівання до аустенітної області.

Дослідження проведено на зразках сталі У12 різної товщини від 1,0 до 4,5 мм, які було вирізано з прутка діаметром 30 мм. Зразки нагрівали до 860 °С, витримували 15 хв. і охолоджували в масло. Зазвичай сталь У12 в маслі не охолоджують, але в нашому випадку було потрібно забезпечити саме уповільнене охолодження, щоб критична товщина, що забезпечує ферито-цементитну структуру, виявилася не дуже великою.

В результаті експерименту встановлено, що зразки товщиною до 3 мм зазнали гартування: їх твердість складала 850-890 НV (63-64 HRC). Твердість зразків більшої товщини виявилася значно нижчою і складала 400-450 НV (40-44 HRC), що відповідає твердості трооститу. Таким чином встановлено критичну товщину елемента із сталі У12, яка забезпечує структуру дрібнодисперсної ферито-цементитної суміші після охолодження в маслі із аустенітної області. Необхідно відзначити, що такий результат є стабільним і може бути надійно відтвореним у виробничих умовах.

Подальші дослідження можуть бути направлені на визначення властивостей високовуглецевих сталей після термічної обробки на структуру ферито-цементитної суміші із мінімальною міжпластинчастою відстанню і оптимізацію режимів такої обробки.

ВПЛИВ ПОСТОЯННОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА МІЦНІСНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗРАЗКІВ НЕМЕТАЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ЇХ ШИРОКОСМУГОВИХ МІКРОВІБРАЦІЯХ

Ковалевський С.В., Ковалевська О.С.

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

В роботах авторів вказано на перспективність магніторезонансної обробки сталевих зразків з метою поліпшення їх окремих механічних властивостей [1]. Там же висловлено припущення щодо субатомного та субкристалічного характеру явищ, що супроводжують зміну деяких фізико-механічних властивостей матеріалів, підданих магніторезонансній обробці. Таке припущення, також, можуть бути актуальними з огляду на роботи [2,3].

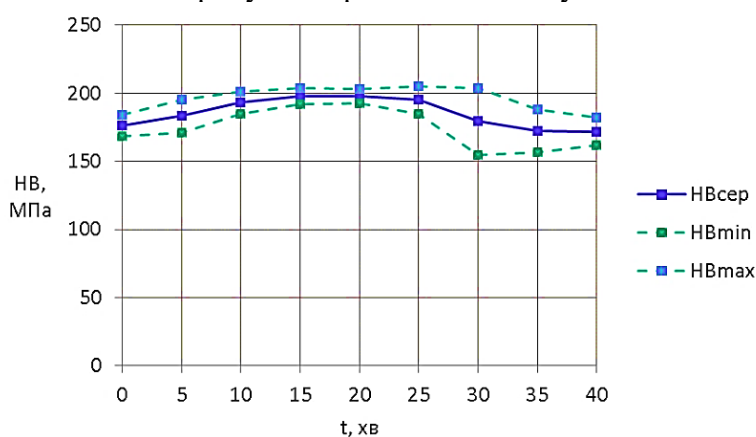
Метою роботи є підтвердження існування впливу атомарних або молекулярних зв'язків на зміни окремих показників фізико-механічних властивостей немагнітних неметалевих матеріалів.

Для експериментальних досліджень був запропонований експериментальний стенд, який складав з двох неодимових магнітів, широкосмугового генератора і п'єзозбуджувача. Зразки матеріалів спільно з широкосмуговим п'єзозбуджувачем розташовані між протилежними полюсами неодимових магнітів

В табл.1 представлені результати магніторезонансної обробки текстоліту марки ПТК, який може застосовуватись для виготовлення деталей типу втулок, підшипників ковзання, роликів, шестерень та інших виробів.

Таблиця 1 – Результати експериментальних випробувань зразків текстоліту ПТК

t, хв.	Середнє НВ	НВ min.	НВ max.
0	176	168	184
5	183	171	195
10	193	185	201
15	198	192	203
20	198	193	203
25	195	185	205
30	179	155	204
35	172	157	188
40	172	162	182



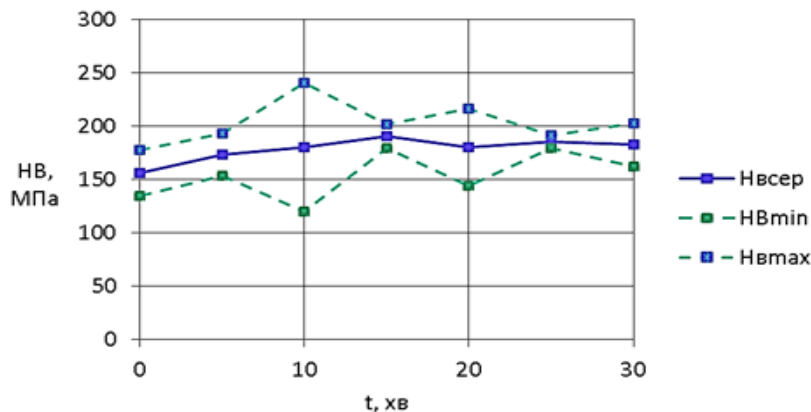
Порівняно з аналогами з металу, вироби з ПТК легші, значно довговічніші, легші і без утворення розшарування, тріщин або сколів обробляються. Діапазон робочих температур ПТК – від -50 о С до $+110$ о С. Розміри зразків $130 \times 100 \times 10$ мм.

В табл.2 представлені результати магніторезонансної обробки зразків оргскла марки ТОСН, який являє собою пластифікований полімер метил-

метакрилату, що отримується методом блокової полімеризації. Діапазон робочих температур ПТК від -40°C до +95°C. Розміри зразків 155x155x10 мм.

Таблиця 2 – Результати експериментальних випробувань зразків оргскла ТОСН.

t, хв.	Середнє НВ	НВ min.	НВ max
0	156	135	178
5	173	154	193
10	180	120	241
15	191	179	202
20	180	144	217
25	185	179	191
30	183	162	203



Обробка зразків виконувалася з інтервалом у 5 хв по 10 вимірів показників твердості $НВ_{ij}$ для j -го виміру та i -го інтервалу часу зразка за формулами (1):

$$p_{ij} = \frac{НВ_{ij}}{\sum_{j=1}^{10} НВ_{ij}}; \quad \sum p_{ij} = 1; \quad I_i = \sum_{j=1}^{10} (p_{ij} \cdot \log_2 p_{ij}) \quad (1)$$

де $НВ_{ij}$ – значення твердості j -го виміру для i -го інтервалу часу; I_i – показник інформативності зразків, що обробляються.

Результати розрахунків доводять, що процеси зміни показників міцності зразків супроводжується спаданням ентропії, тобто зростає впорядкованість об'єкта: відбуваються упорядкування доменів, ущільнення дислокацій і т.ін.. Для текстоліту, як і в попередньому дослідженні зразка з оргскла, мінімум ентропії відповідає максимальному значенню твердості, досягнутому на 15-20-й хвилини обробки. Актуалізовано припущення щодо впливу магніторезонансної обробки на зміни, які відбуваються на атомно-молекулярного рівні в полімерних матеріалах.

Отриманні результати можуть бути використані при підвищенні ресурсу виробів з аналогічних матеріалів.

Література:

1. Kovalevsky S., Kovalevska O.: Identification and Technological Impact of Broadband Vibration on the Object. Papers from the 3rd Grabchenko's International Conference on Advanced Manufacturing Processes (InterPartner-2021), September 7-10, 2021, Odessa, Ukraine. ABCM Series on Mechanical Sciences and Engineering. Lecture Notes in Networks and Systems, pp. 78-87. DOI 10.1007/978-3-030-91327-4_8.

2. Структура та фізичні властивості полімерних композитних матеріалів, сформованих у постійних магнітному та електричному полях / Ю. В. Бардадим, В. О. Віленський // Полімерний журнал. – 2016. – Т. 38, № 2. – С. 115 – 124.

3. Bardadym Yu., Sporyagin E. The influence of magnetic field on the structure and properties epoxy composites // IX International Research and Practice Conference «Nanotechnology and nanomaterials» NANO-2017. – Chernivtsi, 2017 – p. 129.

ВПЛИВ ШИРОКОСМУГОВИХ НАНОВІБРАЦІЙ ЗРАЗКІВ З МЕТАЛЕВИХ НЕМАГНІТНИХ СПЛАВІВ В ПОСТОЯНОМУ МАГНІТНОМУ ПОЛІ НА ЇХ МІЦНІСНІ ВЛАСТИВОСТІ

Ковалевський С.В., Ковалевська О.С., Пелипенко О.О.

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

Механічні наноамплітудні вібрації зразків у рівномірному магнітному полі сильного магніту можуть призводити до змін структури зразків сталевих деталей та підвищення показників твердості характеристик матеріалів [1,2]. В цих роботах зазначено, що наноамплітудна вібрація зразків із магнітних матеріалів у рівномірному полі постійних магнітів визначається властивостями механічного вібратора – його принципом роботи та амплітудно-частотною характеристикою. Це створює певні труднощі в проектуванні налагодження магніторезонансної обробки великогабаритних виробів, у тому числі – з немагнітних металевих матеріалів, якими, зокрема, є корпусні деталі відповідальних виробів, наприклад, з алюмінієвих, магнієвих, титанових тощо матеріалів і сплавів. До таких виробів можуть належати корпусні деталі авіаційних, космічних апаратів або виробів подвійного призначення. Також представляють практичний інтерес для електротехнічної промисловості можливості на фізико-механічні властивості з метою поліпшення виготовлення та експлуатації деталей з мідних сплавів.

Метою роботи є визначення можливості отримання підвищення властивостей міцності зразків з немагнітних металевих сплавів в умовах, коли створення механічних мікровібрацій або нановібрацій в просторі постійного магнітного поля неможливо

Відомо, що навколо провідника зі струмом утворюється магнітне поле. Змінне магнітне поле, що резонансно взаємодіє з магнітним полем атомів речовин, здатне призводити до руху атомів речовин [3,4]. Модуляція постійного струму змінним струмом, що має амплітудно-частотну характеристику, що відповідає так званому «білому шуму», здатна навколо провідника зі струмом створювати змінне магнітне поле.

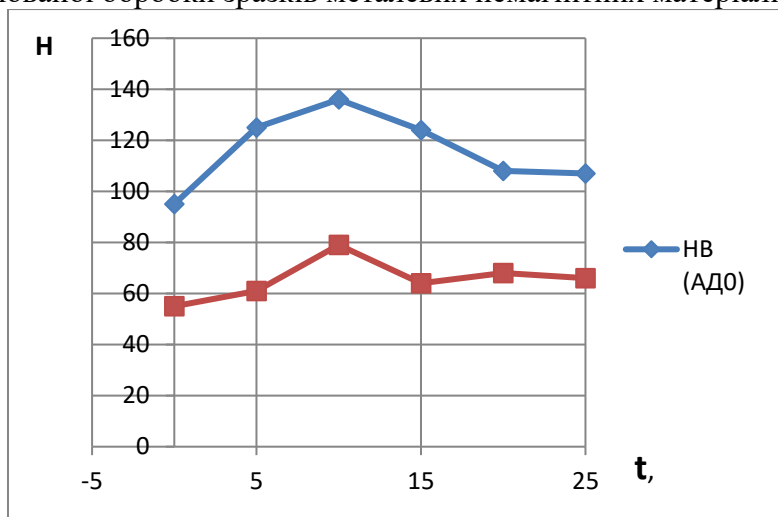
Для експериментальних досліджень були запропоновані зразки з алюмінієвих та мідних сплавів марок АД0 і М2 відповідно. Використовувалися: алюмінієві пластини марки АД0 (1011) розмірами 150x100x8 мм, початкова твердість пластини – 95 НВ; також - мідні пластини марки М2 розмірами 150x80x10 мм., початкова твердість пластини – 55 НВ.

Обробка зразків здійснювалася протягом 25 хв, з інтервалом 5 хв. Використовувався недимовий магніт діаметром $D=30$ мм та $H=10$ мм. Параметри струму, модульованого сигналом «білого шуму» в діапазоні 15-20000 Гц та вихідною потужністю кінцевого каскаду низькочастотного підсилювача 100 Вт та опором навантаження 8 Ом.

Отримані результати надані в табл.1.

Таблиця 1– Результати запропонованої обробки зразків металевих немагнітних матеріалів

t, хв.	НВ (зразки АД0)	НВ (зразки М2)
0	95	55
5	125	61
10	136	79
15	124	64
20	108	68
25	107	66



Зростання показників НВ для зразків з матеріалів АД0 і М2 свідчить про те, що процеси магніторезонансної обробки дійсно впливають на окремі фізико-механічні показники стану немагнітних металевих матеріалів. Набування пікових значень НВ після 10 хвилин взаємодії магнітного поля, що сформоване постійним неодимовим магнітом і магнітного поля, що діє в тілі зразку як результат пропущення через зразок електричного струму, який модульований широкопasmовим сигналом в діапазоні 15-20000 Гц. Оскільки взаємодія магнітних полів відбувається в тілі зразків, тобто на субкристалічному і субатомному рівнях, то, ймовірно, такий ефект може пояснюватися тим, що спочатку в результаті вібрацій в матеріалі відбувається ущільнення дислокацій. У якийсь момент (зміна тертя спокою тертям ковзання) умовний бар'єр накопичення дислокацій руйнується, після чого процес повторюється знову.

Отримані результати дозволяють запропонувати нову технологію місцевого зміцнення тонкостінних корпусних або оболонкових деталей – там, де є необхідність отримувати нормовану, але з відповідними законами зміни твердість матеріалу без створення залишкових внутрішніх напружень. Це може, зокрема, мати використання при проектуванні та виробництві безпілотних летальних апаратів з оптимальними характеристиками..

Література:

1. Ковалевський С.В., Ковалевська О.С., Лупа Ю.В. Підвищення експлуатаційних характеристик деталей машин на основі комбінованого впливу сильних магнітних полів. Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету. Технічні науки. - 2021. - Вип. 2. - С. 29-36.
2. Kovalevskyy S., Kovalevska O. New opportunities for processing materials in a strong magnetic fields. Технічні науки та технології : науковий журнал / Національний університет «Чернігівська політехніка». – Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2021. – № 4 (26). – С. 7-14.
3. Kang, Y. Reaction process under the influence of an electromagnetic field [Text] / Y. Kang // Transactions of Nonferrous Metals Society of China. – 2016. – Vol. 26. – P. 1439–1446.
4. Romalis, M.V. Atomic magnetometers for materials characterization / M.V. Romalis, H.B. Dang // Materials today. – 2011. – Vol. 14, № 6. – P. 258–262.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЦЕСІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ПЛОСКИХ ПОВЕРХОНЬ ЗАГАРТОВАНИХ СТАЛЕЙ ІНСТРУМЕНТАМИ ІЗ ПКНБ ГРУПИ VL

Коваленко Я.П., Мельничук П.П.

(Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир, Україна)

Важлива задача сучасної галузі машинобудування, яка включає в себе досягнення найбільшої продуктивності із забезпеченням заданого рівня якості поверхневого шару деталей, є збільшення ефективності механічної обробки в цілому. Вирішення цієї задачі може бути досягнуто за рахунок вибору найбільш раціональних методів лезової обробки загартованих сталей інструментами із надтвердих матеріалів, а також за рахунок пошуку та аргументування оптимального рівня параметрів обробки, що забезпечують мінімальну собівартість виробів. У машинобудуванні в процесах різання поширене використання здобули інструменти із полікристалічного кубічного нітриду бору (ПКНБ) групи VL для обробки плоских поверхонь. Один із найперспективніших шляхів вирішення проблем, які виникають при процесах фрезерування є застосування високошвидкісної обробки торцевими фрезами, які оснащені такими синтетичними надтвердими матеріалами як кубічний нітрид бору (КНБ).

В роботах науковців під керівництвом Клименка С.А. [1,2] розглянуті технологічні можливості різальних інструментів, які оснащені полікристалічними надтвердими композитами на основі КНБ груп VH, VL, VC, та показані приклади ефективного застосування. Криворучко Д.В, Залога В.А. застосовують моделювання процесів різання методом скінчених елементів, що дозволяє виконати поглиблений аналіз теплових явищ при різанні ПКНБ групи VL для підвищення продуктивності. Аналогічні дослідження розглядаються і у інших зарубіжних та вітчизняних наукових публікаціях, але літературний аналіз джерел показує, що основний об'єм наукових робіт присвячений питанням складу, фізико-механічним властивостям, та технології отримання інструментальних матеріалів. Ріжучі властивості таких надтвердих матеріалів, на думку авторів, розглянуті недостатньо та в малій кількості висвітлені у наукових виданнях. Більш поглиблений аналіз контактних явищ в зоні різання дозволить більш широко зрозуміти особливості ефективного використання інструменту із ПКНБ групи VL. Наукові дослідження шляхом моделювання процесів різання, як метод дослідження явищ в зоні різання, є пріоритетним напрямком для авторів, та використання методу скінчених елементів для підвищення продуктивності механообробки.

Література:

1. Клименко С.А., Копейкина М.Ю., Чумак А.Ю. Технологічні можливості інструментів, оснащених композитами на основі кубічного нітриду бора // С.А. Клименко, М.Ю. Копейкина, А.Ю. Чумак // Киев. – 2017. – С. 54.

2. Клименко С.А., Манохин Ю.А., Копейкина М.Ю., Чумак А.А., Мельничук Ю.А. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/66395/1/Klymenko_Klymenko_Manokhyn_JES_2017_1_4_F8-F14.pdf](https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/download/123456789/66395/1/Klymenko_Klymenko_Manokhyn_JES_2017_1_4_F8-F14.pdf)

МЕТОДИКА СИНТЕЗУ АЛГОРИТМІВ УПРАВЛІННЯ РЕЖИМАМИ ПРОЦЕСУ МЕХАНООБРОБКИ

**Ковальов В.Д., Васильченко Я.В., Антоненко Я.С., Кметь І.А.,
Бородай Р.А., Хованець О.В.**

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

В даний час вимоги до підвищення ефективності машинобудівного виробництва вирішуються за рахунок створення верстатних модулів з новими показниками, що дозволяють підвищити точність обробки деталей, швидкодію керування, зменшити перегулювання, досягти оптимальних режимів обробки.

Встановлено, що якість обробленої поверхні та, зрештою, експлуатаційні властивості деталей визначаються, насамперед, температурно-силовим режимом обробки. Існуючі технічні рішення та програмні засоби дозволяють проектувати системи керування режимами різання, а саме, системи керування силою та температурою різання, фізичні параметри яких є найбільш інформативними величинами процесу різання (ПР), що дозволяють забезпечити та здійснити максимальне використання функціональних можливостей верстата та інструменту.

Також слід зазначити, що якість обробленої поверхні продукції механообробних виробництв залежить від точності визначення оптимальних температурно-силових умов обробки, від швидкості виходу на необхідний режим у реальному масштабі часу.

Розроблено методику синтезу алгоритмів логічного управління температурно-силовими режимами процесу механообробки в умовах невизначеності, представлено опис двовимірної моделі автоматичної системи регулювання та стратегію побудови алгоритмів ситуаційного управління, що належать до класу логічних алгоритмів керування.

Система управління температурно-силовим режимом складається з двох підсистем: підсистеми управління температурою різання та підсистеми управління силовою координатою. Підсистема управління температурою різання обумовлена виконаними дослідженнями щодо створення САУ, в яких використовується принцип підтримки постійної термоЕРС. Підсистема керування силою різання обумовлена необхідністю вирішення завдань збільшення швидкодії перехідного процесу в період прирацювання при дії збурень та інших режимах.

Також необхідно визначити вплив та характер зміни фізичних параметрів: h_z — знос інструменту; G — електропровідність КВД; E - термоЕРС та ін.

Система управління температурно-силовим режимом процесу механообробки представлена на рис. 1.

Алгоритм логічного управління за температурою та силою різання складається з шести етапів:

1. Визначаються параметри, що характеризують процес різання, проводиться їх формалізація уявлення їх у вигляді логічних змінних та перетворення логічного сигналу в керуючу напругу.

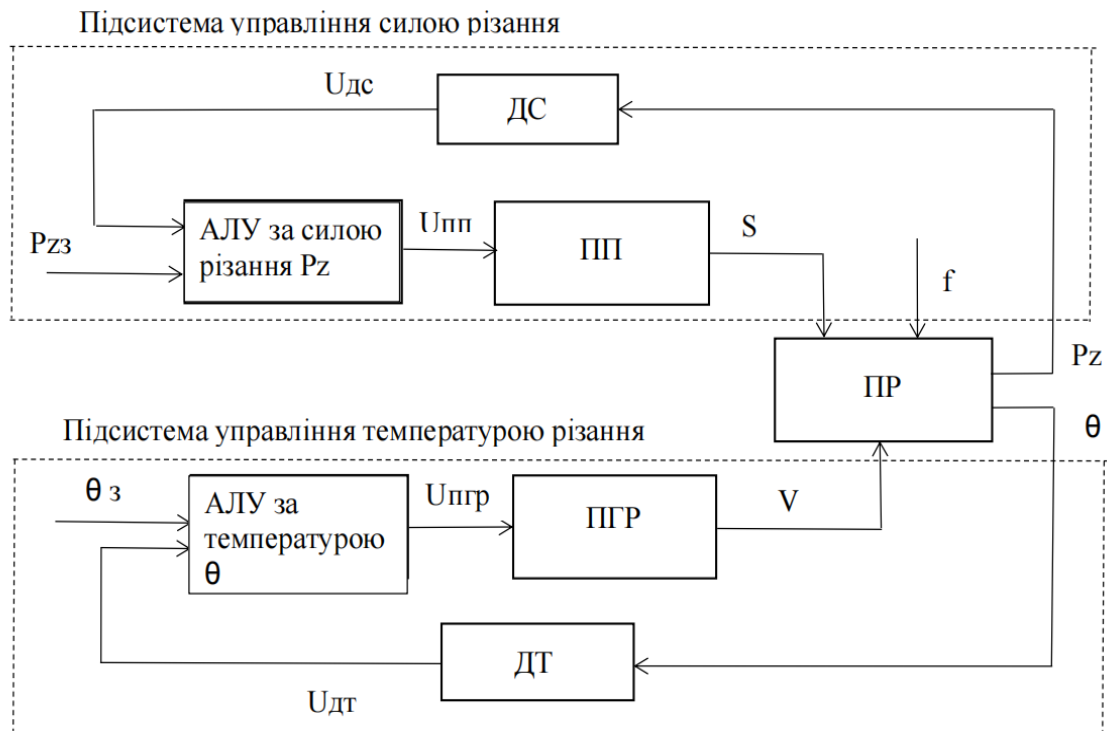


Рис. 1. Структура системи, що використовує алгоритми логічного управління температурно-силовим режимом процесу різання

де: ПП - привід поздовжньої подачі; ПГР - привід головного руху; ПР - процес різання; С - датчик сили; ДТ - датчик температури; АЛУ за P_z - алгоритм логічного управління за силою різання P_z ; АЛУ за θ - алгоритм логічного управління за температурою різання θ ; $U_{пп}$ - напруга управління, що подається на привід поздовжньої подачі; S - подача; P_z - поточна величина сили різання; $U_{пгр}$ - напруга управління, що подається на привід головного руху; θ - поточна величина температури; $U_{дс}$ - напруга датчика сили; $U_{дт}$ - напруга датчика температури; $P_{zз}$ - задана величина сили різання; $\theta з$ - задана величина температури; f - обурення, що діють у процесі різання.

2. Дискретизація значень технологічних параметрів, для представлення їх у вигляді логічних змінних.

3. Формування контурів управління здійснюється шляхом формування логічного та параметричного блоків. Логічний блок визначатиме стан, в якому має знаходитися система (розгін, гальмування та ін.) Параметричний блок видаватиме необхідну керуючу напругу.

4. Для формування логічного блоку необхідно отримати граф, що структуру алгоритму, в якому відображені основні стани та умови функцій переходів, що складаються з урахуванням міркувань, математичних залежностей. Функції переходів алгоритму складені в такий спосіб, щоб система управління могла миттєво реагувати на зміну контрольованої величини: θ - температури або P_z - сили різання.

5. Отриманий граф та функції переходів перевіряються на повноту, надмірність, можливість тупикових станів, після чого формується модель блоку системи логічного управління температурою та силою різання.

6. На основі отриманого графа та функцій переходів складається блоксхема алгоритму управління температурно-силовим режимом процесу різання для подальшої реалізації у вигляді програми.

КОНТАКТНО ГІДРОДИНАМІЧНИЙ ЕФЕКТ ПЕРЕХОДУ РІДИНИ З НЬЮТОНІВСЬКОГО СТАНУ В НЕНЬЮТОНІВСЬКИЙ ПРИ ЗАЧЕПЛЕННІ ВИСКОХІДНИХ КОЛІС

¹Ковальов В.Д., ¹Васильченко Я.В., ²Клочко О.О., ²Старченко О.П.,
²Пермяков Є.А., ³Кобельник В.Р.

(¹Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна,

*²Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків, Україна, ³ТНТУ ім. Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна)*

Для доказу існування гідродинамічних ефектів циліндричних зубчастих передачах вперше розроблено методика та пристрій для візуалізації гідродинамічних ефектів, що викликаються пружними деформаціями при контактуванні зубів сполучних зубчастих коліс. Запропонована методика дозволила не тільки довести і показати існування гідродинамічних ефектів, але й провести оцінку ступеня їх прояву на різних ділянках евольвентної поверхні зубчастих коліс, що сполучаються в залежності від швидкості, частоти, кратності передачі і тривалості контактування [1].

Ці дані розкривають механізм впливу функціонального навантаження на мікроциркуляцію, а отже, і на умови забезпечення передачі моменту, що крутить, необхідного для забезпечення працездатності зубчастих передач.

У цьому полягає гідродинамічне значення пружних деформацій робочої рідини під час переходу з ньютонівського в неньютонівський стан і виключення безпосереднього контактування евольвентних поверхонь зубчастих коліс (рис.1).

З урахуванням отриманих даних про гідродинамічні ефекти пружних деформацій зубів зубчастих коліс, що сполучаються, за наявності гідродинамічних кишень дозволили пояснити роль механічного фактора в механізмі переходу робочої рідини з ньютонівського в неньютонівський стан, що лежить в основі зміни структурного контактування зубів циліндричних зубчастих коліс.

При функціональному навантаженні в зубчастих колесах, що сполучаються, з гідродинамічними кишнями виникають пружні деформації робочої рідини, що викликають гідродинамічний ефект, сприяють нормальному безконтактному контактуванню через робочу рідину, що знаходиться в неньютонівському стані.

Ступінь впливу умов контактування при виникненні неньютонівського стану рідини залежить від окружної швидкості зубчастих коліс, що сполучаються, форми і розташування гідрокишень, в'язкості робочої рідини, температури, умови поширення хвиль і величини деформацій, кута вихідного профілю зубчастих коліс, схемою взаємодії зубів зачіпних коліс з урахуванням сил тренування (Рис. 1). Застосування даної реологічної властивості мастильної рідини значно покращило технологічні та експлуатаційні властивості зубчастих передач, що використовуються у високошвидкісних режимах роботи.

Контактно гідродинамічний ефект виникає з властивості рідини переходити з ньютонівського стану в неньютонівський.



Рис. 1 Циліндричні зубчасті передачі

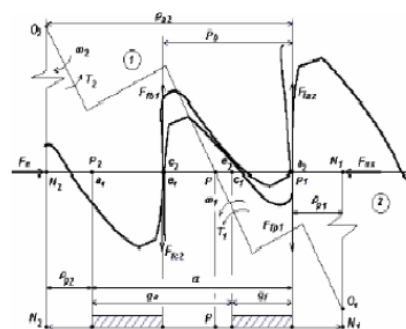


Рис. 2 Схема взаємодії зубів зачіпних коліс з урахуванням сил тертя

Ньютонівська рідина підпорядковується закону в'язкого тертя Ньютона, тому й отримала таку назву. Відповідно до цього закону, дотичне напруження в площинах зіткнення шарів рідини прямо пропорційно похідній від швидкості її течії у напрямку нормалі до цих площин. Така рідина завжди неоднорідна, в ній є великі молекули, що збираються в кристалічні ґрати, тому в'язкість залежить від швидкості течії з'єднання. Чим вища швидкість, тим більша в'язкість. Почасти до цього типу речовин відносять тиксотропні рідини, тобто ті, що змінюють в'язкість з часом, наприклад, шпаклівка або шоколад.

Для різних видів рідин існують моделі в'язкості:

Ньютонівська рідина: рідина, така як вода і більшість газів, має постійне значення динамічної в'язкості.

Дилатантна рідина: рідина, в'язкість якої із зростанням градієнта швидкості зростає (глиняні суспензії, солодкі суміші, гідрозолей кукурудзяного крохмалю, системи пісок/вода).

Псевдопластик: рідина, в'язкість якої зі зростанням градієнта швидкості зменшується (фарби, емульсії, деякі суспензії).

Тиксотропна рідина: рідина, в'язкість якої з часом зменшується (водоносні ґрунти (пливуни), біологічні структури, різні технічні матеріали).

Реопексна рідина: рідина, в'язкість якої з часом зростає (гіпсові пасти, суспензії оксиду ванадію, Бетоніти та окремі види принтерного чорнила).

Бінгамівський пластик: модель Бінгама подібна до моделі сухого тертя. У статичних умовах рідина поводить себе як твердий матеріал, а при силовій дії починає текти.

Магнітореологічна рідина це тип "смарт-рідини", яка, при впливі магнітного поля значно збільшує свою умовну в'язкість і набуває властивостей в'язко-пружної твердої тіла.

В основу методів виміру в'язкості та їх класифікації покладено математичні залежності, що описують різні види течій середовищ. Вимірювання в'язкості здійснюють електронним віскозиметром.

Література: 1. Розрахунок товщини мастильного шару для зубчастих передач з неньютоновською робочою рідиною / В.Д. Ковальов, О.О. Ключко, О.А. Пермяков, Д.О. Кравченко // Труды Двадцять девятой международной конференции «Новые технологии и в машиностроении» (2-8 сентября 2019 г., Коблево). – Харьков: НАКУ «ХАИ». – 2019. – С.8.

ФУНКЦІОНАЛЬНО-ІНТЕГРАЛЬНИЙ МЕТОД РОЗРОБКИ ОСНОВНИХ ВИДІВ МЕХАТРОННИХ МОДУЛІВ ДЛЯ МЕТАЛООБРОБНИХ ВЕРСТАТІВ

**Ковальов В.Д., Васильченко Я.В., Шаповалов М.В., Корчма Д.О.,
Бородай Р.А., Бесчетнікова О.С.**

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

Створення та застосування мехатронних модулів руху у металорізальних верстатах принципово змінює погляд на конструювання верстатів, переводячи їх на системний рівень, що враховує складні взаємозв'язки між проектуванням, виготовленням, збиранням, налагодженням, експлуатацією, ремонтом та утилізацією.

Під час створення мехатронних модулів верстатів вводиться поняття - інтегрована конструкція. Основними компонентами верстатного вузла, що забезпечує задану технологічну функцію, пов'язану з рухом об'єктів у процесі різання та під час допоміжних переміщень є:

- виконавчий вузол;
- інструмент;
- механічна частина приводу;
- електродвигун;
- система керування;
- геометричні датчики зворотного зв'язку;
- технологічні датчики зворотного зв'язку;
- діагностика.

Для визначення оптимального числа компонентів мехатронного модуля заданого верстату розроблена система багатокритеріального вибору та оцінки, яка призначена для вибору найкращої альтернативи з числа однорідних об'єктів за багатьма критеріями різного рангу значущості. Значення критеріїв можуть описуватися як у числовій розмірній формі, так і у формі символічних експертних оцінок (для тих випадків, коли критерій має якісний характер).

В основу функціонування системи покладено принцип попарного порівняння альтернатив за багатьма критеріями. Для визначення результатів використовується метод порівняння різниць оцінок альтернатив за окремими критеріями, метод компенсації найгірших оцінок кращими та евристичні правила формування загального результату. Система містить такі основні блоки:

- базу даних, що містить інформацію про групи однорідних об'єктів, із системою управління базою даних, яка забезпечує взаємодію з користувачем та експертами;
- базу знань, що містить інструктивні, довідкові та методичні матеріали, які допомагають формуванню експертної інформації;
- блок логічного опрацювання інформації та визначення результатів багатокритеріального вибору та оцінки;
- блок оцінки достовірності одержаних результатів.

Розроблений теоретичний метод оптимізації характеристик мехатронних модулів як складової частини взаємозв'язкової системи металорізальних верстатів, дозволяє визначити найбільш важливі характеристики мехатронних модулів, що забезпечують найкращі характеристики верстатів.

ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА ДІАГНОСТИКИ ТА УПРАВЛІННЯ ОБРОБКОЮ НА ВАЖКИХ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТАХ З ЧПУ

**¹Ковальов В.Д., ¹Васильченко Я.В., ²Лещук Р.Я., ¹Щербакова А.Ю.,
¹Коваленко А.В., ¹Бородай Р.А.**

(¹Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна,

(²ТНТУ ім. Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна)

Підвищення розмірної точності, продуктивності, якості обробки та ефективності використання ріжучого інструменту в умовах вироблення експлуатаційного ресурсу та зниження виробничої точності технологічного обладнання при точінні на токарних верстатах з ЧПУ доцільно реалізувати шляхом попереднього визначення похибок ТС з подальшою їх компенсацією у процесі обробки. У зв'язку з цим розроблено систему управління технологічним обладнанням, що реалізує функції діагностичного комплексу та функції системи ЧПУ з можливістю оперативної (у процесі обробки) корекції траєкторії руху формотворчого ріжучого інструменту, що компенсує похибки ТС, яка поєднує в одній інтегрованій системі діагностику та управління (ІСДУ) процесами обробки на токарних верстатах з ЧПУ. Реалізація ІСДУ визначає необхідність формулювання критерію оптимальності обробки, визначення загальної структури системи управління, що забезпечує заявлені функціональні можливості, структуру та склад необхідного системного та прикладного програмного забезпечення ІСДУ.

Сформульовано критерій оптимальності обробки на токарних верстатах з ЧПУ при значному виробленні їх експлуатаційного ресурсу - мінімізація відхилень від заданих значень точнісних параметрів (розмірів) шляхом введення в траєкторії руху формотворчого різального інструменту корекцій, що компенсують похибки обробки, які визначаються за результатами діагностики конкретних технологічних систем.

Розроблено модель інтегрованої системи діагностики та управління (ІСДУ) процесами обробки на токарних верстатах з ЧПУ, що забезпечує необхідну взаємодію ІСДУ з технологічним обладнанням та навколишнього виробничого середовища. Сформульовано принципи формування технологічного середовища, що забезпечує виконання комплексу завдань системи діагностики, системи ЧПУ та системи управління процесом різання.

Діагностика похибок ТС верстата з ЧПУ має на меті експериментальне визначення та занесення в пам'ять ІСДУ параметрів похибок ТС у вигляді деякого масиву даних. У зв'язку з цим експериментальне визначення похибок ТС необхідно проводити при ступінчасто-змінюваному навантаженні виконавчого робочого органу верстата силами, що еквівалентні складові сили різання в межах робочого простору токарного верстата з ЧПУ.

Завдання виміру, тобто реєстрація, статистична обробка та занесення отриманих експериментальних даних на згадку про ІСДУ в процесі діагностики

похибок елементів ТС верстата здійснюється інформаційно-вимірною системою (РШС), забезпеченою необхідними контрольно-вимірними приладами і має апаратні та програмні засоби підключення до ІСДУ. Структурна схема попередньої діагностики (експериментального визначення) похибок ТС токарного верстата з ЧПУ представлена на рисунку 1.

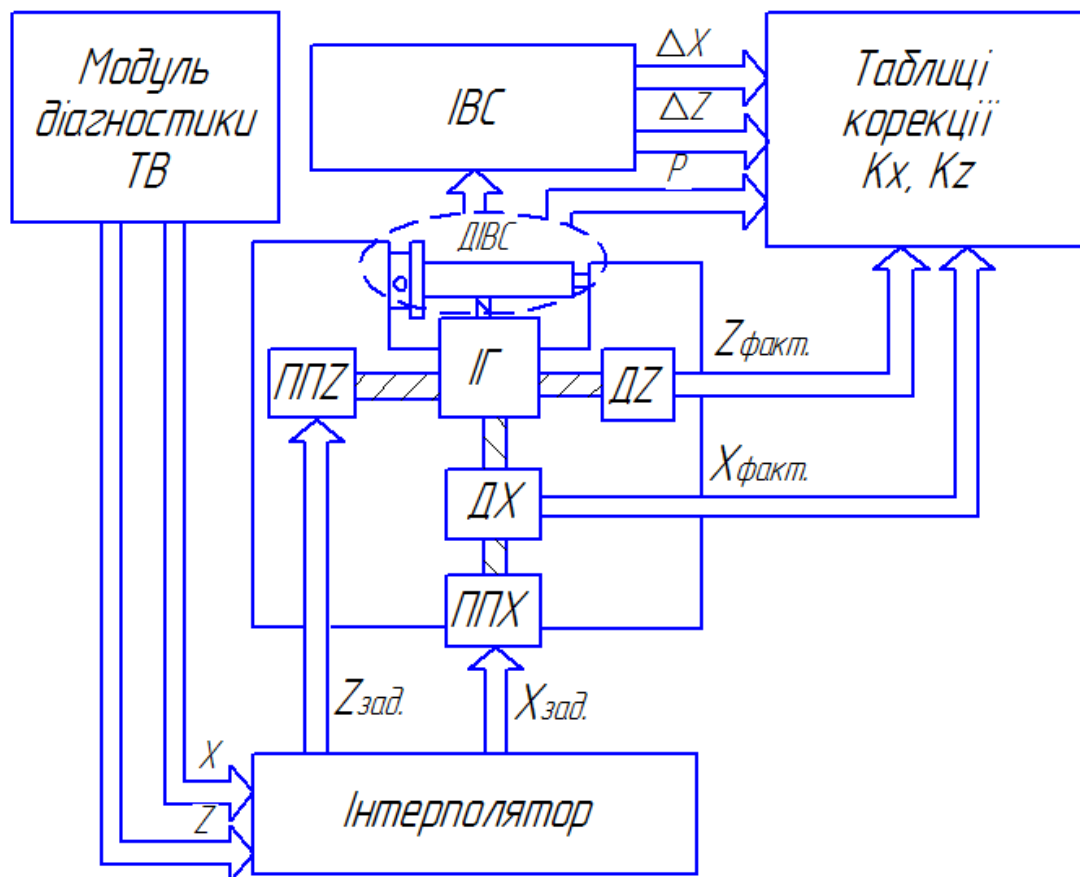


Рис. 1. Структурна схема попередньої діагностики (експериментального визначення) похибок ТВ токарного верстата з ЧПУ:

ІГ – інструментальна головка; ППЗ – привод повздовжньої подачі; ППХ – привод поперечної подачі; ДЗ – датчик положення приводу повздовжньої подачі; ДХ – датчик положення приводу поперечної подачі; ІВС – інформаційно-вимірною системою; ДІВС – датчики інформаційно-вимірною системи.

В основу розробки програмного забезпечення інтегрованої системи діагностики та управління обробкою на токарних верстатах з ЧПУ закладений принцип багаторівневої організації обробки інформації та модульний принцип компоновки структури програмного забезпечення, що забезпечує багатофункціональність, розширення та модернізацію структури ІСДУ в процесі розвитку.

Розроблений оригінальний програмно-апаратний комплекс діагностики і управління обробкою, що забезпечує реалізацію оперативного введення корекцій в траєкторії руху виконавчих робочих органів верстатів, а також управління режимами різання безпосередньо в процесі точіння на токарних верстатах з ЧПУ, при їх переоснащенні системами програмного управління типу PCNC.

ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ОПТИМАЛЬНОЇ РОБОТИ ОСНОВНИХ ВУЗЛІВ ВАЖКОГО ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА В ПРОЦЕСІ ОБРОБКИ

¹Ковальов В.Д., ¹Сорокіна Т.О., ²Буховець В.М., ¹Кметь І.А.,
¹Петренко Д.І., ¹Станкова М.В.

(¹Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна,

(²ТНТУ ім. Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна)

В процесі обробки різанням на важких токарних верстатах неминуче виникають пружні деформації деталей та основних вузлів верстата, які безпосередньо задіяні в процесі обробки. А саме прогин шпиндельного вузла з планшайбою, прогин вузла пінолі з центром обертання, пружні деформації корпусу передньої бабки та корпусу задньої бабки під вагою оброблюваної деталі та дій сил різання. Пружні деформації вузлів супорта та різцетримача під дією сил різання. Пружні деформації станини, що сприймає навантаження від передньої та задньої бабки, супорта (супортів), люнета (люнетів). Як приклад важкі токарні верстати із системою ЧПК моделей 1К665ф3, 1К670Ф3, 1К675ф3, КЖ16165ф3, КЖ16274ф3 виробництва ПрАТ «КЗВВ», м. Краматорськ.

Величина прогину шпиндельного вузла і вузла пінолі безпосередньо залежить від маси оброблюваної деталі та маси оснащення, встановленого на шпиндель і піноль, вильоту пінолі з корпусу задньої бабки. Величина пружних деформацій від сил різання що діють на вузол різцетримача, супорт і корпуси передньої і задньої бабки залежить від умов обробки, виду обробки, типу ріжучого інструменту та матеріалу оброблюваної деталі. В процесі обробки деталі на важкому токарному верстаті, прогини шпиндельного вузла і вузла пінолі які виникають від маси оброблюваної деталі разом із пружними деформаціями які виникають внаслідок дії сил різання, призводять до спотворення точності геометричних параметрів верстата безпосередньо у процесі обробки:

1. Взаємна паралельність напрямків переміщень і еквідистантність (паралельність) траєкторій переміщень, паралельність напрямку переміщення.
2. Паралельність і прямолінійність траєкторії переміщення (у комплексі) робочого органу і площини або осі.
3. Взаємна перпендикулярність напрямків переміщень, прямолінійність і перпендикулярність траєкторії переміщення (у комплексі) до напрямку переміщення.
4. Перпендикулярність напрямку переміщення, перпендикулярність і прямолінійність траєкторії переміщення (у комплексі) робочого органу і площини або осі.

Це в свою чергу негативно відображається на точності обробки деталі: форми, розмірів, правильності взаємного розташування, стану оброблюваної поверхні. Щоб забезпечити необхідну точність обробки деталі, токар змушений зупинити процес обробки на верстаті та проводити контрольні вимірювання деталі, обчислювати відхилення від необхідної точності. Після цього коригувати керуючу програму і знову запускати обробку.

Забезпечити необхідну точність обробки деталі безпосередньо в процесі обробки покликане адаптивне оптимальне управління режимами різання. Його можна реалізувати на основі вимірювання параметрів оптимальної роботи основних вузлів важкого токарного верстата в процесі обробки, шляхом інтеграції системи датчиків в вузли верстата, які будуть вимірювати геометричні параметри верстата, сили різання та температуру ріжучої кромки.

На основі даних отриманих з системи датчиків, які з'єднані з системою ЧПК верстата через PLC модуль, система адаптивного оптимального управління процесом обробки зможе змінювати геометричне положення вершини інструменту в системі координат верстата, компенсуючи відхилення від геометричної точності деталі в процесі обробки. Вимірювання сил різання та температури різальної кромки дозволить підлаштувати оптимальні режими різання безпосередньо під час механічної обробки.

Вимірювання відхилень точності геометричних параметрів оброблюваної деталі можна здійснити інтегрувавши в вузли верстату систему з лазерів і фотоелектричних датчиків, які будуть контролювати дійсний діаметр та лінійний розмір оброблюваної деталі (який в процесі обробки буде відрізнятися від програмованого), порівнювати його з дійсним положенням робочого органу верстата по оптичних лінійках, та при потребі здійснювати корекцію положення робочого органу в системі координат верстата, для наближення до необхідних розмірів оброблюваної деталі. Це в комплексі з корегуванням подачі по сілі різання та температурі в процесі обробки підвищить ефективність важкого токарного верстата.

Література:

1. Клименко Г. П. Управление процессом эксплуатации инструмента при обработке деталей на тяжелых станках / Г. П. Клименко, О. В. Суботин // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : збірник наукових праць. – Краматорськ : ДДМА, 2015. – Вип. № 37. – С. 88–92.

2. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем : справочникучебник в 3-х т. Т. 1. Проектирование станков / А. С. Проников, О. И. Аверьянов, Ю. С. Аполлонов и др.; под общ. ред. А. С. Проникова. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана : Машиностроение, 1994. – 444 с.

3. Грановский Г. И. Резание металлов / Г. И. Грановский, В. Г. Грановский. – М. : Высшая школа, 1985. – 304 с.

4. ГОСТ 22267—76. Станки металлорежущие. Схемы и способы измерений геометрических параметров.

ДЕФОРМАЦІЇ І РУШЕННЯ ЗРІЗУЄМОГО ШАРУ ПРИ ШВИДКІСНОМУ ОСЦИЛЮЮЧОМУ ЗУБОФРЕЗУВАННІ ЗАГАРТОВАНИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС НА ОСНОВІ КВАНТОВО-МЕХАНІЧНОГО ПОЛОЖЕННЯ

¹Ковальов В.Д., ²Майборода В.С., ²Охріменко О.А., ³Пермяков О.А.,
³Клочко О.О., ¹Шаповалов М.В., ⁴Манохін А.С., ³Федоренко В.С.

(¹Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна,
²КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна, ³НТУ "Харківський політехнічний інститут", м. Харків, Україна, ⁴Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України, м. Київ, Україна)

Викладено атомний підхід до процесів деформації та руйнування стружки при швидкісному зубофрезеруванні загартованих зубчастих коліс лезовим інструментом з осцилюючим обертанням фрези.

Опір пластичної деформації шару, що зрізається, залежить від типу кристалічної решітки оброблюваного матеріалу, його енергії дефекту упаковки і наявності домішок на межах зерен. Вплив цих факторів проявляється через види дисипативних структур, що формуються в процесі деформації шару, що зрізається з урахуванням радіуса округлення різального леза.

У вуглецевих сталях основною домішкою є вуглець, який, розташовуючись на кордонах зерен, може сприяти їхньому крихтінню. Зі зростанням температури дифузійна рухливість вуглецю зростає, що полегшує прослизання зерен, збільшує та змінює форму стружки. Наведено результати квантово-механічних розрахунків, що показують роль домішок у процесах деформації та формування виду стружки, а також зміна дислокаційної структури при зсуві елемента стружки.

Підвищення ефективності процесів швидкісного зубофрезерування загартованих зубчастих коліс зумовлює необхідність поглиблених досліджень фізичних закономірностей, що супроводжують відокремлення зрізаного шару від заготівлі з урахуванням радіуса округлення різального леза змінної пластики.

Розглянута теорія пластичності про ковзання жорсткого сферичного індентора, що впроваджується в простір, що пластично деформується, на кордоні між якими діє адгезійний зв'язок, що має міцність на зріз, визначає умови переходу пластичного відтіснення в різання:

$$\frac{h_i}{R} = \frac{a_i}{\rho} \geq \frac{1}{2} \left(1 - \frac{2 \cdot \tau}{\sigma_s} \right), \quad (1)$$

де $h_i = a_i$ – товщина шару, що зрізається, мм; $R = \rho$ – радіус ріжучого леза, мм; τ – міцність на зріз адгезійного зв'язку, н/м²; σ_s – межа плинності матеріалу, н/м².

При $\sigma_s \leq 2\tau$ зовнішнє тертя неможливе за будь-якого відносного впровадження; воно також неможливе при $h_i/R = a_i/\rho \geq 0,5$ навіть за умови нульової міцності адгезійного зв'язку на зріз.

При змащуванні граничним буде відносне використання $h_i/R = a_i/\rho \geq 0.31$

при порушенні зовнішнього тертя у разі $\tau = 0$ та за наявності мастила на поверхні розділу коефіцієнт тертя залежно від відношення $h_i/R = a_i/\rho$ визначається з молекулярно-механічної теорії тертя:

$$f = \frac{\tau_o}{p_r} + \beta + 0,4 \cdot a_r \cdot \sqrt{\frac{h}{r}}, \quad (2)$$

де τ_o – питома зсувна міцність молекулярних зв'язків; β – коефіцієнт зміцнення молекулярних зв'язків під дією стискаючих напруг; a_r – коефіцієнт гістерезисних втрат при ковзанні; p_r – тиск на фактичних майданчиках контакту.

Для нашого випадку

$$f = 0,4 \cdot \sqrt{\frac{a_i}{\rho}}. \quad (3)$$

Підставляючи в (2) значення $a_i/\rho = 0,31$, при якому неможливе зовнішнє тертя, отримуємо $f=0,22$. Ця величина є граничним значенням деформаційної складової коефіцієнта тертя. При переході критичного значення, тобто при $f \geq 0,22$ спостерігаються стрибки стикається поверхні та індентора.

При різанні із застосуванням поверхнево та хімічно активних мастильно-охолоджуючих рідин адгезійна взаємодія між стружкою та інструментом відсутня, адгезійна складова дорівнює нулю та середній коефіцієнт тертя стає постійним, не залежним від умов різання, тобто при $\tau/\sigma = f_2 \rightarrow 0$:

$$f = f_1 + f_2 \rightarrow f_1, \quad (4)$$

де f_1 – коефіцієнт тертя, що залежить від молекулярно-атомної шорсткості поверхонь.

Таким чином, глибина відносного впровадження, що призводить до різання без застосування мастила, відповідає $a_i/\rho \geq 0,5$, а зі змащенням – $a_i/\rho \geq 0,31$.

Товщина шару, що зрізається $a_i = S_z \cdot \sin \Psi_{ск} \cdot \sin \varphi$, де S_z – подача на зуб; φ – кут профілю зуба фрези.

Визначення конкретних умов обробки вирішується у взаємозв'язку з функціональними параметрами стану оброблюваних поверхонь загартованих крупномодульних зубчастих коліс.

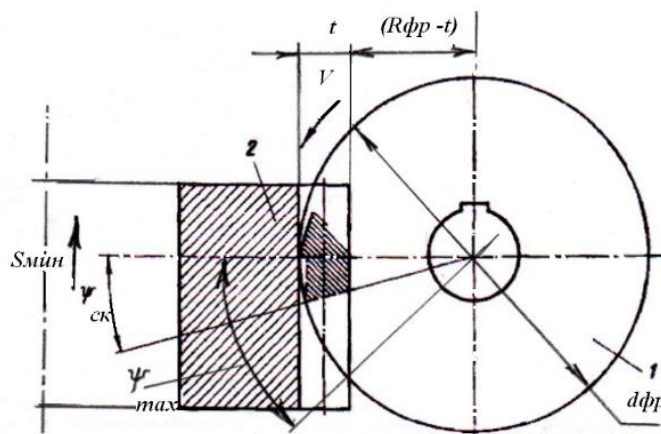


Рис. 1 Схема розрахунку параметрів обробки при зубофрезеруванні зубчастих коліс

За обмеженої участі силового поля, створюваного задньою поверхнею фрези у формуванні поверхневого шару навели досліди з варіюванням радіуса заокруглення різальної кромки зубів фрези ρ .

Тільки за збільшення радіуса округлення ріжучої кромки зубів фрези ρ відзначається зростання залишкових напруг, тобто при

$$\rho \geq a_i / K_{сож},$$

при

$$\rho \leq a_i / K_{сож},$$

процес пластичної деформації перетворюється на різання.

При різанні процес пластичної деформації реалізується за схемою стискування та простого зсуву [1, 2]. При цьому численними дослідженнями показано, що на верхній межі (рис. 2) зони стружкоутворення та в зоні вторинної деформації окремі зерна узгоджено формозмінюються та вишиковуються в ланцюжок у площині зсуву, утворюючи так звану текстуру.

Зі зростанням швидкості при обробці сталей відбувається послідовна зміна виду стружки: від елементної до зливної, а далі до сегментної (суглобової) з урахуванням округлення ріжучої кромки.

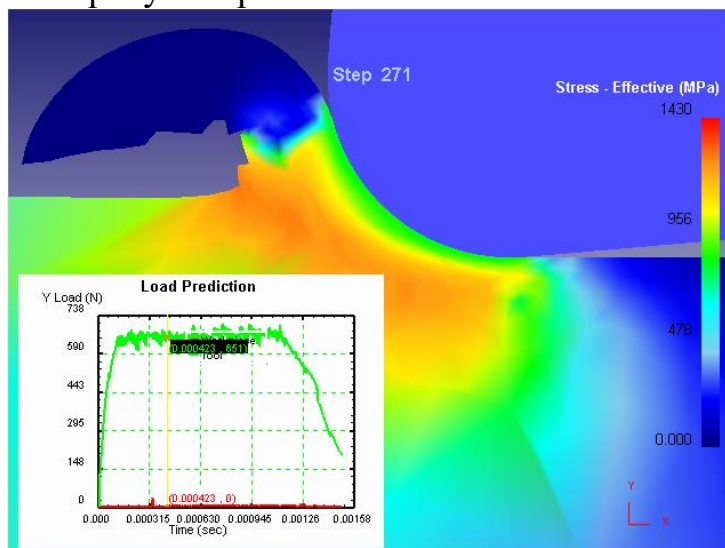


Рис. 2 Зміна макронапруженості поверхневого шару при впровадженні ріжучого клину в оброблювану поверхню зубчастого колеса враховуючи радіус округлення ріжучого леза ρ

Осцилююче обертання фрези сприяє при зустрічному фрезеруванні збільшення знімається припуску при початковому врізанні зуба фрези, коли відсутня процес знімання стружки.

Література: 1. Инструменты из сверхтвердых материалов / Под ред. Н. В. Новикова, С. А. Клименко. – М. : Машиностроение, 2014. – 608 с. 2. Ключко О.О., Гасанов М.І., Заковоротний О.Ю., Майборода В.С., Охрименко О.О., Федоренко В.С. Технологічні передумови деформації і рушення зрізуемого шару при швидкісному зубофрезеруванні загартованих циліндричних зубчатих коліс на основі атомного підходу // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Techniques in a machine industry: зб. наук.пр. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків: НТУ «ХПІ», 2022. – № 1 (5) 2022. – С. 10–20. – ISSN 2079-004X, DOI: 10.20998/2079-004X.2022.1(5).02

РОЗРАХУНОК ЗОНИ ЗАХВАТУ ТОНКОСТІННИХ ТРУБЧАСТИХ ЗАГОТОВОК ГВИНТОВИМ ЗАТИСКНИМ ПРИСТРОЄМ

Комар Р.В., Сенчишин В.С.

(ТНТУ ім. Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна)

При механічній обробці затиск трубчастих заготовок можна здійснювати уніфікованим затискними пристроями, але при обробленні тонкостінних виробів ймовірна зміна геометрії поперечного січення заготовки внаслідок її деформації від сили затиску затискного пристрою. Для вирішення такої проблеми широко застосовуються різного роду оправки. Нами ж пропонується застосування пристрою із протилежно навитими гвинтовими пружинами із прямокутним січенням витка. Принцип роботи ґрунтується на основі раніше розробленого механізму [1]. Методика розрахунку таких конструкцій вже наводилась [2], але враховуючи специфіку роботи саме затискних пристроїв є необхідність удосконалення існуючих розрахунків.

Метою роботи є встановлення величини необхідного зазору між спіралями та залежності величини пружної деформації спіралей від сили затиску, значення якого забезпечило б певне зусилля тертя для створення умов затиску заготовки. В класичному випадку, при дії на спіраль навантаження у вигляді сили затиску, відбувається зміна її лінійної довжини, кроку та діаметральних розмірів, які взаємопов'язані із зміною кута закручування спіралі. При умові, якщо ширина та висота поперечного січення витків обох спіралей ідентичні, що є поширеним на практиці, рівність для визначення дійсного зазору δ між спіралями

$$\delta = \delta_0 - 0,5 \cdot \left[\frac{\varphi E b h^3}{12 F \pi} \left(t_{c1} / \left(1 - \frac{\varphi}{360} \right) - t_{c2} / \left(1 + \frac{\varphi}{360} \right) \right) \right], \quad (1)$$

де δ_0 – початкове значення зазору;

φ – кут закручування спіралей;

E – модуль пружності матеріалу спіралей;

b, h – ширина та висота поперечного січення витків;

F – сила затиску;

t_{c1}, t_{c2} – крок спіралей.

Підсумком роботи є методика розрахунку конструктивних елементів гвинтових затискних пристроїв для тонкостінних трубчастих заготовок. Отримані результати, а саме розрахункові залежності, дозволяють з достатньою точністю встановити величину зазору між гвинтовими спіралями затискного елемента, який можна застосовувати у різних механообробних операціях машинобудування.

Література: 1. Пат. 43160А Україна, МПК F16D3/72. Пружно-компенсуюча муфта / Р.В. Комар. – №2001031831; Заявл. 20.03.01; Опубл. 15.11.01. Бюл. №10. – 3 с. 2. Комар Р.В. Розрахунок деформації комбінованого гвинтового елемента компенсуючої муфти // Труды Одесского политехнического университета. Научный и производственно-практический сборник по техническим и естественным наукам. Вып.1 (29) – Одеса: Вид-во «ТЕС», 2008. – С.8-11.

ПРУЖНИЙ ВАЛ ВЕРСТАТНИХ ПРИВОДІВ

Комар Р.В., Сенчишин Віт.С.

(ТНТУ ім. Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна)

Використання пружних валів конструктивним виконанням у вигляді двох спіралей прямокутного поперечного січення, які концентрично розміщені одна в одній з гарантованим зазором і мають взаємно протилежний напрямок навивання може мати широке застосування у сучасному машино- та верстатобудуванні. Така конструкція використовує досягнення технологій безвідходного виробництва, а саме технологій навивки спіралей, і за рахунок пружної деформації такого комбінованого гвинтового елемента компенсує взаємне зміщення з'єднаних елементів приводу та характеризується властивістю пом'якшувати поштовхи та удари, що супроводжують роботу більшості верстатних, і не тільки, приводів.

Метою роботи є вдосконалення пружного вала. За основу було взято конструкцію елемента приводу [1], яка була вдосконалена відповідно до ймовірних умов експлуатації. На рис.1 зображена конструкція пружного вала.

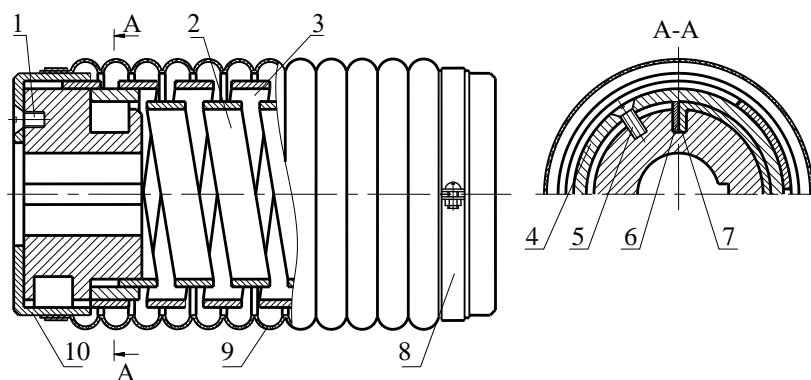


Рис. 1. Загальний вигляд конструкції пружного вала

Суть компоновки пружного вала полягає у тому, що відігнутий під кутом 90° кінець внутрішньої спіралі 2 пружного елемента вставляється у відповідної форми паз 7 ступиці і кріпиться клиновою втулкою 6. Фіксація здійснюється кільцем 4, яке закріплюється гвинтами 5. Зовнішня спіраль 3 встановлюється аналогічно, з тією лише різницею, що фіксація здійснюється втулкою 10 відповідної форми, яка закріплюється болтами 1 з боку торця. Для запобігання потраплянню в зону гвинтових спіралей сторонніх предметів та з точки зору безпеки експлуатації, пружний елемент закритий гофрованим кожухом 9 із фіксацією хомутами 8 до відповідних ступиць.

Підсумком проведеної роботи є розроблена конструкція багатofункціонального пружного валу. Дана конструкція може мати застосування у верстатних приводах, а також у продукції машинобудування де технологія складання передбачає зміщення елементів приводу.

Література: 1. Пат. 43160А Україна, МПК F16D3/72. Пружно-компенсуюча муфта / Р.В. Комар. – №2001031831; Заявл. 20.03.01; Опубл. 15.11.01. Бюл. №10. – 3 с.

НАДІЙНІСТЬ ЗАПОБІЖНО-КОМПЕНСУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ У МАШИНОБУДУВАННІ

Комар Р.В., Сенчишин Віт.С.

(ТНТУ ім. Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна)

Однією з основних технологічних і експлуатаційних вимог, що висуваються до вузлів приводів машин є надійність. Відповідно при розробці конструкцій запобіжно-компенсуючих пристроїв відпрацювання їх на технологічність забезпечить необхідні експлуатаційні якості.

Метою роботи є встановлення основних співвідношень відповідальних конструктивних елементів запобіжно-компенсуючих пристроїв у яких застосовуються пари контакту пружина-кулька-паз.

Експериментально встановлено, що надійність роботи пристрою, з парами контакту пружина-кулька-паз [1], залежить від конструктивних параметрів пари контакту. Відповідно для забезпечення компенсуючих властивостей і надійності функціонування необхідно дотримуватись певного співвідношення конструктивними параметрами пар контакту. Так для поєднання навантажувальної здатності і компенсуючих властивостей необхідно, щоб центр кульки розміщувався нижче зовнішньої поверхні півмуфти на величину l_{\min} . Відповідно при надто малих значеннях l_{\min} відбувається «виривання» кульок з посадочних отворів, а надто велике значення l_{\min} суттєво обмежує компенсуючу здатність пристрою. Тому для забезпечення надійності функціональних якостей розмірний ланцюг конструктивних параметрів пари контакту має обмежуючу умову

$$l_{\min} = r_k - h_n - s \geq \Delta'_n, \quad (1)$$

де r_k – радіус кульки;

h_n – глибина паза;

s – величина зазору між зовнішньої та внутрішньої поверхнею обойм;

Δ'_n – поточна деформація пружини.

Оптимальне значення зазору s

$$s = 0,5 \cdot b_n \cdot \operatorname{tg} \alpha', \quad (2)$$

де b_n – ширина зовнішньої поверхні;

α' – кут зміщення півмуфти.

Оптимальна величина поточної деформації пружини

$$\Delta'_n = r_k - h_n - 0,5 \cdot b_n \cdot \operatorname{tg} \alpha'. \quad (3)$$

Підсумком проведеної роботи є отримання розрахункових співвідношень для підвищення надійності приводів. Отримані залежності можуть використовуватися при розробці аналогічних пристроїв для потреб машинобудування.

Література: 1. Комар Р.В. Конструктивно-силовий аналіз радіальної пари контакту пружина-кулька-паз запобіжно-компенсуючої муфти // Труды Одесского политехнического университета. Научный и производственно-практический сборник по техническим и естественным наукам. Вип.2 (26) – Одеса: Вид-во «ТЕС», 2006. – С.48-51.

СИСТЕМА РОЗВИТКУ ПЕРСОНАЛУ ЯК ЕЛЕМЕНТ КОРПОРАТИВНОЇ КУЛЬТУРИ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Кондратенко О.О.

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

Однією зі складових розвитку корпоративної культури є розвиток персоналу організації. Наявність підготовленого персоналу визначає якість продукції, що випускається, особливо коли мова йде про виконання відповідальних замовлень на експорт. Мінливі умови зовнішнього середовища, в яких працюють підприємства, все більше вимагають від керівників прийняття нестандартних рішень. Наряду з цим змінюється і структура потреб персоналу. Спостерігається тенденція не лише професійного зростання на робочому місці, а й творчого та емоційного. Необхідним стає створення умов до саморозвитку та самомотивації персоналу.

Управлінню розвитком персоналу присвячені наукові роботи багатьох вітчизняних та зарубіжних дослідників: Г. Беккера, А. О. Грішньової, П. В. Журавльова, А. Я. Кібанова, В. М. Колосок, Т. В. Кулініч, І. Хентце, і багатьох інших. В їх роботах розкриваються питання стратегічного управління розвитком персоналу, економічні та психологічні особливості цього процесу [1].

Цілями дослідження є виявлення особливостей управління розвитком персоналу машинобудівних підприємств та його вплив на розвиток корпоративної культури організації.

Впровадження системи цільового виробничо-економічного навчання кадрів на промислових підприємствах дозволяє вести широкомасштабну цільову перепідготовку керівників, фахівців і робочих кадрів по нових напрямках господарювання, розширювати й поглиблювати наявні виробничі навички й уміння з метою прискореної адаптації їх до роботи в ринкових умовах, безумовного поліпшення якості праці на всіх етапах діяльності [2].

Основними показниками економічної ефективності навчання є зростання продуктивності праці; приріст обсягу виробництва; річний економічний ефект; зниження аварійності, що відбувається з вини персоналу.

Сьогодні, як ніколи раніше, машинобудівному підприємству потрібний верстатник, що виконує операції на чистовому встаткуванні з високою якістю, що легко й вільно орієнтується у вимогах європейських і вітчизняних стандартів, технічних умов. Тому надзвичайно важливо, незважаючи на складні умови господарювання, все-таки вишукувати можливість систематично збільшувати витрати на навчання й перепідготовку кадрів.

Література: 1. Балабанова Л. В. Управління персоналом: підручник для студ. вищ. навч. закл. Київ: ЦУЛ, 2019. 468 с. 2. Бившева Л.О., Кондратенко О.О., Желдак С.В., Коваленченко А.О. Стратегічне управління персоналом як фактор зростання конкурентоспроможності промислового підприємства. Економічний вісник Донбасу. 2020. № 1. С. 137-144.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ІЄРАРХІЧНОЇ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ГРУПОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Копей В. Б., Онисько О. Р.

(Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна)

Груповий технологічний процес (ГТП) призначений для виготовлення на спеціалізованих робочих місцях групи виробів, які можуть відрізнятися за конструкцією, але подібні технологічно [1]. Для прикладу підприємство виготовляє багато виробів різного найменування і має високопродуктивне спеціалізоване обладнання. В множині виробів виділяють групу виробів, які можна ефективно обробляти на цьому обладнанні без значного його підналагодження. Проектування такого ГТП на першому етапі передбачає підбір деталей у групу за критерієм подібності таких технологічних ознак як: обладнання, пристрої, установка, інструменти, технологічні переходи та ін. [1]. У випадку великої кількості деталей та ознак це може бути досить трудомісткою задачею. Проте її можна автоматизувати. Мета роботи – застосувати для цього сучасні методи кластеризації. Спочатку для кожного найменування визначають значення ознак X . Наприклад наявність обточування циліндричної поверхні довжиною L можна закодувати з використанням значень від 0 до 9 ознаки x_0 (0 – обробка відсутня, 9 – велика довжина L), а інша ознака x_1 зі значеннями від 0 до 9 – наявність оброблення отвору діаметром D . Для виявлення груп технологічно подібних виробів за ознаками (x_0, x_1) застосовують один з методів кластеризації, зокрема, ієрархічної агломератової кластеризації, результати якої показані на рис. 1. Для реалізації методу використано пакет scikit-learn [2]. Малі точки на рис. 1а – це група 1, великі точки – група 2. Точки з ознаками (3, 8) та (5, 1) значно віддалені від центру своєї групи. З дендрограми (рис. 1б) видно, що вони віднесені до інших підгруп (індекси 9 і 19). Це дозволяє легко виявляти проблемні деталі та спростити підбір груп навіть за великої кількості ознак X .

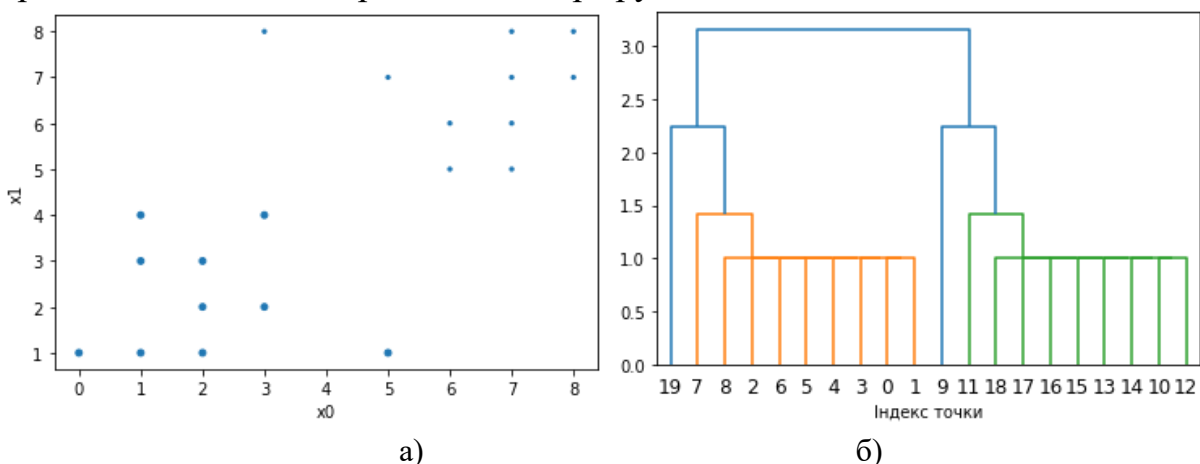


Рис. 1. Результати кластеризації: точкова діаграма (а) і дендрограма (б)

Література:

1. Митрофанов С. П. Групповая технология машиностроительного производства. В 2-х т. Т. 1. Организация группового производства. 3-е изд. – Л.: Машиностроение, 1983. – 407с.
2. scikit-learn Machine Learning in Python. URL: <https://scikit-learn.org>

ПРОМИСЛОВІ ВИПРОБУВАННЯ РІЗЦІВ ДЛЯ ТОЧІННЯ ВИСОКОГЕРМЕТИЧНИХ НАРІЗЕВИХ З'ЄДНАНЬ

¹Копей В.Б., ¹Лукань Т.В., ²Окрепкий С.В., ¹Онисько О.Р., ³Халупа В.В.

(¹Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна, ²ТЗОВ «Данея», ³Науково-виробниче приватне підприємство «Нафтогазобладнання», м. Івано-Франківськ, Україна)

Промислові випробування різців для виготовлення високогерметичних замкових з'єднань відбулася на заводі НВПІ «Нафтогазобладнання» (м. Івано-Франківськ). Різальну крайку карбідних пластин із формою замкового нарізевого профілю III модернізовано на ТЗОВ «Данея» (рис.1) шляхом віддалення її профілю на ділянці, що формує гребінь на 0,3мм від середнього діаметру (рис.1).

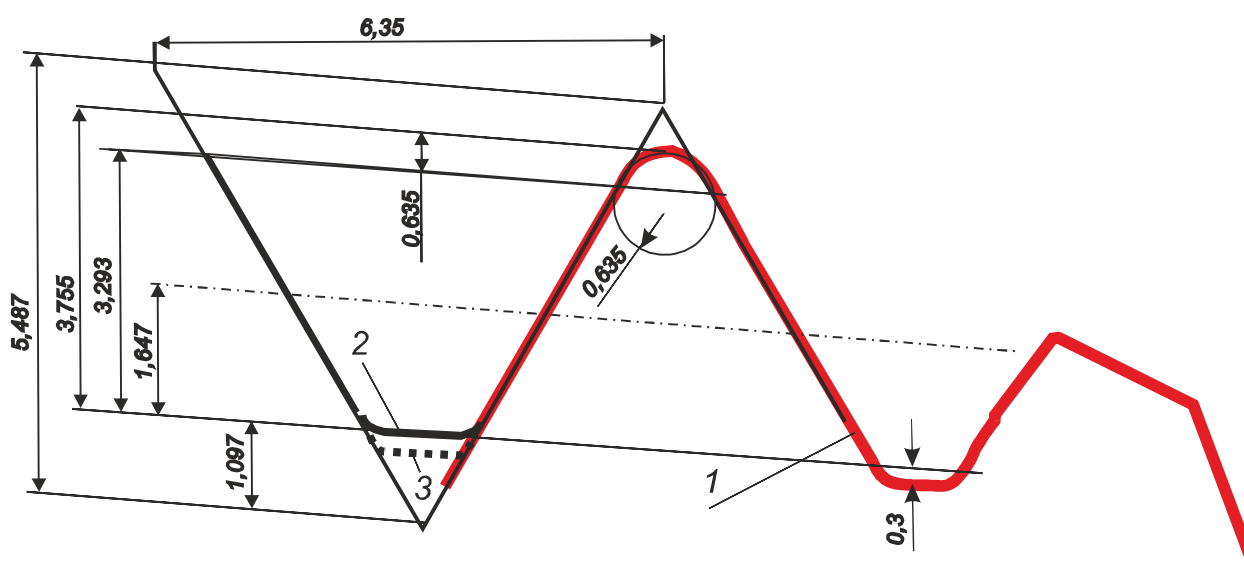


Рис.1. Схема утворення тангенціального відхилення нарізевого різця

Рис. 1. Форма профілю III замкової нарізи та суміщений профіль різальної крайки для її виконання із зміщеною на 0,3 мм від середнього діаметра нарізи ділянкою для точіння гребеня. 1 – профіль III різальної крайки стандартного різця; 2 – ділянка гребеня стандартної форми профілю III; 3 – корегований профіль для підвищеної герметичності

На рис. 2 представлено змінні твердосплавні пластини, які призначено для точіння конічної замкової нарізи із формою профілю III для лівого та правого різців., тобто фактично для точіння внутрішньої і зовнішньої нарізи [1].

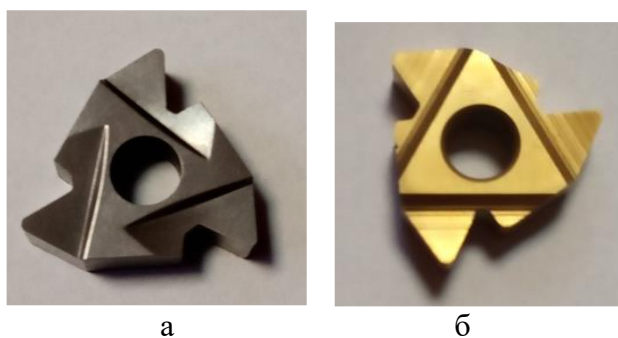


Рис. 2. Фото різальних пластин для точіння конічної замкової нарізі з профілем форми Ш:
а – для лівого різця; б– для правого різця

На рис. 3 і рис. 4 показано збільшені світлини ділянок різальної крайки із рис. 2 твердосплавних пластин призначених для точіння корегованого і не корегованого профілю гребеню нарізі [2].

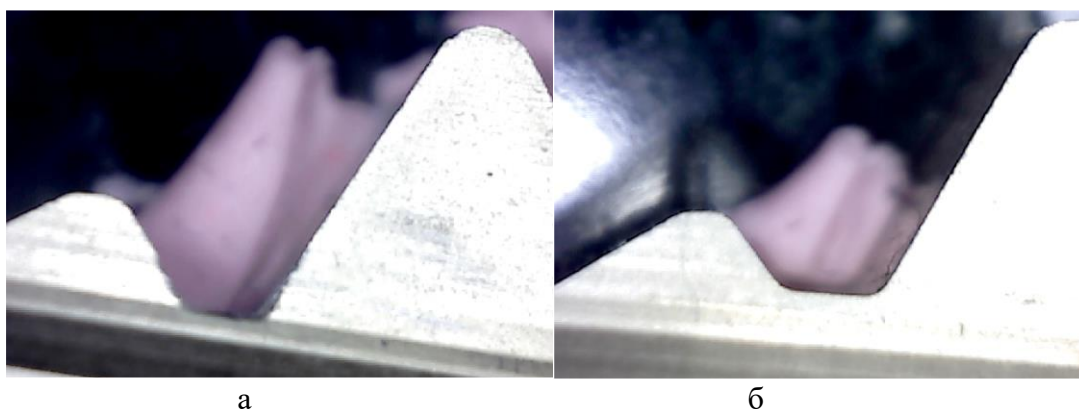


Рис. 3. Світлини (x20) різальної частини твердосплавної пластини призначеної для точіння замкової конічної нарізі з формою профілю Ш для лівого різця: а – з корегованим профілем, б – з не корегованим профілем (виконано при 20-кратному збільшенні)

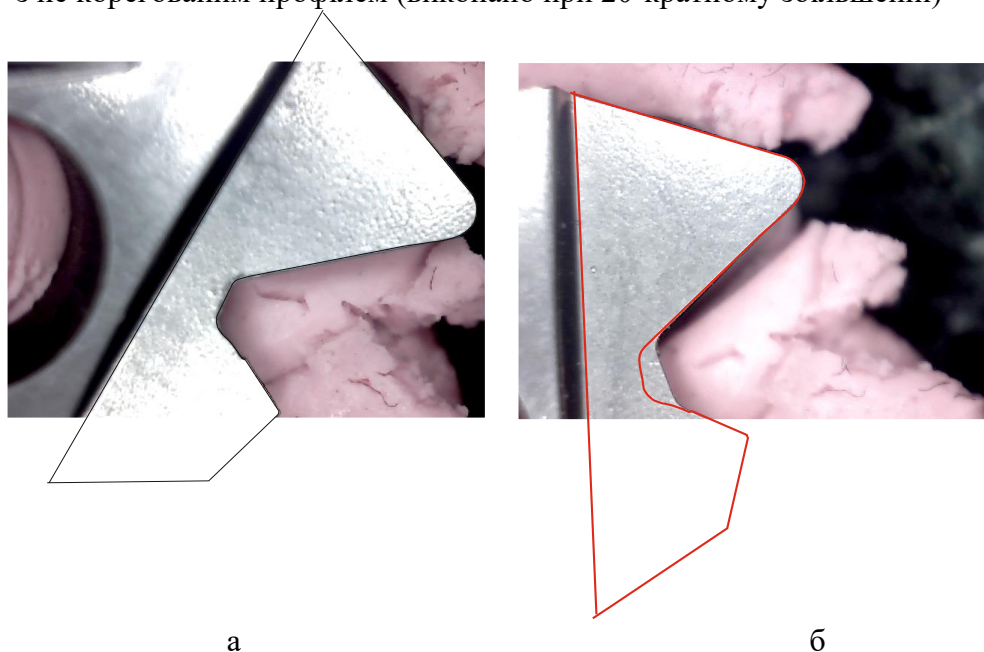


Рис. 4 Світлини (x20) різальної частини твердосплавної карбідної вставки для точіння замкової конічної нарізі форми Ш для правого різця: а – з корегованим профілем, б – з не корегованим профілем, на якому для порівняння накладено корегований контур.

Контроль профілю отриманих зовнішньої та внутрішньої нарізі проведено за допомогою зліпка, створеного на основі безсадкової сірко-графітової суміші у пропорції 4:1. Для фотофіксації зліпків застосовано переносний цифровий USB-мікроскоп *USB2-MICRO-250X 250x* та прикладну програму «*Digital Viewer*» до нього. На рис.5 представлено світлини зліпків, які ілюструють контури отриманої зовнішньої та внутрішньої нарізі 3-147 із корегованим профілем.

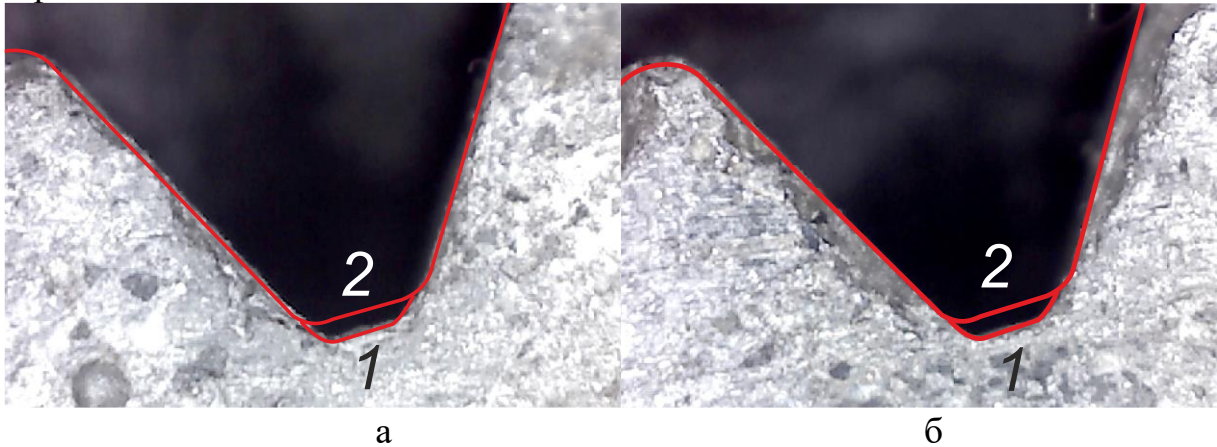


Рис. 5. Світлини фрагментів (x20) зліпка для контролю профілю нарізі 3–147 із :
а– муфти, б–ніпеля: 1– зліпок, 2– порожнина на місці корегованої нарізі 3–147

Результати застосування шаблонів підтверджують відповідність отриманої нарізі вимогам стандарту.

Література: 1. V. B. Kopei, O. R. Onysko, V. G. Panchuk, Z. M. Odosii, T. V. Lukan. Increasing the fatigue strength of threaded joints of oil and gas equipment by plastic deformation of the thread under high load before make-up. *10th International Conference of Applied Science ICAS2022*. 25-28 May 2022, Banja Luka, Bosnia and Herzegovina. Book of Abstract. P117.
2. Онисько О.Р., Лукань Т.В. Основи проектування різців для точіння конічних замкових нарізей. *Матеріали тридцять першої міжнародної наукової конференції «Нові технології у машинобудуванні»*. залізний порт - Харків 2021, С 24-25.

КОНСТРУЮВАННЯ ПОКРИТТІВ ДИСКРЕТНОГО ТИПУ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ З УМОВИ КОГЕЗІЙНОЇ ТА АДГЕЗІЙНОЇ ЇХ СТІЙКОСТІ ПРИ ОБРОБКИ ВОЛОКНИСТИХ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Корбут Є.В., Парненко В.С.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна)

На теперішній час прогрес в авіабудуванні, автобудуванні та в інших галузях промисловості в основному пов'язується з розробкою і широким застосуванням волокнистих полімерних композиційних матеріалів (ВПКМ) [1]. ВПКМ мають комплекс властивостей і особливостей, що відрізняються від

традиційних конструкційних матеріалів (металевих сплавів) і в сукупності відкривають широкі можливості як для вдосконалення існуючих конструкцій найрізноманітнішого призначення, так і для розробки нових конструкцій і технологічних процесів. Але поряд з цим, через їх фізико-механічні властивості виникають труднощі при обробці ВПКМ різанням, що накладає певні вимоги до використання різального інструменту. Перш за все вони повинні забезпечувати необхідну точність та якість обробленої поверхні деталей з ВПКМ, мати високий опір зношуванню.

Аналіз останніх досліджень і публікацій [2, 3] показав, що в найбільшій мірі вимогам до інструментальних матеріалів інструменту для обробки ВПКМ відповідає полікристалічний алмаз та твердосплавний інструмент з ультратвердим алмазоподібним покриттям (DLC). Проте їх використання призводить до ускладнення конструкції інструменту та високої його вартості. Твердосплавний інструмент використовується тільки з суцільним зносостійким покриттям, яке схильне до розтріскування та відшаровування в процесі обробки. Дослідження по використанню різального інструменту зі швидкорізальної сталі (ШР), з формованим на його робочій поверхні дискретним покриттям для обробки ВПКМ не проводились.

Підвищення когезійної, адгезійної та контактної міцності модифікованого шару напряму пов'язано з формуванням системи з мінімальним рівнем напружено-деформованого стану (НДС) [4, 5]. Для практичної реалізації цього підходу сформований загальний принцип – створення модифікованого поверхневого шару з підвищеною когезійною та адгезійною стійкістю за рахунок заміни традиційного суцільного покриття на шар с дискретною будовою, що обумовлює обмеження рівня максимальних напружень як в самому модифікованому шарі, так і в площині адгезійного контакту «основа-модифікований поверхневий шар». Розмір і архітектура ділянок модифікованого шару визначаються з умов мінімізації рівня НДС при силових та температурних навантаженнях.

Використання дискретного глобулярного покриття, нанесеного методом електроіскрового легування (ЕІЛ) дозволяє отримати замість одного критичного концентратора напружень, який виникає в процесі різання в інструменті з суцільним покриттям на "n" окремих дискретних ділянок, де кожна ділянка є окремим концентратором напружень, але його потужність набагато менша рівня адгезійної та когезійної стійкості модифікованого поверхневого шару.

Література: 1. Авиационно-космические материалы и технологии / [В. А. Богуслаев, А.Я. Качан, Н.Е. Калинина и др.] - Запорожье, изд. ОАО "Мотор Сич", 2009. - 383с. 2. Криворучко Д.В., Залога В.А., Пасечник В.А., Колесник В.А., Емельяненко С.С. Механическая обработка композиционных материалов при сборке летательных аппаратов (аналитический обзор)/ монография Сумы 2013, с. 272. 3. Sheikh-Ahmad JY7 Machining of Polymer Composite/ Sheikh-Ahmad J.Y/. - Technology and Engineering, 2008. - 230p. 4. Корбут Е.В., Ляшенко Б.А., Подчерняева И.И., Юрченко Д.В. Перспективы электроискрового упрочнения твердосплавного режущего инструмента. Процеси механічної обробки в машинобудуванні. Київ, 2012, № 12, С. 67 – 80. 5. Ляшенко Б.А., Новиков Н.В., Клименко С.А. Дискретное модифицирование поверхностного слоя деталей машин и инструментов/К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля, 2017. - 264с.

ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПІВ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ФЛАНЦІВ В УМОВАХ SMEs

Котляр О.В., Басова Є.В., Іванова М.С., Баранов В.М.
(НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна)

Одна з особливостей сучасних малих і середніх виробництв (SMEs) – широка номенклатура виробів поєднана одночасно із нестабільністю величини виробничої партії деталей.

Із аналізу номенклатури машинобудівної продукції визначено, що деталі типу «Фланець» складають значну частку від всього випуску продукції. Технологія виготовлення таких деталей потребує чисельності технологічних операцій, маршрутів обробки, металорізального обладнання тощо.

В умовах багатомноменклатурного виробництва, що характеризується нестабільністю об'єктів виробництва та величини виробничих партій деталей, вибір найвигіднішого варіанту технологічного процесу, з числа конкуруючих, є складною і трудомісткою задачею. Така задача, в свою чергу, потребує проведення великої кількості розрахунків, пов'язаних з визначенням техніко-економічних показників виробництва.

Метою роботи є розробка рекомендацій щодо формування ефективних технологічних процесів виготовлення фланців в умовах SMEs на базі використання принципів багатокритеріальної оптимізації.

Для досягнення поставленої мети в якості критеріїв оптимальності технологічного процесу пропонується використовувати показники, які характеризують рівень інтенсифікації та прибутковість виробництва SMEs, ефективність використання енергетичних і фінансових ресурсів та надійність процесу функціонування обладнання, що дозволить об'єктивно уточнити та розширити область афективного застосування технологічного процесу.

Технічними обмеженнями для пропонованої системи критеріїв оптимальності є обмеження на ринкові ціни заготовки та деталі; балансова вартість верстатів кожного типу; споживання електроенергії; виробничі площі SMEs, що займають верстати і їх виносні пристрої; вартість орендної плати за використання виробничих площ та інтенсивності відмов і відновлень верстатів.

Встановлено, що проведення оптимізації технологічного процесу з використанням обмеженої кількості критеріїв оптимальності із пропонованого переліку системи критеріїв об'єктивно звужує межі ефективного застосування технологічного процесу виготовлення деталей типу «Фланець». При збільшенні числа критеріїв прямопропорційно збільшується ефективність застосування технології та створюються умови для уточнення граничних значень величини виробничої партії деталей для SMEs, що і визначатиме найвигідніший варіант технологічного процесу виготовлення деталей.

ДОСЛІДЖЕННЯ З АНАЛІТИЧНОЇ МЕХАНІКИ В ХАРКОВІ

Крахмальов О.В.

(НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна)

Наприкінці XIX – початку XX ст. університети були центрами науково-дослідної роботи. Наукові товариства, що були організовані при університетах, об'єднували всі наукові сили університетського міста і деякі з них були яу би спеціалізованими академіями. До таких місцевих академій належали Харківське математичне товариство та Київське фізико-математичне товариство. В 1902 р. В.А. Стеклов став головою Харківського математичного товариства і редактором журналу «Повідомлення» цього товариства. В 1906 р. він переїхав в Петербург і професором механіки Харківського університету був обраний учень В.А. Стеклова М.М. Салтиков (1875 - 1961).

В 1896 р. Салтиков був рекомендований кафедрою чистої математики для підготовки до професорського звання. В 1899 р. захистив магістерську дисертацію «Про інтегрування рівнянь з приватними похідними першого порядку однієї невідомої функції», з 1900 р. – він екстраординарний професор кафедри механіки в Томському технологічному інституті, а з 1903 р. – в Київському політехнічному інституті. В 1906 р. захистив докторську дисертацію «Дослідження з теорії рівнянь з приватними похідними першого порядку однієї невідомої функції» по кафедрі прикладної математики і став ординарним професором цієї кафедри.

М.М. Салтиков значну увагу приділяв питанням викладання механіки, намагаючись підтримати той високий рівень, який склався в Харківському університеті при Ляпунові та Стеклові. Окрім обов'язкових курсів він читав факультативний курс «Механічні основи польоту аероплана», вів семінар по проблемі «Диференційні рівняння механіки», семінар з питань історії механіки. На семінарах з теоретичної механіки студентами математичного відділення вивчалися різні питання: вирішення найбільш складних механічних задач з динаміки системи точок, летальні апарати, які важчі повітря, гіроскопи, варіаційні задачі механіки, задачі про малі коливання, про рівновагу пружних стрижнів, задача трьох тіл, вчення про стійкість руху та ін. М.М. Салтиков в своїх відгуках надавав високу оцінку цим працям. В 1906 р. він прочитав лекцію «Про основні закони механіки».

В статті «К питанню про затвердження курсів для підготовки викладачів середніх навчальних закладів» М.М. Салтиков зазначає, що курси не повинні бути вузько професійними, повинні ґрунтуватися на суворо науковій організації викладання. Він зазначає про необхідність органічного зв'язку математики і механіки.

М.М. Салтиков приділяв значну увагу організації семінарів в університетах, які б зближували вищу і середню школи, задачі узгодження викладання в середній та вищій школах. Салтиков зупинявся і на питаннях

викладання теоретичної механіки в університетах, підкреслюючи важливість цього курсу для викладачів середньої школи. Він зазначає, що курси механіки, які читають в університетах, представляють абстрактний математичний виклад законів механіки, але їх математичний або геометричний виклад є необхідною ланкою в загальному циклі математичних наук, що викладаються на математичному відділенні фізико-математичного факультету. Розрив зв'язку в послідовності викладання механіки в середній і вищій школах несприятливо відбивається на майбутніх викладачах середньої школи.

Вихід із цього становища автор бачить в організації для студентів університетів спеціального семінару за зразком західноєвропейських університетів. Говорячи про тематику семінару, Салтиков підкреслює, що вивчення окремих питань за першоджерелами и творами, вказаними керівником занять, складання за ними рефератів та читання пробних лекцій по ряду основних теорем, доказів і питань механіки може дати багатий і корисний матеріал для занять в семінарі з механіки. Він організував такий семінар при кафедрі механіки і керував ним.

В 1907 р. в Харківському технологічному інституті було запроваджено новий курс з механіки, розроблений М.М. Салтиковим та П.В. Шепелевим. На першому курсі зверталась увага на з'ясування механічного та геометричного боків понять, що вводяться та явищ і законів, що розглядаються, вивчалась статика, основи кінематики та динаміка; на другому – геометрія мас, кінематика, динаміка точки, динаміка системи точок. Курс тісно пов'язаний з вивченням курсу математики. Програма не включала таких розділів, як гідростатика, гідродинаміка та теорія пружності, оскільки передбачалося, що ці науки викладатимуться самостійно.

В кінці 1908 р. після відходу М.М. Салтикова професором кафедри механіки Харківського технологічного інституту був запрошений викладач математики Київського політехнічного інституту І.І. Белянкін. Він читав курси аналітичної механіки, механіки рідких тіл, гідравліки та гідродинаміки, а також деякі математичні курси. Наукову роботу Белянкін проводив головним чином в галузі математики. Значну увагу він приділяв розробці курсів механіки.

В 1908 – 1913 рр. І.І. Белянкін в Харківському технологічному інституті підготував та видав курси лекцій з кінематики, статички, динаміки, механіки рідких тіл. В 1908 р. в «Математичній збірці» він надрукував статтю «До руху матеріальної точки по кривій другого порядку»; в 1911 р. він зробив доповідь в Геттінгені на математичному товаристві з теорії пружності, а на засіданні Київського фізико-математичного товариства – про рівняння руху суцільних систем.

В 1914 р. професором теоретичної механіки був запрошений вихованець Київського університету викладач математики Київського політехнічного інституту М.А. Столяров, основні праці якого належали до механіки та геометрії.

ПОЛІПШЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СИНТЕТИЧНИХ АЛМАЗІВ У ВИСОКОПРЕЦИЗІЙНОМУ АЛМАЗНОМУ ПРАВЛЯЧОМУ ІНСТРУМЕНТІ ДЛЯ ПОТРЕБ МАШИНОБУДУВАННЯ УКРАЇНИ

¹Лаврінєнко В.І., ¹Ільницька Г.Д., ¹Скрябін В.В., ²Острєверх Є.В.
(¹ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України, м. Київ, ²НТУ «ХПІ» м. Харків, Україна)

Підприємствам машинобудування України, особливо для двигунобудування, агрегатних та гідроагрегатних заводів, авіаційних підприємств, потрібен прецизійний алмазний правлячий інструмент. На сучасному етапі розвиток прогресивних технологій обробки деталей машин із застосуванням правлячих роликів обумовлює застосування в них порошків синтетичного алмаза високої якості з контрольованими характеристиками показників міцності та термостійкості, а також геометричних розмірів зерен.

Синтетичні алмази синтезуються в різних ростових системах, а відтак суттєво різняться між собою за наявністю в них внутрішньокристалічних домішок і включень, що обумовлює різницю у їх властивостях. Поліпшення фізико-механічних властивостей алмазних шліфпорошків виконувалося шляхом ефективного сортування по дефектності поверхні зерен шліфпорошків алмаза для оснащення ефективного алмазного правлячого інструменту.

В алмазних порошках АС65–АС250 визначали фізико-механічні характеристики: міцність у вигляді руйнівного навантаження при статичному стисненні, розраховували термостійкість за коефіцієнтом термостабільності і коефіцієнт однорідності за міцністю, вимірювали питому магнітну сприйнятливість. Елементний склад домішок і включень у порошках алмазу визначали рентгенофлуоресцентним інтегральним аналізом, за допомогою растрового електронного мікроскопу «BS-340».

Показано, що розділення в магнітному полі різної напруженості алмазів зернистості 500/400 і 250/200 сприяє отриманню шліфпорошків, які різняться між собою за вмістом в них внутрішньокристалічних включень, що приводить до поліпшення їх фізико-механічних характеристик: підвищення міцності, однорідності за міцністю та підвищення термостійкості. В цілому кристали алмазів всіх систем, що містять меншу кількість внутрішньокристалічних домішок і включень, мають більшу міцність. Для поліпшення міцнісних характеристик і покращення однорідності за ними необхідно проводити спеціальне сортування шліфпорошків алмаза. Для підвищення ефективності поділу шліфпорошків синтетичного алмаза, синтезованих із застосуванням феросплавів, удосконалений спосіб адгезійно-магнітного сортування алмазних шліф порошків у якому передбачена обробка поверхні зерен шліфпорошків алмаза шляхом нанесення електропровідящих тонкодисперсних частинок і адгезійного закріплення їх на поверхні зерен алмаза для створення набутих електричних властивостей і умов проведення процесу поділу порошку у електричному полі. Застосування у інструменті таких спрямовано поліпшених алмазних шліфпорошків дозволяє підвищити ефективність алмазного правлячого інструменту.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИПАРОВУЄМИХ КАТОДІВ НА ЯКІСТЬ ІОННО-ПЛАЗМОВИХ ПОКРИТТІВ ЛОПАТОК ТУРБІН

Лаптева Г.М., Єфанов В.С.

(НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна)

Предметом вивчення є покриття, нанесені на лопатки турбін методом іонно-плазмового осадження [1] з використанням трубних катодів [2] сплаву Ni-Cr-Al-Y, виготовленні методами гранульної металургії та за допомогою електронно-променевого переплаву.

Метою є проаналізувати вплив технології виготовлення катодів на шорсткість поверхні покриттів робочих лопаток турбіни [3,4].

Завдання: визначити мікроструктуру та хімічний склад дослідних катодів; оцінити якість поверхні лопаток з жаростійким покриттям, нанесене із застосуванням дослідних катодів; кількісно оцінити крапельну фазу жаростійкого покриття лопаток, з розбиванням її на фракції за розміром. Використовуваними методами є: металографічне дослідження, скануюча растрова електронна мікроскопія.

В мікроструктурі обох досліджуваних катодів виявлено основний γ -твердий розчин з інтерметалідними Ni-Cr-Al та ітрієвими фазами. При цьому, розподіл ітрієвої фази в гранульному катоді більш рівномірний, ніж у катоді отриманим електронно-променевим переплавленням. Проведене металографічне дослідження показало, що ітрієва фаза в структурі гранульованого катода високодисперсна, з розмірами до 5 мкм, і є наслідком структурної і розмірної спадковості отриманої під час компактування гранульної заготовки катода. Структура катода, отриманого електронно-променевим переплавленням являла собою серію розгалужених за об'ємом конгломератів інтерметалідних фаз протяжністю понад 50 мкм [5]. Встановлено відповідність хімічного складу досліджуваних катодів вимогам нормативно-технічних

документів. Після нанесення покриттів на лопатки турбін конденсаційним методом із досліджуваних катодів, не було виявлено відшарувань, а за товщиною вони відповідали нормативно-технічній документації. Аналізом розподілу крапельної фази за поверхнею лопаток встановлено, що покриття з використанням гранульного катода характеризується повною відсутністю крапельної фази розміром більше 65 мкм, та має вдвічі менше крапельної фази розміром 25...45 мкм у порівнянні з катодом отриманим електронно-променевим переплавленням. Покриття, отримане із застосуванням гранульного катода має дрібнішу крапельну фазу на поверхні лопаток, що поліпшує їх шорсткість і стан трактових поверхонь [6].

Застосування технології металургії гранул при виготовленні катодів, застосовуваних для нанесення покриття, забезпечує стабільну роботу установки і подовжує термін експлуатації катодів, порівняно з катодами виготовлені електронно-променевим переплавом.

Література:

1. Ионно-плазменные покрытия для лопаток газотурбинных двигателей [Текст] / Е. Н. Каблов, С. А. Мубояджян, С. А. Будиновский, А. М. Луценко // Метали. – 2007. – № 5. – С. 23–34.
2. Каблов, Е. Н. Литые лопатки газотурбинных двигателей [Текст] / Е. Н. Каблов. – М. : Московск. ин-т стали и сплавов, 2001. – 632 с.
3. Мовчан, Б. А. Жаростойкие покрытия, осаждаемые в вакууме [Текст] / Б. А. Мовчан, И. С. Малашенко ; под ред. Б. Е. Патона. – К. : Наук. думка, 1983. – 232 с.
4. Аксёнов, И. И. Техника осаждения вакуумно-дуговых покрытий [Текст] / И. И. Аксёнов, Д. С. Аксёнов, В. А. Белоус. – Харьков : ННЦ ХФТИ, 2014. – 280 с.
5. Дослідження впливу технології виготовлення катодів на якість конденсаційних жаротривких покривів [Текст] / В. С. Єфанов, В. В. Клочихин, А. А. Скребцов, І. А. Петрик, О. О. Педаш // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2019. – № 4. – С. 136–141.
6. Влияние технологии изготовления катодов на качество покрытий лопаток турбины [Текст] / В. С. Ефанов, В. В. Клочихин, А. А. Педаш, В. Г. Шило // Вестник двигателестроения. – 2018. – № 1. – С. 132-137. DOI: 10.15588/1727-0219-2018-1-18.

ВИШУКУВАННЯ НОВИХ СПОСОБІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДВИЩЕНИХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ, ВИКОНАНИХ ПЛАЗМЕННИМ НАПИЛЕННЯМ

¹Лебедєв В.О., ²Лой С.А.

(¹Дослідно-конструкторсько-технологічне бюро Інституту електрозварювання імені Є.О. Патона НАН України, ²Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова Херсонська філія, Україна)

Напилення в даний час є одним з найбільш досконалих способів отримання відновлювальних та захисних покриттів для великої кількості вузлів і деталей, у тому числі тих, які працюють в екстремальних умовах, наприклад, у газотурбінних установках. При цьому плазмове напилення найбільш відомий за технологією, що широко практикується в різних сферах машин і механізмів.

Вишукування способів поліпшення якості напиленого плазмовим струменем шару при забезпеченні низької вартості всього комплексу робіт є актуальним завданням і вимагає постійної дослідницької роботи.

Спираючись на наявний світовий досвід та наші розробки можна виділити наступні основні напрямки щодо вдосконалення техніки та технології плазмового напилення для отримання найбільш міцних покриттів та покриттів з певними властивостями.

1. Вибір найбільш ефективних матеріалів для складання порошків, що напилюються, як для загального застосування, так і для особливих робіт з цілеспрямовано сформованими властивостями.

2. Поліпшення існуючих, а також розробка нових технічних засобів ведення плазмового процесу у всіх його компонентах

3. Формування нових рішень щодо складових технологічного процесу плазмового напилення з комплексом завдань, що дозволяють суттєво підвищити якісні характеристики напилених шарів.

Виділені напрями вдосконалення включають цілий ряд вже наявних, а також пошукових робіт, що постійно ведуться.

Слід навести кілька прикладів.

Що ж до складу порошку для напилення, то тут є кілька тенденцій. Це і нові склади, а також склади з відомими компонентами, але доповнені новими складовими. Так, нами запропоновано до складу порошків, що самофлюсуються типу ПГ-10Н-01, який є основою, додавати флюсову компоненту на основі боридів, при цьому випробування і подальше застосування цього порошку в експериментально певних співвідношеннях дозволило підвищити міцність

напиленого шару у вузлах і деталях автотракторної техніки, у тому числі й машин сільськогосподарського виробництва до півтора раза.

По елементах та вузлах обладнання виконані роботи також у кількох напрямках. Насамперед це удосконалення конструкції самого плазмотрона [1], що дозволило підвищити ефективність його роботи як у частині підвищення його здатності навантаження, так і в частині його надійності. Змінено конструкцію дозатора порошку для напилення. тут застосовано сучасний регульований вентильний електропривод з можливістю суттєво підвищити точність дозування.

Необхідно відзначити, що найбільш важливою в плазмовій установці є система джерела плазмового процесу, який в переважній кількості плазмових установок, що використовуються, є традиційним. Інверторні джерела, що з'явилися останнім часом, з постійним зниженням їх вартості і підвищенням експлуатаційних характеристик дозволяють все більш широко впроваджувати і при комплектуванні нових і модернізації вже діючих установок. при цьому технічні можливості інверторних джерел дають змогу забезпечити новий рівень управління процесом плазмового напилення.

У напрямі технологічного вдосконалення одержання якісних покриттів насамперед слід виділити можливість застосування імпульсних алгоритмів функціонування систем плазмових установок. Це стосується практично всіх діючих систем установок для плазмового напилення: джерела, дозатора і системи подачі плазмоутворюючого газу. Це досить просто зробити за наявності джерела інверторного типу, нової конструкції дозатора з вентильним електроприводом. Можливі та дуже важливі результати частково описані в роботі [2].

Нами зараз ведуться роботи з пошуку найбільш ефективних режимів роботи установки для плазмового напилення із застосуванням імпульсних впливів. Отримані початкові результати дозволяють зробити висновок, що імпульсні технології є найбільш перспективним напрямом у вдосконаленні техніки та технології плазмового відновлення та зміцнення вузлів та деталей практично у всіх галузях виробництва та експлуатації.

Література:

1. Лебедев В.А., Лой С.А. Модернизация плазмотрона для напыления на воздухе и в контролируемой атмосфере (в вакууме). // Вісник Національного технічного університету "ХП". Серія: Нові рішення в сучасних технологіях №10 2019. С. 21-29
2. Сухочев Г.А. Экспериментальные исследования параметров управляемости процесса воздушно плазменного нанесения и упрочнения покрытий // Упрочняющие технологии и покрытия. 2008. №11(47). С. 53-56.

ВИВЧЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ПЛАЗМОВИХ ПОКРИТТІВ ЯК ЗАСІБ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ НАПИЛЕННЯ

Лебедєв В.О., Лой С.А., Матвієнко М.В., Єрмолаєв Г.В., Спіхтаренко В.В.
(ХННІІ НУК ім. адм. Макарова, м. Херсон, Україна)

Для підвищення працездатності та довговічності деталей газових турбін широко використовуються спеціальні захисні покриття [1]. Для оцінки міцності покриття та його зчеплення з підкладкою використовують спеціальні зразки із нанесеним покриттям. Зокрема, найбільш поширеними способами випробувань є методи витягування штифта, термоциклювання та вигину. У публікаціях, присвячених напруженому стану, наприклад [2], практично відсутні дані про їх рівень та розподіл у зразках. Тому вивчення напруженого стану за різних методів випробувань та впливу різних факторів на якість було і є в теперішній час актуально.

Метою роботи є дослідження напруженого стану при випробуваннях зразків з покриттями та встановлення кількісних залежностей рівня напруг у них від товщини покриттів та властивостей напилюваного матеріалу.

Дослідження виконувались аналітичними розрахунками (пружна стадія навантаження) та шляхом комп'ютерного моделювання (пружне та пружнопластичне навантаження) на основі способу кінцевих елементів. Для випробувань на відрив досліджували зразки типу втулки зі штоком з нанесеним на верхню поверхню покриттям. Вирішувалося осесиметричне пружне завдання. Варіювалися товщини та модулі пружності матеріалу покриття. Модуль пружності зразка для випробувань приймався постійним. Вузли навантажувалися додатком до штока навантаження, що розтягує, що створює в ньому напруги 20 МПа. Для випробування на вигин і термостійкість використовували зразки типу плоскої пластини з нанесеним на верхню поверхню покриттям [3]. Вивчалися три варіанти покриттів: малий (м'який шар), нейтральний та великий (жорсткий шар) жорсткості по відношенню до основного металу - підкладки. Межа плинності матеріалу покриття приймалася більше, ніж у матеріалі підкладки, щоб пластичні деформації розвивалися тільки в ній.

Встановлено, що при випробуванні міцності напиленого шару на відрив найбільш завантажена зона, а отже, і зона найбільш ймовірного зародження руйнування, розташована поблизу точки з'єднання шток-втулка біля поверхні розділу покриття та підкладки. Напруги відриву збільшуються із збільшенням

жорсткості напиленого шару. При згинанні зразків з напиленим шаром встановлено, що рівень максимальної нормальної напруги як у напиленому шарі, так і підкладці, значно, на два порядки, перевищують дотичні. Характер розподілу напруг суттєво залежить від співвідношення товщин покриття та підкладки і не змінюється при пропорційному їх збільшенні чи зменшенні. На рівень напруги при незмінній товщині підкладки впливає як відносна товщина напиленого шару, так і його жорсткість. Максимальна напруга в покритті знижується зі збільшенням його відносної товщини і збільшується зі зростанням його відносної жорсткості. При термоциклюванні рівень і характеру розподілу поздовжніх напруг на більшій частині зразка може бути визначений аналітичним розрахунком, а поперечні і дотичні напруги тільки комп'ютерним моделюванням. При термоциклюванні зразків з покриттям в останньому створюються напруги, що розтягують, при цьому створюються умови для крихкого руйнування напиленого шару, як на стадії нагріву (поздовжні в середній частині зразка), так і на стадії охолодження (поперечні на торцевих поверхнях). Поблизу торців межі розділу виникають дотичні напруги, які створюють умови для відшарування напиленого матеріалу.

Подані результати можуть бути використані як при розробці методик випробування зразків з напиленим шаром, так і при аналізі та кількісному порівнянні результатів випробувань.

Залишаються не до кінця з'ясованими питання вивчення напруженого стану за низкою характеристик нанесених покриттів, зокрема, якщо виробляється багат шарове напilenня з різною товщиною шарів, врахування умов та режимів виконання процесу. Таким чином, очевидно, що існуючі методи вивчення напруженого стану вимагають подальшого вдосконалення. Робота у цьому напрямі нині триває.

Література:

1. Лой С.А., Дубовой А.Н. Плазменное напыление защитных покрытий на детали горячего тракта судовых турбин /Збірник наукових праць УДМТУ. – Миколаїв: УДМТУ, 1999. - № 6 (366). – С. 105 – 109.
2. Напряженное состояние плоских образцов с напыленным слоем при испытаниях на изгиб / В. А. Лебедев, Г. В. Ермолаев, С. А. Лой, М. В. Матвиенко // Авиационно-космическая техника и технология, 2019, № 4(156). – С. 63-72.
3. Напряженное состояние напыленного покрытия при испытаниях на термостойкость / В.А. Лебедев, Г. В. Ермолаев, С. А. Лой, М. В. Матвиенко // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2014. – № 11. – С. 8-12.

ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОДУГОВОГО АВТОМАТИЧНОГО НАПЛАВЛЕННЯ З КЕРОВАНИМИ КОЛИВАННЯМИ ВИРОБУ

¹Лебедєв В. О., ²Новиков С. В.

(¹Дослідно-конструкторсько-технологічне бюро Інституту електрозварювання імені Є.О. Патона НАН України, ²Інститут електрозварювання імені Є.О. Патона НАН України)

Серед сучасних видів підвищення технологічної міцності зварних конструкцій, застосування періодичного впливу на метал зварювальної ванни або зварювальний інструмент є досить ефективним та поширеним технологічним методом. У сучасних дослідженнях різних авторів амплітудно – частотні параметри мають діапазон вібрацій або коливань у межах від десятків мікрон до 2 мм для амплітуди та від десятків герц до сотень кілогерц для частот. Таким чином, є певний пробіл у дослідженнях саме низькочастотних коливань на метал зварювальної ванни та зони термічного впливу (ЗТВ), що зумовило проведення комплексу досліджень з вивчення впливу коливань з амплітудою і діапазоні 2 – 7 мм та частотою 2,5 – 4,5 Гц.

Відомо, що при відновленні наплавленням деталей типу вал досить серйозними недоліками є тепловий вплив зварювальної дуги на поверхню, високі витрати на електроенергію та зварювальний дріт. Відповідно, з метою щодо зниження цих недоліків, була створена установка для наплавлення тіл обертання [1], яка дозволяє здійснювати наплавлення як з повздовжніми, так і поперечними коливаннями деталі. Окрім зниження витрат електроенергії та зварювального дроту до суттєвої переваги процесу наплавлення слід віднести збільшення міцності та пластичності на 10 – 15 % у порівнянні з аналогами.

Спосіб наплавлення на даній установці застосовується для відновлювального наплавлення колінчастих та шліцевих валів автомобільних двигунів та ходової частини транспортних засобів, гребних валів малотоннажних суден, приводних валів судових лебідок, поверхонь котіння кранових коліс, коліс вантажних залізничних вагонів тощо.

Для наплавлення плоских поверхонь з коливаннями даного амплітудно – частотного діапазону була створена установка [2], що дозволяє здійснювати коливання по дузі коливального руху валу на якому закріплений коливальний стіл (рис.1) з деталлю що наплавляється. Вал переміщується за дугою окружності

з центром O на певний кут α , граничне значення якого визначає величину амплітуди коливання A .

Застосування даного способу наплавлення дозволяє збільшити твердість наплавленого металу на 7 – 53 %, металу ЗТВ приблизно на 27 – 144 %.

Даний спосіб наплавлення застосовується насамперед для відновлювального наплавлення ріжучих кромek ножів кормоподрібнюючих та зернозбиральних вузлів сільгосптехніки та паперорізальних плоских ножів у виробництві паперу, поверхонь плит пакетних штампів.

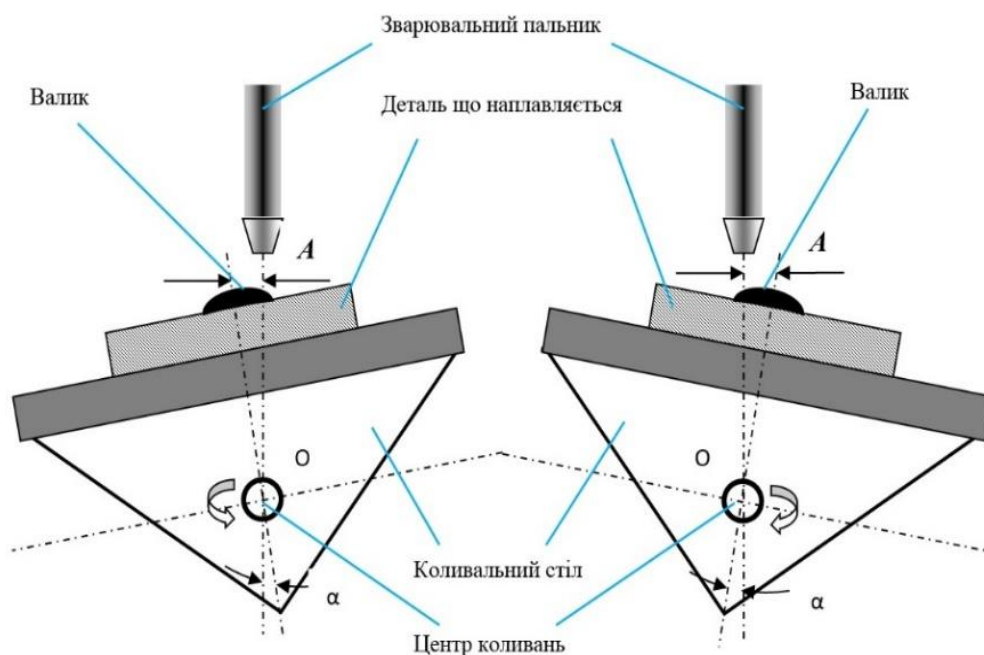


Рис.1. Схема поперечних коливань рухомого столу, де A – амплітуда коливань, α – кут відхилення від осі наплавлення, O – центр коливань

Література:

1. Установка для автоматического дугового наплавления внешних поверхностей деталей обертання: пат. 112270 Україна: В23К 9/04(2016.01), В23К 13/00, В23Р1100 / В.О. Лебедев, С.В. Драган, А.Ф. Галь, І.В. Сімутенков, С.В. Новиков – № у 2016 05991; заявл. 02.06.2016; опубл. 12.12.2016, Бюл. №23. – 8с.

2. Лебедев В. О. Установка для наплавлення та зварювання в середовищі CO_2 з механічними поперечними гармонічними коливаннями зварювальної ванни / В.О. Лебедев, С.В. Новиков // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем. XII міжнародна наук. – практ. конф., Чернігів, 26 – 27 трав. 2022 р. / М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Чернігівська політехніка». – Чернігів, Том 2, 2022. – С. 42 – 43.

ШВИДКОДІЮЧІ ПРИВОДИ ПОДАЧІ ДЛЯ МЕХАНІЗОВАНОГО ТА АВТОМАТИЧНОГО ЗВАРЮВАЛЬНОГО УСТАТКУВАННЯ

¹Лебедєв В.О., ²Островерхов М.Я., Халімовський О.М.

(¹ІЕЗ імені Є. О. Патона НАН України, м. Київ, Україна,

²КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна)

Вдосконалення механізованого та автоматичного зварювального устаткування розширює можливості вирішення технологічних задач електродугового зварювання та наплавлення. Вибір способу зварювання для вирішення конкретної технологічної задачі залежить від заданих критеріїв до експлуатаційних характеристик виробу, вимог до витрат необхідних на обробку сформованих з'єднань (зварюванням-наплавленням). Алгоритм роботи зварювального устаткування визначається технологічними можливостями його комплектуючого обладнання, зокрема системою подачі. Швидкодіючі приводи подачі застосовуються при реалізації дозованого (імпульсного) способу подачі зварювального дроту [1]. Особливості процесу механізованого та автоматичного електродугового наплавлення з дозованою (імпульсною) подачею дозволяють покращити формування та підвищити показники якості металу зварного з'єднання. Ефективність використання імпульсної подачі електродного дроту підтверджується практичними результатами, зокрема виконанням зварних швів та наплавлення на вертикальних поверхнях [2].

Метою роботи є аналіз динамічних властивостей електроприводів з різними типами двигунів в системах автоматичного керування швидкістю подачі (САКШП) електродного дроту.

Оцінка властивостей різних типів двигунів в електроприводах подачі електродного дроту виявив обмежені динамічні можливості двигунів постійного струму (ДПС). Задовільна якість відпрацювання послідовності імпульсів сигналу завдання швидкості в САКШП з ДПС знаходиться у межах частот до 3-х Гц. Для забезпечення підвищених вимог по швидкодії САКШП знайшли застосування вентильні двигуни. В ІЕЗ імені Є.О. Патона було розроблено дослідний зразок вентильного двигуна з висококоерцитивними постійними магнітами [3].

З метою встановлення можливості підвищення динамічних властивостей приводів подачі були проведені дослідження САКШП електродного дроту на базі вентильного двигуна методом математичного моделювання. При дослідженні перехідних процесів аналізувалась якість відпрацювання сигналу завдання швидкості та працездатність контуру струму САКШП. При аналізі динамічних властивостей електроприводу розглядались дві системи автоматичного керування подачею дроту: перша – двоконтурна з П-регулятором швидкості і релейним регулятором струму; друга – система з регулятором швидкості синтезованим методом зворотних задач динаміки [4]. Алгоритми керування на основі концепції зворотних задач динаміки в поєднанні з мінімізацією миттєвих функціоналів енергії руху надають замкнутій системі властивості стійкості в цілому та забезпечують слабку чутливість системи до дії параметричних збурень. Результати моделювання САКШП електродного дроту

на базі вентильного двигуна з частотою послідовності імпульсів сигналу завдання 100 Гц представлені на рис. 1 [5].

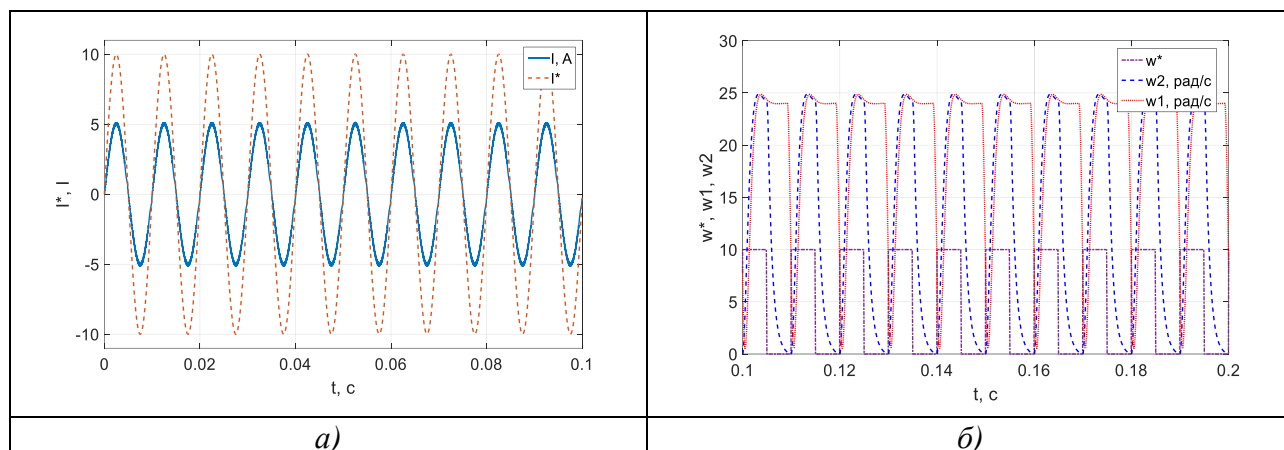


Рис. 1. Результати моделювання перехідних процесів САКШП електродного дроту: а) струм двигуна I при синусоїдальному сигналі завдання I^* ; б) швидкість двигуна (ω_1 – при синтезі алгоритму керування методом зворотних задач динаміки, ω_2 – при синтезі класичним методом при сигналі завдання ω^* , сформованому генератором прямокутних імпульсів

Аналіз результатів моделювання САКШП зварювального дроту показав, що якість системи з регулятором швидкості синтезованим методом зворотних задач динаміки вище, ніж якість двоконтурної системи з П-регулятором швидкості і релейним регулятором струму при відпрацюванні послідовності імпульсів сигналу завдання швидкості з частотою 100 Гц.

У підсумку роботи можна зробити висновок про те, що використання САКШП електродного дроту на базі вентильних електродвигунів може підвищити якість зварних з'єднань. Отримані результати можуть бути використані в сучасних розробках приводів подачі з підвищеними вимогами до швидкодії для механізованого і автоматичного зварювального устаткування.

Література:

1. Патон Б.Е. Анализ технических и технологических возможностей импульсной подачи электродной проволоки в процессах дуговой сварки и наплавки / Б.Е.Патон, В.А.Лебедев, В.Г.Пичак, С.И.Полосков, Л.Н.Щавелев // Сварочное производство. – 2002. – № 2. – С. 24-31.

2. Лебедев В.А. Система управления дозированной подачей электродной проволоки при механизированной электродуговой сварке / В.А. Лебедев, Г.В. Жук // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – 2018. – №28. – С. 79-87.

3. Лебедев В.А. Современные вентильные электроприводы в системах механизированного сварочного оборудования [Текст] / В.А. Лебедев, В.В. Рымша, И.Н.Радимов // Електромашинобудування та Електрообладнання. Випуск 74. Київ: Техніка – 2009. – С.22-24.

4. M. Y. Ostroverkhov and M. P. Buryk, "Speed Control System of Synchronous Motor Drives with Field Weakening using the Concept of Inverse Problems of Dynamics," 2020 IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems (ESS), Kyiv, Ukraine, 2020, pp. 310-314.

5. V. A. Lebedev, G. V. Zhuk, N. J. Ostroverkhov, A. M. Khalimovskyy. Control of valve electric drive coordinates of automated welding equipment feed mechanisms / Electrical Engineering & Electromechanics, 2020, no.6, pp. 24-29.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПОПЕРЕЧНО-ПРЯМОГО ВИДАВЛЮВАННЯ МЕТОДОМ ВЕРХНЬОЇ ОЦІНКИ

¹Левченко В.М., ²Алієва Л.І., ²Картамишев Д.О., ²Корденко М.Ю.,
²Малій О.Г.

(¹ІРЕ ім. О.Я. Усикова НАН України, м. Харків, Україна,

²Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

Спосіб послідовного прямого видавлювання комбінованого з роздачею, сприяє зниженню сил деформування на пуансоні та підвищенню його стійкості [1, 2]. Оперативний аналіз закономірностей впливу параметрів процесу на силовий режим можна забезпечити методом верхньої оцінки (МВО) [3].

Мета дослідження – створення математичної моделі процесу комбінованого послідовного прямого видавлювання з роздачею та визначення впливу параметрів процесу на величину питомого тиску деформування.

Розрахункова схема процесу містить модулі для аналізу течії металу в характерних зонах деталі: в центральній зоні, де відбувається стиснення та поперечне видавлювання металу, і в перехідній, де в похилій ділянці (фасці) матриці метал піддається обтиску та розвороту (рис. 1, а).

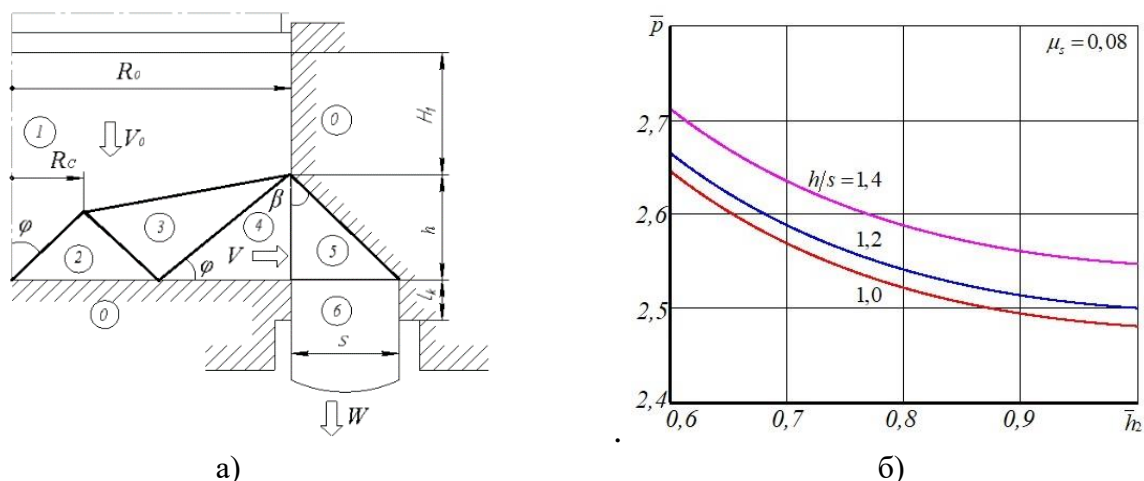


Рис. 1. а) Схема процесу комбінованого прямого видавлювання з роздачею, б) і графік залежності приведенного тиску от параметрів h/s h/R_0

Отримано окремі рішення для зон осадження та розвороту (кутового модулю) на основі побудови розривного поля і годографа швидкостей, а також розрахункові залежності приведенного тиску деформування. Аналіз тиску деформування в кутовому модулі від геометричних чинників показав, що на силовий режим найбільше впливає параметр відносної товщини відростку – збільшення значення цього параметру з 1,0 до 2,0 призводить до зростання тиску деформування на 30–40%.

Література: 1. Алиева Л. И. Совершенствование процессов комбинированного выдавливания: монография. Краматорск: ООО «Тираж-51». 2018. 352 с. 2. Алієва Л.І., Левченко В.М., Картамишев Д.О., Малій Х.В. Розробка та використання кінематичних модулів для моделювання процесів поперечно-прямого видавлювання. *Вісник ХНТУ*. Херсон 2021. 4(79). С. 11-23. 3. Унксов Е. П., Джонсон У., Колмогоров В. Л., Огородников В. А. и др. Теорияковки и штамповки. Под ред. Унксова Е. П., Овчинникова А. Г. Москва: Машиностроение. 1999. 598 с.

ЗАХИСНІ ПОКРИТТЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НА ОСНОВІ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ, ОТРИМАНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ САМОПОШИРЮВАНОВОГО ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗУ

Лузан С. О., Ситников П. А.
(НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна)

Створення принципово нової техніки, яка відповідає вимогам сучасного науково-технічного прогресу, в багатьох випадках визначається розробкою та освоєнням нових матеріалів, впровадженням у виробництво прогресивних методів їх отримання та обробки. Серед перспективних матеріалів, які відповідають цим вимогам, одне з провідних місць належить композиційним матеріалам (КМ) – гетерофазним матеріалам, окремі фази яких виконують задані спеціальні функції. Основою КМ, зокрема, є матриця з веденими до неї включеннями (вміст останніх, як правило, знаходиться у межах від 5 до 60 %).

Використовуються різні технології отримання КМ, провідне місце серед яких займає самопоширюваний високотемпературний синтез (СВС). Технологія СВС відрізняється технологічністю та низькою енергоємністю. Створення КМ на основі СВС полягає у локальному ініціюванні високоекзотермічних реакцій між вихідними реагентами, що дозволяє генерувати значну кількість тепла для поширення фронту перетворення через всі вихідні реагенти для утворення продуктів синтезу [1].

Авторами роботи розроблено новий композиційний матеріал, отриманий при використанні СВС, який використовується для зміцнення робочих органів ґрунтооброблювальної техніки. Застосування захисних покриттів для таких деталей є перспективним та економічно обґрунтованим рішенням. Розроблений КМ зі структурою «зміцнююча фаза – матриця» був створений на основі стехіометричного розрахунку багатокомпонентної системи $Ti + C + SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 + Al + ПТ-НА-01$. В процесі його синтезу застосовувалося механічне диспергування (механічна активація). Варто зазначити, що SiO_2 та Al_2O_3 було взято у вигляді глини, з відповідним розподілом 55 % та 31 % мас.

Захисні покриття наносили методом дугового наплавлення електродом АНО-21 та АНО-21 + нанесений КМ. Діаметр електроду 3 мм, $I_{зв} = 100$ А, $U_{дуги} = 24$ В. Джерелом живлення був зварювальний інвертор СВ-290НК.

Попередні результати досліджень свідчать, що захисні покриття, нанесені дуговим наплавленням на дослідний зразок електродом АНО-21 + КМ, одержаним із застосуванням СВС з багатокомпонентної системи $Ti + C + SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 + Al + ПТ-НА-01$, при впливі абразивних частинок володіють більш високою (у 1,5 рази) зносостійкістю порівняно з електродом АНО-21.

Література:

1. Luzan, S. A., Sidashenko, A. I., Luzan, A. S. Composite material for hardening of tillage machines working bodies containing titanium and chromium borides synthesized using SHS-process. (2020) *Metallofizika and Noveishie Tekhnologii*, 42 (4), pp. 541-552. DOI: <https://doi.org/10.15407/mfint.42.04.0541>

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ПРОЦЕСУ СВЕРДЛІННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

¹Лупкін Б.В., ¹Антонюк В.С., ¹Корольков Ю.Я., ²Андреев О.В.

(¹КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна, ²ДП «АНТОНОВ» м. Київ, Україна)

Задачі підвищення точності і продуктивності механічного оброблення з полімерних армованих композиційних матеріалів являються важливими для технологій авіабудування [1].

Процес стружкоутворення при лезовій обробці композитів в значній мірі відрізняються від металообробки, Різальний інструмент під дією складової сили різання, контактує з волокнами матриці, в наслідок чого змінюються сили тертя, що призводить до зміни інтенсивності теплоутворення, зносу інструмента і підвищення шорсткості обробленої поверхні [2].

При свердлінні отворів в композиційних матеріалах на основі препрегу, існують складнощі отримання високої якості обробленої поверхні, яка оцінюється величиною шорсткості, і дефектами: відшаруванням, мікротріщинами, сколами, усадкою тощо.

Метою роботи є забезпечення якісних параметрів поверхні деталей з полімерних композиційних матеріалів.

Комплексні експериментальні дослідження при свердлінні полімерних армованих композитів з вуглепластика ЕЛУР-П-01 на зв'язуючих 5-211-БН, склопластика Т-10-14 та органопластика Т-42/1-76, товщиною 2,8 мм виконували на верстаті з ЧПК-2К13502 зі зміною чисел обертів.

В якості інструментальних матеріалів використовували свердла з підрізаючою кромкою а також перові і стандартні з швидкорізальних сталей Р6М5 діаметрами свердл від 4 до 10 мм

На рисунку показано залежність усадки отвору від швидкості різання V і подачі S при свердлінні свердлами Р6М5 \varnothing 6 мм вуглепластика ЕЛУР-П-01 свердлами з підрізаючою кромкою (\blacktriangle), стандартними (\blacksquare) та перовими (\bullet) свердлами [2].

Аналіз експериментальних досліджень показав, що при свердлінні композиційного матеріалу зі збільшенням швидкості різання (V) усадка спочатку зменшується, а досягнувши швидкості 100 м/хв. і вище вона починає збільшуватись, збільшення подачі (S) понад 0,1 мм/об призводить до збільшення деформаційних зусиль, зростання температура, що призводить до порушення цілісності поверхневого шару і інтенсивного зростання усадки.

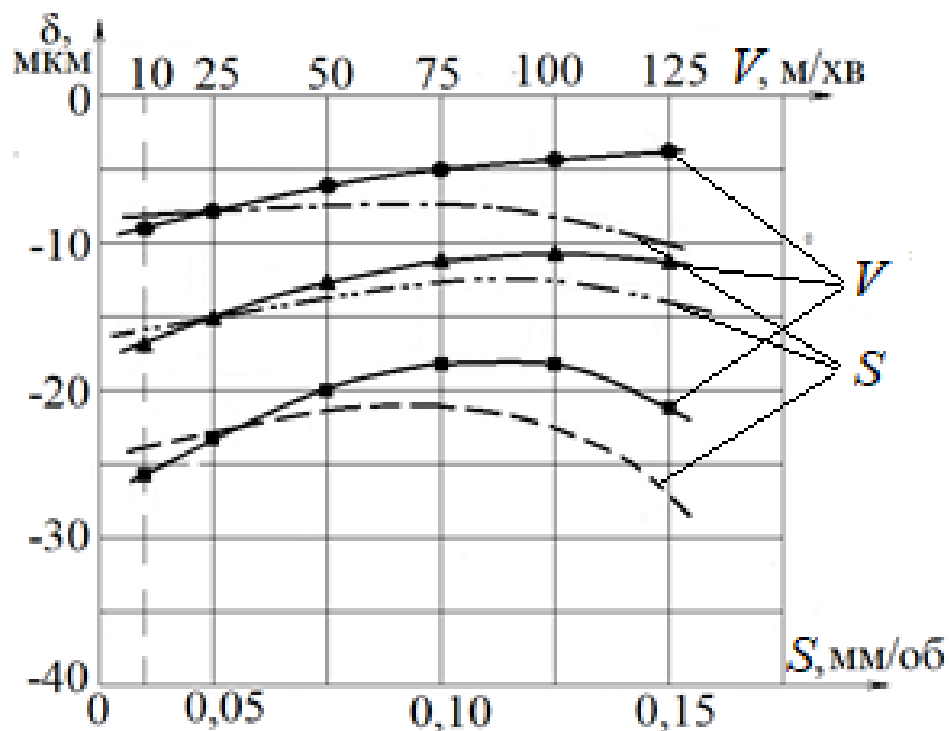


Рис.1. Залежність усадки отвору у вуглепластику від швидкості різання V і подачі S свердлами Р6М5 \varnothing 6 мм: \blacktriangle – для свердла з підрізаючою кромкою, \blacksquare – для стандартного і \bullet – перового свердла.

Література:

1. Андреев А.В. Концепция технологического обеспечения создания эффективных конструкций отечественных гражданских самолетов из полимерных композиционных материалов в современных условиях / А.В. Андреев, В.Е. Гайдачук, А.В. Кондратьев, О.В. Орлов // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2017. – № 3(138). – С. 64–76.
2. Теплові явища при обробці матеріалів різанням : навч. посіб. / В.С. Антонюк, С.Ан. Клименко, С.А. Клименко. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 156 с.
3. Лупкин. Б.В., Мамлюк О.В. «Теоретическое определение кинематических углов паровых сверл». Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. Сборник. Выпуск №47. Харьков»ХАИ». 2010.- с.69-83.

ВПЛИВ КІНЕМАТИКИ БАГАТОРІЗЦЕВОГО ПАРАЛЕЛЬНОГО ТОКАРНОГО ОБРОБЛЕННЯ НА ФОРМУВАННЯ ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХНІ

Луців І.В., Войцещук Н.Т.

(ТНТУ, м. Тернопіль, Україна)

Багаторізцеве токарне оброблення одночасно однієї або декількох поверхонь є одним із ефективних методів підвищення продуктивності [1]. Однією із різновидностей такого оброблення є оброблення паралельне, коли різці розміщені симетрично вздовж периметру поперечного перерізу оброблюваної заготовки, а між інструментами організований зв'язок

адаптивного типу, що передбачає взаємозалежні переміщення різальних елементів з метою стабілізації осі заготовки в просторі і уникнення її поперечних деформацій. Практика описаного оброблення показує очевидні особливості формування шорсткості оброблюваних поверхонь внаслідок характерної кінематики рухів лез різців у осьовому напрямку (напрямку поздовжньої подачі). Відомо, що шорсткість поверхні (якщо розглядати її основну – геометричну складову) трактується як копіювання форми різального леза на оброблюваній поверхні внаслідок реалізації різцем його траєкторії руху. При цьому, як правило, для визначення параметру R_z шорсткості з врахуванням радіусу r заокруглення вершини різця користуються формулою: $R_z = s^2 / (8r)$, де s – подача різця. Для визначення впливу змін миттєвих подач на формування геометричної шорсткості про диференціюємо вказану вище формулу по подачі, і, переходячи від диференціалів до приростів отримаємо для випадку одно різцевого точіння залежність

$$\Delta R_{zl} = \frac{s}{4r} \Delta s_{\max}, \quad (1)$$

де Δs_{\max} – максимальна різниця у величинах нормалей до траєкторій двох сусідніх різців внаслідок варіювання подачі.

При ідеальному багато різцевому паралельному обробленні за методом поділу подачі траєкторії вершин кожного різального леза є мимобіжними гвинтовими лініями, які не перетинаються між собою. При цьому при тій самій загальній подачі супорта значно знижується висота мікронерівностей порівняно із одно різцевим точінням, зокрема, при одно різцевому точіння шорсткість знижується у 4 рази, а при три різцевій – у 9 разів відповідно. Проте реально в процесі різання з використанням описаної вище системи адаптивного типу різці здійснюють взаємопов'язані осьові рухи. Через такі осциляції вершин різців шорсткість обробленої поверхні стає неоднорідною.

Тоді для випадку паралельного багато різцевого точіння пристроєм із n різальних елементів (різців) отримаємо залежність

$$\Delta R_{zn} = \frac{s}{4r} \Delta s_n, \quad (2)$$

де $\Delta s_n = |s_n - s_{n-1}|$ – максимальна різниця у величинах миттєвих подач двох сусідніх різців відповідно до їх слідів. Подальші дослідження показують, що розглядуване оброблення дозволяє досягати зниження шорсткості оброблюваної поверхні, зокрема, при дворізцевій схемі щонайменше у 1,33 рази, а при три різцевому різанні – більш, ніж в 1,8 рази.

Література:

1. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах: Монографія/ [Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Шевченко О.В., Волошин В.Н.]. – К.: – Тернопіль: Терно-граф, 2011. – 692 с.

ВПЛИВ МАГНІТНО-АБРАЗИВНОГО ОБРОБЛЕННЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ПЛОСКИХ ДЕТАЛЕЙ

Майборода В.С., Джулій Д.Ю., Буріков О.О.
(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна)

Фінішне оброблення виробів як з плоскими, так і фасонними поверхнями виконується не тільки для забезпечення відповідного стану мікрогеометрії, а і певних характеристик поверхневого шару до яких відносяться величина і градієнт розповсюдження внутрішніх напружень, поверхнева та об'ємна твердість, стан та зміни макро- і мікроструктури поверхневих шарів матеріалу виробів – параметрів, що суттєвим чином впливають на експлуатаційні властивості. Одним з перспективних методів фінішного оброблення є метод магнітно-абразивного оброблення (МАО), який за результатами взаємодії абразивного матеріалу з поверхнею деталей поєднує в собі як ударний, так і фрикційний вплив в поєднанні з дією сил магнітного поля.

Метою роботи було провести оцінку впливу магнітно-абразивного оброблення плоских поверхонь індукторами на базі постійних магнітів високої потужності на стан поверхневого шару оброблюваного матеріалу.

Експериментальні дослідження проводили на зразках у вигляді пластин з розмірами 70x5x0,8 мм зі сталі У9. Попередньо для усунення будь-яких напружень, що сформувались в процесі виготовлення зразків було виконано термооброблення – відпал із подальшим видаленням нагару. МАО зразків виконувалася на фрезерному верстаті торцевою головкою типу "щітка". Оброблення виконувалася зі швидкістю обертання шпинделя 900 об/хв та подачею 10 мм/хв зі зміною величини робочих зазорів (в діапазоні 3-5 мм). В якості змащувально-охолоджуючого технічного середовища у всіх випадках використовувалась олива марки Асфол. З метою усунення крайових ефектів і запобігання заокруглення їх торцевих кромки при МАО зразки встановлювали в спеціальні феромагнітні контейнери. Використовували магнітно-абразивні порошки виду: осколковий рівновісний Феромап 630/400 мкм, округлий рівновісний S330 1200/900 мкм, округлий нерівновісний Царамам 630/400 мкм. В результаті МАО зразків різними магнітно-абразивними порошками було отримано, поверхні зовнішній вигляд яких наведено на рисунку 1. Виконано вимірювання поверхневої твердості зразків до і після МАО на мікротвердомірі ПМТ-3 при навантаженнях на індентор 0,3, 0,5 і 1 Н. Показано, що найбільше збільшення ступеню наклепу має місце на глибині 5-5,5 мкм. Відзначимо, що зростання ступеню наклепу більше 35% відбувається після МАО зразків порошками з найменшими радіусами округлення різальних кромки – таких як Феромап – 30-60 мкм і Царамам – 10-50 мкм. Було визначено характер зміни твердості по глибині поверхневого шару. Встановлено, що зміна твердості по глибині не є монотонною. Показано, що після МАО порошком Феромап маємо зростання твердості на глибині 0,12-0,32 мм, в той час як після МАО порошком

Царамам зростання твердості в поверхневому шарі відбувається на глибині 0,1-0,15 мм і в шарі на глибині 0,35-0,57 мм. Найбільш суттєве підвищення твердості в поверхневому шарі матеріалу зразків на глибині до 200 мкм має місце після MAO округлим порошком S330 з розміром частинок 1200/900 мкм, який виконує переважне пластичне деформування поверхневого шару.



До MAO



MAO порошком S330 1200/900 мкм



MAO порошком Феромап 630/400 мкм



MAO порошком Царамам 630/400 мкм

Рис. 1. Зовнішній вигляд поверхонь зразків після оброблення

При визначенні залишкових напружень, що виникають в зразках після MAO використовували методику, яка базується на аналізі ступеня деформування зразків під дією внутрішніх напружень після оброблення.

Встановлено, що найбільші значення від'ємних залишкових напружень (до 100 МПа) формуються після MAO плоских поверхонь головками типу «щітка» на базі постійних магнітів високої потужності з використанням округлих порошкових матеріалів, які забезпечують переважне пластичне деформування поверхневого шару, його мікронаклепування без значного диспергування матеріалу, яке притаманне MAO порошками з осколькою формою частинок типу Феромап. Показано, що загальна тенденція до зменшення впливу ударно-фрикційної взаємодії із збільшенням робочого зазору зберігається для усіх використаних порошків. Після оброблення порошком S330 1200/900 мкм спостерігається найбільше наклепування і найбільша залишкова деформація дослідних зразків, а разом із тим в поверхневих шарах зразків формуються внутрішні напруження до 100 МПа, проти 30-80 МПа при використанні більш дрібних порошків Феромап та Царамам з розмірами частинок 630/400 мкм.

ГРАФІЧНА ФАКТОРИЗАЦІЯ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ НАВЧАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Максименко О.П., Нікулін О.В., Григориця О.О.

(ДДТУ, м. Кам'янське, Україна)

Сучасні дослідження, які виконуються в університетських умовах здобувачами вищої освіти та викладачами, обмежені в ресурсах і за часом. Тому на усіх кроках їх проведення, починаючи зі складання плану робіт, повинна забезпечуватись ефективність дій.

Метою роботи є факторизація чинників безперервної прокатки з натягом для забезпечення адекватності наступного моделювання при посиленні пошукової складової на основі застосування інноваційних технологій.

При науковому підході робота починається з розгляду причинно-наслідкових зв'язків між факторами (причинами), які визначають явище або процес, і їх вихідними характеристиками (наслідками). В металургії та зокрема прокатному виробництві схему причинно-наслідкових зв'язків можна будувати відповідно до діаграми Ісікави [1]. Даний інструмент використовують, коли необхідно швидко впорядкувати за ключовими категоріями (можна обирати з 6М: (M1) Man – Людина; (M2) Management – Керування; (M3) Measurement – Вимірювання; (M4) Material – Матеріал; (M5) Machines – Обладнання; (M6) Manufacturing – Технологія) причини проблеми [2].

Початковий крок побудови діаграми причини-слідства для аналізу проблеми «Управління режимом натяжін прокатки», представлено на рис. 1.

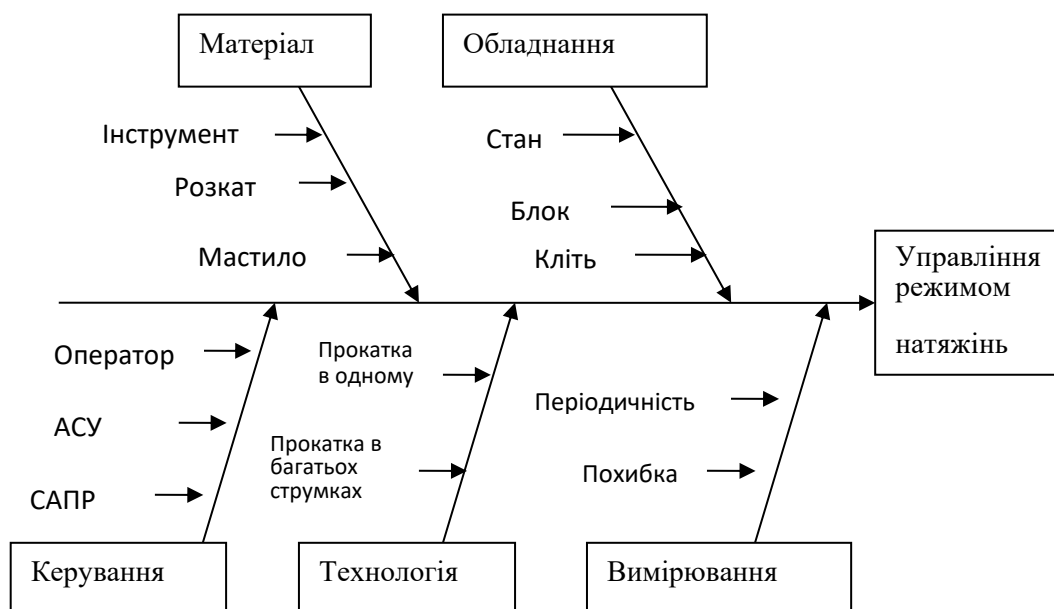


Рис. 1. Діаграма Ісікави проблеми «Управління режимом натяжін прокатки»

Розв'язання проблеми досліджень управління режимом натяжін у процесі прокатки виконується за явними 5М причинами. Проводиться факторизація результатів досліджень, як впорядкування за чинниками та їх

властивостями, відомими по темі публікацій та розробок.

Доцільно узагальнити результати аналізу впливу технологічних чинників при безперервній прокатці на сучасних станах із включенням дротяних блоків. Наочність факторизації досягається графічним моделюванням (рис. 2).

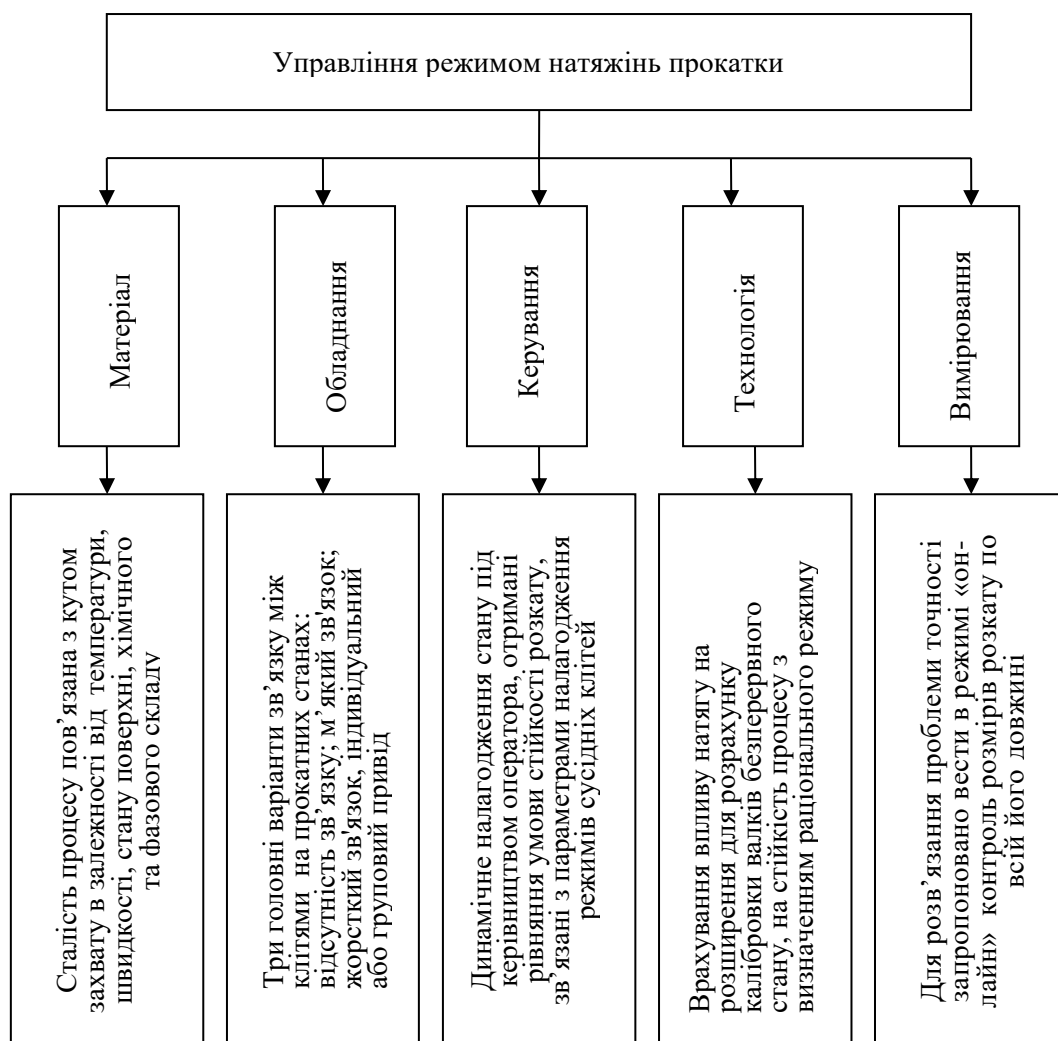


Рис. 2. Графічна факторизація впливу технологічних чинників

Для конкретизації чинників та їх впливу виконана факторизація досліджень і розробок процесів безперервного прокатування на сучасних станах. Наприклад, встановлена актуальність кількісного дослідження впливу зміни контактних умов взаємодії розкату з валками клітей стану при безперервному прокатуванні. Актуальне використання сучасних теоретичних методів розрахунку напруженого стану по всій довжині розкату, наприклад за допомогою метода скінчених елементів, з подальшим визначенням впливу технологічних параметрів, в тому числі умов тертя в сусідніх осередках деформації, на напружений стан металу розкату.

Література: 1. Исикава К. Японские методы управления качеством. Сокр. пер. с англ.; под ред. А.В. Гличева. – М.: Экономика, 1988. – 214 с. 2. Максименко О.П., Нікулін О.В., Головняк В.В. Графічне планування дослідження впливу факторів на поздовжню стійкість прокатки. *Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки)*. – 2020. – № 2(37). – С. 39 – 42.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗМІЦНЮЮЧОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН РОЗМІРНИМ ОБКАТУВАННЯМ

Марченко Д.Д., Матвєєва К.С.

(Миколаївський національний аграрний університет, м. Миколаїв, Україна)

Для оцінки та управління станом поверхневого шару з метою забезпечення заданої циклічної довговічності оброблених РСО деталей машин був прийнятий апарат механіки технологічного спадкування [1-3], відповідно до якого:

- при обробці РСО відбувається накопичення деформацій і вичерпання запасу пластичності яке призводить до формування поверхневого шару з визначеними параметрами якості: глибиною і ступенем зміцнення, шорсткістю і залишковими напруженнями;

- в процесі подальшого експлуатаційного втомного навантаження продовжується процес накопичення деформацій, вичерпання запасу пластичності і релаксації залишкових напружень, що призводить до безперервної трансформації навантаженого стану та зміни ступеня зміцнення поверхневого шару;

- при накопиченні граничних деформацій до рівня Δ_r відбувається повне вичерпання запасу пластичності ($\Psi = 1$). Цьому стану відповідає повна релаксація залишкових напружень ($[\sigma_{ост}] = 0$) і поява початкової втомної тріщини.

Для структуризації, систематизації та подальшого вирішення поставленої задачі була розроблена структурно-аналітична модель формування параметрів механічного стану металу поверхневого шару деталі на стадії розмірного суміщеного обкатування з урахуванням явища технологічного наслідування в контексті забезпечення необхідної циклічної довговічності [4].

Модель, побудована на базі CALS - технологій, заснована на уявленні розглянутого процесу як інформаційної системи. В якості високопоставленої обрана функція «Управляти параметрами механічного стану поверхневого шару металу на стадії РСО з метою забезпечення заданої циклічній довговічності деталі». Декомпозиція контекстної діаграми дозволила виділити основні параметри з метою управління механічним станом поверхневого шару і описати їх системою кінетичних рівнянь.

Спосіб розмірного суміщеного обкатування заснований на пластичному хвилеутворення; при цьому обробка здійснюється двома або трьома роликками, жорстко налаштованими на певний розмір обробки деталі (рис. 1). Принциповим є наявність в зоні хвилеутворення різця, який частково або повністю видаляє пластичну хвилю. Натяги деформуючих роликів значно перевищують прийняті для ППД і досягають величин в 1 мм, однак руйнування поверхні при цьому не відбувається внаслідок видалення різцем частини металу в районі вершини пластичної хвилі [5, 6].

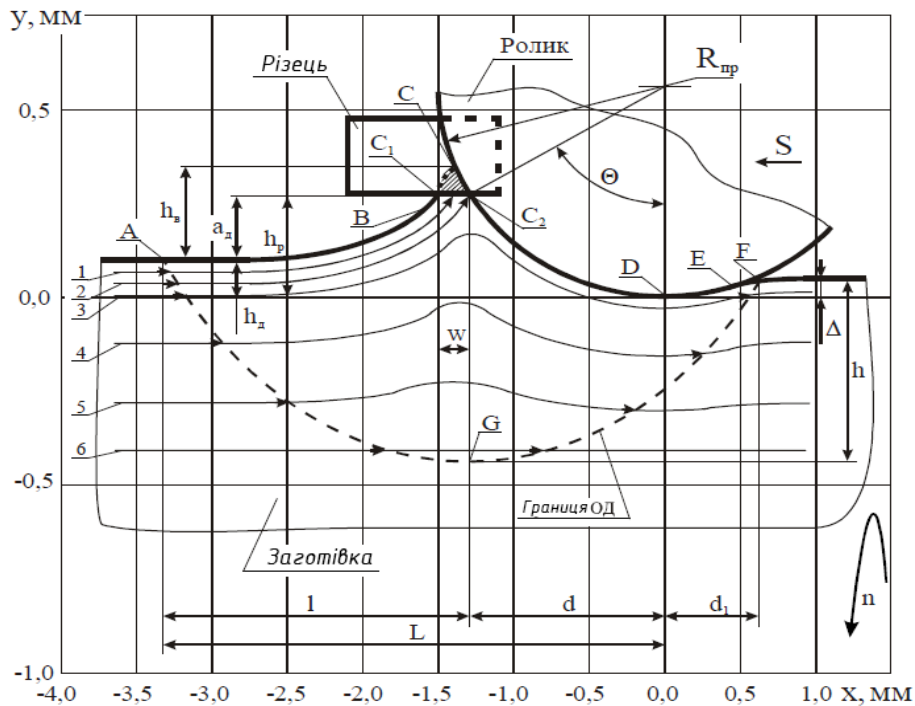


Рис. 1. Схема осередку деформації при обробці розмірним поєднанням обкатуванням:

S - подача, n - частота обертання деталі, $R_{пр}$ - профільний радіус ролика, h_p - розрахунковий натяг, a_d - дійсний зазор різця, h_p - дійсний натяг ролика

У відповідності з основними положеннями механіки технологічного спадкування, при обробці РСО [7], в зоні контакту інструменту з деталлю виникає асиметричний вогнище деформації (ОД), напружено-деформований стан якого характеризується компонентами тензорів напруг і швидкостей деформацій.

Література:

1. Dykha A.V. Study and development of the technology for hardening rope blocks by reeling / Dykha A.V. Marchenko D.D., Artyukh V.A., Zubiekhina-Khariat O.V., Kurepin V.N. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Ukraine: PC «TECHNOLOGY CENTER». 2018. №2/1 (92) 2018. pp. 22–32. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126196>.
2. Смілянський В. М. Механіка зміцнення деталей поверхневим пластичним деформуванням / В. М. Смілянський. - К: ММУК, 2002. - 300 с.
3. Суслов А. Г. Якість поверхневого шару деталей машин / А. Г. Суслов. - К: Машинобудування, 2000. - 320 с.
4. Подураєв В. Н. Спосіб обробки різанням з випереджальним пластичним деформуванням / В. Н. Подураєв, В. М. Ярославцев, Н. А. Ярославцева // Вісник машинобудування. – 2001. – №4. – С. 58-61.
5. Чапа П. А. Технологічні основи зміцнення деталей поверхневим деформуванням / П. А. Чапа. - К: Наука і техніка, 2001. - 128 с.
6. Marchenko D.D. Improving the contact strength of V-belt pulleys using plastic deformation / Marchenko D.D., Matvyeyeva K.S. // Problems of Tribology. Khmelnytsky, 2019. Vol 24. No 4/94 (2019). S. 49–53. DOI: <https://doi.org/10.31891/2079-1372-2019-94-4-49-53>.
7. Marchenko D.D. Investigation of tool wear resistance when smoothing parts / Marchenko D.D., Matvyeyeva K.S. // Problems of Tribology. Khmelnytsky, 2020. Vol 25. No 4/98 (2020). S. 40–44. DOI: <https://doi.org/10.31891/2079-1372-2020-98-4-40-44>.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КУВАННЯ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ В УМОВАХ ТОВ "ДНЕПРОПРЕСС СТАЛЬ"

Медведєв М.І., Бобух О.С., Кузьміна О.М.

(Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро, Україна)

При виробництві трубних заготовок з нікелевих й титанових сплавів широко застосовується кування круглих злитків діаметром 350 – 950 мм, отримуваних методом вакуумно-дугової або електронно-променевої плавки. При такому способі обробки тиском виникає значна нерівномірність деформації за перерізом поковки, що впливає на отримувані структуру та механічні властивості напівпродукту, що в свою чергу істотно обмежує технологічні можливості їх переробки.

Поведінка матеріалу при куванні, вплив деформаційних параметрів при гарячій деформації та наслідки, що спричиняються вказаними факторами, зокрема для титанових сплавів, вивчаються багатьма дослідниками у всьому світі. Наприклад, у роботі [1] досліджується плин титанового сплаву Ti–10V–4,5Fe–1,5Al при осадці в діапазоні температур 650–900 °C та швидкості деформації 0,001–100 с⁻¹, аналізується динаміка мікроструктури досліджуваного сплаву. Аналогічні дослідження проведені для метастабільного сплаву Ti–3,5Al–5Mo–6V–3Cr–2Sn–0,5Fe–0,1B–0,1C у роботі групи китайських науковців [2]. Безпосередньо причинам виникнення нерівномірності деформації при осадці титанового сплаву VT3-1 присвячена робота казахських вчених [3]. Нерівномірність структури кованих титанових дисків як причина руйнування їх при експлуатації досліджувалась у роботі [4].

Метою даної роботи було удосконалення процесу кування титанових сплавів для запобігання значній нерівномірності структури за рахунок зміни технологічних параметрів існуючого виробництва в умовах ТОВ «Днепропресс Сталь». Технологія кування трубної заготовки з титанового сплаву Grade 2 (вітчизняний аналог VT1-0) складалась з протяжки заготовки Ø 630 мм довжиною 1300-1500 мм поставки Запорізького титано-магнієвого комбінату за три виноси (Ø630 мм → Ø420 мм, Ø420 мм → Ø320 мм, Ø320 мм → Ø235мм) з проміжним підігрівом. Початкова температура нагріву заготовки складала 1050 °C. З метою дослідження якості металу поковок були відібрані темплети від переднього кінця, центральної частини й заднього кінця поковки. За результатами досліджень було виявлено, що макроструктура поковки неоднорідна за перерізом, спостерігаються зони з різною величиною зерна й різною протравленістю. Всередині поковки зерна великі, наявні виділення α-фази. При цьому чітко проглядається границя між зонами, що може негативно відбиватись при пресуванні, оскільки це призводить до утворення розшарувань, тріщин й плів. Заміри твердості на темплеті показали також неоднорідність злитка. В центрі середні значення твердості за Бринеллем 152...173 НВ, а на периферії 190...198 НВ.

Для покращення структури й механічних властивостей, що забезпечують отримання бездефектних гарячопресованих труб, в роботі запропоновано удосконалити технологічний процес кування в умовах ВАТ «Днепропрес Сталь», зокрема включити такі технологічні операції (параметри процесу, які не вказані, ідентичні відповідним параметрам за існуючою технологією).

1 винос. Осадка злитка по висоті зі ступенем деформації 25%; кантування на 90°, осадка зі ступенем деформації 20 %; кантування на 90°, осадка зі ступенем деформації 20 %. Посадка в піч для підігріву.

2 винос: Протяжка на квадрат 450 × 450 мм. Збивання кутів. Посадка в піч для підігріву.

3 винос: Протяжка на коло Ø 320 мм. Розрубка заготовок. Посадка в піч для підігріву.

4 винос: Протяжка на коло Ø 235 мм.

Для виявлення макроструктури темплет кованої заготовки розрізали на 2 частини; після шліфування й травління темплета була оцінена макроструктура була оцінена як щільна та однорідна, яка згідно до ОСТ 92-9465-81 й ГОСТ 26492-86 відповідає 5 балу. Також була оцінена мікроструктура темплета трубної заготовки згідно ОСТ 92-9465-81 як задовільна, щовідповідає 3 типу у будь-якій його точці.

Аналіз наведених результатів кування злитків відповідно до запропонованого режиму й металографічних досліджень якості металу трубної заготовки показав, що метал по всьому перерізу має щільну макроструктуру 5-го балу, мікроструктуру 3-го типу, твердість за Брінеллем 185 – 196 НВ. Дані характеристики забезпечили бездефектне пресування передільних труб розміром Ø 78 × 14 мм на горизонтальному гідравлічному пресі 16МН при температурі нагріву заготовки 930 – 950 °С й подальшу холодну прокатку труб розміром Ø 19,05 × 1,6 мм з механічними властивостями, що відповідають вимогам нормативної документації ASTM B 338-91a «Standard Specification for Seamless and Welded Titanium and Titanium Alloy Tubes for Condensers and Heat Exchangers».

Література:

1. Balasubrahmanyam V. V., Prasad Y. V. R. K. Deformation behaviour of beta titanium alloy Ti–10V–4.5Fe–1.5Al in hot upset forging. *Materials Science and Engineering: A*. 2002. Vol. 336, no. 1-2. P. 150–158. URL: [https://doi.org/10.1016/s0921-5093\(01\)01982-7](https://doi.org/10.1016/s0921-5093(01)01982-7) (date of access: 28.08.2022).

2. Characterization of hot deformation and microstructure evolution of a new metastable β titanium alloy / Z.-q. CHEN та ін. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*. 2022. Т. 32, № 5. С. 1513–1529. URL: [https://doi.org/10.1016/s1003-6326\(22\)65890-4](https://doi.org/10.1016/s1003-6326(22)65890-4) (дата звернення: 28.08.2022).

3. Formation of the structure of titanium alloy during the change of stiffness of deforming tools / S. A. Mashekov et al. *Int. J. Chem. Sci.* 2015. Vol. 13(2). P. 801–816.

4. The effect of forging texture and machining parameters on the fatigue performance of titanium alloy disc components / D. Suárez Fernández et al. *International Journal of Fatigue*. 2021. Vol. 142. P. 105949. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2020.105949> (date of access: 28.08.2022).

ОСОБЛИВОСТІ СТРАТЕГІЧНОГО МАРКЕТИНГОВОГО ПЛАНУВАННЯ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Мироненко Є.В., Баркова С.О.

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

В сучасних економічних умовах суттєвого значення набуває здатність підприємства швидко адаптуватися до умов ринку, забезпечуючи власне стійке положення, за рахунок розширення ринків збуту продукції та послуг, а також підвищення конкурентоздатності як самого підприємства, так і товарів та послуг, які виробляються. З іншого боку, сучасні ринкові відносини характеризуються високою динамічністю, нестабільністю, значним рівнем змін та високою чутливістю до коливань кон'юнктури ринку тощо. Все це ставить перед промисловим підприємством низку завдань, для вирішення яких необхідно максимально ретельно враховувати всі фактори, і на цій підставі планувати власну діяльність як на короткий період, так і на довгострокову перспективу.

Метою статті є дослідження основних відмінностей між стратегічним та оперативним плануванням маркетингової діяльності, а також надання рекомендацій щодо розробки алгоритму маркетингової стратегії на промисловому підприємстві.

При розробці стратегії промислового підприємства потрібно враховувати те, що постійно змінюються як зовнішнє оточення, так і внутрішній стан самого виробництва, менеджменту підприємства тощо. Тому не можна вважати навіть дуже якісний стратегічний план незмінним. Навпаки, його потрібно весь час перевіряти і корегувати залежно від змін у законодавстві, політиці, ринках, економічному стані споживачів, постачальників, загалом від ресурсів. При цьому важливо те, що коли на чинники мікрооточення підприємство може частково впливати (змінювати умови договорів і постачань, впливати на ціни, умови продажів), то на чинники макрооточення окреме підприємство впливати не може – потрібно лише прагнути враховувати їх при плануванні. Відносно практичного впливу на підприємство та їх урахування в управлінні можна говорити лише про необхідність їх вивчення, аналізу та пошуку шляхів пом'якшення негативного впливу, якщо такий є.[1].

При виборі стратегії промислового підприємства головним є забезпечення її довгострокового розвитку. Для цього потрібно погоджувати всі рішення, що приймаються, із зацікавленими учасниками процесу – акціонерами; професійними спілками, а також враховувати минулий досвід, стратегії, що застосовувалася раніше, і вплив чинника часу в майбутньому. Потрібно відзначити також терміновий характер будь-якої стратегії. Це означає, що з часом завдяки змінам як у зовнішньому, так і внутрішньому середовищах можуть змінитися пріоритети, умови, а інколи – навіть цілі проекту. Для адаптації проекту до реальних умов його потрібно постійно контролювати, проводити моніторинг і корегувати.

Література: 1. Ламбен Ж. Ж. Менеджмент, ориентированный на рынок: стратегический и операционный маркетинг / Ж. Ж. Ламбен; [пер. с англ. В. Б. Качанов]. – СПб.: Питер, 2010. – 720 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ І УДОСКОНАЛЕННЯ ДИСКОВИХ КАСЕТНИХ ФРЕЗ ДЛЯ ПРОРІЗАННЯ ПАЗІВ ДЕТАЛЕЙ ВАЖКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

Мироненко Є.В., Властов П.А.

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

Фреза є основним інструментом, який використовують для обробки самих різних металевих поверхонь. Вона являє собою тіло, яке постійно обертається і складається з зносостійких та високоміцних ріжучих зубців.

Процес фрезерування полягає в повільній подачі фрези, яка швидко обертається в робочу область, що дає можливість проводити роботу на дуже складних, важкодоступних місцях заготівлі.

Дискова фреза застосовується для обрізки заготовок, а також підготовки в них пазів. За допомогою неї можна вибирати метал або зняти фаску.

Для вирішення проблеми регулювання пластин фрези, прийнято рішення вдосконалити конструкцію фрези, а також спроектувати пристосування для регулювання фрези окремо від верстату.

Принцип дії:

Фреза встановлюється на оправку яка в свою чергу встановлюється в шпindelь пристосування. Після встановлення фрези, підводять вимірювальний датчик . Датчик вимірює відхилення кожного зуба один від одного після чого за допомогою пневмоциліндрів та окремого редуктора перший шестигранник відпускає зажимний клин, а другий шестигранник вкручує регулювальний гвинт на потрібну величину. Таким способом регулюють усі зуби касетної фрези.

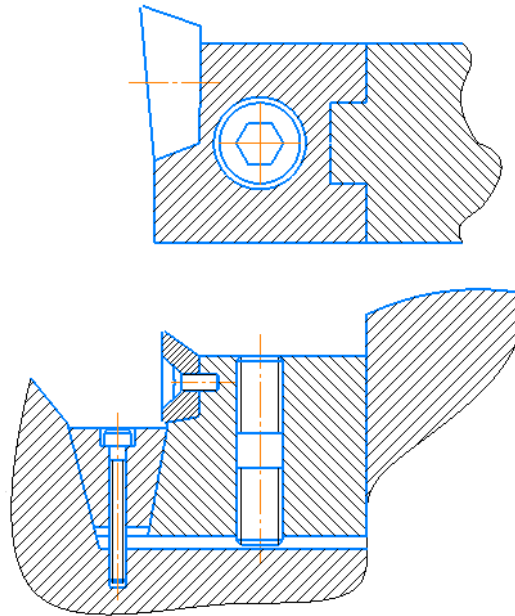


Рис. 1. Схеми закріплення регульованих пластин на фрезі

На рисунку 2 представлена компоувальна схема пристрою для регулювання пластин.

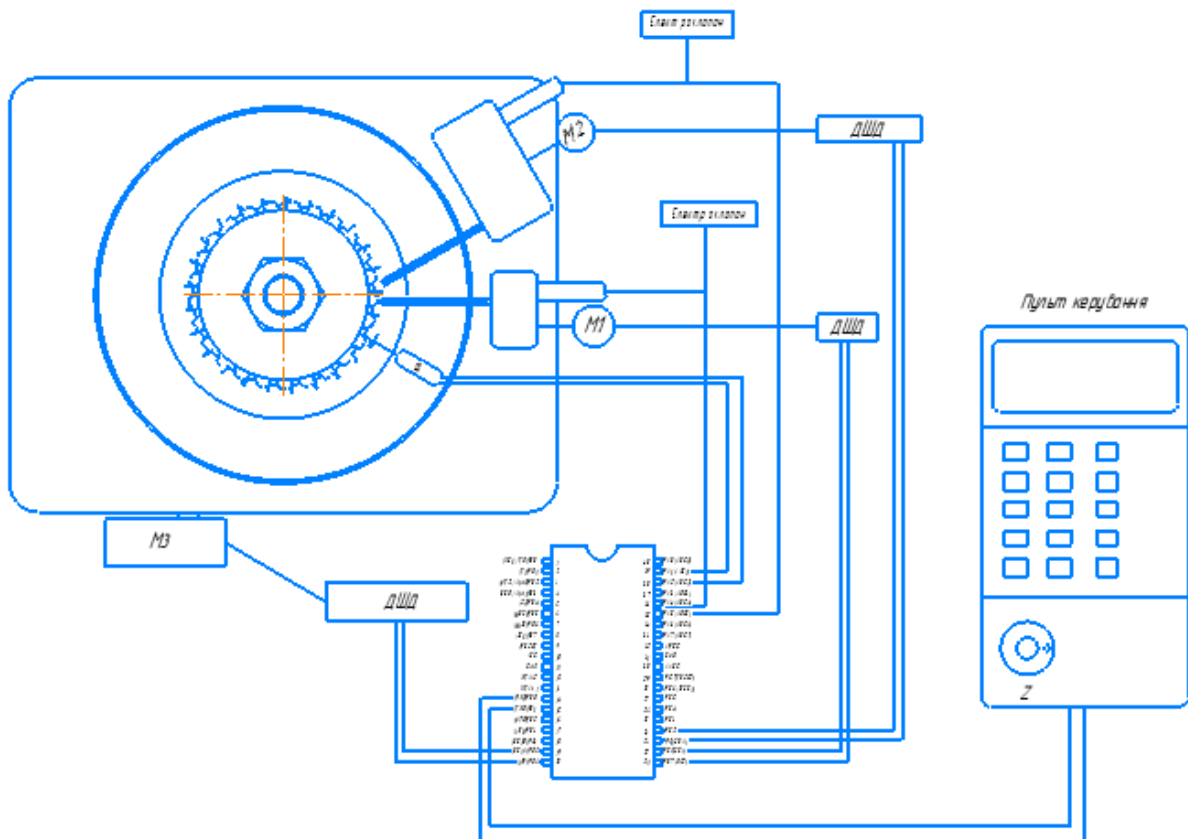


Рис. 2. Компоувальна схема

Література:

1. https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Datasheet%20datasheet&gclid=CjwKCAjw2ZaGBhBoEiwA8pfP_hNJH9zcHf_bjUQGLUtvWJEhnZfGu83uMhLi_YdaNy01BpmnJdO5BoCOT8QAvD_BwE

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ ЗБІРНИХ ПРОРІЗНИХ РІЗЦІВ ДЛЯ ВАЖКИХ ВЕРСТАТІВ ТОКАРНОЇ ГРУПИ

¹Міранцов С.Л., ¹Угнівенко М.А., ²Мироненко О.Є.

(¹Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна,

²ПРАТ «НКМЗ», м. Краматорськ, Україна)

Сучасні економічні умови, в яких працюють машинобудівні, верстатобудівні та підприємства енергетичної галузі України, вимагають неперервного підвищення продуктивності механічної обробки, що визначає собівартість продукції.

Підвищення продуктивності механічної обробки на важких токарних та карусельних верстатах обмежується деякими технологічними операціями, однією з яких є прорізання пазів шириною $b = (20 \dots 40)$ мм. Процес прорізання пазів являє собою невилітне різання, яке характеризується рядом особливостей. Прорізні різці працюють з великими питомими навантаженнями на різальну частину інструменту в умовах утрудненого відводу стружки. Крім того, процес прорізання характеризується інтенсивними регенеративними коливаннями інструменту. Статистичні дані з експлуатації прорізних різців свідчать, що приблизно у 80% випадків інструмент виходить із ладу раніше, чим досягається нормативний критерій зношування. Це веде до зниження техніко-економічних показників обробки, підвищенням витратам твердого сплаву та енергетичних ресурсів.

Аналіз літературних даних показав, що одним із шляхів підвищення ефективності різців є підвищення міцності їх частини за рахунок визначення раціональних конструктивних параметрів і форми різальних пластин на основі дослідження їх напружено-деформованого складу, а також підвищення жорсткості закріплення різальних елементів за рахунок удосконалення вузлів механічного закріплення на основі результатів досліджень динамічних характеристик прорізних різців [1, 2].

Для проведення досліджень використовувалися повнорозмірні 3D моделі збірних конструкцій прорізних різців для важких верстатів токарної групи (рис. 1) з шириною різальних пластин $b = [24, 32, 40]$ мм, які використовуються на ПАТ «НКМЗ» для обробки деталей типу тіл обертання масою до 20 т.

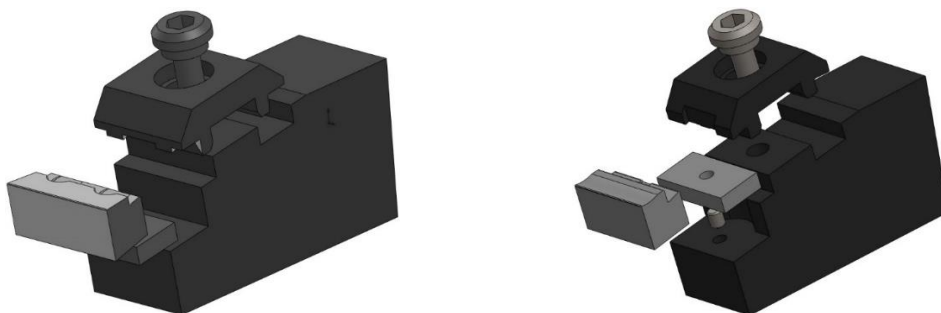


Рис. 1. Конструкції збірних прорізних різців для важких верстатів

Об'єктом досліджень є процес різання збірними прорізними різцями на важких токарних верстатах токарної групи. Предмет дослідження –

функціональні зв'язки між конструктивними параметрами різальних пластин та елементів вузлу закріплення та характеристиками напружено-деформованого стану збірної конструкції, а також вплив схеми закріплення різальної пластини на динамічні характеристики.

У якості методів досліджень застосовувалося моделювання тривимірного напружено-деформованого стану збірних конструкцій прорізних різців за допомогою прикладного програмного пакету Ansys Workbench, моделювання перехідних процесів, що відбуваються при врізанні інструменту в деталь та його виході з роботи та гармонічний аналіз збірної конструкції з метою отримання амплітудно-частотних характеристик.

На основі проведених аналітичних досліджень вдосконалені конструкції збірних прорізних різців для важких верстатів. Розроблені конструкції збірних прорізних різців, у порівнянні з аналогами, характеризуються більшою міцністю і жорсткістю вузлу механічного закріплення різальної пластини за рахунок застосування похилих опорних і притискних поверхонь різальної пластини і прихоплювача, також застосування конструктивних елементів прихоплювача для запобігання бокових переміщень пластини у разі виникнення коливань і призводити до нерівномірного зношування допоміжних різальних кромки пластини, що є додатковим фактором виникнення та підтримання коливань в технологічній системі.

Для управління інтенсивністю регенеративних коливань при прорізанні розроблена адаптивна система керування подачею. Принцип дії системи заснований на встановленій дослідниками прямопропорційній залежності амплітуди регенеративних коливань і подачі інструменту [3]. Для виміру амплітуди коливань в системі застосовані датчики переміщень, які безпосередньо вбудовуються у отвір державки інструмента. У залежності від величини амплітуди коливань електронний блок керування системи виробляє команди для верстата (системи керування) для зміни величини подачі для зменшення амплітуди коливань. Обмеженням запропонованої системи для більш ефективної роботи є необхідність її попереднього настроювання методом «пробних ходів» різцем певної ширини для деталі із заданим матеріалом.

Застосування розроблених конструкцій збірних інструментів у порівнянні з аналогами та запропонованої адаптивної системи керування коливаннями, згідно теоретичних розрахунків, дозволяє підвищити у середньому на 10-12% ефективність прорізання канавок на важких верстатах.

Література: 1. Проектирование блочно-модульных инструментов для тяжелых токарных станков [Текст] / Е.В. Мироненко, А.Н. Кравцов; Донбасская государственная машиностроительная академия; Закрытое акционерное об-во "ОНИКС. Краматорск: ДГМА; Ирбит: ОНИКС, 2014 - 299 с. 2. Г.П. Клименко Исследование влияния усилий закрепления режущей пластины по цилиндрическому отверстию на динамические характеристики сборного резца / Г.П. Клименко, В.С. Гузенко, И.И. Полупан // Вісник Національного технічного університету «ХП». Збірник наукових праць. Серія: Технології в машинобудуванні. – Харків.: НТУ «ХП». – 2015. – № 4 (1113). – С.101-103. 3. Гузенко В.С., Миранцов. С.Л. Экспериментальные исследования динамических характеристик отрезных резцов. //Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Краматорськ: ДДМА, 2000. – Вип. 10. – С.65 – 73.

ВИЗНАЧЕННЯ ЗЙОМУ МЕТАЛУ ЗА ОДИН УДАР ГРАНУЛИ АБРАЗИВНОГО СЕРЕДОВИЩА О ПОВЕРХНЮ ОБРОБЛЮВАНОЇ ДЕТАЛІ ПРИ ВІБРООБРОБЦІ

¹Міщик А.В., ²Федорович В.О.

(¹Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Северодонецьк, Україна, ²Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна)

Аналіз явищ співударяння гранул абразивного середовища з оброблюваними деталями при віброобробці показує, що під дією вібрацій відбувається ударний контакт. При цьому гранули абразиву, слабозв'язані між собою, своїми зернами, що виступають зі зв'язки, проникають в оброблювану поверхню, що забезпечує отримання зйому металу і поліпшення якості поверхні деталі.

Абразивні гранули відрізняються станом своїх активних зерен, шорсткістю, формою, розмірами, місцем розташування в резервуарі віброверстата. Внаслідок цього характер механічного контакту гранул з деталями впливають різні за величиною нормальні сили. Кожне з контактуючих зерен гранули до зміни свого положення щодо сусідніх гранул здатне розвивати силу, спрямовану паралельно оброблюваній поверхні. Контакт гранули з деталлю здійснюється на площадках малої величини, що визначається силою зіткнення, кількістю та станом активних зерен, рівнем їх закріплення, розмірами, а також фізико-механічними властивостями матеріалу деталі.

Профіль одиначної гранули, що переміщається відносно деталі, складається з зерен, які здійснюють мікрорізання, пластичне та пружне деформування, а також зерен, що не беруть участь у роботі. Характер впливу абразивних зерен на деталь залежить від геометричних параметрів їх вершин та робочого контуру гранул. В залежності від орієнтації різальних кромки абразивного зерна відносно твірної гранули відбувається три види впливу абразивного зерна на оброблювану поверхню. Це мікрорізання, пружнопластичне деформування та тертя.

При віброобробці відбувається взаємодія поверхні двох тіл робочої поверхні одиначної гранули та оброблюваної деталі. Характер механічних та фізико-механічних процесів при віброобробці визначається фізико-механічними властивостями різальних зерен, їх розмірами, формою, кількістю та розташуванням на поверхні гранул, характеристикою оброблюваного матеріалу, параметрами процесу, що залежать від технологічного режиму операцій віброобробки.

При віброобробці поверхні деталі абразивними гранулами зрізається шар металу. Гранули мають кромки зі змінними кутами різання, переважно негативними. Площі контакту гранули з деталлю малі та порівняні зі слідами, що залишаються зернами абразивного круга при звичайному шліфуванні. Час

контакту гранули при вібраційному шліфуванні приблизно збігається з часом контакту зерна абразивного круга, наприклад, при круглому шліфуванні.

На підставі цього для визначення кількості мікростружки, що знімається за один удар гранули та деталі, скористаємося формулами різання, що застосовуються при обробці шліфувальними кругами.

Елементарна сила P_K , що діє у напрямку переміщення абразивної гранули, визначається з виразу $P_K = N(\cos \gamma_x - f \sin \gamma_x)$. Відповідно, сила P_N , що притискає гранулу до деталі, визначається з виразу: $P_N = N(\cos \gamma_x + f \sin \gamma_x)$, де N – рівнодійна реактивних нормальних сил від впливу гранули; γ_x – передній кут гранули; f – коефіцієнт тертя між оброблюваним матеріалом і передньою поверхнею гранули. Визначимо елементарну силу різання:

$$P_K = \frac{ab\tau_s(\cos \gamma_x - f \sin \gamma_x)}{\sin \theta \left[(1 + ff') \cos(\gamma_x + \theta) - (f + f') \sin(\gamma_x + \theta) \right]};$$

$$P_N = \frac{ab\tau_s(\cos \gamma_x + f \sin \gamma_x)}{\sin \theta \left[(1 + ff') \cos(\gamma_x + \theta) - (f + f') \sin(\gamma_x + \theta) \right]},$$

де τ_s – умовна напруга зрізу; a – глибина зрізу; γ_x – поточний передній кут різальної грані гранули; f' – коефіцієнт внутрішнього тертя у площині зсуву; θ – кут зсуву; f – коефіцієнт тертя між деталлю та передньою поверхнею гранули.

Переміщення h гранули по деталі за період удару визначається як: $h = V_{\text{відн.}}^{\text{дот.}} \Delta T$, де $V_{\text{відн.}}^{\text{дот.}}$ – відносна дотична швидкість переміщення гранули по деталі; ΔT – час удару. Відносна дотична швидкість переміщення дорівнює $V_{\text{відн.}}^{\text{дот.}} = V_1 \cos \alpha_1 - V_2 \cos \alpha_2$, де α_1, α_2 – кути переміщення гранули по поверхні деталі при співударанні.

В результаті удару по оброблюваній поверхні утворюється слід від гранули, подібний перерізу, перпендикулярному напрямку руху гранули, профілю зерна. Форма його може бути прийнята у вигляді двох пірамід, складених основами. Тоді середня вага q одного зрізу буде $q = \frac{abh}{3} \delta$, b – ширина зрізу; Δ – питома вага матеріалу деталі. Опускаючи проміжні обчислення отримаємо:

$$q = \frac{1}{3} \frac{P_N^2 \Delta T^2 k(m+M)}{u(1+k)(1+\lambda)M\tau_s} \times \frac{\sin \theta \left[(1 + ff') \cos(\gamma_x + \theta) - (f + f') \sin(\gamma_x + \theta) \right]}{(\cos \gamma_x + f \cos \gamma_x)},$$

де u – коефіцієнт залежності нормальної складової сили різання дотичної від глибини врізання; k – коефіцієнт відновлення; λ – коефіцієнт миттєвого тертя гранули об деталь; m – маса гранули; M – маса деталі; τ_s – дотичні напруги в площині зсуву; δ – питома вага матеріалу деталі; γ – передній кут різальної грані гранули.

АНАЛІЗ НАПРЯМІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ДЛЯ УМОВ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА

Молчанов В.Ф.

(ДДТУ, м. Кам'янське, Україна)

Вибір способів досягнення точності обробки і стабільне забезпечення параметрів якості деталей - складне і багатоваріантне завдання.

Метою роботи є дослідження напрямів забезпечення точності для умов автоматизованого виробництва. Для його вирішення необхідно розглядати технологічний процес як систему, усередині якої існують складні причино-наслідкові і тимчасові зв'язки. Представлення технологічних процесів, як складних систем, обумовлює необхідність детального аналізу окремих операцій, вивчення їх логічної структури і взаємозв'язку, визначення законів перетворення параметрів і якості об'єкту виробництва в умовах трансформації перетворюючої системи зі зміною часу. Будь-який технологічний процес, як система, може бути представлений у виді «чорної скриньки», на вході якої матеріал, енергія і інформація, на виході - результат. Деталь, отримана на виході технології, відрізняється масою, енергією, змістом і кількістю розміщених в ній інформації. Відмінність інформації полягає у зміні форми заготовки. Інформація, що поступає на вхід системи (технології), задається у вигляді креслення і представлена в умовному (символьному) виді. На виході - в «натуральному», тобто у виді готової деталі, яка має певні геометричні розміри і форму окремих поверхонь. Точність обробки є поняттям комплексним і характеризується відхиленнями реально отриманих поверхонь відносно геометричного еталону (в даному випадку креслення). Таким чином, процес формування нової поверхні, як функції технології з інформаційних позицій, полягає в перенесенні геометричної інформації креслення з символьного виду в натуральний. Фізична суть процесу полягає в зміні геометричних розмірів і форми вихідної заготовки в результаті зрізання або нанесення матеріалу під дією підведених енергетичних потоків. У автоматизованих виробництвах передумовою процесу утворення нових поверхонь є процес перетворення інформації, пов'язаний з її перенесенням на проміжні носії (кулачки, копії, управляючі програми і тому подібне) [1].

У загальному виді основним функціям технології процесу відповідають два етапи:

1 - перетворення заданої геометричної інформації з символьної форми (креслення) в натуральну (деталь);

2 - перенесення отриманої інформації на заготовку.

Похибки, що виникають внаслідок перетворення геометричної інформації, називають кінематичними. До них відносяться похибки, обумовлені приближенням схем обробки до реального геометричного еталону. Істотне джерело похибок - енергетичні потоки, які виникають (або підводяться) при перенесенні інформації. Похибки, утворенні в результаті дії енергетичних потоків, можуть мати зворотний і незворотний характер. Зворотні - це похибки,

які зникають після закінчення процесу обробки (до них відносять пружні деформації, вібрацію вузлів обладнання та ін.). До незворотних відносяться знос вузлів верстату та інструменту, зниження динамічних характеристик верстатів і тому подібне. Джерелом похибок можуть бути і контрольні операції. Точність їх виконання залежить від роздільної здатності вимірювальних приладів і похибок прийнятої схеми вимірів.

Результуючу похибку виготовлення деталі Δ_{Σ} для технологічного процесу з n операцій можна представити у вигляді суми векторів:

$$\Delta_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (\Delta_{nmi} + \Delta_{npi} + \Delta_{ki} + \Delta_{ezi} + \Delta_{enzi} + \Delta_{koni}), \quad (1)$$

де Δ_{nmi} - похибка, що вноситься проміжним носієм інформації;

Δ_{npi} - похибки, що виникають при перетворенні інформації з проміжного носія в натуральну форму;

Δ_{ki} - кінематичні похибки способу обробки;

$\Delta_{ezi} + \Delta_{enzi}$ - відповідно зворотні і незворотні похибки, що виникають від дії енергетичних потоків;

Δ_{koni} - похибки контролю.

Процеси утворення поверхонь умовно можна розділити на керовані (що виконуються за замкнутою схемою з можливістю внесення необхідних корекцій) і некеровані (що не дозволяють впливати на результат початого процесу).

У керованих технологіях точність виготовлення деталі може досягатися за рахунок створення систем із зворотними зв'язками (адаптивних), які базуються на інформацію про геометричні параметри виробу (датчики і прилади контролю розмірів), а також на основі інформації про енергетичні характеристики процесу (потужності, сили, пружні і температурні деформації).

Перспективним направленням в умовах багатомовного виробництва є спільне використання обох способів, тобто створення систем комбінованого адаптивно-програмного управління.

Суть такого управління полягає в тому, щоб використовувати одні джерела похибок («негативні ефекти») супутні будь-якому способу обробки, для усунення інших джерел похибок, тобто використовувати «протиріччя», наявні усередині окремої операції або в ході усього технологічного процесу.

Стратегія управління точністю технологічних процесів і окремих операцій зводиться до того, щоб результуюча похибка деталі (формула 1) знаходилась в межах допуску.

Підсумком роботи є проведений теоретичний аналіз напрямів по вивченню впливу окремих вхідних змінних параметрів технологічної системи на процеси, що протікають при механічній обробці. Проведені дослідження дозволяють на стадії проектування операцій заздалегідь розрахувати очікувану точність і визначити методи її забезпечення [2].

Література. 1. Молчанов В.Ф. Аналіз основних напрямів забезпечення точності в автоматизованому виробництві / XI Міжнародна науково-практична конференція – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2022. – Т. 1. – С. 64-65. **2.** Molchanov, V.F. (2022). Ensuring accuracy in conditions automated production. *The Second Special Humanitarian Issue of Ukrainian Scientists. European Scientific e-Journal*, 3 (18), __-__. Ostrava: Tuculart Edition. DOI: 10.47451/inn2022-04-03.

ШЛЯХИ МОДИФІКУВАННЯ ЗВАРНИХ ШВІВ ВИСОКОМІЦНИХ СТАЛЕЙ

Нагорний Я.С.(аспр.), Сливінський О.А.
(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна)

При зварюванні високоміцних сталей мартенсито-бейнітного класу, в т.ч. призначених для бронезахисту, існує висока загроза утворення холодних тріщин. За неможливості попереднього підігрівання або термічної обробки зварних з'єднань, попередження тріщин забезпечується застосуванням зварювальних матеріалів аустенітного класу. Однак, це не задовольняє необхідних вимог до механічних властивостей з'єднання. Відомі шляхи підвищення твердості та міцності поверхневих шарів зварних швів застосуванням спеціальних порошкових наплавлювальних матеріалів.

Альтернативою зазначеним порошковим дротам є використання закладного матеріалу з вуглецевих волокнистих присадок (ВВП) на базі вуглевмісних тканинних матеріалів. Цей метод забезпечує необхідну твердість наплавленому металу, не потребує додаткового обладнання, дозволяє отримати двофазні структури зварних швів з протяжними виділеннями цементиту та підвищити їх твердість в 1,6...1,8 рази. Однак даний метод потребує оптимізації хімічного складу шва для уникнення кристалізаційних тріщин.

Модифікування є ефективним методом покращення структури литого металу, а саме шляхом створення в ньому зародків кристалізації для збільшення кількості зерен на одиницю об'єму, що значно покращує механічні характеристики. Виділяють три основних типи модифікаторів що вносяться в розплав: такі, що впливають на структуру сплаву шляхом зміни енергії активації та поверхневого натягу для створення нової фази; такі, що виступають зародками твердої фази; а також т.з. інокулятори, що зменшують ступінь перегріву розплаву, підвищують швидкість кристалізації та мінімізують ліквіаційну неоднорідність.

Найбільш, сприятливий ефект в даному випадку можна отримати при використанні комплексного модифікування, тобто застосування декількох модифікаторів одночасно. Для сталей рекомендується застосування наступних комплексних модифікаторів Ti-B-Ca, Ti-Ce-B, Mg-Zr-Ce, Ti-V-Ca. Важливою особливістю модифікування сталі комплексними сплавами є паралельне подрібненням структури та зміна природи і форми неметалевих включень. Це значно знижує забрудненість границь аустенітних зерен сторонніми включеннями та підвищує рівномірність розподілу структурних складових.

Отже, на основі проведеного аналізу визначено комплексні модифікатори які слід застосовувати у складі закладного матеріалу на основі ВВП. Напрямами подальших досліджень є порівняння ефективності даних модифікаторів, пошук ефективного методу застосування модифікаторів, спільно з ВВП в єдиному присадковому пакеті.

НАНЕСЕННЯ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ НА КРИСТАЛІЗАТОРИ МБЛЗ

Надтока В.М., Краєв М.В., Борисенко А.Ю.

(ДП КБ «Південне», м. Дніпро, Україна)

Кристалізатори працюють в умовах теплових ударів, високих температур і повинні бути стійкими до механічного зносу тривалий час. Необхідні властивості забезпечуються використанням матеріалів на основі міді (наприклад CuCrZr бронза). Її робоча поверхня захищається покриттям. Для кристалізаторів різного призначення найпоширенішими є покриття: Ni; Cr; Co-Ni; Fe-Ni [1, 2]. Метод іонно-плазмового осадження дозволяє наносити багатоконпонентні покриття.

Метою дослідження була розробка жаростійкого і міцного покриття для кристалізаторів машин безперервного розливання сталі, що наноситься методом іонно-плазмового осадження і володіє властивостями не нижче промислових.

Для отримання захисних покриттів, які забезпечують поєднання жаростійкості з міцністю і зносостійкістю використані з'єднання на основі Cr-Ni. Для забезпечення високої міцності та зносостійкості, що в рази перевищують показники бронзової підкладки, використано легування покриттів азотом. Азотування здійснювалося в процесі осадження покриття в середовищі газу азоту. Досягнуто підвищення міцності покриттів у 4 рази (рис. 1), відповідно й зносостійкості відносно гальванічного Ni.

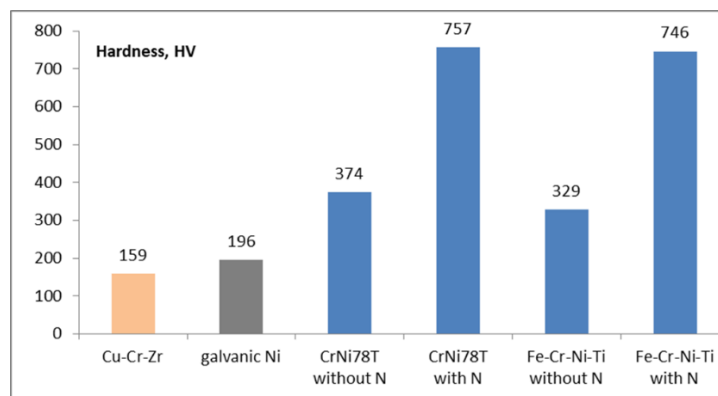


Рис. 1. Мікротвердість покриттів різного складу

Підсумком роботи є створення технології нанесення захисних покриттів товщиною до 200 мкм. Розроблені покриття нанесені на внутрішню поверхню стінок сортових кристалізаторів 150x150 мм завдовжки 800-1000 мм. Для цього виготовлена спеціалізована вакуумна камера, яка використовується для обробки промислових кристалізаторів.

Література:

1. SMS group. Mold Copper Coatings. Protect Coppers, Improve Strand Quality. URL: <http://sms-group.us/files/SMS%20group%20-%20Mold%20Copper%20Coatings.pdf>

2. AMC Advanced Mould Coatings. KME Germany GmbH & Co. URL: https://www.kme.com/fileadmin/DOWNLOADCENTER/SPECIAL%20DIVISION/1%20Melting%20%26%20Casting/3%20Products/2%20Mould%20Plates/AMC_Mould_Coatings_2018.pdf

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДЕФОРМУВАННЯ ТА РУЙНУВАННЯ ПРИРОДНИХ ТА БІОГЕННИХ КОНКРЕЦІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРИЧНОГО ВИБУХУ

Нарижний О.Г., Тараненко М.Є.

*(Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»,
м. Харків, Україна)*

Сучасні технології обробки речовин використовують електричний вибух зовні (в оточуючій рідині) або в середині діелектричної конкреції для її подрібнення, наприклад, подрібнення золотоносної руди [1] або ниркового каменю [2].

Кінетика процесів в обох варіантах має східні риси. Спершу в рідині зовні конкреції (у першому випадку) або у самій конкреції (у другому випадку) утворюється досить тонкий канал електричного пробоя, що наповнений плазмою з сублімірованої рідини або діелектрика. Потім в плазмі тече імпульсний електричний струм, внаслідок чого поширюється потік тепла у вигляді омічних втрат. На кінець за рахунок теплового розширення плазми виникає поле тиску та починається рух плазми та оточуючих речовин, які у сукупності призводять до руйнування конкреції.

Різниця процесів, очевидно, полягає в тому, що при вибуху зовні конкреції (в оточуючій рідині) значна доля енергії вибуху розповсюджується поза конкрецією і в разі, наприклад, ниркового каменю, призводить до травмування оточуючих тканин, що обмежує використання цієї медичної технології. З іншої сторони такі втрати енергії зменшують коефіцієнт корисної дії технологічного обладнання.

Короткочасність, інтенсивність та якісна різноманітність взаємозалежних термомеханічних процесів, що супроводжують вибух, обмежують можливості дослідження цього складного явища. Автори раніше успішно використали метод математичного комп'ютерного моделювання процесів деформування металевих заготовок за допомогою електричного вибуху в рідині [3], які дуже східні до процесів в разі руйнування. Згідно теорій руйнування саме напружено-деформований стан характеризує можливість, початок та кінетику руйнування.

Метою роботи є висвітлення підходу до вивчення складного процесу утворення напружено- деформованого стану та руйнування гетерогенної механічної системи, що відображує основні властивості технологічної системи руйнування за допомогою електричного вибуху діелектрика на прикладі руйнування ниркового каменю.

Основні припущення та математична модель явища. На рис. 1 наведена типова схема досліджуємої системи на початку вибуху. Позначення: 1 канал розряду радіусом $0,05$ мм, 2- конкреція у вигляді тіла обертання (еліпсоїда) з осями a та b , 3- рідина в порожнині у форми тіла обертання з розмірами A та B , 4- стінка порожнини товщиною δ .

Задача деформування та руйнування розглянута в двовимірному осесиметричному варіанті, що суттєво зменшує потреби комп'ютера. Використані припущення, що плазма, яка міститься в каналі розряду, має властивості ідеального газу густиною за нормальних умов $\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3$ з

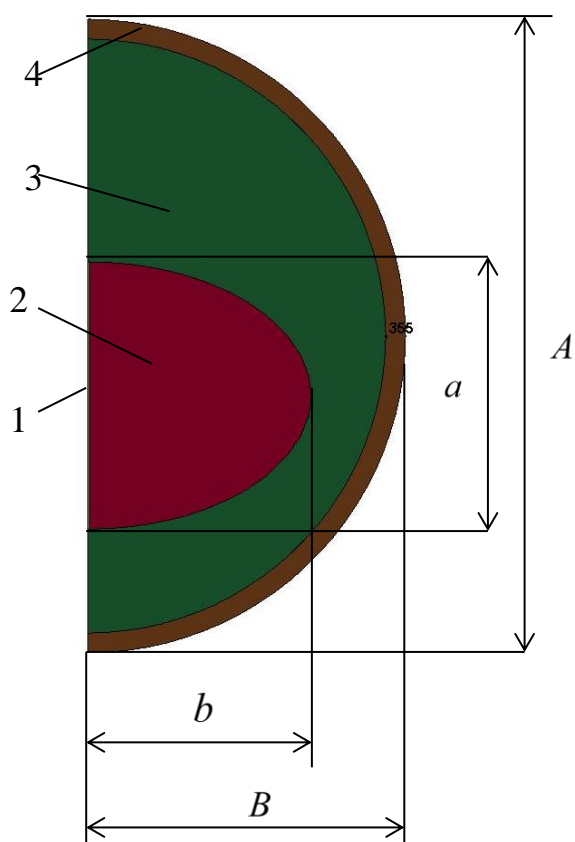


Рис.1 Схема моделі

постійною адіабати $\gamma = 1,26$, пружна рідина має властивості води, конкреція має властивості вапняку. Передбачається, що за умов короткочасності механічних процесів теплообміном можна нехтувати.

Визначальні рівняння механіки суцільних середовищ у інваріантній тензорній формі, загальні для твердих, рідких та газоподібних компонент системи у складі рівнянь балансу маси, балансу енергії, рівняння руху та рівності моменту кількості руху. Взаємодія компонент системи за ударно-контактним типом. Передбачено деформування конкреції за пружно-пластичним типом з руйнуванням.

Для дискретизації рівнянь використаний метод скінчених елементів у мішаному ейлерово-лагранжевому вигляді (ALE) за

допомогою пакету LS-DYNA [4].

Наведені результати моделювання процесів деформування та руйнування у вигляді анімацій та графіків залежності параметрів напружено-деформованого стану за часом та розмірами a, b, A, B, δ . Дана оцінка адекватності моделі та точності розрахунків.

Література:

1. Chanturiya V.A., Bunin I.Zh. Non-traditional high –energy methods for disintegration and breaking-up of fine- dessiminated mineral complexes from refractory precious metal ores // Proceedings of XXIV International Mineral Processing Congress, Beijing, China, 2008.- Beijing: Science Press. - 2008.- Vol.1.-pp. 262-273.

2. Boshchenko V. S., Gudkov A.V., Afonin V.Y., Petlin A.V. Assesment of efficiency and safety of retrograde contact electropulse lithotripsy. Simple pilot multicenter study. 27th annual Congress of European Assosiation of Urology, Paris 2012, European Urology- Supplements, 2012-02-01, e496.

3. М. Тараненко, О. Нарыжний Modelling the Process of Interaction of a Pulsed Jet with a Workpiece by Electrohydraulic Forming. M. Nechyporuk et al. (Eds.): ICTM 2021, LNNS 367, pp. 1–13, 2022. doi.org/10.1007/978-3-030-94259-5_41.

4. LS-DYNA Keyword user's manual. - Livermore: LSTC, 2006. 2130 P.

НОВІТНІ ПРОЦЕСИ ОБРОБКИ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС РЕДУКТОРІВ ВУГЛЕДОБУВНИХ КОМБАЙНІВ

¹Нежебовський В.В., ¹Дергоусов В.М., ²Пермяков О.А., ²Клочко О.О.,
²Устиненко О.В., ³Рябченко С.В.

(¹АТ «Світло Шахтаря», м. Харків, Україна, ²Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна, ³Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М.Бакуля АН України, м. Київ, Україна)

Унікальні новітні процеси попередньої лезової зубообробки загартованих циліндричних зубчастих коліс редукторів вугледобувних комбайнів передбачають для попередньої лезової зубообробки зняття основного припуску 95% з наступним зубошліфуванням при знятті остаточного припуску 5%. Існує комплекс наукових досліджень з розробкою оригінальних технологічних процесів, перспективних конструкцій черв'ячних твердосплавних фрез, спеціального технологічного оснащення. Розроблено та впроваджено технологічні регламенти для швидкісного зубофрезерування лезовими твердосплавними фрезами з остаточною чистою операцією шляхом застосування ефективних технологій зубошліфування. Технологія обробки полягає у використанні абразивних кіл з рубін-корунду при профільному шліфуванні зубчастих коліс. Шліфування колами з рубін-корунду дозволяє підвищити точність обробки та знизити висотні параметри шорсткості зубчастих коліс і, тим самим, підвищити надійність і ресурс зубчастих передач. Шліфувальні круги з рубін-корунду мають гарне самозаточування та дозволяють шліфувати деталі з мінімальним виділенням тепла в зоні різання порівняно із звичайними колами.

Для попередньої обробки циліндричних зубчастих коліс вугледобувних комбайнів під зубошліфування розроблені спеціальні черв'ячні фрези у яких як палюда верстатного зачеплення інструменту та деталі використовується коло (Рис. 1), що проходить через нижні граничні точки евольвенти В і В1. При цьому активні ділянки ліній зачеплення ВЕ та В1Е1 розташовуються симетрично щодо міжосьового перпендикуляра і на деякій відстані від нього [1].

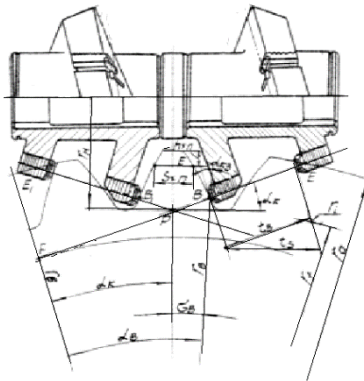


Рис. 1 Схема верстатного зачеплення спеціальної твердосплавної фрези з колесом, що обробляється

У діапазоні нарізних зубів колеса $Z_k = 20 \dots 400$ кут профілю зубів спеціальних фрез змінюється не більше $\alpha_k = 50 \dots 190$. Кожною фрезою можна нарізати зуби колеса у певному діапазоні чисел зубів: $Z_k = 33 \dots 49$, $Z_k = 46 \dots 66$, $Z_k = 60 \dots 88$, $Z_k = 88 \dots 134$, $Z_k = 134 \dots 204$. Технологічна установка фрез досягається шляхом розвороту одного корпусу фрези щодо іншого на певний розрахунковий кут і зміною товщини дистанційного кільця, що закладається між корпусами. У кожному корпусі фрези виконується кілька шпонкових пазів. Гідність розроблених конструкцій спеціальних черв'ячних фрез в тому, що вони одночасно обома корпусами обробляють обидві бічні поверхні зубів колеса. Зусилля різання обох корпусів спрямовані назустріч одне одному, т. е. має місце силове замикання всередині інструмента. Це сприяє зниженню вібрацій та коливань столу верстата разом з оброблюваним колесом.

Освоєнню процесів попередньої обробки загартованих зубчастих коліс з припуском під зубошліфування черв'ячними фрезами, оснащеними непереточуваними поворотними пластинками, передувала розробка та моделювання процесу формоутворення за допомогою універсальних фрез $m = 8 \dots 20$ мм одностороннього та двостороннього різання, оснащених пластинками; ВК10-ХОМ На бічних поверхнях витків у тангенціальних пазах встановлені твердосплавні непереточувальні поворотні пластинки зі сплавів ВК10-ОМ; ВК10-ХОМ з розмірами $20 \times 16 \times 6$ мм, які закріплюються в гніздах ексцентрикними гвинтами. Твердосплавні ріжучі елементи розміщені тільки по лініях верстатного зачеплення інструменту та заготовки, що робить таку фрезу економічнішою порівняно з відомими конструкціями аналогічних інструментів. Принциповою відмінністю фрез порівняно з відомими зарубіжними конструкціями (фрези фірми «Азумі», Японія, фірми «Фете», ФРН [1 2]) є те, що при збільшеній у 1,5-2 рази кількості зубів на довжині одного витка нарізки вищезазначені розміри ріжучих твердосплавних пластинок однакові для всього діапазону модулів $m = 8 \dots 20$ мм і таке, вперше прийняте, конструктивне рішення, скорочує витрату твердого сплаву при виготовленні інструменту в 2-5 разів, але найголовніше значно покращується процес різання з підвищенням стійкості ріжучих пластин .

Література: 1. Пермяков О.А., Клочко О.О., Камчатна-Степанова К.В., Новіков Ф.В. Черв'ячна фреза з роздільною схемою формоутворення з поворотними непереточуваними різальними елементами. Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении: Материалы международной научно-технической конференции, 22-24 сентября 2021 г., г. Одесса. – Одесса: Государственный университет «Одесская политехника», 2021. – С. 133 – 134. 2. Пермяков О.А., Клочко О.О., Камчатная-Степанова О.В., Ковальов В.Д., Васильченко Я.В., Сапон С.П. Моделювання технологічних процесів оброблення великомодульних зубчастих коліс. Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2021) : матеріали тез доповідей XI Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 26–27 травня 2021 р.) : у 2 т. / Національний університет «Чернігівська політехніка» [та ін.] ; відп. за вип.: Єрошенко Андрій Михайлович [та ін.]. – Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2021. – Т. 1. – С. 73 – 74. 3. Клочко А.А., Скоркин А.О., Камчатная-Степанова Е.В., Старченко Е.П., Ищенко М.Г. Современные методы технологии формообразования крупномодульных зубчатых колес // Ежемесячный международный научный журнал "Znanstvena misel jornal" - Ljubljana, Slovenia, №48/2020 - С.25-26.– ISSN 3124-1123.

КРИТЕРІЙ ПРИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ЗНАЧЕНЬ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОСАДОК З НАТЯГОМ ПРИ ВИКОРИСТАННІ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ

Нечипоренко В.М., Сало В.А., Літовченко П.І.

(Національна академія Національної гвардії України, м. Харків, Україна)

До теперішньої машинобудівної галузі пред'являються підвищені вимоги світової нормативної документації, пов'язаної з виготовленням сучасних технічних виробів, що розробляються і модернізуються. При цьому мають враховуватися ресурсні витрати, відповідне технологічне оснащення і встаткування, а також інші якісні й ефективні показники виробництва.

Під час виготовлення, проведення експлуатації й ремонту вузлів і агрегатів виробів технічного призначення значна увага має приділятися використанню методів технологічних процесів складання деталей. Для такої мети можуть використовуватися такі види гладких з'єднань, як посадки з гарантованим натягом, що широко застосовуються у машинобудуванні.

На етапі проектування виробу формується концепція норм точності, що полягає у здійсненні пошуку оптимальних параметрів і прогнозуванні якості посадки, що залежать від її параметрів, враховуючи їх ймовірнісний випадковий характер. Ці фактори є актуальною проблемою інженерної практики, для вирішення якої на виробництві має бути відповідна сучасна ступінь автоматизації процесу проектування та математичного моделювання.

Сучасні технічні можливості, що є інструментом автоматизації вирішуваних проектувальником завдань з обробки інформації, мають широкий спектр і багате різномаяття пакетів прикладних комп'ютерних програм. Для означеної актуальної задачі авторами запропоновано застосування комплексного підходу до автоматизованого проектування посадок з натягом при математичному моделюванні, що реалізується за допомогою розроблених авторами алгоритмічних і програмних засобів у вигляді авторської комп'ютерної програми «Interference Fit» [1]. За допомогою такого інструментарія синтезовано двомірну модель області існування геометричних параметрів придатних стандартних посадок з натягом, у вигляді плоскої фігури (рис. 1), граничними контурними лініями $ABCD$ якої обмежуються допустимі й рекомендовані критерії придатності [2].

Метою роботи даного дослідження є пошук раціонального сполучення чисельних значень параметрів посадки з натягом таких як діаметр d та робоча довжина l посадкових поверхонь, що з'єднуються, в розглядуваній плоскій моделі, побудованої в координатній площині dl .

В результаті проведеного дослідження [3] авторами сформульовано критерій до пошуку раціонального сполучення чисельних значень основних геометричних параметрів, що полягає у визначенні центра групування шуканих величин – точки O , яка є перетином відрізків максимальних діапазонів значень діаметра $\delta_{d_{\max}}$ і робочої довжини $\delta_{l_{\max}}$ посадкового з'єднання.

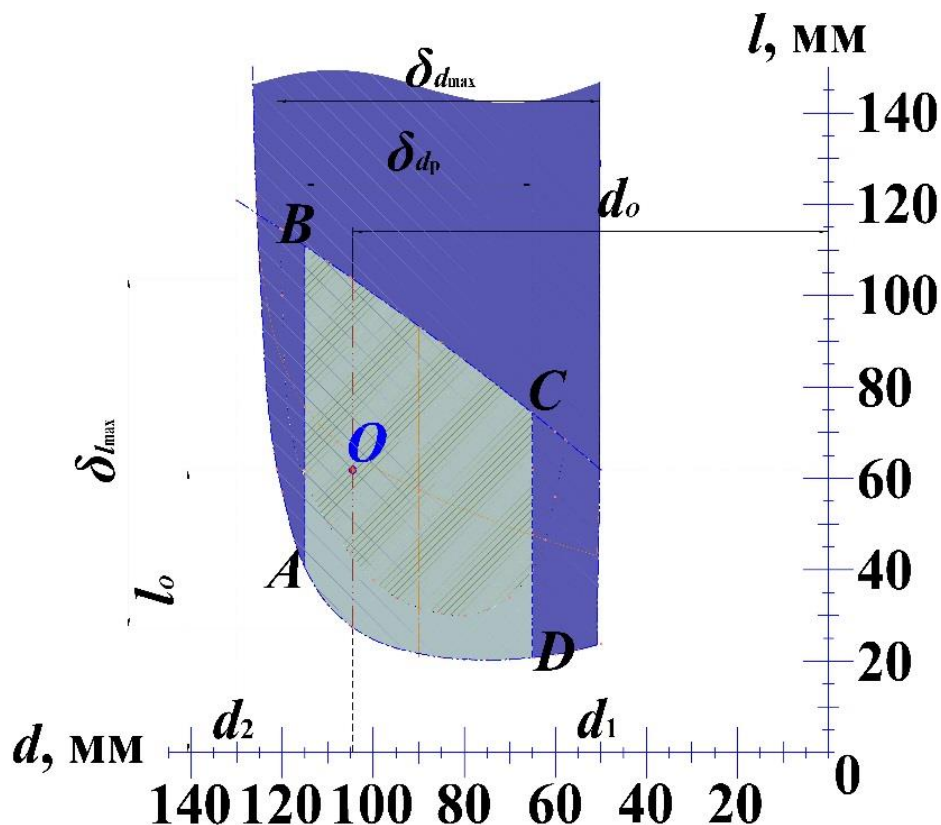


Рис. 1. Плоска комп'ютерна модель області існування геометричних параметрів посадок з натягом

Підсумком роботи є наочна ефективність такого метода, перевіреного на конкретному прикладі чисельного розрахунку, з точки зору охоплення певної кількості допустимих альтернативних проектних рішень. Запропонований підхід надає змогу максимально наблизитися до вибору оптимального для заданих вихідних умов експлуатації проектованого гладкого з'єднання. Отримані результати можуть бути використані для автоматизованого проектування посадок з натягом, що з'єднуються по гладкій поверхні, з подальшою можливістю інтеграції у інформаційну технологію CAE/CAD/CAM.

Література:

1. Авторське свідоцтво № 99502 від 04.09.2020 про реєстрацію авторського права на твір за темою «Проектування раціональних посадок з натягом на основі багатопараметричних математичних моделей області їх існування» на комп'ютерну програму «Interference Fit» / П.І. Літовченко, В.М. Нечипоренко, В.А. Сало, Я.В. Павлов.
2. Нечипоренко, В.М. Метод аналітичного опису області існування геометричних параметрів у автоматизованому проектуванні посадок з натягом [Текст] / В.М. Нечипоренко, В.А. Сало, П.І. Літовченко, А.П. Горбунов // Збірник наукових праць НА НГУ. – Харків, 2019. – Вип. 1. – с. 70–77. doi: 10.33405/2409-7470/2019/1/33/179734
3. Nechiporenko, V., Salo, V., Litovchenko, P., Rakivnenko, V., Horbunov, A.: Rational Design Solution Based On Mathematical Modeling of an Interference Fit. In: Ivanov, V., Trojanowska, J., Pavlenko, I., Zajac, J., Peraković, D. (eds.): Advances in Design, Simulation and Manufacturing IV. DSMIE 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering – Volume 1: Manufacturing and Materials Engineering, pp. 73–80. Springer, Cham (2021). doi: 10.1007/978-3-030-77719-7_8

ЗНИЖЕННЯ ВІБРАЦІЙ ТОНКОСТІННИХ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ОБОЛОНОК НА ОПЕРАЦІЯХ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

Олійник С.Ю.

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

Оболонкові деталі та конструкції використовуються в виробках аерокосмічної, ракетної, нафтохімічної, морської та інших галузях. Деталі мають поверхні до яких висуваються високі вимоги по показникам точності та якості, досягнення яких на механічних операціях обробки викликає значні труднощі. Це пов'язано з конструкцією таких виробів: тонкостінні, часто великогабаритні з додатковими конструктивними елементами або без. Тонкій стінці не вистачає статичної жорсткості та динамічної стабільності, щоб протистояти силі різання, яка виникає в процесі обробки [1, 2]. Оболонка, яка закріплена в пристосуванні демонструє безліч нелінійних явищ, серед яких біфуркація подвоєння періоду, мультиперіодичні та квазіперіодичні, хаотичні рухи, наслідком чого будуть проблеми з якістю обробки поверхонь, як по точності так і по шорсткості [3].

Метою роботи є вибір зразків магнітореологічних еластомерів (МРЕ) за їх структурою, які використовуються як елементи технологічного пристосування.

Для зниження вібрацій МРЕ можна використовувати в якості елементів технологічного пристосування, які будуть забезпечувати підвищення жорсткості стінки оболонки та виконувати демпфування складних форм коливань. Відомо, що МРЕ включають велику кількість різновидів, які відрізняються своєю структурою, що в свою чергу впливає на виконання їх функцій [4]. Експериментальні дослідження впливу структури МРЕ (матеріал матриці, концентрація та розмір магнітних елементів, розташування, добавки) на зміну модуля пружності, жорсткості, власної частоти, демпфувальних властивостей, комплексної в'язкості, магнітострикційної поведінки достатньо популярні та викладені в наукових виданнях. Виконано аналіз впливу зміни властивостей МРЕ на рівень коливань стінки оболонки. Це дозволило обрати МРЕ з тією структурою, яка відповідає вимогам щодо зниження коливань зазначених оболонок.

Підсумком роботи є те, що за результатом аналізу можливостей МРЕ з відомими структурами і для проведення подальшого дослідження, комп'ютерного та натурального експерименту були відібрані декілька зразків МРЕ з анізотропною структурою.

Література: 1. Oliinyk S.Yu. Technological fixtures for machining of large-sized thin-walled shells of complex profile / S.Yu. Oliinyk, L.P. Kalafatova // Cutting & tool in technological system. – Kharkiv NTU «KhPI». – 2021. – №94, С. 28–41. 2. Patent US 2012/0032053 A1, F16M 13/00 (2006.01), B29C 31/08 (2006.01). Fixture for securing a thin-walled component / Matthew Marshall Sheffield (GB); assignee ROLLS-ROYCE PLC, London (GB). – № PCT/EP2010/000405; PCT Fled: Jan 25, 2010; date: Sep. 27, 2011, 13/148,591. – p. 7. 3. Qiansheng Tang. Analysis on Forced Vibration of Thin-Wall Cylindrical Shell with Nonlinear Boundary Condition / Qiansheng Tang, Chaofeng Li, Bangchun Wen. – 2016. – vol. 2016. – 22 p. 4. Anil K. Bastola. A review on magneto-mechanical characterizations of magnetorheological elastomers / Anil K. Bastola, Mokarram Hossain // Composites Part B : Engineering. – 2020. – Vol. 200.

ПРОЕКТУВАННЯ ЧИСТОВИХ ЧЕРВ'ЯЧНИХ ФРЕЗ ДЛЯ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС 8 СТУПЕНІ ТОЧНОСТІ ГОСТ1643-81

¹Охріменко О.А., ²Клочко О.О., ²Гасанов М.І., ²Заковоротний О.Ю.,
³Півень Л.В., ²Стрілець О.С.

(¹КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна, ²Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", м. Харьков, Україна, ³Донецький обласний інститут післядипломної педагогічної освіти, м. Краматорськ, Україна)

При формуванні зубчастих коліс лезовим інструментом 8 ступені точності ГОСТ1643-81 необхідно забезпечити необхідний припуск матеріалу на попередній операції зубофрезування з протуберанцем. Так на чистовому проході буде оброблятися тільки бічна сторона зуба, западина і перехідна крива не обробляються. Відповідно для цього формується профіль зубчастого колеса з так званою «викружкою», який на відміну від стандартного профілю зубчастого колеса, формується вихідною інструментальною рейкою з «протуберанцем», що унеможливує виготовлення таких зубчастих коліс інструментом в основу якого покладено стандартний вихідний контур, це значно ускладнює конструкцію такого інструмента. Особливо це стосується черв'ячних фрез для кривомодульних зубчастих коліс, які зазвичай обробляються збірним інструментом і відповідно при його проектуванні є необхідність відтворення вихідного інструментального контуру з «протуберанцем», що ускладнює цей інструмент та збільшує його вартість [1, 2, 3, 4, 5]. Способи реалізації вихідного контуру з протуберанцем пластинами різної форми, від відомих виробників цього інструменту показано на рис.1.

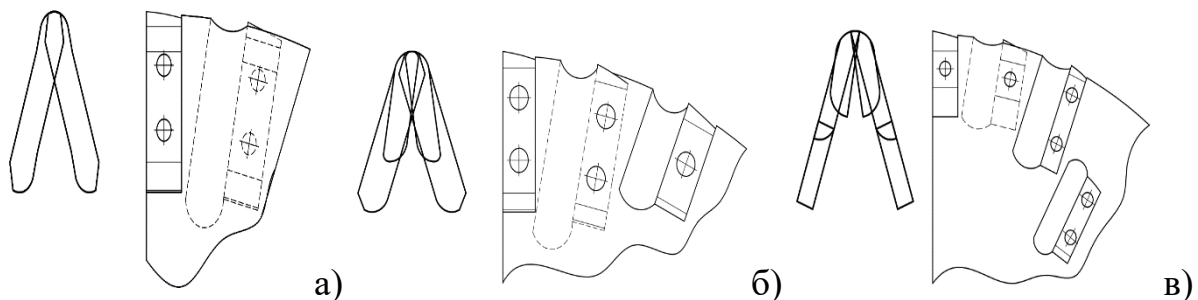


Рис. 1. Реалізація вихідного інструментального контуру з «протуберанцем» для збірних фрез світових виробників.

а) «Sandvik Coromant», б) «Ingersoll», в) «LMT Fette»

В роботі вирішено задачу використання в якості вихідних інструментальних поверхонь (ВП) черв'ячних збірних фрез стандартний профіль інструментальної рейки зі зменшеним кутом профілю, що дозволяє отримувати необхідний профіль зубчастого колеса з «викружкою» під подальше зубошліфування без використання профілю з «протуберанцем». Також така ВП може бути утворена різальною кромкою непереточуваних твердосплавних пластин (НТП)

стандартної форми, що значно здешевлює таку конструкцію інструменту в порівнянні з (рис.1.) і забезпечує створення необхідної геометрії різальної частини. Для вирішення цього завдання було проаналізовано формоутворення профілю зубчастих коліс 8 ступені точності ГОСТ1643-81 на прикладі зубчастого колеса маневрового тепловозу з наступними параметрами: $m=10$, $Z_k=17$, $x=0,505$ (рис. 2).

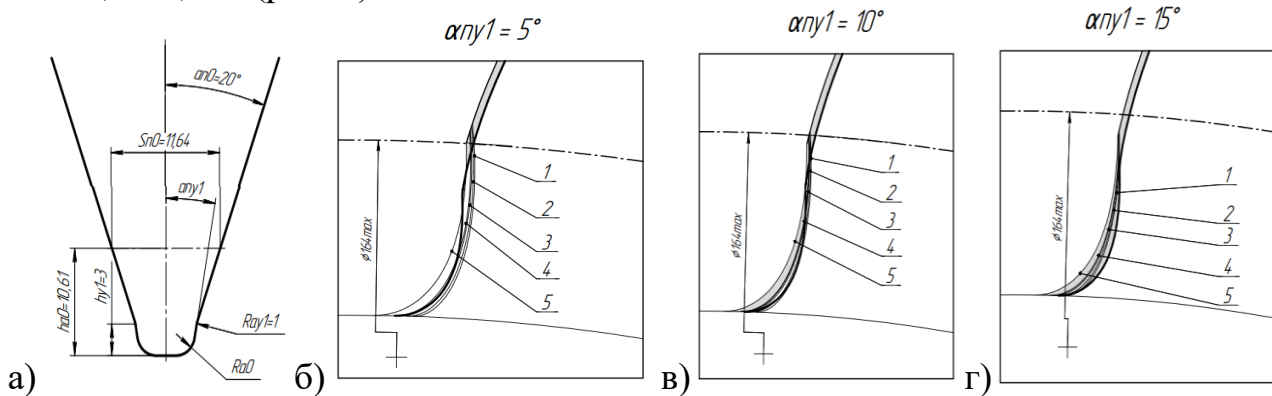


Рис. 2. Формоутворення зубчастих коліс рейкою з протуберанцем: радіус округлення вершини протуберанця: 1-0,1мм; 2-0,4мм; 3-0,8мм, 4-1мм, 5-2мм
 а) профіль інструментальної рейки з протуберанцем, б), в), г) профіль перехідної кривої зубчастого колеса при різних кутах протуберанця: 5^0 , 10^0 , 15^0

Література: 1. Пермяков А.А., Клочко А.А., Охрименко А.А. Мироненко Е.В., Миранцов С.Л. Исследование контактного поля резания червячной фрезы с раздельной схемой формообразования. XX Міжнародна науково-технічна конференція „Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта”, 10 вересня - 13 вересня 2019 року в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». – Київ: НТУУ «КПІ», 2019. – Т. 4. – С. 332– 334. 2. Актуальность дифференцированного и комплексного прогнозирования в условиях имитационного моделирования технологического обеспечения эксплуатационных свойств крупномодульных зубчатых колес / А.А. Пермяков, А.Н. Шелковой, А.А. Клочко, А.А. Охрименко, М.И. Гасанов // Збірник наукових праць. Прогресивні технології в машинобудуванні: Тези докладів VII-ої Всеукраїнської науково-технічної конференції, 5-9 лютого 2018 р. – Національний університет «Львівська політехніка». – Львів, 2018. – С. 127–129. 3. Klochko, O., Okhrimenko, O., & Shapovalov, M. (2021). Initial instrumental surface of modular millings on the basis of one-band hyperboloid for the manufacture of gear wheeled wheels. *Mechanics and Advanced Technologies*, 5(3), 374–380. <https://doi.org/10.20535/2521-1943.2021.5.3.250168>. 4. Клочко О.О., Гасанов М.І., Заковоротний О.Ю., Майборода В.С., Охрименко О.О., Федоренко В.С. Технологічні передумови деформації і рушення зрізуемого шару при швидкісному зубофрезуванні загартованих циліндричних зубчастих коліс на основі атомного підходу // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Techniques in a machine industry: зб. наук.пр. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків: НТУ «ХПІ», 2022. – № 1 (5) 2022. – С. 10–20. – ISSN 2079-004X, DOI: 10.20998/2079-004X.2022.1(5).02, 5. Ковальов В.Д., Васильченко Я.В., Охрименко О.А., Воронцов Б.С., Гасанов М.І., Клочко О.О. Прогнозування структури і параметрів систем зубообробки крупномодульних зубчастих коліс. Збірник наукових праць XI Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Процеси механічної обробки, верстати та інструмент», 5–6 листопада 2021 року. – Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2021. – С. 51 –52.

ОСОБЛИВОСТІ МАТЕМАТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ІНЖЕНЕРА

Пасічник Г.С.

(Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, м. Чернівці, Україна)

Вища технічна освіта зазнає сьогодні серйозних змін, і в них, без сумніву, зростає роль математики. Підготовлений вузом інженер повинен мати високу кваліфікацію та широкий профіль, адже чітко прослідковується тенденція до синтезу багатьох галузей науки, техніки, комп'ютерних технологій. Інженер будь-якого профілю повинен уміти застосовувати обчислювальні машини, широко користуватись сучасним програмним забезпеченням і одночасно з більшою глибиною проникати у фізику явищ, які відбуваються.

Метою роботи є аналіз можливостей впливу сучасного рівня математики на покращення підготовки студентів технічних спеціальностей.

Доводиться рахуватися з тими обставинами, що стрімкий розвиток фізики, математики та техніки привів технічні науки до чітко вираженої диференціації. У вищій технічній освіті виділяються з загально технічних дисциплін окремі, причому з розвитком техніки число питань, які вони включають, зростає. Ці нові питання не вливаються в “старі” дисципліни, а нарощуються у вигляді малозв'язних з ними додаткових розділів. Це спричиняє перевантаженість програми, а з іншого боку – дає уявлення про сучасний стан науки і її застосувань у вигляді окремих курсів. Неможливо дати запас практичних інженерних знань більш ніж на 5 років. Доцільно переглядати зміст спеціальних дисциплін з тим, щоб основною їх задачею було не повідомлення окремих фактів та прийомів, а навиків наукового мислення, розуміння наукових основ вивчення предмету.

Математика переживає такий же стан. Прагнучи дати студентам уявлення при сучасну математику, треба викладати матеріал в тому аспекті, в якому вини необхідні для засвоєння спеціальних дисциплін.

Перш ніж вивчати спеціальні розділи математики та застосовувати їх в інженерних дослідженнях, студент повинен зрозуміти основні ідеї і методи математичної науки. Інженери різних профілів потребують знань з різних розділів сучасної математичної науки. Сюди відносяться сучасні дослідження з методів оптимізації, теорії графів, диференціальних рівнянь та рівнянь математичної фізики, тензорного числення, теорії ймовірностей та математичної статистики. Не усі означення та доведення варто математично точно формулювати, хоча в багатьох випадках це необхідно робити, однак варто вказувати на, іноді формальні, приклади застосування матеріалу.

Важливим є те, щоб викладання спеціальних дисциплін було пронизаним математичними питаннями і не ставило собі лише утилітарні задачі (яке зводиться до взяття звідкись формули і підстановки в неї чисел чи формального використання прикладних програм), щоб воно супроводжувалось аналізом.

РІВНІ РЕАЛІЗАЦІЇ ТРАНСФЕРУ ТЕХНОЛОГІЙ

Пасічник В.А., Юрчишин О.Я.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна)

Результати науково-технічної діяльності направлені на розвиток суспільства і отримання вигоди власниками технологій. Досить часто, кінцевим результатом такої діяльності є отримання охоронного документу на об'єкт права інтелектуальної власності (ОПІВ), який залишається у їх власності, але переходу до стану нематеріального активу не відбувається. Основними шляхами отримання прибутку є або використання ОПІВ у власному виробництві, або передача прав іншим особам за ліцензійним договором, що є переважним шляхом для монетизації результатів творчої діяльності у ЗВО.

Для досягнення кінцевої мети – отримання роялті, які задовольняють власника ОПІВ та авторів, на даний час немає відпрацьованого механізму роботи з ними, який дозволив би не гаяти час на розробки, які є неконкурентоспроможними і просувати покроково до кінцевої мети ті, які є цікавими для ринку.

В світовій практиці існує система оцінки рівнів технологічної готовності TRL [1], розроблена NASA у 1970-х роках і яка застосовується зараз досить активно європейськими науковцями та формалізована в стандарт ISO 16290 [2].

На основі вище згаданої системи оцінки, авторами розроблено механізм визначення рівня готовності інтелектуальної власності IPRL - *Intellectual Property Readiness Level*, який базується на шкалі від 1 до 9, де IPRL 9 – найвищий рівень. Зміст шкали наступний:

- IPRL-9. Обсяги надходження від роялті задовольняють власника та авторів
- IPRL-8. Первинні роялті покрили витрати на створення ОПІВ
- IPRL-7. Ліцензійна угода укладена
- IPRL-6. Потенційний ліцензіат наявний, діалог щодо підготовки ліцензійної угоди активний
- IPRL-5. Маркетингові дослідження повністю завершені. Уточнена бізнес-модель (технологія трансферу) сформульована
- IPRL-4. Конфліктні (зовнішні і внутрішні) ситуації визначені та розв'язані
- IPRL-3. Конкурентні рішення визначені
- IPRL-2. Основні споживачі визначені. Стартова бізнес-модель сформульована
- IPRL-1. «Холодна» інтелектуальна власність

Кожен із рівнів визначення IPRL містить умови, які повинні бути виконані покроково, що забезпечить точну оцінку IPRL.

Також запропоновано на основі часових рамок розділити інтелектуальну власність на такі види:

Активна ІВ – один раз в квартал відбувається пересування розробки із нижчого рівня на вищий;

Нормальна ІВ – процес відбувається повільніше, але можливе досягнення ІРРЛ 9;

Пасивна ІВ - маркетингові дослідження повністю завершені, потенційний замовник відсутній;

Заморожена ІВ – розробка залишається на рівні ідеї, споживачі відсутні.

Запропонована система оцінювання рівня і динаміки його зміни може бути використана як інструмент кількісної оцінки як портфелю інтелектуальної власності установи, так і динаміки його розвитку на шляху комерціалізації.

Література:

1. Irene Tzinis Technology Readiness Level. – 02.04.2021, електронний ресурс: https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/technology_readiness_level

2. ISO 16290:2013 Space systems — Definition of the Technology Readiness Levels (TRLs) and their criteria of assessment, електронний ресурс: <https://www.iso.org/standard/56064.html>

ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ОБЛАДНАННЯ МЕТАЛУРГІЙНОГО ТА ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ЗА РАХУНОК МОДИФІКАЦІЇ НАПЛАВЛЕНОГО ШАРУ БІМЕТАЛЕВИХ ЛИСТІВ

Перемітько В., Євдокимов А.

(Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське, Україна)

На підприємствах металургійного та гірничо-збагачувального кластеру великою проблемою є захист робочих органів деталей, які працюють в умовах високого абразивного зносу, що викликає ерозію поверхневих шарів [1].

Одним із шляхів розв'язання цієї проблеми є наплавлення на поверхню контакту більш зносостійкого за основу елемента твердосплавного матеріалу, який має у своєму складі карбідоутворювальні елементи. Для захисту від зносу також використовують готові рішення – біметалеві листи. Це двошаровий матеріал, який в основі має низьковуглецеву або низьколеговану сталь, на яку нанесений наплавлений шар, переважно білий чавун з різними системами легування, в залежності від інтенсивності зносу, виду навантажень, температури експлуатації тощо.

Одним із способів нанесення подібних шарів є автоматичне електродугове наплавлення порошковими самозахисними стрічками [2].

Було розглянуто мікро - та макроструктуру наплавленого шару та ЗТВ на наявність та геометричні розміри карбідів хрому у сплаві типу 450X30M.

Карбіди у даному складі розташовані перпендикулярно до поверхні і мають голчасту форму, що сприяє високій зносостійкості, але підвищує крихкість [3].

Задля можливості зміни форми карбідів та зменшення крихкості при найвищій зносостійкості пропонується розглянути можливість керування часом контактування функціональних компонентів шихти осердя порошкових стрічок та дротів на етапі існування рідкої ванни. Як вбачається, це повинно дієво впливати на зміну складу та структури наплавленого зносостійкого шару. Особливо актуально запропоноване для сплавів типу білий чавун.

Було досліджено та запропоновано спосіб виготовлення порошкової стрічки оригінального складу. Спосіб виготовлення порошкової стрічки включає наповнення профільованої металевої оболонки шихтою осердя, формування обтисненням і остаточним ущільненням. Зміцнювальні та модифікувальні компоненти шихти осердя перед наповненням оболонки додатково піддають покриттю пластиком[4].

Запропонований спосіб виготовлення порошкової стрічки дозволить проводити наплавлення композиційних сплавів підвищеної зносостійкості за рахунок збільшення кількості зміцнювальних та модифікувальних часток (у вигляді карбідів, боридів або силіцидів), які зберігаються від повного розплавлення у металевій ванні та забезпечують подрібнення фазових складових металу при кристалізації, зростання твердості та опірності абразивному зношенню.

У перспективі вбачається впровадження даної технології виробництва для наплавлення захисних елементів вентиляторної техніки, яка працює у агломераційному виробництві, а також лопаток парових турбін тощо.

Література:

1. Брыков М. Н. Износостойкость сталей и чугунов при абразивном изнашивании/ М.Н.Брыков, В.Г.Ефременко, А.В.Ефременко [Текст]: монография.– Херсон,2014 – 364 с.
2. Жудра А.П. (2009). Оборудование и материалы для износостойкой наплавки листовых футеровочных элементов. А. П. Жудра, А. П. Ворончук, С. И. Великий. Автомат. сварка, № 6. С. 53-55.
3. Рябцев И.А. (2015). Структура и износостойкость при абразивном изнашивании наплавленного металла, упрочненного карбидами различных типов / И.А. Рябцев, А.И. Панфилов, А.А. Бабинец и др. Автомат. сварка, № 5-6. – С. 84-88.
4. Спосіб виготовлення порошкової стрічки: патент на корисну модель 151237 Україна, № u 2021 07671; заявл. 28.12.2021; опубл. 22.06.2022, Бюл. № 25. 4 с. <https://sis.ukrpatent.org/uk/search/detail/1693118/>

ЗДАТНІСТЬ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОГО СКЛАДУ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ ВИТРИМУВАТИ УДАРНІ НАВАНТАЖЕННЯ ПРИ ЗНОШУВАННІ

Перемітько В.В., Коломоєць І.В., Шевцов В.Б., Кривда І.В.

(Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське, Україна)

Особливістю зносу робочих деталей та вузлів, що працюють в умовах тертя, є його нерівномірність за площею контакту [1]. Даний фактор пришвидшує необхідність ремонту або заміни зношених деталей.

Поширеним принципом вирішення даної проблеми є формування в межах поверхні контакту змінного складу та властивостей [2, 3]. Враховуючи, що величина зносу зазвичай перевищує 0,5 мм, перевага надається саме дуговому наплавленню.

Дослідження, проведені раніше, виявили можливість шляхом локального попереднього нанесення карбідів титана та бора формувати шари з орієнтуванням зон різної структури та твердості [4]. Крім того, протягом досліджень було виявлено здатність таких шарів компенсувати дію основних шкідливих явищ, що виникають при зношуванні: глибоке впровадження твердих часток, мікрорізання та виривання металу.

Проте відкритим залишається питання здатності таких шарів витримувати ударні навантаження, що прикладаються під час зносу. Для формулювання уявлень приймемо шар, наплавлений з локальним попереднім нанесенням карбиду титана, склад та властивості якого висвітлено в роботі [4].

Такий шар являє собою поєднання зон, представлених поєднанням фериту та перліту, що є більш пластичними та зон верхнього бейніту, що є більш твердими та крихкими.

При цьому очікується, що зони більшої пластичності компенсуватимуть собою динамічні навантаження, а зони більшої твердості стримуватимуть утворення та розвиток тріщини. Таким чином, можна сказати, що поверхневі шари з орієнтуванням зон різної структури та властивостей можуть забезпечувати працездатність не лише в умовах тертя, але й ударних навантажень.

Література: 1. Крагельский И. В. Трение и износ / И. В. Крагельский. – 2-е изд. перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1968. – 480 с. 2. Гулаков С. В., Лаврентик О. А., Псарева И.С., Лаврентик А. И. Повышение надежности деталей и инструмента наплавкой рабочего слоя с регламентированным распределением свойств / С. В. Гулаков, О. А. Лаврентик, И. С. Псарева, А. И. Лаврентик // Захист металургійних машин від поломок: зб. наук. пр. – 2000. – Вип. 5. – С. 281-284. 3. Перемітько В. В., Панфилов А. И. Дуговая наплавка слоёв металла переменного состава и различной твердости / В. В. Перемітько, А. И. Панфилов // Автоматическая сварка. – 2017. – № 7. – С. 48-52. 4. Перемітько В. В., Коломоєць І. В., Сухомлин В. І. Особливості структури та властивості шарів металу, наплавлених із попереднім нанесенням карбідів титана та бора / В.В. Перемітько, І.В. Коломоєць, В.І. Сухомлин // Автоматичне зварювання. – 2022. – № 3. – С. 25-35.

ВИКОРИСТАННЯ ПОРТАТИВНИХ ВЕРСТАТІВ ДЛЯ РЕМОНТУ І МОДЕРНІЗАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ВАЖКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

Пермяков О.А., Яковенко І.Е.

(НТУ «ХПІ» м. Харків, Україна)

Проблеми сучасного важкого машинобудування пов'язані не тільки з проектуванням та виготовленням машин та агрегатів, але й з необхідністю модернізації та ремонтом великогабаритних вузлів, агрегатів та систем, демонтаж яких утруднений, потребує значних витрат або неможливий у принципі. Термін служби такого обладнання досить великий, проте, в процесі експлуатації виникає необхідність його ремонту та, найчастіше, модернізації на підставі досліджень та узагальнення даних щодо експлуатації такого обладнання. Раніше такі роботи в основному виконувались вручну з використанням універсального інструменту, проте, в даний час все частіше використовуються спеціальні портативні верстати, що дозволяє значно підвищити з одного боку якість робіт, а з іншого, значно скоротити терміни виконання технологічних операцій.

Метою роботи є підвищення якості та зниження трудомісткості проектування та виробництва мобільних портативних металорізальних верстатів для виконання технологічних операцій при ремонті та модернізації недемонтованих вузлів та агрегатів.

На підставі розробленої системи класифікації компоувальних схем портативних верстатів за технологічними ознаками авторами пропонується методика синтезу компоувальних структур цього обладнання (рис.1).

Спочатку, на підставі параметрів об'єкта обробки, умов роботи та коду компоування верстата, вибирається тип портативного верстата, для якого надалі формуватимуться інші компоування. Паралельно з цим вибирається метод технологічного впливу на об'єкт обробки (технологічна операція) виходячи з технічних і розмірних характеристик (матеріал, його фізико-механічні властивості, форма і розміри оброблюваної поверхні, жорсткість конструкції тощо). Для вибраного методу підбирається різальний інструмент та встановлюються його характеристики.

Наступним етапом є визначення всіх параметрів обраної технологічної операції (швидкість різання, подача, кількість обертів, силові характеристики тощо). Даний етап може виконуватися як автоматично на підставі нормативних матеріалів бази даних, так і вручну технологом з наступним введенням необхідної інформації в систему.

Отримана технологічна інформація та обраний варіант компоування верстата дозволяють організувати вибір моделі силових вузлів, уніфікованих механізмів перетворення рухів, шпиндельної групи та деяких інших уніфікованих елементів конструкції портативного верстата. Вибір може здійснювати за кількома критеріями (вартість, габарити, маса тощо) залежно від необхідності забезпечити найефективніше рішення. Зазвичай як критерій вибору

приймається вартість, інші виступають як системи обмежень. Пошук може здійснюватися як на внутрішній базі даних, що включає наявні на виробництві або у найближчих партнерів агрегати, так і на розширеній базі даних, яка включає відомих серійних постачальників необхідного обладнання (особливо це стосується пневмодвигунів та пневмомоторів).

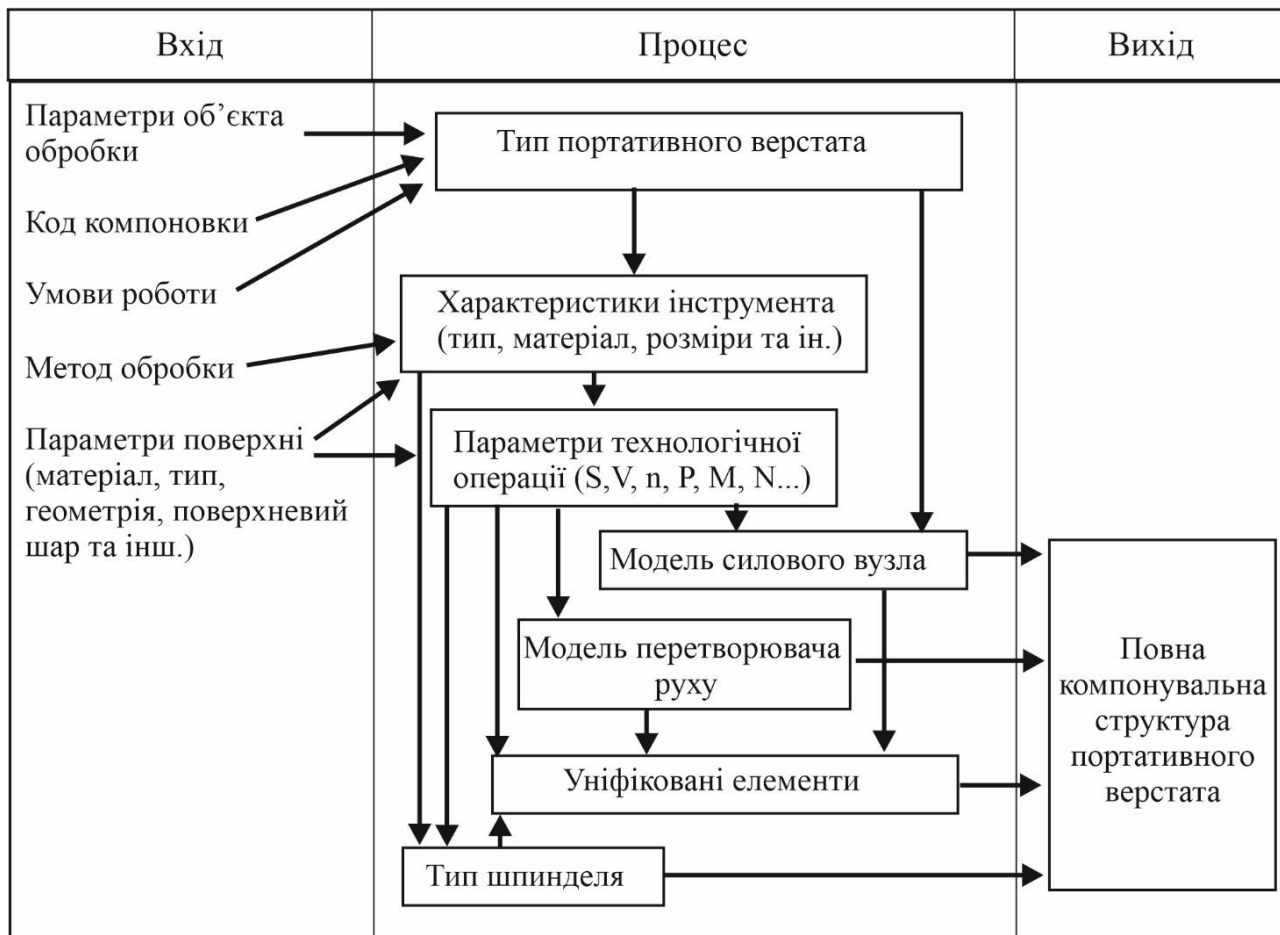


Рис. 1. НІРОдіаграма синтезу компоувальної структури портативного верстата.

Автори пропонують математичну модель синтезу компоувальних рішень, яка заснована на використанні нормативних уніфікованих вузлів, механізмів та елементів, може застосовуватися при розробці систем автоматизованого проектування портативних верстатів на підприємствах важкого машинобудування.

Література: 1. Обробка великогабаритних деталей турбоагрегатів з використанням портативних верстатів /А.А.Пермяков, Г.И.Ищенко, М.Г.Ищенко //Modern engineering and innovative technologies, Germany. – Вип.15. – 2021. – С.17-26. 2. Яковенко І.Є., Басова Є.В., Бредіха О.М. Автоматизація вибору силових агрегатів при синтезі компоунок портативних верстатів //Матеріали ІХ Всеукраїнської науково-технічної конференції, Суми: СумДУ, 2022. - с.53-54. 3. Яковенко І.Є., Пермяков О.А., Бредіха О.М. Розробка нормативної бази компоувальних схем портативних верстатів для САД/САМ системи //Збірник наукових праць VII Міжнародної науково-технічної конференції з проблем вищої освіти і науки ТК-2022 «Прогресивні напрямки розвитку автоматичних технологічних комплексів», Луцьк: ЛНТУ, 2022 - с.222-223.

КРИТЕРІЙ СТАЛОСТІ ПРОЦЕСУ ФРЕЗЕРУВАННЯ КІНЦЕВИМИ ФРЕЗАМИ

Петраков Ю.В., Сікайло М.О.

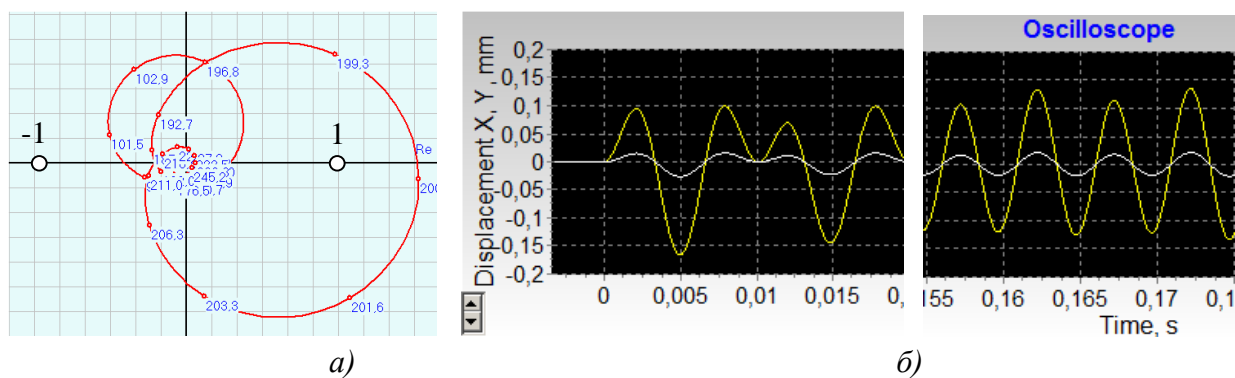
(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна)

Якість процесу фрезерування суттєво залежить від інтенсивності коливань, які обов'язково виникають в пружній технологічній обробній системі (ТОС) при різанні. Тому забезпечення сталості процесу різання є важливою науково-технічною задачею, яка має вирішуватись технологом-програмістом при призначенні режиму різання на верстаті з ЧПК [1].

Мета роботи – визначення критерію сталості ТОС за її математичною моделлю на етапі технологічної підготовки виробництва.

Попередню оцінку сталості процесу фрезерування можна провести на підставі його математичної моделі. Така модель має урахувати три суттєві ознаки, ігнорування будь-якої з них приводить до втрати адекватності. Такими ознаками є замкненість пружної технологічної обробної системи (ТОС), не лінійність перехресних зв'язків пружної ТОС, оброблення за слідом.

Для прогнозування сталості пропонується критерій Найквіста, який адаптований до замкненої системи з ланкою запізнюючого аргументу в позитивному зворотному зв'язку. Моделювання виконується за спеціально розробленою програмою [2]. Результати цифрового моделювання представлені на рис. 1.



а) діаграма Найквіста; б) процес у часі

Рис. 1. Результати моделювання

Охоплення графіком діаграми Найквіста точки $[1,0]$ свідчить про несталість процесу – з плином часу амплітуди коливань збільшуються.

Висновок. Для визначення сталості можна використовувати модифікований критерій сталості Найквіста, адаптований до замкненої системи з позитивним запізнюючим зворотним зв'язком.

Література: 1. Altintas Y. *Manufacturing automation: metal cutting mechanics, machine tool vibrations, and CNC design*. Cambridge University Press, New York, NY 10013-2473. USA 2012. 366 p. doi:10.1115/1.1399383. 2. Petrakov Y., Sikailo M. Simulation modeling of 2.5D milling dynamics by end mills // Вісник НТУ "ХПІ" № 2 (12) серія "Нові рішення в сучасних технологіях", 2022, Харків, С.17-24 / doi:10.20998/2413-4295.2022.02.03

МЕХАНІЧНА ОБРОБКА ЗАГОТОВОК ІЗ ТИТАНУ, ОТРИМАНИХ АДИТИВНИМ СПОСОБОМ

Пірогов Д.О., Цибуленко В.О., Воронцов Б.С.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна)

Розробка матеріалів для медичної, аерокосмічної і автомобільної промисловості стала однією із важливих областей для досліджень за останні роки. Звичайно, що для виготовлення виробів в цих галузях використовуються різноманітні матеріали, в тому числі сталі, чавун та сплави. Однак, титан і сплави на його основі, виявилися кращими, завдяки його покращеним властивостям. Серед численних методів адитивного виробництва, методи селективного лазерного і електронно-променевого плавлення часто використовуються для виготовлення металевих компонентів завдяки кращій щільності наплавлення і високій точності розмірів, які вони забезпечують. Численні методи показують, що 3D-друк титану і титанових сплавів має великі перспективи. [1]

За останній час титан і його сплави представляють високий інтерес для медичної, аерокосмічної і автомобільної промисловості [2]. Це пов'язано із тим, що титан і його сплави відрізняються від інших матеріалів, високою міцністю, зносостійкістю, біосумісністю, відмінною корозійною стійкістю, низьким модулем пружності, а також покращеною стійкістю до окислення, що дозволяє його використовувати при високій температурі. Саме тому титан і було обрано як матеріал для виробництва деталей адитивними методами.

Селективне лазерне плавлення (SLM) на основі титана дозволяє виготовляти геометричні форми і деталі зі складними переходами і внутрішніми елементами, які неможливо виготовити за допомогою лиття і інших традиційних методів, так як головна перевага SLM – це пошарова побудова або пошарове наплавлення. Але неправильно вибрані параметри наплавлення або подальше твердіння може вплинути на мікроструктурні властивості виготовлених деталей, тим самим викликати дефекти, такі як розшарування, тріщини і пори, що в свою чергу ускладнюють подальшу технологію обробки. [1]

Титановий сплав являє собою матеріал з високою питомою міцністю, що має чудові механічні характеристики, такі як висока жорсткість, опір руйнуванню і твердість при високих температурах, тому він застосовується в різних областях. Тим не менш, чудові характеристики титанового сплаву генерують високу теплоту в процесі різання, стимулюючи зношування інструменту і знижуючи точність процесу. У процесі оброблення титанового сплаву основною причиною зносу інструменту є прилипання стружки внаслідок нагрівання різання при високій температурі, і для збільшення терміну служби інструменту необхідний контроль швидкості різання і температури різання. На шорсткість поверхні більше впливає швидкість подачі, ніж швидкість різання, і чим менше швидкість подачі, тим гладкіше становиться поверхня. Фактори, що впливають на термін служби інструменту є матеріал інструменту, швидкості

різання та швидкості подачі. В процесі оброблення основними причинами зносу ріжучого інструменту є адгезія та дифузія тепла різання [3].

Деталі, вироблені 3D-друком, неможливо використовувати напряму. Це пов'язано з тим, що цілісність поверхні деталей SLM погана, зокрема і за шорсткості поверхні, твердості і залишкового напруження поверхні SLM навіть вище, ніж у кованого варіанту матеріалу [4]. Тому поверхневий матеріал деталей повинен бути видалений звичайними процесами різання матеріалу, щоб отримати прийнятну обробку поверхні. Однак механічні властивості титанових сплавів SLM відрізняються від властивостей кованого титанового сплаву через унікальну мікроструктуру заготовки, викликану швидким плавленням та затвердінням під час процесів 3D-друку. Ці механічні властивості впливають на пружно-пластичну деформацію матеріалу заготовки під час процесу різання, викликаючи зміни в силах різання, температурах і стані зносу інструменту в процесах різання, що в кінцевому підсумку впливає на шорсткість поверхні і залишкову напругу в оброблюваних деталях. Крім того, мікродофекти в 3D-друкованих Ti6Al4V також можуть вплинути на якість поверхні, що обробляється. Зокрема, зерна сплаву грубі, а пори завжди знаходяться всередині структури, що також може знизити цілісність поверхні після різання [5].

Тому необхідно досліджувати оброблюваність титанових сплавів SLM, щоб забезпечити високу якість поверхні, що обробляється. Поєднання техніки 3D-друку із процесом подальшої механічної обробки є невід'ємною частиною якісної деталі, адже є розуміння, що досягти необхідну точність неможливо без традиційних методів механічної обробки. Зрештою, використання сплавів на основі титану спонукає до проведення додаткових досліджень, так як і SLM-технологія в цілому.

Література:

1. Additive manufacturing of titanium-based alloys- A review of methods, properties, challenges, and prospects [Електронний ресурс] / Thato SharonTshephe, Samuel OlukayodeAkinwamide, Eugene Olevsky, Peter Apata Olubambia // Heliyon. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09041>.
2. Furuta T. Automobile applications of titanium [Електронний ресурс] / Furuta // Titanium for Consumer Applications. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815820-3.00006-X>.
3. Seung Hyeon You. A Study on Cutting Characteristics in Turning Operations of Titanium Alloy used in Automobile [Електронний ресурс] / Seung Hyeon You, Jeong Hwan Lee, Sung Hoon Oh // International Journal of Precision Engineering and Manufacturing. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: https://link.springer.com/article/10.1007/s12541-019-00027-x?utm_source=getftr&utm_medium=getftr&utm_campaign=getftr_pilot.
4. Hoye, N.; Cuiuri, D.; Rashid, R.; Palanisamy, S. Machining of GTAW additively manufactured Ti-6Al-4V structures. Int. J. Adv. Manuf. Technol. 2018, 99, 313–326. – Режим доступу до ресурса: <https://doi.org/10.1007/s00170-018-2494-8>
5. Khanna, N.; Zadafiya, K.; Patel, T.; Kaynak, Y.; Rashid, R.; Vafadar, A. Review on machining of additively manufactured nickel and titanium alloys. J. Mater. Res. Technol. 2021, 15, 3192–3221 – Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.09.088>

ПРОБЛЕМИ ОБРОБКИ ЦИЛІНДРИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ З НЕРІВНОМІРНОЮ ГЕОМЕТРИЧНОЮ ПОВЕРХНЕЮ В УМОВАХ ДИНАМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ІНСТРУМЕНТУ

Погорильчук В.А., Громовий О.А., Храбан Д.В.

(Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир, Україна)

Деталі типу валів займають значну частку виробів у машинобудівній галузі. Це колінчасті вали, торсіонні вали, поверхні приводних, карданних валів та інші. Такі деталі виготовляються з таких матеріалів, як Сталь 45, 40ХН, 50Г та інших, щоб витримувати значні навантаження, проте з часом зовнішні поверхні цих деталей зношуються. З економічної точки зору, в більшості випадків, відновлення зношених поверхонь деталей напиленням або наплавленням значно вигідніше ніж виготовлення нової деталі, що зменшує витрати на виготовлення і обробку заготовок.

Щоб покращити зносостійкість деталі, на відновлювані поверхні варто наплавляти або напилювати сполуки з надтвердими конструкційними матеріалами, що мають кращі фізичні властивості, високу твердість покриття, збільшену зносостійкість.

Так як після напилення або наплавлення покриття утворюється нерівномірна геометрична поверхня, постає проблема обробки таких поверхонь лезовим різальним інструментом.

Різальний інструмент з швидкорізальних, легованих та вуглецевих сталей використовувати недоцільно через їхню низьку твердість, а також недостатню теплостійкість. Використання різального інструменту зі змінними багатогранними пластинами на основі кубічного нітриду бору (КНБ) наразі є бажаним але залишається малодослідженим.

Процес різання наплавлених поверхонь супроводжується значними динамічними напруженнями, високою температурою в зоні різання та підвищеним зношуванням різальної частини інструменту, що негативно позначається на показниках якості утвореної поверхні, продуктивності її обробки. Також на якість і продуктивність обробки впливають геометрія пластини, кути, підбір матеріалу пластини на основі КНБ, режими різання.

Незважаючи на попередні дослідження вітчизняних та закордонних авторів, які розглядали тематику обробки зовнішніх поверхонь валів з нерівномірним профілем в умовах динамічного навантаження інструменту проблема залишається не до кінця дослідженою.

Враховуючи вище зазначену інформацію, автори планують отримати реальні результати якості обробки циліндричних деталей із зовнішньою нерівномірною геометричною поверхнею в умовах динамічного навантаження інструмента.

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСАМИ СПРОЩЕНИМ АЛГОРИТМОМ МЕТОДУ ГРУПОВОГО ВРАХУВАННЯ АРГУМЕНТІВ

¹Равська Н.С., ¹Корбут Є.В., ¹Родин Р.П., ¹Парненко В.С.,

²Заковоротний О.Ю., ²Клочко О.О., ³Сапон С.П., ⁴dr. Rolahd Loroeh

(¹КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна, ²Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна,

³Національний університет «Чернігівська політехніка» м. Чернігів, Україна,

⁴Loroeh GmbH, Morlenbach, Germany)

Ефективність будь-якого процесу залежить від управління процесами. Імітаційне моделювання в ідкриває широкі можливості оптимального управління ними і забезпечує побудову моделей, описуючих діючий процес. Серед видів імітаційного моделювання систем і методів заслуговують методи, засновані на теорії евристичної самоорганізації.

Теорія самоорганізації базується на принципах самоорганізації і масової селекції [1, 2, 3, 4, 5] та реалізується в алгоритмах методу групового врахування аргументів (МГВА).

Існує ряд видів алгоритмів МГВА, проте всі вони характеризуються структурною спільністю на принципі самоорганізації, який в алгоритмах МГВА реалізується наступними основними положеннями: принцип зовнішнього доповнення; Геделевський підхід при самоорганізації моделей; зовнішні критерії селекції; розподіл таблиці експериментальних даних на дві частини; гіпотеза селекції; принцип збереження свободи вибору; застосування евристичних методів; одночасне моделювання на рівній спільності мови математичного моделювання.

Самоорганізація потребує незначних вимог до апріорної інформації, щоб здійснити перебір безкінечно великої кількості варіантів. Для цього достатньо невеликого числа експериментів і формулювання цілей досліджень. Розглянемо побудову алгоритмів МГВА на прикладі модифікованого спрощеного алгоритму МГВА.

Перевагою алгоритму в порівнянні з іншими алгоритмами цього класу є: наявність можливостей розширення вектора вихідних даних, що приводить до спрощення розрахунків та одержання більш точного математичного опису. Крім того, ця особливість дозволяє більш повно враховувати накопичений досвід, заздалегідь задаючи найбільш вірогідний масштабний простір, в якому здійснюють пошук математичної моделі; наявність апарату для усунення колінеарності - прийому ортогоналізації.

Даний прийом спрощує вид опису, зводить рішення системи рівнянь Гауса (для визначення коефіцієнтів) до розрахунку оцінки одного коефіцієнта, дозволяє використовувати неоптимальні статистичні плани і дані пасивного експерименту.

У спрощеному алгоритмі МГВА здійснюється однаковий по кількості експериментальних точок поділ на навчальну та перевірочну послідовності. В

даному алгоритмі критерієм вибору найбільш перспективних описів моделі даного ряду для роботи наступного використовується коефіцієнт зміщення [3, 4].

Наводиться приклад моделювання процесу свердління волокнистих полімерних композиційних матеріалів інструментом з дискретним покриттям глобулярної структури нанесеним електроіскровим способом. В останній час для управління технологічними процесами використовують штучні нейронні мережі (ШНМ), які являють собою математичні моделі з їх програмним апаратним комплексом [4, 6, 7, 8, 9].

Слід зазначити, що побудова моделей ШНМ базується на теорії евристичної самоорганізації. В зв'язку з цим виникає можливість на основі моделей, одержаних з використанням алгоритмів МГВА створювати ШНМ з включенням цих моделей в мережу і подальшою корекцією системи управління. Так, враховуючи спільність основних положень теорії самоорганізації ШНМ та МГВА, до змінних мережі додати модель в якості змінної Z . В результаті одержимо нейронну мережу, яка списує фізичні явища, що супроводжують процес. Це дозволить значно підвищити ефективність та точність управління процесом.

Література: 1. Ивахненко А.Г. Системы эвристической самоорганизации в технической кибернетике / А.Г. Ивахненко. – К.: Техніка, 1971. – 372 с. 2. Ковалева Л.И. Основные положения алгоритма для моделирования процесса резания с учетом физических явлений, его сопровождающих. / Ковалева Л.И. Дюбнер Л.Г., Скрынник П.В., // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. ДДМА. – 2004. – №15. – с.241-246. 3. Равская Н.С. Применение методов самоорганизации для идентификации процессов и объектов/ Н.С. Равская, Л.И. Ковалева // Lucrarile stiintifice all simpozion lui international, Universitaro Ropet. – 2002. Inginerie Mecanica, Petrosani, Focus. 4. Джимми У.Ки. Искусственные нейронные сети управления технологическими процессами. Часть 1, Control Engineering, – №3 (63). – 2016. – С. 62-66. 5. Равская Н.С. Нейронные сети, учитывающие физические явления, сопровождающие процесс резания / Н.С. Равская, А.А. Клочко, А.Ю. Заковоротный, Е.В. Корбут, Р. П. Родин // Mechanics and Advanced Technologies. – № 2 (89), 2020. – С. 155-162, 6. Майборода В.С., Охрименко О.А., Равская Н.С., Грабченко А.И., А.А. Клочко, Заковоротный А.Ю., Федоренко В.С.. Энергетические упругие и пластические деформации срезаемого слоя закаленных цилиндрических колес при встречном скоростном зубофрезеровании лезвийным инструментом. Інформатика, управління та штучний інтелект. Тези восьмої міжнародної науково-технічної конференції. – Харків: НТУ "ХПІ", 2021. – С. 92 – 93. 7. Шелковой А.Н., Гасанов М.И., Набока Е.В., Клочко А.А., Белоусов Н.А., Новиков Ф.В. Имитационное моделирование технологического обеспечения эксплуатационных свойств крупногабаритных зубчатых колес. Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении: Материалы международной научно-технической конференции, 22-24 сентября 2021 г., г. Одесса. – Одесса: Государственный университет «Одесская политехника», 2021. – С. 207 – 210. 8. Равська Н.С., Корбут Є.В., Івановський О.А., Родин Р.П., Парненко В.С., Заковоротний О.Ю., Клочко О.О., Сапон С.П., Lorooh Rolahd Теорії евристичної самоорганізації в імітаційному моделюванні управління процесами. Проблеми інформатики та моделювання (ПІМ-2021). Тези двадцять першої міжнародної науково-технічної конференції. – Харків: НТУ "ХПІ", 2021. – С. 61 – 62. 9. Имитационное моделирование в задачах машиностроительного производства в 2-х томах, Т. 1: учеб. пособие / А.В. Беловол, А.А. Клочко, Е.В. Набока, А.О. Скоркин, А.Н. Шелковой. под редакцией А.Н. Шелкового // Х.: НТУ «ХПИ», 2016. – 400 с. – На русском языке. ISBN 978-966-593-749-4.

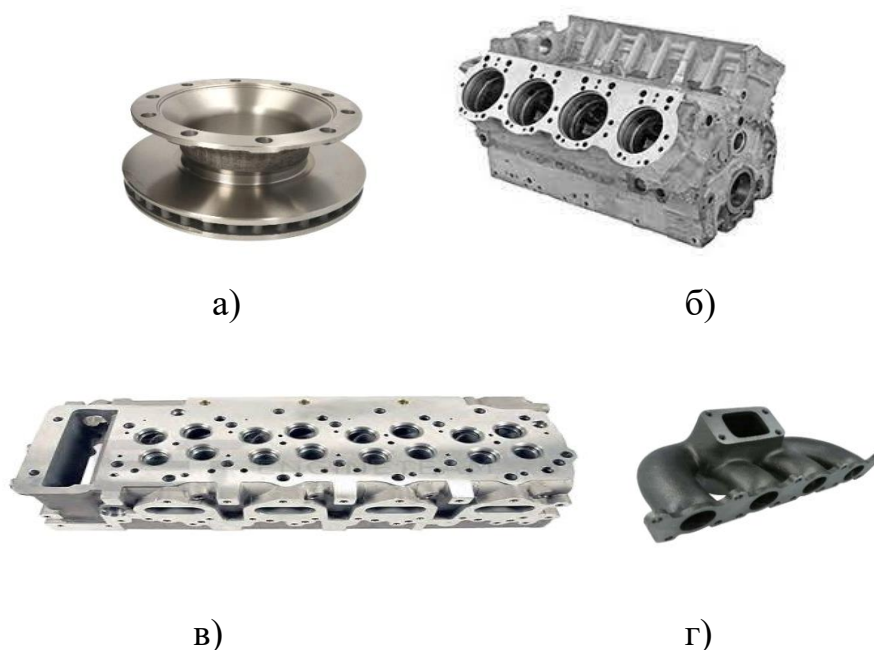
ЕФЕКТИВНІСТЬ ОБРОБКИ ЛЕЗОВИМ ІНСТРУМЕНТОМ ПЛОСКИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ З ЧАВУНІВ

Радкевич С.І., Мельничук П.П., Глембоцька Л.Є.

(Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир, Україна)

У різних галузях машинобудування використовується велике розмаїття чавунів, які мають певні характеристики та застосування. Вони можуть дуже сильно відрізнитися для різних типів чавунів. У тезах даної доповіді розглянуто, як вони впливають на характер їх оброблюваності та на надійність та зносостійкість деталей виготовлених з них.

Найбільше застосування мають сірі чавуни, які при своїй низькій вартості мають порівняно високі фізико-механічні характеристики та легко оброблюються різними видами різальних інструментів. Проте вагомим недоліком їх є велика вага. Коли ж постає питання зменшення ваги деталей, а поряд з тим збільшуються вимоги щодо міцності та надійності їх, то раціональним є застосування високоміцних чавунів, яким властиві вищі фізико-механічні характеристики та деталі з яких мають меншу вагу. До таких, зокрема, входять високоміцні чавуни з графітом кулястої форми (SGI), чавуни з вермикулярним графітом (CGI) і т.д. Дані чавуни використовуються найчастіше для виготовлення блоків двигунів, головок циліндрів, випускних колекторів, гальмівних дисків особливо для потужних великогабаритних транспортних засобів (рис. 1).



а) гальмівний диск; б) блок двигунів;
в) головка блоку циліндрів; г) випускний колектор
Рис. 1. Деталі з високоміцних чавунів

Високоміцні чавуни з графітом кулястої форми (SGI), також відомі як ковкі чавуни, є ідеальними матеріалами для виготовлення деталей з високими вимогами міцності та жорсткості. Вони мають високі значення міцності на розрив, теплостійкості при відносно низькій вартості. Протягом останніх років особливою популярністю для виготовлення вищезгаданих деталей почали користуватися чавуни з вермикулярним графітом (CGI), завдяки їх кращій ливарності та термічній стійкості. Вони є ідеальними матеріалами для виготовлення деталей, які піддаються одночасним механічним і термічним навантаженням. При виготовленні блоків циліндрів з чавунів з вермикулярним графітом навантаження на нього може зменшуватися на 25%, завдяки їх високій втомній міцності. Застосовуючи чавун з вермикулярним графітом загальна маса двигуна внутрішнього згорання може бути зменшена на 9%.

Аналіз існуючих наукових праць присвячених підвищенню ефективності обробки деталей з чавунів показав, що найбільше складнощів виникає при обробці деталей з високоміцних чавунів, які є малодослідженими і потребують розширення рекомендацій по вибору оптимальних режимів різання та інструментальних матеріалів. Плоскі поверхні деталей з високоміцних чавунів, розглянуті у тезах даної доповіді, мають високі вимоги щодо геометрії та шорсткості. Обробка їх фрезеруванням дозволяє задовольняти ці вимоги, однак вона вимагає багато зусиль, так як за рахунок збільшення вмісту легуючих елементів в них, для підвищення їх міцності, зокрема титану з 0,01 до 0,02% збільшуються сили різання, що призводить до зменшення терміну служби інструментів за таких умов майже на 50%. До того ж, збільшення вмісту перліту, характерного для даного типу чавунів, яке досягається за рахунок добавок Cu та Sn також веде до зменшення ресурсу інструменту та підвищує сили різання та температуру в зоні різання. При обробці різанням сірих чавунів з пластинчастим графітом утворюється стружка надлому, внаслідок зсуву шарів по гострих кромках пластинчастих графітних включеннях. Для високоміцних чавунів графітні включення мають закруглені краї, які не сприяють утворенню тріщин, і як наслідок виникають вищі різальні сили та утворюється зливна стружка. Різальний інструмент в таких умовах швидше зношується і має менший період стійкості, особливо при обробці поверхонь великогабаритних деталей, коли час контакту інструмента з оброблюваною поверхнею збільшується.

Зважаючи на те, що високоміцні чавуни мають істотно відмінний характер обробки, у порівнянні з обробкою сірих чавунів, і більшість існуючих рекомендацій не враховують їх індивідуальних особливостей, існує необхідність дослідження і покращення їх оброблюваності, та розширення і впорядкування рекомендацій щодо вибору оптимальних режимів різання та інструментальних матеріалів.

Для підвищення ефективності обробки плоских поверхонь деталей з різних типів чавунів, зокрема високоміцних, плануємо розробити багатолезовий інструмент з механічним кріпленням змінних різальних вставок різних форм з надтвердих матеріалів, та на його основі створити рекомендації щодо їх обробки.

МЕТОДИКА ОЦІНКИ МІЦНОСТІ АДГЕЗИВІВ НА ЗСУВ У АДГЕЗИЙНИХ ШАРАХ БАГАТОШАРОВОГО СКЛА, ПОРУШЕНОГО ПРИ УДАРНИХ ВПЛИВАХ

Родічев Ю. М., Сорока О. Б.

(Інститут проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАНУ, м. Київ, Україна)

Визначення ефективності нових видів броньованого скла і контроль якості продукції за показниками адгезійної міцності адгезійних плівок і полімерів є важливою задачею, яка включає врахування пошкоджуваності багатошарового скла на характеристики адгезійної міцності з точки зору розробки концепції “post-failure strength” (міцності конструкції після часткового руйнування або залишкової міцності) [1, 2]. Традиційні способи випробувань зразків багатошарового скла на зсув [3, 4] мають ряд недоліків: зразки відрізняються від реальних виробів за структурою і технологією виготовлення; не враховуються масштабні фактори, експлуатаційні пошкодження і часткове руйнування адгезивів та силових шарів; силовими можуть бути елементи з органічного скла, полікарбонату, які відрізняються від елементів структури зразків.

Метою роботи є розробка методики оцінки міцності адгезивів на зсув у адгезійних шарах багатошарового скла, порушених при ударних впливах.

Методику відпрацьовано при тестуванні виготовлених за автоклавною технологією пластин скла, пошкоджених ударними впливами. Запропоновано оцінювати механічний стан окремих адгезійних шарів шляхом локальних випробувань на зсув прямокутних фрагментів адгезійних з'єднань елементів конструкцій, утворених вертикальними ортогональними надрізами необхідної глибини, виконаними з використанням абразійних алмазних кругів (рис. 1).

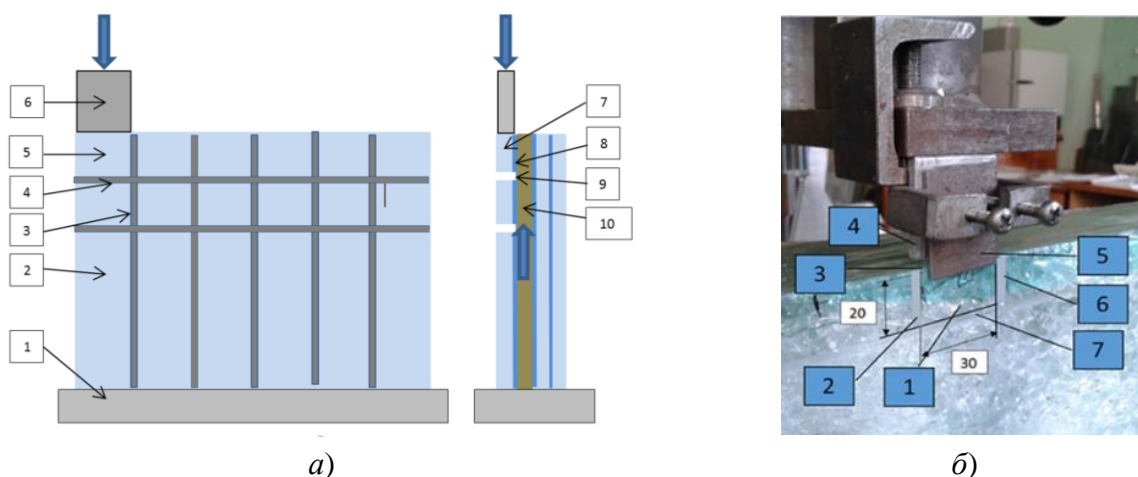


Рис. 1. а) Схема формування фрагментів шару скла і адгезійного з'єднання для випробувань міцності на зсув адгезивів: 1 – опора; 2 – пластина багатошарового скла з вертикальними (3) та горизонтальними (4) надрізами; 5, 7 – кутовий фрагмент адгезійного з'єднання; 6 – пуансон, навантажений вертикальною силою; 8 – фрагмент адгезійного шару; 9 – профіль горизонтального надрізу; 10 – шар полікарбонату, б) пристрій для випробування на зсув виділеного фрагмента шару скла: 1, 3 – фрагмент скла та його верхній торець; 2, 6, 7 – надрізи; 4 – пуансон; 5 – упорна пластина

Границю міцності на зсув адгезиву τ у складі адгезійного шару пластин визначали за формулою

$$\tau = \frac{P}{F_a}, \quad (1)$$

де P – гранична сила при руйнуванні адгезійного шару площею F_a .

Визначено вплив неоднорідності ступеню пошкодження і руйнування крайових частин багат шарового склополімерного блоку на міцність адгезійної плівки. Максимальне значення границі міцності на зсув 4,3...4,7 МПа отримано на фрагментах адгезійного шару, розташованих у середніх частинах краю пластини, які є найменш пошкодженими внаслідок достатнього віддалення від центрів локального ударного навантаження. Дещо менша величина τ 3,97...4,0 МПа є характерною для кутових фрагментів, що обумовлено впливом вологи повітря ті інших зовнішніх факторів на торцях пластин. При наближенні до центрів ураження ударниками (швидкість впливів до 1000 м/с) величина адгезійної міцності плівки зменшується до 2,6...3,3 МПа (відстань до центрів ураження 45...75 мм). Тому наступні ударні впливи на відстані менше 75 мм від місць влучення можуть призводити до пробиття блоку. Розміри порушених фрагментів першого скла при випробуванні на зсув мають велике значення. Границя міцності на зсув для фрагмента з площею адгезійного шару 360 мм² була 2,7 МПа, що у 1,5...1,8 рази менше ніж у фрагментів площею 600 мм², які також розташовані у мало пошкоджених частинах пластини. При навантаженні фрагментів адгезійного шару пластини фіксували величину сили P_{mp} , коли було чути потріскування, пов'язане з взаємодією сусідніх уламків скла, порушеного під час ударних впливів. Акустичні сигнали спостерігались у більш пошкоджених ділянках і починали фіксуватися при напруженнях, величина яких складала 40...80% від границі міцності. Обстеження стану поверхні полікарбонату після випробувань на зсув показало, що відшарування адгезиву мало місце завжди на границі між адгезійним шаром і шаром полікарбонату. Залишки адгезійного шару завжди залишалися на уламках скла.

Запропонована методика дозволяє при визначенні величини границі міцності на зсув врахувати особливості механічного стану пошкодженого скла, ступінь деградації міцності адгезиву при ударних впливах та роль конструкційних і технологічних факторів, які є властивими для реальних елементів конструкцій і технічного рівня виробництва багат шарового скла.

Література: 1. Rodichev Y., Veer F., Soroka E., Strizhalo V., Shabetia A.. Structural strength of laminated glass. Challenging Glass Conference 6 : Conference on the Architectural and Structural Application of Glass, Delft, 17-18 May 2018. TU Delft, Netherlands, 2018. P. 453–462. (режим доступу: <https://cgsc.openaccess.ac/index.php/cgsc/issue/view/17>). 2. Bos F. The integrated approach to structural glass safety applied to glass beams. Challenging Glass 2 : Conference on Architectural and Structural Applications of Glass, Delft, 20-21 May 2010. TU Delft, Nederland, 2010. P. 297–308. 3. Справочник фирмы TROSIFOL по пленке ПВБ. – 4 издание. – Kuraray Specialities Europe GmbH, отделение TROSIFOL.–Тройсдорф. –2005г. – 125 стр. 4. ГОСТ 9438-85. Пленка поливинил бутиральная клеящая. Технические условия. М.: Издательство стандартов, 1988. (режим доступу: <http://docs.cntd.ru/document/gost-9438-85>).

МАСШТАБНИЙ ЕФЕКТ СТІЙКОСТІ ЛАМІНОВАНИХ ЕЛЕМЕНТІВ З МОДИФІКОВАНОГО СКЛА ПРИ БАГАТОКРАТНОМУ УДАРНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

¹Родічев Ю. М., ¹Сорока О. Б., ²Ковальов В.Д., ²Васильченко Я.В.

(¹Інститут проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАНУ, м. Київ, Україна,

²Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

Багатошарові композитні елементи типу пластин на основі модифікованого листового флоат скла підвищеної міцності застосовуються в екстремальних умовах ударного навантаження. Актуальною проблемою є невизначеність масштабного ефекту ударної стійкості пластин, який негативно впливає на ефективність захисту залежно від їх розмірів, структури, технологій зміцнення скла і умов навантаження [1, 2]. Складність прогнозування поведінки зміцненого скла у таких умовах обумовлена тим, що масштабний ефект стійкості суттєво залежить від багатьох мікро- та макророзмірних факторів, що потребують дослідження і контролю [3, 4].

Метою роботи була оцінка масштабного ефекту ударної стійкості ламінованих пластин різних розмірів зі скла підвищеної міцності при багатократному навантаженні.

Методика забезпечила випробування пластин та систем прозорого захисту з площею від 300 до 9500см² при швидкості впливів до 1000м/с за стандартними і спеціальними вимогами з урахуванням типів, розмірів і швидкості ударників та ступеню поступової деградації композитної структури елементів.

Отримано результати оцінки масштабного ефекту стійкості елементів в залежності границі статичної міцності на згин стандартних зразків і великогабаритних структурних елементів модифікованого скла різної товщини з міцністю на згин до 600МПа. Визначено вплив мікротріщин поверхні, способів зміцнення, рівня і товщини шару залишкових напружень стиску, характеру та ступеню пошкодження, а також характеристик механічної поведінки неоднорідно порушених багатошарових елементів на масштабний ефект їх ударної стійкості при багатократному навантаженні. Запропоновано і реалізовано технічні рішення для підвищення стійкості перспективних елементів і систем захисту з урахуванням визначальних факторів масштабного ефекту.

Література: 1. Родічев Ю. М., Сорока О. Б., Ковальов В. Д., Васильченко Я. В. Конструкції та технології систем прозорого захисту // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Краматорськ – Київ, 2016. – Вип. 38. – С. 85 – 93. 2. Родічев Ю.М. Конструкційна міцність скла та вплив масштабного фактора. Вісник Тернопільського національного університету. 2013. № 4. С. 140 – 150. 3. Charles E. A., Weiss C.E., Chocron S. Impact Experiments into Borosilicate Glass at Three Scale // Southwest Research Institute, P.O. Drawer 28510, – San Antonio–, TX 782, SwRI Report 18.12544/018. – 2009. – PP.76. 4. Сорока Е. Б., Родічев Ю. М., Шабетя А. А. Прочность и дефектность листового стекла, упрочненного ионным обменом. Динаміка, міцність та моделювання в машинобудуванні: тези доп. II міжнародна науково-технічна конференція, м. Харків, 5- 8 жовтня 2020 р. – Харків, 2020. – С. 123–126.

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВІДЦЕНТРОВОЇ АБРАЗИВНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ

Серілко Л.С., Пікула М.В., Стадник О.С.

*(Національний університет водного господарства та природокористування,
м.Рівне, Україна)*

Всі галузі машинобудування характеризуються значним обсягом ручних операцій фінішної обробки деталей, зокрема - фасонних. Тому актуальною задачею є створення вискоефективних технологічних процесів обробно-зачищувальної обробки в умовах масового і серійного виробництва.

Одним з методів, що забезпечують ефективне шліфування деталей складної форми, є вібраційна обробка. Рух маси завантаження у робочих камерах забезпечує швидкість відносних переміщень до 2,5 м/с і тиск робочих тіл на поверхні деталей до 0,3 МПа, що забезпечує високу продуктивність обробки. Завдяки техніко-економічним перевагам обробка деталей ущільненим потоком вільного абразиву займає важливе місце серед прогресивних методів безрозмірною обробки.

Актуальність теми. Для підвищення якості відцентрової абразивної обробки важкодоступних ділянок фасонного профілю деталей пропонується інтенсифікувати відносний рух гранул і поверхонь деталей за рахунок удосконалення пристрою для відцентрової обробки деталей

Мета роботи – удосконалення пристрою для відцентрової абразивної обробки деталей.

Для формування заданих якісних характеристик поверхневого шару деталей різної форми - запропоновано пристрій, що містить робочу камеру, встановлену в підшипниковому вузлі, і привід. У камері розташований похилий розсікач над перфорованою перегородкою, яка орієнтована під кутом до горизонтальної площини і має бічну щілину у верхній частині, при цьому робоча камера виконана конічною з конусністю 25-35° та з сферичною чи еліпсоїдною кришкою [1].

При ввімкненні приводу маса завантаження починає здійснювати складний рух. Під дією відцентрових сил інерції деталі і абразивні гранули піднімаються по внутрішній поверхні робочої камери і після контакту з сферичною кришкою інгредієнти маси завантаження починають рухатися назустріч один одному. В результаті відбувається їх інтенсивне перемішування, зіткнення та відповідна обробка деталей. Під дією гравітаційних сил інгредієнти маси завантаження опускаються вниз і розділяються перфорованою перегородкою на де талі та абразивні частинки. Цикл обробки повторюється.

Удосконалена конструкція пристрою для відцентрової абразивної обробки дає можливість підвищити якість і продуктивність процесу очищення деталей.

Література: 1. Пристрій для відцентрової обробки деталей : пат. 117736 Україн, МПК В24В 31/06. № u201613503; заявл. 28.12.2016; опубл. 10.07.2017, Бюл. № 13.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУГ ПІСЛЯ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНОГО ШЛІФУВАННЯ

Стрельчук Р.М.

(НТУ «ХПІ» м. Харків, Україна)

Формоутворення робочих поверхонь різальних інструментів зі сплаву ВК6 переважно реалізувати лише в процесі електроерозійного шліфування зі змшною полярністю електродів [1]. Безперечним є той факт, що існує зв'язок між експлуатаційними характеристиками та фізико-механічним станом робочих поверхонь інструменту [2]. Тому вивчення стану поверхневого шару інструменту з твердого сплаву марки ВК6 після електроерозійного шліфування є досить актуальним.

Стан поверхневого шару вивчався у твердосплавних пластинах ВК6 у вихідному стані після спікання та полірування, після електроерозійного та алмазно-іскрового шліфування за наступних умов: на заточному верстаті моделі 3Д642Е застосовувалася торцева схема шліфування, яка здійснювалася чашковими кругами 10×3×32 на зв'язці М1-01 з алмазними зернами АС6, зернистістю 100/80 та концентрацією – 4. Режими обробки: нормальний тиск $P_n=1,2$ МПа, швидкість круга $V=25$ м/с, амплітуда імпульсу розрядного струму $I=8$ А, частота проходження імпульсів $f=44$ КГц. Модельні зразки піддавалися рентгенівському дослідженню на дифрактометрі ДРОН 2.0 у фільтрованому випромінюванні залізного анода. Дифрактограми реєструвалися по крапково через $0,1^\circ$ з експозицією в кожній крапці $10''$. Розмір областей когерентного розсіювання оцінювався за розширеннями ліній за формулою Селякова-Шеррера. Аналіз напруженого стану проводився за допомогою $\sin^2\psi$ -метода. Для зйомок було обрано максимальна лінія при різному куті 2θ . Для кожного зразка було проведено перпендикулярну зйомку та похилі зйомки $\psi=\pm 30^\circ$ та $\pm 50^\circ$. Рівень залишкових напруг визначали за формулою:

$$\sigma = \frac{E}{1+\mu} \cdot \frac{d_\psi - d_\perp}{d_\perp} \cdot \frac{1}{\sin^2\psi} \quad (1)$$

де d_\perp – міжплощинні відстані, виміряні під кутом i до нормалі до поверхні зразка; ψ – кут між нормаллю до поверхні зразка і відповідною нормаллю до площин, що відбивають. У розрахунках прийнято макроскопічні значення пружних постійних: $E=720$ ГПа, $\mu=0,18$.

Для характеристики стану поверхневого шару проводився якісний фазовий аналіз, оцінювався розмір областей когерентного розсіювання та рівень (величина та знак) залишкових макронапруг [3].

По розширенню дифракційних ліній на малих кутах за формулою Селякова-Шеррера визначалися розміри областей когерентного розсіювання (ОКР):

$$L_{\text{окр}} = \frac{\lambda}{b \cos\theta} \quad (2)$$

Виявилося, що найбільші розміри областей когерентного розсіювання характерні для вихідного зразка твердого сплаву ВК6 – 600 Å, після алмазно-іскрового шліфування розміри ОКР істотно менше – 150 Å, а після електроерозійного шліфування дещо збільшуються і становлять 200 Å.

На рис.1 наведено $\sin^2\psi$ – графіки досліджених модельних зразків твердого сплаву. Подані графіки дозволяють оцінити рівень деформації, а також знак та величину залишкових макронапруг.

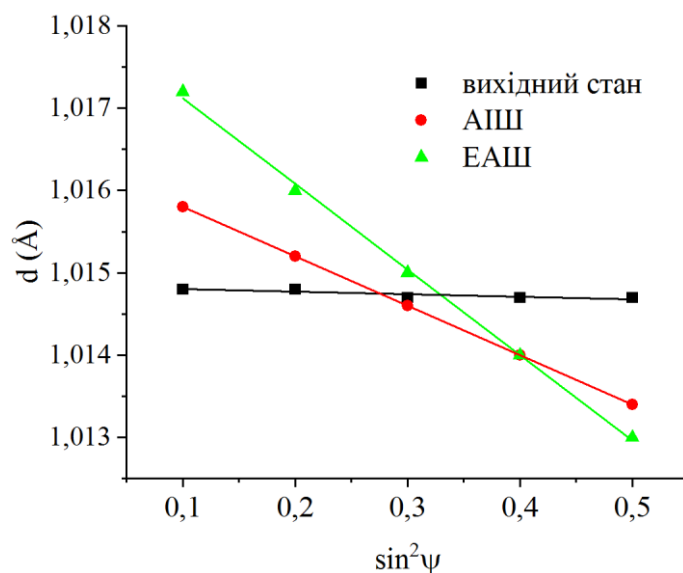


Рис. 1. $\sin^2\psi$ – графіки модельних зразків твердого сплаву ВК6

Для вихідного зразка $\sin^2\psi$ – графік є практично прямою лінією паралельною осі $\sin^2\psi$, що свідчить про відсутність макронапруг у дослідженому зразку після спікання. Ті невеликі деформації ($\epsilon=0,002$ мм) і залишкові макронапруги стиску ($\sigma = - 0,22$ ГПа) мабуть, викликані поліруванням. Після електроерозійного алмазного шліфування з змінною полярністю електродів деформації істотно вище ($\epsilon = 0,036$ мм), оцінка рівня залишкових стискаючих напруг дає значення $\sigma = - 3,8$ ГПа. У зразку після алмазно-іскрового шліфування деформація ($\epsilon = 0,012$), а $\sigma = - 1,2$ ГПа. Зниження рівня залишкових макронапруг при алмазно-іскровому шліфуванні можна пояснити вищим рівнем температур, що розвиваються в зоні різання [4]. Про це свідчить збільшення розмірів ОКР. Також інтенсифікація режимів обробки спочатку викликає зростання величини стискаючої залишкової деформації, а потім зниження. Це свідчить про взаємодію двох факторів – силового та теплового – з переважанням силового, що формує стискаючу деформацію.

Література: 1. Пат. UA 131894 U УКРАЇНА, МПК В24В 1/00 / Р.М. Стрельчук, М.Д. Узунян (UA); Укр. інж. пед. акад. Спосіб електроерозійного алмазного шліфування зі змінною полярністю електродів – № u201806851; Заявл. 18.06.2018; Опубл. 11.02.2019. Бюл. №3. 2. Jaensson, B.O.: Residual stresses and stress-strain behaviour of the WC-Co composite material. Materials Science and Engineering. 8, 41–53 (1971). 3. Zhao, X.X.: WC-Co Tool Failure Analysis and the Grinding Effect Study. Advanced Materials Research. 139–141, 269–273 (2010). 4. Zoei, M.S., Sadeghi, M.H., Salehi, M.: Effect of grinding parameters on the wear resistance and residual stress of HVOF-deposited WC–10Co–4Cr coating. Surface and Coatings Technology. 307, 886–891 (2016).

МЕТОДИКА МОДЕЛЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ ЗАПОБІГАННЯ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ НА МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Ступницька Н.В., Лісцин С.

(НУ «Львівська політехніка», м. Львів, Україна)

Математична модель комплексної структурно-параметричної оптимізації повинна відображати технічні, організаційні, економічні та соціальні аспекти планування системи заходів з охорони праці. За критерій оптимізації слід використати функцію мінімізації загального показника травмонебезпеки l -го виробничого підрозділу підприємства : $R_l \rightarrow \min$. Обмеження та умови математичної моделі повинні відображати можливість технічної та економічної реалізації плану, при умові досягнення найбільшого ефекту від впровадження системи заходів $\{b_{mn}\}$ для умов конкретної виробничої структури, що містить $\{a_{ij}\}$ об'єктивних джерел травматизму.

В загальному випадку математична модель описується в наступному вигляді (1, а - е) :

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^F \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^T (R_{ijk} \cdot B_{mn2jk} \cdot r_{1ijkn} \cdot r_{2ijkn} \cdot r_{3ijkn} \cdot r_{4ij} \cdot \alpha_{jn}) \rightarrow \text{MIN} \quad (\text{а})$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \bigwedge_{i=1}^I ((r_{1ijk} \cdot r_{2ijk} \cdot r_{3ijk}) - (r_{1ijkn} \cdot r_{2ijkn} \cdot r_{3ijkn} \cdot \alpha_{jn}) \geq 0; \\ \forall n=\overline{1, G}; (m=1); \forall j=\overline{1, F}; (F = A + B + C + D + E); \forall k=\overline{1, K}; \end{array} \right. \quad (\text{б})$$

$$\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^F (S_{\text{осн } mn} + S_{\text{доп } mn} + S_{\text{зп } mn} + S_{\text{монт } mn} + S_{\text{пр } mn} + S_{\text{ф } mn} + S_{\text{пп } mn}) \leq [S] \quad (\text{в})$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \prod_{k=1}^K B_{mn2j} \leq 1; (\alpha_{jn} \neq 0; \\ \forall n=\overline{1, T}; (T = G + H + P + Q); \forall j=\overline{1, F}; (F = A + B + C + D + E); \end{array} \right. \quad (\text{г})$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \bigwedge_{m=1}^M B_{mn3j} = 1; (\alpha_{jn} \neq 0; \\ \forall n=\overline{1, T}; (T = G + H + P + Q); \forall j=\overline{1, F}; (F = A + B + C + D + E); \end{array} \right. \quad (\text{д})$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^T T_{\text{шт } j} \cdot B_{mn4j} \cdot \alpha_{jn} \leq \frac{60 \cdot F_d \cdot \eta_j}{N}; \\ \forall j=\overline{1, A}; \end{array} \right. \quad (\text{е})$$

Функція мети (а) являє собою критерій мінімуму інтегрального показника травмонебезпеки обладнання та споруд цілого виробничого підрозділу. Тут прийняті позначення:

R_{ijk} - рівень небезпеки j -го джерела травматизму i -ї групи обладнання по k -й причині, що змінюється за експотенційним законом [1];

V_{mn2jk} - коефіцієнт ефективності впровадження n -го заходу m -го виду для j -го джерела травматизму по k -й причині [2];

r_{ijkn} - коефіцієнти, що характеризують наявність або відсутність штатних (r_{1ijkn}) систем захисту; наявність додаткових засобів автоматизації (r_{2ijkn}); умов (r_{3ijkn}) та строку їх експлуатації (r_{4ij}) після впровадження n -го заходу запобігання травматизму [1];

$\alpha_{jn} = 1$, якщо передбачається впровадження n -го заходу на j -му обладнанні, $\alpha_{jn} = 0$, у протилежному випадку.

Обмеження (б) - (е) складають такі вимоги:

(б) - кожен запропонований захід n ($n = \overline{1, T}$) запобігання травматизму обов'язково повинен призводити до збільшення впливу систем захисту, засобів автоматизації робіт та умов експлуатації обладнання на зниження імовірності травмування робітників, що працюють або знаходяться в межах функціонування кожного j -го ($j = \overline{1, F}$) джерела травматизму з кожної k -ї причини ($k = \overline{1, K}$);

(в) - економічні витрати на впровадження кожного n -го заходу m -го виду не повинні перевищувати наперед задану граничну суму витрат $[S]$ [2];

(г) - ефективність всіх заходів повинна бути позитивна, тобто впровадження кожного n -го заходу m -го виду для кожного j -го джерела травматизму повинно забезпечувати зменшення інтегрального рівня травмонебезпеки;

(д) - всі запропоновані заходи повинні бути доцільними для відповідного j -го джерела травмонебезпеки з можливістю конструкторської та технологічної реалізації плану та з врахуванням його технічної та експлуатаційної спадковості;

(е) - величина середньостатистичного штучного часу виконання технологічної операції на кожному j -му обладнанні ($j = \overline{1, A}$), змінена внаслідок впровадження обладнання та систем його функціонування, передбачених реалізацією n -го заходу m -го виду не повинна перевищувати такт випуску виробів (F_d - дійсний річний фонд часу роботи обладнання; η_j - нормативний коефіцієнт завантаження j -го джерела травматизму ($\eta_j \approx 0,85$); N - річна програма випуску виробів).

Література:

1. Stupnytska N., Stupnytsky V. Optimization model for planning set of measures to prevent occupational injuries in machine-building enterprises. Journal of KONBiN, 2020, Vol.50, Issue 1, pp.117-129.

2. Stupnytska N. Technical and Economic Analysis of the Consequences of Occupational Injuries at Machine-Building Enterprises. Journal of KONBiN, 2021, Vol.51, Issue 1, pp.1-12.

МЕТОДИКА ФІЛЬТРАЦІЇ ТА ЗГЛАДЖУВАННЯ ЦИФРОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В СИСТЕМІ DEFORM 2D

Ступницький В.В., Ше Сяньнін

(НУ «Львівська політехніка», м. Львів, Україна)

Складність у формалізації силової та термодинамічної характеристики процесу різання, виконаних методом скінченних елементів у системі DEFORM 2D полягає у значній зашумленості результатів розрахунків, що характерно для більшості високочастотних динамічних задач. В якості математичного забезпечення фільтраційної процедури згладжування даних реологічного моделювання, тобто підвищення точності та якості даних без спотворення тенденції сигналу, запропоновано використати математичний апарат Савицького-Гола [1].

Алгоритм вирішення такої поставленої задачі передбачає припасування послідовних наборів сусідніх точок даних поліномом низького ступеня за методом найменших лінійних квадратів. Ідея реалізації цього методу полягає у результаті припущення, що для точок даних, що знаходяться в однаковому часовому діапазоні один від одного, можна знайти аналітичне рішення рівнянь найменших квадратів у вигляді одного набору "коефіцієнтів згортки", які можна застосувати до всіх наборів даних, щоб отримати оцінки згладженого сигналу (або похідних згладженого сигналу) в центральній точці кожного такого набору. Тобто необхідно побудувати апроксимуючий поліном n -го ступеня по $(2k+1)$ послідовних рівновіддалених точок реологічного дослідження і використати його для розрахунку згладженого значення величини полінома в $(k+1)$ -й точці. Математично таке значення вираховується шляхом визначення ковзного зваженого середнього показника з ваговими показниками точок, позитивними в центрі вікна фільтрації та негативними на периферії. Результати фільтрації по Савицькому-Голу збігаються для поліномів ступеня $2n$ та $(2n+1)$. Наприклад, ковзне середнє значення силового параметру (відповідно до поліному нульового і першого ступеня) дадуть середнє значення сигналу, при якому апроксимуюча крива завжди проходить через центр групування результатів досліджень, рівний середньому арифметичному значенню параметрів сил різання у певному часовому діапазоні (вибраному інкрименті часу, наприклад $3 \cdot 10^{-5}$ с), яке видається як згладжене значення апроксимаційної кривої.

У загальному випадку просте ковзне середнє значення сили різання дорівнює середньому арифметичному від значень досліджуваної спектральної характеристики цього параметру у наперед встановленому діапазоні і обчислюється за формулою:

$$F_{sz}(k_i) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n-1} F_Z(k_{i-j}) = \frac{F_Z(k_i) + F_Z(k_{i-1}) + F_Z(k_{i-2}) + \dots + F_Z(k_{i-j+1})}{n} \quad (1)$$

де $F_{sz}(k_i)$ – розраховане (модифіковане внаслідок фільтрації) значення силового параметру у діапазоні спектрального поля k_i після перерахунку; $F_Z(k_i)$ – змодельоване в DEFORM 2D значення силової функції для даного кроку k_i ; n — кількість значень набору параметрів для розрахунку ковзного середнього параметру (згладжуючий інтервал). Ширина інтервалу згладжування, визначає ступінь плавності спектральної характеристики чутливості після застосування даного типу фільтрації і є величиною кратності у вибраному інкрименті часу реологічного моделювання. Тобто, наприклад якщо вибраний інкремент часу для проведених досліджень становить $\tau=3 \cdot 10^{-5}$ с, а інтервал згладжування приймається $\tau_3=3 \cdot 10^{-3}$ с, то величина $n=100$.

Метод модифікованого ковзного середнього параметру [2] є рекурентним співвідношенням, для якого значення чутливості при заданому хвильовому числі пов'язане з попередньо розрахованим значенням чутливості:

$$F_{smz}(k_i) = \frac{F_Z(k_i) + (n-1)F_{smz}(k_{i-1})}{n} \quad (2)$$

де $F_{smz}(k_i)$, $F_{smz}(k_{i-1})$ –модифіковані внаслідок фільтрації величин силового параметру для пари значень спектрального поля k_i і k_{i-1}

Література:

1. Nikitas P., Pappa-Louisi A. Comments on the two-dimensional smoothing of data. *Analytica Chimica Acta*, 415(1–2), 2000, pp. 117–125
2. Luo J., Ying K., He P., Bai J. Properties of Savitzky–Golay digital differentiators. *Digital Signal Processing*, 15(2), 2005, pp. 122–136

КОМП'ЮТЕРНА РЕАБІЛІТАЦІЯ ЛЮДЕЙ З ВАДАМИ ЗОРУ

Суботіна І.О., Суботін О.В.

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

Комп'ютерна реабілітація людей з інвалідністю по зору є сучасною формою реалізації світових процесів повномасштабної інтеграції людей з особливими потребами до життя суспільства. Принципи необмеженого доступу людей з інвалідністю до оточуючого середовища відображено у «Конвенції прав інвалідів», яку ратифіковано Верховною Радою України [1] та підтримано кількома Указами Президента України [2].

Робота незрячих людей за комп'ютером або смартфоном дуже відрізняється від роботи зрячих людей, використовується зовсім інша технологія. Інформацію з монітора незряча людина отримує через звукові повідомлення спеціальних озвучених програм екранного доступу та брайлівським способом виводу інформації. Такі тифло засоби дають незрячим доступ до основних масивів інформації через повноцінну роботу з електронними текстами, таблицями, базами даних та майже необмежений доступ до ресурсів мережі Інтернет, здатність самостійного пересування у просторі, що дає можливість займатися новими видами трудової діяльності. Ці програми та засоби досить складні, освоєння роботи з ними потребує певних зусиль, тому технологію потрібно доволі довго і наполегливо засвоювати [3].

Питання інтеграції людей з інвалідністю по зору до життя суспільства ще знаходяться в початковому стані, тому що є технічно дуже складною справою, пов'язаною з дорогими новітніми комп'ютерними технологіями, також в Україні не має безкоштовного синтезатора української мови.

Все вищезазначене приводить до необхідності створення мережі реабілітаційних комп'ютерних центрів або локальних кабінетів для незрячих, де досвідчені викладачі допоможуть незрячій людині опанувати нову незвичну технологію озвученої роботи з комп'ютером.

Головною метою створення реабілітаційного комп'ютерного кабінету є забезпечення всім людям з проблемами зору в Україні можливості на високому рівні опанувати роботу на комп'ютері з ціллю отримати вільний доступ долюбих видів інформації, продовжити професійну діяльність після погіршення або втрати зору, навчання, перенавчання, підвищення якості дозвілля. Люди із порушеннями зору повинні мати роботу, пристойну зарплатню, відчувати себе повноправними членами суспільства і вести повноцінне, різноманітне та цікаве життя [4].

Література: 1. Конвенція про права інвалідів. Офіційний переклад. Ратифікована Законом України від 16 грудня 2009 року N 1767-VI <http://zakon.rada.gov.ua/> 2. Указ президента України Про заходи щодо розв'язання актуальних проблем інвалідів від 19.05.2011 № 588_2011 [Режим доступу: <http://www.president.gov.ua/>]. 3. Матеріали міжнародної наукової конференції "Правовий захист інвалідів по зору в умовах формування громадянського суспільства", Київ 2008 [Режим доступу: <http://www.blind.org.ua/Events/Events.htm>]. 4. Бруль К.Е. «Робота на комп'ютері для людей з вадами зору. Методичний посібник. Education and Culture. Tempus. Київ 2009, 272 с.

ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

Суботін О.В., Журавльов М.О.

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

Створення інформаційних мереж (ІМ), їх розробка й дослідження пов'язані з необхідністю рішення широкого кола завдань аналізу й синтезу. Їхній основний зміст визначається методологією проектування мережної архітектури і її елементів. Розрізняють детерміновані й імовірнісні завдання аналізу, синтезу й оптимізації ІМ, їхніх елементів, моделей і структур [1].

Імовірнісні завдання розроблення мереж вимагають застосування апарата імовірнісних методів і теорій. Детерміновані завдання, пов'язані з дослідженнями топологічних моделей ІМ, простіші за змістом, чим імовірнісні, їх структури й моделі ІМ досить широко поширені на практиці. Але до імовірнісних ставиться більша частина завдань, оскільки у загальному випадку процеси функціонування ІМ є типовими випадковими процесами, потоками повідомлень, відмовами апаратури, тощо. Імовірнісний підхід застосовують, наприклад, для мереж з адаптивною структурою, що змінюється під дією різних випадкових факторів, мереж з адаптивними алгоритмами управління процесами, маршрутизацією, резервуванням, відновленням, тощо [2].

Загальний порядок проектування ІМ і його методика передбачають таку послідовність етапів розроблення: визначення вихідних даних на підставі перед проектних обстежень, узгодження цих даних на експертних комісіях; формування структур вхідних і вихідних повідомлень відповідно до змісту запитів і завдань обробки інформації; вибір форматів і визначення обсягів вхідних, переданих і вихідних з мережі повідомлень; вибір способів комутації; установа необхідних пропускових здатностей каналів зв'язку, швидкості передачі інформації й вибір ліній зв'язку; проектування й обґрунтування топологічної структури; вибір обчислювачів, терміналів, абонентських пунктів і інших технічних засобів; призначення процедур управління передачею й потоками повідомлень; визначення вимог до математичного забезпечення й розроблення програмних засобів; визначення вимог до обслуговування й ремонту встаткування; економічні розрахунки й обґрунтування [3].

Отже, сам процес розробки ІМ принципово не може бути зведений тільки до аналізу або тільки до синтезу, а сам вид завдань не може розглядатися ізольовано один від іншого. Це пояснюється тим, що розробка ІМ являє собою типовий ітераційний процес, коли спочатку створюється деякий синтезований варіант ІМ (її структури або організації), а вже надалі він аналізується з метою обґрунтування або оптимізації й у залежності від результатів приймається або відхиляється.

Література: 1. Зайченко Ю.П. Комп'ютерні мережі. – К.: Видавничий Дім «Слово», 2003. – 288 с. 2. Конспект лекцій «Дослідження і проектування комп'ютерних систем та мереж» / Укладач. В.М. Теслюк. – Тернопіль, 2012. – 62с. 3. Аналіз, синтез і оптимізація інформаційних мереж: Методичний посібник до самостійної роботи студентів денної і заочної форми навчання спеціальності 7.092501.- Краматорськ: ДДМА, 2005. – 84с.

АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКУ ІНФОРМАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

Суботін О.В., Чернявський А.А.

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

Очевидно, діапазон застосування інформаційних мереж (ІМ) надзвичайно широкий, однак щоб впровадження кожної з них у тій або іншій сфері було економічно доцільним і соціально виправданим, необхідне ґрунтовне наукове й інженерно-конструкторське пророблення, гарне техніко-економічне обґрунтування пропонуваного рішення. У цьому плані цілком зрозуміла роль теорії ІМ, що дозволяє встановити закономірності, властивості й можливості розроблювальних мереж.

Одним з можливих детермінованих завдань може бути визначення вартісно-економічних характеристик ІМ, що задовольняють заданим характеристикам топологічної структури.

Теоретичних співвідношень загального виду, застосовуваних для рішення завдання даного типу, у цей час не існує. Однак відомі окремі підходи й методики, що дозволяють застосувати математичний апарат для розрахунків синтезованих мереж, вибору їхніх прийнятних варіантів і при необхідності для постановки оптимізаційних завдань проектування [1].

Далі розглядається методика рішення завдань синтезу топології, що визначає розміщення обчислювальних центрів (ОЦ) і абонентських пунктів (АП) або терміналів (Т) по території мережі й описується послідовність оцінки характеристик ІМ [2,3].

Постановку завдання розміщення можна сформулювати у такий спосіб: потрібно визначити кількість і місця розташування ОЦ і АП при заданій кількості споживачів інформації для об'єктів управління у великому регіоні із заданим обсягом інформаційно-обчислювальних робіт.

Методика рішення завдання оптимального розміщення за критерієм мінімізації вартості мережі наступна.

1. Рекомендації з вибору технічних засобів інформаційної мережі. Вони базуються на підставі аналізу вихідної топологічної структури й вибору вартісного класу мережі, що дозволяє встановити функціонально-вартісні співвідношення й визначитися з вибором технічних засобів.

2. Рішення завдання оптимального розміщення вузлів мережі. У завданні розміщення потрібно визначити оптимальну кількість і місця розташування ОЦ і АП при заданій кількості споживачів інформації для об'єктів управління у великому регіоні із заданим обсягом інформаційно-обчислювальних робіт. При цьому приймають наступні допущення: різні зони ОЦ не мають загальних абонентів; характеристики потоків інформації в мережі незмінні; стохастична природа потоків не міняється.

3. Проведення топологічного аналізу мережі шляхом рішення завдання розподілу мережних потоків. Мета аналізу - одержання максимально можливої ефективності зв'язку - досягається рішенням завдання про максимальний потік,

у якій ув'язана топологія мережі, пропускні здатності каналів зв'язку й розподіл мережних потоків.

4. Функціонально-вартісний аналіз мережі. Виконується розрахунок витрат на створення й функціонування мережі й визначення шляхів оптимізації цих витрат. За критерій оптимізації, отже, приймають наведені витрати на створення й функціонування мережі. Для спрощення завдання вводять ряд допущень, що дозволяє вирішити завдання в аналітичному виді: користувачі по регіоні розміщені з рівною щільністю; запити користувачів однорідні, а їхні потоки мають постійну інтенсивність у часі; збір, проміжне зберігання й перетворення інформації здійснюється в ОЦ і АП; споживачі пов'язані з АП і ОЦ радіально.

Сучасні методи проектування ІМ при реалізації ітераційних процедур передбачають інтерактивний режим взаємодії користувача-проектувальника автоматизованою системою, що виконує розрахунки й обчислення. При цьому головним завданням проектувальника є чітка й правильна постановка завдання для програми, що ґрунтується на деяких вихідних концептуальних поданнях. Відповідно до цих подань задаються вихідною топологією, що задовольняє вимогам, які ставляться до проектованої мережі [3].

Розроблено програмне забезпечення для автоматизованого проектування інформаційної мережі. Робота програми реалізує наступний алгоритм:

1. Введення вихідних даних мережі в програму – планова вартість мережі, вартість обладнання, площа охоплення мережі та кількість абонентів;
2. Розрахунок оптимальних значень відстані між вузлами R і абонентами мережі r . Є можливість ручного вибору значення з таблиці результатів;
3. Автоматичний синтез топології мережі. Є можливість ручної корекції координат вузлів;
4. Розрахунок реальних значень відстані між вузлами R й побудова матриці суміжності та матриці відстаней між вузлами;
5. Розрахунок обсягу інформаційно-обчислювальних робіт, виконуваних кожним вузлом;
6. Розрахунок витрат на створення мережі (витрати на АП, ОЦ та на проведення каналів зв'язку);
7. Розрахунок витрат на обслуговування мережі;
8. Розрахунок загальних витрат;
9. За результатами роботи програми треба зробити висновок. За умови не перевищення сумарних витрат запланованих припускають, що вибір обладнання та розрахунок мережі проведено коректно. В іншому випадку повторюють розрахунок мережі.

Отже, програма реалізує методику рішення завдання оптимального розміщення за критерієм мінімізації вартості мережі, що розглянута раніше.

Література: 1. Морозов В.К. Основы теории информационных сетей: Учеб. для студентов вузов спец. "Автоматизация и механизация процессов обработки и выдачи информации"/ В.К. Морозов, А.В. Долганов. - М.: Высш. шк., 1987. - 271с. 2. Аналіз, синтез і оптимізація інформаційних мереж: Методичний посібник до самостійної роботи студентів денної і заочної форми навчання спеціальності 7.092501.- Краматорськ: ДДМА, 2005. – 84с. 3. Зайченко Ю.П. Комп'ютерні мережі. – К.: Видавничий Дім «Слово», 2003. – 288с.

ТРИСТОРОННЄ КОМБІНОВАНЕ ВИДАВЛЮВАННЯ СКЛАДНОПРОФІЛЬОВАНИХ ДЕТАЛЕЙ

Таган Л. В., Алієва Л. І., Панібратченко Ю. А., Козоріз В.А.

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

Процес деформування з комбінованою багатосторонньою течією протікає в оптимальному силовому режимі, що обумовлено більшим ступенем свободи витікання металу [1]. Найбільш широке застосування процеси комбінованого деформування отримали при холодному видавлюванні прецизійних деталей як з пластичних, так і з важкодеформованих матеріалів. У цьому випадку, крім бажаного зниження питомих і повних сил деформування, обробка в одній і тій же матриці з формоутворенням декількох елементів деталі дозволяє підвищити розмірну точність і якість поверхонь деталі, що штампується [2].

Метою роботи є дослідження технологічних можливостей способів комбінованого тристороннього видавлювання (рис. 1), направлені на отримання складних пустотілих деталей з фланцями та осьовими відростками.

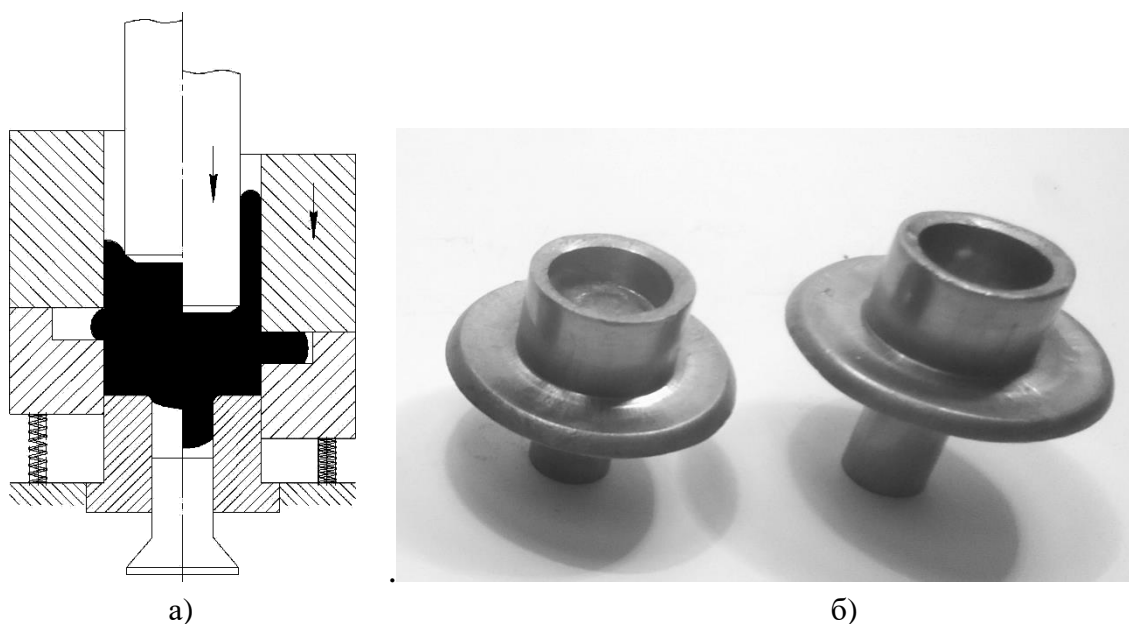


Рис. 1. а) Схема процесу, б) деталі, отримані комбінованим тристороннім видавлюванням

Для цього були проведені теоретичні та експериментальні дослідження; скінчено-елементне моделювання здійснювалося у пакеті QForm-2D. Спостерігається добрий збіг між результатами кінцево-елементного аналізу з експериментальними. Відповідно до них можна зробити такі висновки: зміна таких параметрів, як товщина фланця, діаметр відростка, товщина стінки порожнини і радіусів закруглення напівматриць істотно впливають на послідовність заповнення порожнин і рівень робочих навантажень.

Література: 1. Алієв І. С. Технологические возможности новых способов комбинированного выдавливания. Кузнечно-штамповочное производство. 1990. 2. С. 7–10.
2. Алієва Л. І. Совершенствование процессов комбинированного выдавливания: монография. Краматорск: ООО «Тираж–51». 2018. 352 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ КОМБІНОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ ЗМІЦНЕННЯ МЕТАЛЕВИХ ЗРАЗКІВ

Тулупов В.І., Онищук С.Г.

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ - Тернопіль, Україна)

Одним з головних завдань машинобудування є забезпечення якості виробів на всіх етапах життєвого циклу. З цією метою розроблено десятки способів зміцнення поверхні деталей [1]. Перевагу треба надавати способам зміцнення, що дозволяють при найменшій собівартості досягти заданої якості.

Авторами роботи запропоновано для використання два способи зміцнення робочих поверхонь деталей машин – фрикційне електроімпульсне модифікування дисульфідом молібдену та зміцнення робочої поверхні методом алюмотермії на відкритому повітрі. Перший спосіб зміцнення полягає в нанесенні шару у вигляді твердої змазки з наступним вигладжуванням й одночасним пропусканням через зону обробки імпульсного струму прямокутної форми через зону контакту [2]. Другий спосіб зміцнення полягає в насиченні хромом поверхневого шару сталевий деталі із використанням методу алюмотермії, який зніщується електричним імпульсом від електроду на відкритому повітрі [3].

Метою роботи є дослідження зносостійкості металевих зразків зі сталі 40Х після зміцнення двома запропонованими способами.

Зносостійкість досліджувалась з використанням методу штучних баз. Випробування виконували за методикою випробувань на машині тертя за схемою «диск-колодка».

Результати металографічних досліджень свідчать про те, що досліджені методи забезпечують збільшення мікротвердості поверхні у 3 рази, глибина зміцненого шару 0,25 мм. Поверхневий зміцнений шар насичується хромом і алюмінієм після алюмотермії та молібденом після електроімпульсного вигладжування. Зносостійкість після електроімпульсного вигладжування збільшується в 1,8 рази, після алюмотермії – в 2 рази. Інтенсивність зношення поверхні після електроімпульсного вигладжування зменшується в 1,6 рази, після алюмотермії – в 1,8 рази.

Література:

1. Ющенко К.А. Інженерія поверхні / К.А. Ющенко, Ю.С. Борисов, В.Д. Кузнецов, В.М. Корж. – К.: НВП «Вид-во Наукова думка» НАН України, 2007. – 558 с.
2. Тулупов В.І., Онищук С.Г. Дослідження зносостійкості металевих зразків після електроімпульсного вигладжування з модифікуванням поверхні // Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали XVIII міжнародної науково-технічної конференції, 21-24 грудня 2020 р., Краматорськ, 2020. – С. 89.
3. Тулупов В.І., Онищук С.Г. Дослідження способу зміцнення металевих зразків методом алюмотермії // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС-2021): матеріали тез доповідей XI міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 26-27 травня 2021 р.) – Чернігів: ЧДТУ, 2021. – Т.1. – С.97.

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ СКЛАДНОГО ПРОФІЛЮ НА ОБРОБЛЮЮЧИХ ЦЕНТРАХ

Філіппова М.В., Богдан Г.А., Волошко О.В.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна)

На сьогоднішній день, спостерігається зростання вимог до підвищення продуктивності, точності та якості обробки деталей, що мають складний профіль. Це в свою чергу, накладає додаткові вимоги на автоматизовані системи механічної обробки деталей, що дозволяють їх виготовляти. У сучасному виробництві велика частина деталей складної форми виготовляється обробкою різанням. Забезпечення продуктивності виробництва, якості та точності отриманих деталей, досягається завдяки врахуванню всіх технічних обмежень та технологічних умов обробки. Основним засобом автоматизації механічної обробки поверхонь складного профілю є оброблюючі центри з числовим програмним керуванням (ЧПК), а засобом підготовки керуючих програм - системи автоматизованого проектування (САПР), зокрема Computer Aided Manufacture (CAM). Сучасні САМ-системи мають в своєму арсеналі широкий вибір можливостей для проектування деталей зі складним просторовим профілем та стратегій обробки на великому спектрі технологічного обладнання.

Проведений аналіз сучасних методів підвищення точності та зниження собівартості виготовлення деталей на верстатах з ЧПК показав, що, не зважаючи на їх досить значну кількість, всі вони зосереджені на визначення оптимальних режимів різання, що застосовуються до конкретного, матеріалу, верстата та інструменту. Але такий підхід, до вирішення поставленої задачі, не дозволяє повною мірою використовувати усі можливості сучасного обладнання, тому що не враховує всі особливості таких систем та процесу обробки. Тому необхідно підвищувати точність обробки не тільки за рахунок режимів різання, а й за рахунок розробки раціональних траєкторій руху інструментів та ефективних керуючих програм [1-2].

В роботі проаналізовано сучасний стан питання підвищення точності механічної обробки поверхонь деталей складного профілю на основі визначення оптимальних траєкторій руху інструменту. Запропоновано методику розробки керуючих програм для оброблюючих центрів в модулі SolidCAM програми SolidWorks. Вибір даного програмного забезпечення для реалізації керуючої програми обумовлений тим, що даний модуль забезпечує реалістичну імітацію процесу обробки, яка дозволяє контролювати траєкторію руху інструменту і переміщення вузлів верстата з метою запобігання можливим зіткненням. За основний метод формування чистових траєкторій було обрано технологію SolidCam HSS, тому що вона підтримує велику кількість стратегій обробки поверхонь. Що в свою чергу дозволяє забезпечити формування ефективних, плавних, безпечних і оптимальних траєкторій руху інструменту. В результаті проведеного моделювання було реалізовано лінійну, растрову, спіральну, по ватерлініям траєкторію руху ріжучого інструменту. Експериментальні дані

отримані під час моделювання приведені в Таблиці 1. Аналіз даних проводився по наступним характеристикам: сума модулів відхилень кутів (I), сума значень відхилень площинності (II), сума значень відхилень радіусів (III), сума значень відхилень форми (IV), середнє значення шорсткості (V), час обробки (VI).

Таблиця 1. Порівняння результатів моделювання траєкторії руху ріжучого інструменту

Група	Метод				Результат (кращий)
	Лінійний	Спіральний	Растровий	Ватерлінії	
I	10'29''	23'9''	14'10''	3'46''	Ватерлінії
II	0.0158	0.0296	0.0245	0.0118	Ватерлінії
III	0.0284	0.0371	0.0570	0.0242	Ватерлінії
IV	0.0135	0.0156	0.0153	0.0062	Ватерлінії
V	0.910	0.835	0.766	0.752	Ватерлінії
VI	12 хв 17 сек	11 хв 12 сек	13 хв 25 сек	10 хв 33 сек	Ватерлінії

В результаті аналізу даних наведених в Таблиці 1, зроблено висновок, що по всім характеристикам кращий результат був отриманий при реалізації траєкторії руху ріжучого інструменту по ватерлініям.

Також, в роботі було експериментально встановлено залежність точності механічної обробки складнопрофільних деталей від траєкторій руху ріжучого інструменту. Аналізувались наступні групи поверхонь: поверхні, що розташовані під великим кутом до осі обробки; поверхні, що розташовані під малим кутом до осі обробки; радіусні поверхні; стики між поверхнями. По результатам експерименту зроблено висновок, що найкращого результату можна досягти, формуючи комбіновані траєкторії руху інструменту і сформовано список рекомендацій при виборі траєкторій руху інструменту при обробці поверхонь складного профілю:

1. Обробку поверхонь, що розташовані під малим кутом до осі обробки, найкраще виконувати по лінійній або растровій траєкторії руху. Можливим також є вибір спіральної траєкторії руху.

2. Обробку поверхонь, що розташовані під великим кутом відносно осі обробки, найкраще виконувати з використанням траєкторії по ватерлініям.

3. Обробку радіусних поверхонь, необхідно виконувати, використовуючи спіральну траєкторію або ж траєкторію по ватерлініям.

4. При виборі лінійної та спіральної траєкторії руху якість стиків між поверхнями буде найкращою.

Результати роботи можуть бути використані на підприємствах задля підвищення точності механічної обробки відповідальних деталей складного профілю.

Література:

1. Проскуренко Д.М., Третяк О.В., Філіппова М.В. Оптимізація та ефективність генерації траєкторії в CAD/CAM системі. *Збірник матеріалів XXI Міжнародної науково-технічної конференції "ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи"*, 2022, С. 281.

2. Смольніков, Д. Р. Філіппова М.В. Особливості фрезерної обробки деталей з просторово-складними поверхнями. *XII Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування»*, 2019. С. 186–189.

ЦИФРОВИЙ МАРКЕТИНГ ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ ІНСТРУМЕНТ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ

Фоміченко І.П., Бурцева О.Є.

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

Стрімкий розвиток інформаційних технологій значно впливає на діяльність вітчизняних підприємств. Для того щоб не відставати від конкурентів, а вигідно виділитися серед них, підприємствам необхідно значну увагу приділяти цифровому маркетингу. Якщо на початку розвитку маркетингу його вдосконалення було спрямоване на товар, потім – на дистрибуцію й управління продажами, то сьогодні розвиток інформаційних та цифрових технологій суттєво змінює маркетингову діяльність підприємства загалом. У сучасних умовах посилення конкуренції підприємства повинні проявляти гнучкість до змін як у внутрішньому, так і в зовнішньому середовищі та вміти швидко до них адаптуватися.

Метою статті є аналіз та оцінювання тенденцій розвитку цифрового маркетингу в умовах інформатизованого середовища.

Цифровий маркетинг є другою фазою розвитку маркетингу в умовах інформатизації суспільства. Цифрові канали забезпечують практично миттєве поширення інформації, стають основним носієм комунікативних повідомлень та механізмом взаємодії з клієнтом. Тому важливою є присутність підприємства у вказаних цифрових каналах [1,2].

Цифрові технології сьогодні є вирішальним фактором успіху та просування для кожної сфери бізнесу, що дає значні конкурентні переваги. З погляду на зростання Інтернет-активності серед населення можна прогнозувати, що можливості Інтернету дедалі більше використовуватимуться для розвитку власного малого бізнесу. Це означає, що цифровий маркетинг вже не є прерогативою лише великих компаній. Контекстну рекламу можна придбати за вельми розумні гроші, і вона буде спрямована на потрібну аудиторію. Отже, цифровий маркетинг означає, що споживачі, клієнти чи суспільство загалом можуть отримати доступ до будь-якої інформації, яка їм необхідна. А раніше їм для цього потрібно було витратити чимало часу та грошей. Сьогодні цифровий маркетинг стає все більш вагомим інструментом просування практично будь-якого виду продуктів в порівнянні з традиційним маркетингом. Також не виключено, що протягом найближчих років даний вид маркетингу стане панівним у зв'язку з поступальним зростанням сфер його застосування.

Література:

1. Інтернет Асоціація України [Електронний ресурс]. URL: https://inau.ua/sites/default/files/files/1910/dani_ustanovchyh_doslidzhen_iii_kvartal_2020_roku.pdf.
2. Окландер М. А., Романенко О. О. Специфічні відмінності цифрового маркетингу від Інтернет-маркетингу // Економічний вісник Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”. 2019. № 12. С. 362–371.

КОНТРОЛЬ ЖОРСТКОСТІ ВОДИ У СИСТЕМАХ ОХОЛОДЖЕННЯ У МАШИНОБУДУВАННІ: ХРОНОМЕТРИЧНЕ ТИТРУВАННЯ З Cu-СЕЛЕКТИВНИМ ЕЛЕКТРОДОМ

Холмовой Ю.П.

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

Використання систем водяного охолодження агрегатів, верстатів, емульсій, масел та ін. у машинобудуванні зовсім не рідкість. Однак в оборотних циклах охолодження пред'являються певні вимоги до якості води, що нормується за низкою показників, серед яких найважливішим є її жорсткість. Перевищення цієї характеристики може загрожувати утворенням відкладень накипу в теплообмінній апаратурі, зниженням ефективності охолодження та виходом з ладу системи охолодження в цілому. Тому контролю цього параметра приділяється особлива увага. Традиційно загальна жорсткість води визначається комплексонометричним титруванням [1]. У такому варіанті метод не дозволяє документувати результати аналізу.

Мета роботи – розробити метод комплексонометричного визначення жорсткості в автоматичному режимі з можливістю реєстрації результатів. Це завдання може бути вирішено одним з інструментальних методів. Найбільш простим у даному випадку є потенціометрія з недорогим та надійним мідь-селективним електродом (Cu-СЕ) у хронометричному варіанті.

Використання Cu-СЕ для індикації ТЕ ґрунтується на відмінності констант стійкості β комплексів катіонів жорсткості Ca^{2+} і Mg^{2+} , і індикаторного катіону Cu^{2+} з трилоном Б (H_2Y^{2-}), розчин якого використовується як титрант: $\lg\beta_{[\text{MgY}]^{2-}} = 8,69$; $\lg\beta_{[\text{CaY}]^{2-}} = 10,7$; $\lg\beta_{[\text{CuY}]^{2-}} = 18,8$ [2]. Як очевидно з наведених значень, стійкість комплексу міді на 8 – 10 порядків вище, ніж комплексів Ca^{2+} і Mg^{2+} , що підтверджує можливість використання для індикації ТЕ Cu-СЕ. Динамічний інтервал концентрацій Cu-СЕ дуже широкий: від 0,1 до 10^{-8} моль/дм³ Cu^{2+} [3], що дозволяє використовувати Cu^{2+} як індикаторний іон навіть у слідових кількостях, цілком достатніх для формування відгуку Cu-СЕ.

Для вирішення поставленого завдання було зібрано установку для хронометричного титрування, що включає судину Маріотта з регульованою подачею титранту – 0,05 М розчином трилону Б зі слідами ($\sim 10^{-4}$ М) CuSO_4 , та комірку з електродною парою (Cu-СЕ та електрод порівняння), підключеної до комп'ютера через аналого-цифровий перетворювач.

Крива титрування, що реєструється, є залежністю потенціалу (ϕ) Cu-СЕ від часу титрування. На ній фіксується стрибок ϕ . На її першій похідній у місці стрибка ϕ з'являється негативний пік, за яким з досить високою точністю можна встановити ТЕ, а по ній – величину жорсткості води. Методика дає результати, що добре відтворюються, і перевірена на модельних розчинах.

Література: 1. Дятлова Н.М., Темкина В.Я., Попов К.И. Комплексоны и комплексонаты металлов. – М.: Химия, 1988. – 544 с. 2. Алексеев С. О. Хімія комплексних сполук. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2010. – 159 с. 3. Корыта И., Штулик К. Ионоселективные электроды. – М.: Мир, 1989. – 272 с.

«СУЧАСНА ОСВІТА. РЕАЛІЇ СЬОГОДЕННЯ»

Чухліб В.Л.

(НТУ «ХПІ» м. Харків, Україна)

Сьогодні відбувається зміна напрямку багатьох сфер життєдіяльності людства. Освіта є однією з основних складових розвитку та благополуччя Людини.

Ми були звичні до достатньо консервативної освіти, якою вона і була впродовж багатьох століть. Однак зараз проходять процеси глобалізації, які в багатьом залежить від розвитку інформаційних технологій. Хіба ще декілька років тому назад ми могли уявити, що заняття зі здобувачами освіти буде відбуватися в режимі он-лайн?

Потреба в отриманні знань була і буде основним стимулом розвитку людства. При цьому завжди є і буде потреба в закладі освіти. При цьому потрібно розуміти, що термін «заклад освіти» є досить широким. В ньому зосереджена вся історія людства. Починаючи з першого слова. І у багатьох цим словом є «МАМА»... Цим словом людина вже включається в процес пізнання. І першим вчителем є саме Мама. Розпочинається життя і починається процес пізнання-освіти. Першими вчителями Людини є Батьки. Потім коло вчителів розширюється і Людина сама встановлює пріоритети в навчанні, як пріоритети при подачі електронних заяв на вступ)).

Якщо розглянути історію розвитку людства, то по перше виникають ідеї і у Людини виникає потреба в тому, щоб їх донести до людства. І на зорі розвитку людства виникали вчення та філософські Школи (Ліцеї, Академії і тощо) і ти, хто входив до них, то вони сповідували ці ідеї. Пам'ятаєте вчення Христа і його Учнів?

Є безпосередньо вчення які зосереджені саме на Вірі, а є вчення які зосереджені безпосередньо на Експерименті. Однак і там і там виникають свої послідовники.

Людина має різноманітні потреби і однією з них є потреба, назвемо так, в матеріальному забезпеченні. Я гадаю, що всі погодяться, що це є так. Як говорять – не одним духом живе Людина. Вам потрібна їжа, житло, одяг, а також і розваги. Як говорили древні римляни – Хліб і Видовищ! Для реалізації і одного і другого потрібні Знання! Як виростити Хліб і як створити Видовище?. Ось і виникає Освіта!

Зараз я хочу зосередитись на змісті та реалізації сучасної Освіти.

Світ не стоїть на місці. Зараз людина сама вже не дуже встигає за розвитком сучасних інформаційних технологій. Вік «енциклопедистів» (тобто тих, хто мав освіту практично во всіх сферах) минув! Кожний стає спеціалістом (теж забуте слово) тільки в окремій галузі. При цьому ми часто самі достоменно не знаємо, які корінні зміни відбуваються в інших сферах. Все це ще раз свідчить, що окрема людина дійсно не поспіває за розвитком сучасного світу.

І що в цьому середовищі відбувається з Освітою?

А що саме є Освітою? З моєї точки зору це є отримання корисної інформації для задоволення потреб, як Людини, так і в цілому Людства. При цьому не потрібно забувати, що процес освіти-навчання відбувається впродовж всього життя. Де ж тут місце закладу освіти? А тут вже саме людство і встановило відповідну градацію – початкова освіта, середня освіта, середньо-професійна освіта, вища освіта... І все це є Освіта!

А тепер до теми цих тез – Реалії Сьогодні!

Погляньте, що відбувається навкруги... Світ змінюється!!! І не в майбутньому, а саме Сьогодні!!! Зараз!!!

Погляньте на ті вимоги, що висуває молоде покоління до закладів освіти. Вони, як і пройдешні покоління, готові йти за тими ідеями, які відповідають вимогам сучасності. За тими ідеями, які ЗАБЕЗПЕЧАТЬ їм краще майбутнє! Саме Забезпечать, а не Обіцяють!!! Вони бачать, що є сучасним, а що ні!!! Це їх Час!!! І якщо заклад освіти це розуміє, то в нього є Майбутнє!!!

Це про Зміст освіти. А тепер про форму. Складне та водночас просте питання. Зміст освіти складається в передачі знань. Просто? Ні! Чому? Тому що ви маєте справу з Людиною! При цьому з конкретною Людиною! І при цьому ми всі різні.

Що зараз відбувається з формою освіти? Вона змінюється. Всі зміни на краще? Час покаже. Але ми живемо зараз і повинні, як говорять відокремити зерно від плевел. Яким чином? Тільки наполегливою працею на зміні форми навчання.

Життя саме вже заставило нас освоїти онлайн-навчання, долучитися до асинхронного навчання... Ми вже знали, що живе спілкування зветься – офлайн... Однак головним залишається те, що Людині потрібна інша Людина, а це саме живе спілкування. І завжди живе спілкування залишається тією формою освіти-навчання, яке можна сформулювати так – спробуй, як я! І є фраза – як хоч троянду називай, а троянда буде пахнути трояндою! Може Ваш рівень Освіти дозволяє сказати – ця це фраза?))

Якщо підсумувати все вище сказане, то зрозуміло, що життя не стає на місці і освітній процес Людини також триває і розвивається. З'являються нові можливості освіти-навчання, які вже насправді конкурують з традиційною формою. При цьому все більше освітній простір переходить в онлайн режим. При цьому необхідно підкреслити, що отримання здобувачем освіти класичного диплому все більше заміщується проходженням курсів підготовки з конкретного напрямку оволодіння навичками. Все це є сьогоднішня.

Однак необхідно підкреслити споконвічне прагнення Людини до отримання всебічної освіти, яка може надаватися саме класичними закладами освіти. Час ставить питання і на них необхідно відповідати, а якщо немає відповіді зараз, то наполегливо її шукати щоб відповідати вимогам часу. В першу чергу це стосується Освіти, яка повинна завжди тримати руку на пульсі часу і відповідати сучасності. Колесо вже винайшли – тепер потрібно, щоб воно оберталось!!!

ФОРМОУТВОРЕННЯ ДЕТАЛЕЙ З ФЛАНЦЕМ КОМБІНОВАНИМ ВИДАВЛЮВАННЯМ

Чучин О. В., Панібратченко Ю. А., Мироненко С.А., Солянов Д. О.

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

Серед перспективних процесів заготівельного виробництва чільне місце займає технологія холодного об'ємного штампування видавлюванням. В умовах сучасної конкуренції отримання таких деталей і заготовок для них раціонально застосовувати способи комбінованого радіально-прямого і радіально-зворотного видавлювання [1, 2].

Метою даного дослідження є аналіз формозміни і напружено-деформованого стану в процесі комбінованого видавлювання на основі методу скінченних елементів (МСЕ) у середовищі QForm 2D.

Для моделювання процесу комбінованого видавлювання використовувались механічні властивості матеріалу заготовки АД1 та обрані наступні геометричні параметри: L - висота заготовки ($L = 30$ мм), h - висота фланця ($h = 4$ мм), R - радіус заготовки ($R = 15$ мм), R_1 - радіус стрижня ($R_1 = 3$ мм), R_0 - радіус стрижня при зворотному видавлюванні ($R_0 = 5$ мм), r - радіус заокруглення ($r = 1$ мм), кут $\alpha = 15^\circ$.

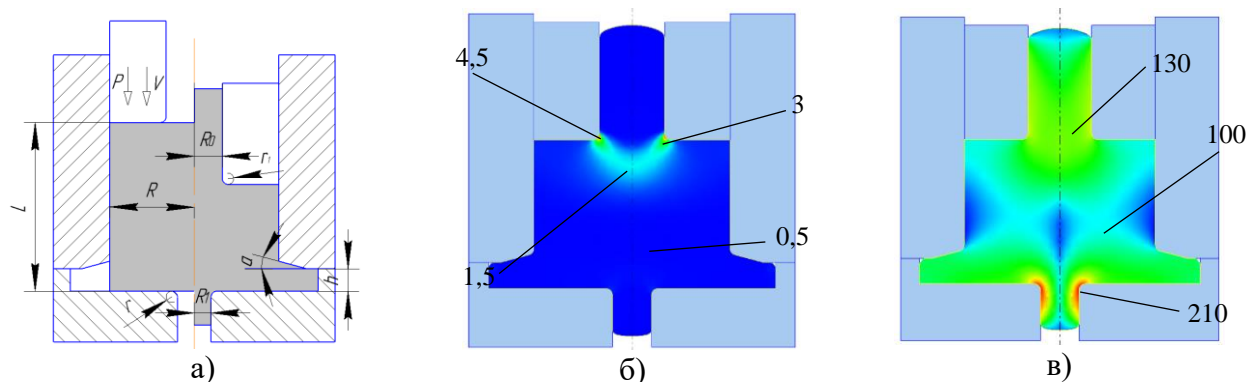


Рис. 1. Моделювання процесу: а - схема комбінованого видавлювання, б - розподіл інтенсивності деформації ϵ_i , в - розподіл інтенсивності напружень σ_i МПа.

Найбільша інтенсивність деформації зосереджена біля заокруглення пуансона $\epsilon_i = 4,5$ (рис. 1 (б)).

Найбільша інтенсивність напруження $\sigma_i = 210$ МПа розташована в зоні заокруглень нижньої матриці (рис. 1 (в)).

Література: 1. Алиева Л. И., Жбанков Я. Г. Перспективы развития процессов точной объемной штамповки. *Вісник ДДМА*. Краматорськ. 2008. 1 (11). С. 13–19. 2. Алиева Л. И. Совершенствование процессов комбинированного выдавливания: монография. Краматорск: ООО «Тираж–51». 2018. 352 с. 3. Алиев, И.С. Моделирование процесса штамповки в закрытых штампах методом конечных элементов / И.С. Алиев, П.Б. Абхари, А.А. Ерёмкина / Пластическая деформация металлов: сб. науч. тр. в 2-х т. - Т.1. – Днепропетровск: Акцент ПП., 2014. – с.192-196.

ПРОМИСЛОВІСТЬ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Шашко В.О., Мироненко Є.В.

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

Повномасштабна війна, яку розв'язала Росія на території України, має катастрофічні наслідки для вітчизняної промисловості.

Метою роботи є актуалізація питання важливості збереження промислового потенціалу України під час воєнного стану.

Економіка воєнного стану – це, фактично, напівручне управління підприємствами, планування виробництв, які є в країні, планування розподілу товарів, контроль за цінами з метою недопущення їхнього зростання та можливих спекуляцій в умовах обмеження постачання товарів [1]. Шаблон заходів воєнної економіки передбачає одночасні зусилля в наступних напрямках: макроекономічна стабільність; підтримка купівельної спроможності/внутрішнього попиту; збереження виробництва/промисловості.

Росія завдала непоправної шкоди економіці України та безпосередньо приватним інвесторам. Відбувається критичне скорочення промислового виробництва внаслідок припинення роботи та/або фізичного знищення промислових потужностей, насамперед у східних і південних областях України, порушення виробничих зв'язків (таблиця 1).

Таблиця 1. Частковий перелік промислових підприємств, що постраждали від російської агресії

Підприємство	Місце розташування	Оціночна вартість, \$
Металургійний комбінат "Азовсталь"	Донецька область, м. Маріуполь	1 444 млн
ПрАТ "Авдіївський коксохімічний завод"	Донецька область, м. Авдіївка	343 млн
ПрАТ «Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча»	Донецька область, м. Маріуполь	1 893 млн
Завод «Антонов»	м. Київ	385 млн
Кременчуцький нафтопереробний завод «Укртатнафта»	Полтавська область, м. Кременчуг	374 млн
Одеський нафтопереробний завод	м. Одеса	171 млн
Лисичанський НПЗ - ЛІНІК	Луганська область, м. Лисичанськ	116 млн
ПрАТ «Северодонецьке об'єднання Азот»	Луганська область, м. Северодонецьк	
Завод будівельних сумішей Knauf / ТОВ "Кнауф Гіпс Донбас"	Донецька область, м. Соледар	75 млн
Українські енергетичні машини (Турбоатом)	м. Харків	417 млн
Суміхіпром	м. Суми	73 млн
ПрАТ "Монделіс Україна"	м. Тростянець, Сумська область	104 млн
Гостомельський скляний завод "Ветропак"	м. Гостомель	92 млн
ДП НВКГ «Зоря»-«Машпроект»	м. Миколаїв	137 млн

Держинський фенольний завод / КХП «Фенольний завод»	Донецька область, Торецький район, Нью-Йорк	
Електропобутприлад	м. Тростянець, Сумська область	
Попаснянський вагоноремонтний завод	м. Попасна, Луганська область	
ХТЗ (Харківський тракторний завод)	м. Харків	41 млн
Жулянський машинобудівний завод "Візар"	м. Вишневе, Київська область	
ДП "Львівський державний авіаційно-ремонтний завод" (ЛІАРЗ)	м. Львів	
Завод ім. В.А. Малишева	м. Харків	101 млн
Харківський бронетанковий завод	м. Харків	
Харківський авіаційний завод	м. Харків	
Житомирський бронетанковий завод	смт Новогуйвинське, Житомирська область	72 млн
Стаханівський завод феросплавів	Стаханов, Луганська область	
Єнакіївський металургійний завод	м. Єнакієве, Донецька область	
ПрАТ «Новокраматорський машинобудівний завод»	м. Краматорськ, Донецька область	
ПАТ «Енергомашспецсталь»	м. Краматорськ, Донецька область	

Станом на серпень 2022 року під загрозою знаходиться промисловий потенціал лідерів індустріального розвитку – Дніпропетровської та Запорізької областей, які вже зазнали руйнувань інфраструктури внаслідок ракетних ударів.

Підприємства у зоні активних бойових дій можуть отримати державну допомогу у переміщенні потужностей у західні регіони України. Але потенціал релокації промислового виробництва з північно-східної та південної частин України обмежено через нерозвиненість індустріальної інфраструктури центральних і західних регіонів і брак кваліфікованих кадрів [2]. Для всіх підприємств державою повинно бути створено умови для забезпечення безкоштовного переїзду на місце тимчасового переміщення, а також підбору відповідних площ для розміщення виробництва, переміщення та розселення персоналу, а також підбору працівників у місці дислокації після переїзду [3].

Підсумком роботи є висновок, що забезпечення повноцінної роботи промислового сектору - це один з ключових чинників стійкості економіки у воєнний та післявоєнний періоди, що надасть можливість відновити внутрішнє виробництво, запобігти надмірній інфляції, погіршенню зовнішньоторговельного балансу, зниженню податкових надходжень до бюджетів.

Література: 1. Все для фронту: в Україні запрацювала економіка воєнного часу Апостороф. Економіка. [Електронний ресурс]. URL: <https://apostrophe.ua/ua/article/economy/2022-03-12/vse-dlya-fronta-v-ukraine-zarabotala-ekonomika-voennogo-vremeni/44763>

2. Сучасні загрози виробничій безпеці в промисловості України. [Електронний ресурс]. URL: <https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/suchasni-zahrozy-vyrobnychiy-bezpetsi-v-promyslovosti-ukrayiny>

3. Как будет работать экономика в условиях военного положения. Экономический фронт. [Електронний ресурс]. URL: https://finance.ua/saving/kak-budet-rabotat-ekonomika-v-usloviyah-voennogo-polozhenia#headline_1

ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ: ДОСВІД РІЗНИХ КРАЇН

Шубна О.В., Ширкова А.Д.

(Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна)

Однією з найважливіших умов успішного функціонування будь-якого промислового підприємства є створення ефективної системи управління персоналом та розвитку кадрового потенціалу. Для різних країн світу характерні специфічні особливості роботи з персоналом, які сформувалися під впливом різноманітних історичних, культурних, етнічних, соціально-економічних, політичних, наукових та інших груп факторів.

Найбільшій популярності та поширенню набули такі моделі управління персоналом: західна (США), східна (Японія), європейська (Німеччина), пострадянська (Україна).

Західний стиль управління персоналом розвивався під впливом історії США, населення яких спочатку складалося з емігрантів. Американська модель управління виходить з централізації управління усіма системами підприємства. Система управління у західній моделі формується та координується генеральним керівництвом. Підхід до управління людськими ресурсами відрізняється наявністю значної кількості методів та принципів роботи з персоналом, підвищеною увагою до професіоналізму кадрової служби, великими витратами на персонал та застосуванням інноваційних технологій в управлінні.

Кадровий менеджмент японських компаній відрізняється особливим акцентом на освіту. Підбір персоналу розпочинається ще у навчальних закладах. Спеціальні співробітники збирають про майбутніх співробітників інформацію, вивчають їх здібності. Після закінчення навчання кандидати складають іспит та приймаються на роботу з випробувальним терміном. Наймання в Японії довічне, а працівник, що перейшов в іншу компанію, позбавляється всіх пільг і починає будувати свою кар'єру заново.

Важливо, щоби співробітник був готовий вчитися все життя. Основними формами навчання японських службовців є [1]:

– оволодіння функціями безпосередньо на робочому місці у процесі роботи за допомогою колег;

– ротація;

– підвищення кваліфікації у межах конкретної посади;

– гуртки з вивчення конкретної тематики;

– самоосвіта.

Розглянемо європейську модель управління трудовими ресурсами на прикладі Німеччини. Німецький HR-менеджмент сформувався під впливом німецького педантизму. Керівники ставлять чіткі та зрозумілі завдання перед співробітниками, які так само чітко їх виконують. Ніхто не терпить запізнь та прострочень дедлайну. Відмінною рисою управління персоналом німецьких компаній є високий рівень правового захисту трудящих. Кількість законів та

нормативних актів, що регулюють працю працівників, у цій країні значно вища, ніж в інших європейських країнах.

У системі управління персоналом на підприємствах Німеччини добре розвинений зворотний зв'язок із керівництвом компанії. Процес роботи та результат праці жорстко контролюється керівником. Працівника оцінюють та просувають по службі залежно від докладених зусиль стосовно продуктивності. Водночас сам працівник має право знати все про своє підприємство: його економічний стан, цілі та завдання. Незважаючи на жорстку ієрархію управління, співробітник бере участь у прийнятті стратегічних рішень, виробленні кадрової та зовнішньої політики підприємства.

Професійне навчання у Євросоюзі має загальний характер та принципи, зумовлені загальними стандартами. Працівник вільно може пройти навчання в іншій країні, але самі методи навчання більш ніж стандартні – програми підвищення кваліфікації, перенавчання, професійне навчання та підготовка фахівців.

В управлінні персоналом німецькі керівники орієнтуються на особистість співробітника. Їм важливо знати особисті цілі та інтереси кожного співробітника, що необхідно для правильної мотивації працівника, яка ґрунтується на матеріальній зацікавленості та соціальному захисті.

Пострадянський стиль управління персоналом, у тому числі й українських компаній, у більшості випадків є сумішшю європейської та азіатської моделі управління. Загалом система управління персоналом в Україні базується на корпоративних взаємозв'язках із збереженням чіткої ієрархії. Співробітники компанії є однією великою родиною, але при цьому кожен знає, кому він повинен підкорятися.

Навчання персоналу на початковому рівні гарантується державою у вигляді оплаченого навчання у середніх спеціальних та вищих навчальних закладах. На підприємствах навчання працівника включає курси підвищення кваліфікації, перенавчання, тренінги та семінари, а також самонавчання. Найчастіше останнє є найпоширенішим видом навчання персоналу.

Мотивацію на українських підприємствах орієнтовано на матеріальне забезпечення трудящих, але останнім часом українські менеджери все частіше стали запозичувати зарубіжні методи стимулювання праці, зокрема нестандартну мотивацію. Нестандартна мотивація ґрунтується на особистісному підході до кожного співробітника, визначенні його бажань, потреб та втіленні їх у життя.

Література:

1. Сепета В.В. Світовий досвід у питаннях управління персоналом підприємств. *Вісник Хмельницького національного університету*. Сер. Економіка. 2018. № 6, т 1. С. 191-195.

2. Будякова О. Ю. Зарубіжний досвід формування стратегій управління персоналом підприємств. *Формування ефективних механізмів державного управління та менеджменту в умовах сучасної економіки: теорія і практика: зб. матеріалів VI Міжнар. наук.-практ. конф.* Київ: КПУ, 2018. С. 271-275.

МАТЕМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ВІСЕСИМЕТРИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ

Юрковець В.І., Вислоух С.П.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського м. Київ, Україна)

Надійність автоматизованого складання вісесиметричних деталей, як і будь яких інших операцій, які реалізують механічне переміщення, задаються рухом складального механізму який обумовлений особливостями відносного розташування деталей [1].

Мета роботи проаналізувати математичну модель автоматизованого складання вісесиметричних деталей [2], для забезпечення процесу поєднання і сил взаємодії в точках контакту.

В данній роботі описуються результати аналізу процесу складання вісесиметричних деталей з малим гарантійним зазором, при якому одна з деталей (вал або втулка) закріплюються у вертикальному положенні, а інша встановлена на неї зверху, переміщується, опираючись на три точки кромки закріпленої деталі [3].

Стан точок приєднувальної деталі визначається відносно нерухомої системи координат, зв'язаний з центром з'єднувального торця нерухомої деталі. Стан системи координат визначається Oxy , початок якої вибирається в центрі приєднувальної деталі (рис.1).

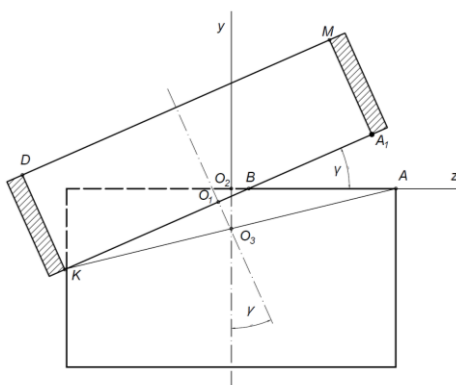


Рис. 1. Геометричні параметри процесу поєднання.

Стан симетричних точок контакту характеризується відстанню $S = OB$ відрізок, який з'єднує точки контакту, до центра O (1):

$$S = OB = \frac{d(1 + \cos^2 \gamma) - 2d \cos \gamma}{2 \sin^2 \gamma} \quad (1)$$

Координати центра мас рухомої деталі в указаних системах координат(2):

$$\begin{aligned} x_c &= 0,5H \sin \gamma - O_1 O_3 \sin \gamma \\ y_c &= 0,5H \sin \gamma - O_2 O_3 \sin \gamma \\ z_c &= 0,5H \cos \gamma - S \sin \gamma \end{aligned} \quad (2)$$

Таким чином, стан рухомої деталі в процесі поєднання визначається кутом нахилу між осями, тобто рухома деталь має одну степінь свободи, а кут γ - загальний.

Для забезпечення поєднання деталей, необхідно, щоб траєкторія приєднувальної деталі, відповідала траєкторії закріпленої кромки. Тому складання можливе при встановленні валу на позицію складання під кутом, не більше ніж зазначеного значення, визначивши за формулою(3):

$$\begin{aligned} y_V &= 0,5D - H \sin \gamma \\ z_V &= H \sin \gamma + O_1 O_2 \sin \gamma \end{aligned} \quad (3)$$

Траєкторія точки V , побудована відповідно з цими рівняннями має точку перетину, стан якої залежить від кута γ . Кут, відповідає найвищому положенню точки V , визначається графіком залежностей координати z_V від кута між осями деталей γ . На (рис. 2) представлено графік, побудований для деталей з розмірами 49,9 мм, $D = 50$ мм, $H = 70$ мм в інтервалі зміні кута, який описується рівнянням $\arccos \frac{d}{D} \leq \gamma \leq 0,5$.

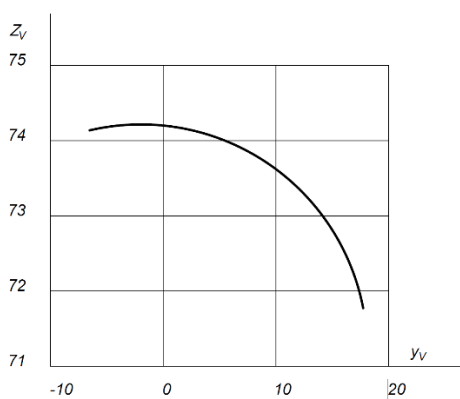


Рис. 2. Траєкторія точки V , відповідає процесу поєднання деталі.

Як видно з графіка S , максимально високе положення точки V відповідає значенню кута $\gamma_{\max} = 21,7^\circ$. Це означає що поєднання деталей вказаних розмірів можливе, якщо втулка буде встановлена під кутом $\gamma_{\max} = 21,7^\circ$ в поганому випадку це призведе до зупинки процесу поєднання деталей.

Отримана кінематична модель процесу поєднання деталей при три-точковому контакті між ними під час вертикального плоско-паралельного руху, це дозволяє нам визначити значення сил в точках контакту і визначити степінь впливу на процес складання. Перспективним напрямком використання розробленої моделі може бути синтез системи, що забезпечує необхідні характеристики процесу складання а також комп'ютерне моделювання процесу складання вісесиметричних деталей.

Література: 1. Юрковець В.І., Вислоух С.П. Аналіз критеріїв ефективності методів і засобів автоматизованого складання виробів. / Збірник праць XVI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні”, 08- 09 грудня 2020 р. – К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – С. 137-141. 2. Юрковець В.І., Вислоух С.П. Збірник праць XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ”, 18-19 травня 2021р. — К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2021. – 339 с. 3. Жарков Г.Е., Прилуцкий В.А. Саморегулювання стану рухомої деталі при складанні // Складання в машинобудуванні і приладобудуванні. – 2012 - № 9. – 179-183.

ВИЗНАЧЕННЯ ПОХИБОК АВТОМАТИЗОВАНОГО СКЛАДАННЯ ВІСЕСИМЕТРИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ

Юрковець В.І., Вислоух С.П.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського м. Київ, Україна)

В умовах автоматизованого складального виробництва існує ряд факторів [1] які впливають на можливість проведення процесу поєднання деталей. Один з яких це точність складання [2] – властивість виробу, що забезпечує правильне взаємне розташування деталей виробу в границях заданої точності та дозволяє проводити процес поєднання в автоматизованому режимі.

Метою даної роботи є дослідження основних похибок, які впливають на процес складання вісесиметричних деталей в автоматизованому режимі.

Для вісесиметричних деталей основний фактор, що відповідає за точність складання, – сумарне зміщення осей [3], він складається з декількох похибок, а саме:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{\ddot{n}\ddot{o}} + \Delta_i + \Delta_{\ddot{o}} + \Delta_{\ddot{r}\ddot{a}} + \Delta_c + \Delta'_c + \Delta_{\ddot{c}} + \Delta_{\ddot{N}}$$

– похибка прийнятої схеми відносної орієнтації деталей ($\Delta_{\ddot{n}\ddot{o}}$), що збираються на позиції складання;

– похибка налаштування орієнтуючих елементів складального автомата (Δ_i);

– похибка фіксації транспортного органу складального автомата ($\Delta_{\ddot{o}}$);

– похибка, що викликається геометричними неточностями складального автомата ($\Delta_{\ddot{r}\ddot{a}}$);

– похибки закріплення відповідно до базової (Δ_c) і приєднувальної деталей (Δ'_c), на складальній позиції.

– похибка, що викликається тепловими деформаціями ($\Delta_{\ddot{N}}$) при виконанні збирання з термовпливом.

Складові похибки сумарного зміщення осей розглядаються в площині перпендикулярної осі складання для заданого етапу поєднання деталей, а кожна складова похибка зазвичай являє собою суму похибок декількох ланок технологічної системи [4]. Тому побудова та розрахунок розмірних ланцюгів технологічної системи повинні здійснюватися з урахуванням утворення складових похибок сумарного зміщення осей. Розглянемо детальніше про кожну з похибок.

Похибка прийнятої схеми визначається на основі розв'язання розмірних ланцюгів технологічної схеми складання.

Похибка налаштування характеризує точність відносного розташування орієнтуючих поверхонь базуючих елементів, які використовуються в якості

установчих баз при базуванні базової і приєднувальної деталей на позицію складання.

Похибка фіксації виникає у багатопозиційних складальних автоматах, з поворотним столом або кроковим конвеєром, у складальному обладнанні, оснащений конвеєрами, а також у штампо-складальних автоматах. Похибка виникає в результаті неточності виготовлення ділільних механізмів та наявності зазорів у вузлі фіксатора.

Похибка, що викликається геометричними неточностями складального автомата, в основному залежить від величини відносних відхилень від паралельності та перпендикулярності настановних поверхонь складального автомата, на які монтують базуючі елементи для встановлення на них базової та деталей, що приєднуються.

Похибки закріплення відповідно до базової і приєднувальної деталей залежать від прийнятої схеми закріплення, коливань затискних сил і жорсткості деталей, що збираються, напрями застосування затискної сили, шорсткості і твердості базуючих поверхонь та інших факторів.

Похибка, що викликається тепловими деформаціями, враховують лише при складанні з'єднань з натягом термовпливом. Похибка залежить від методу термовпливу, конфігурації, розмірів і матеріалів деталей, що збираються, і визначається експериментально.

Використання методики визначення похибок при проектуванні процесу автоматизованого складання вісесиметричних деталей дозволить підвищити параметри точності, що забезпечить безвідмовний процес поєднання деталей в автоматизованому режимі. Перспективним напрямком використання розробленої моделі похибок може бути синтез системи, що забезпечує необхідні характеристики процесу складання, а також комп'ютерне моделювання процесу складання.

Література:

1. Юрковець В.І., Вислоух С.П. Аналіз критеріїв ефективності методів і засобів автоматизованого складання виробів // Збірник праць XVI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні”, 08- 09 грудня 2020 р. – К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – С. 137-141.

2. Юрковець В.І., Вислоух С.П. Підвищення надійності автоматизованого складання виробів. // Збірник праць XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄПРИЛАДОБУДУВАННЯ”, 18-19 травня 2021р. – К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2021. – С. 179-183.

3. Черняховская Л.Б. Кинематический и динамический анализы автоматической сборки цилиндрических деталей: Монография: – Самара: Самар. гос. ун-т, 2011 – 76 с.

4. Жарков Г.Е., Прилуцкий В.А. Саморегулирование положения подвижной детали при сборке // Сборка в машиностроении и приборостроении. – 2012. – № 9. – С. 11-14.

ПОЛІРУВАННЯ ПОЛІМЕРНИХ ОПТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

¹Філатов Ю.Д., ¹Сідорко В.І., ¹Ковалев С.В., ²Ковалев В.А., ²Юрчишин О.Я.
(¹ІНМ ім. В. М. Бакуля НАНУ, м. Київ, Україна,
²НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сикорського», м. Київ, Україна)

Розробка новітніх технологій полірування прецизійних поверхонь деталей з полімерних оптичних матеріалів, які використовуються для виготовлення сцинтиляторів з полістиролу (ПС), контактних та інтраокулярних лінз з поліметилметакрилату (ПММА), лінз для окулярів з аллідігліколькарбонату (CR-39), є актуальною проблемою. Метою даного дослідження є вивчення закономірностей впливу фізико-хімічних властивостей оброблюваного матеріалу та дисперсної системи на показники полірування полімерних оптичних матеріалів.

На основі аналізу механізму полірування неметалевих матеріалів показано, що видалення оброблюваного матеріалу і формування шорсткості поверхні є наслідком видалення з неї наночастинок шламу в результаті ферстерівського резонансного перенесення енергії (FRET) [1–3] між частинками дисперсної фази та оброблюваною поверхнею, яке відбувається в оптичному мікрорезонаторі [4, 5], утвореному двома паралельними поверхнями оброблюваного матеріалу і притира. Система «оброблювана поверхня – дисперсна система – поверхня притира» являє собою квантовий генератор наночастинок, потужність генерації яких залежить від добротності резонатора і визначає показники полірування.

Встановлено, що під час полірування оптичних поверхонь деталей з полістиролу, поліметилметакрилату та аллідігліколькарбонату за допомогою дисперсних систем з мікро- та нанопорошків продуктивність полірування полімерних оптичних матеріалів нелінійно збільшується, а шорсткість полірованих поверхонь погіршується за підвищення добротності резонатора.

На основі результатів дослідження розроблено дослідну технологію полірування полімерних оптичних матеріалів за допомогою дисперсних систем з мікро- та нанопорошків, яка задовольняє вимогам світових стандартів. Аналіз показників процесу полірування полімерних оптичних матеріалів показав, що продуктивність їх полірування складає $(5-70) \cdot 10^{-12}$ м³/с (5–150 мкм/год.), а шорсткість полірованих поверхонь відповідає параметрам $Ra = (5,2-29,1)$ нм, $Rq = (5,5-31,3)$ нм і $Rmax = (9,6-51,1)$ нм.

Література: 1. Filatov Yu.D., Sidorko V.I., Boyarintsev A.Y., Kovalev S.V., Garachenko V.V., Kovalev V.A., Effect of the Spectroscopic Parameters of the Processed Material and Polishing Powder on the Parameters of Polishing. *J. Superhard Materials*, 2022, Vol. 44, no. 1. P. 37–45. 2. Filatov Yu.D., Sidorko V.I., Boyarintsev A.Y., Kovalev S.V., Kovalev V.A., Transfer Energy in the Interaction of an Optical Surface with a Polishing Disperse System. *J. Superhard Materials*, 2022, Vol. 44, no. 2. P. 117–126. 3. Filatov Yu.D., Relationship between the Transfer Coefficients and Transfer Energy during the Polishing of Nonmetallic Materials. *J. Superhard Materials*, 2022, Vol. 44, no. 3. P. 226–228. 4. Dovzhenko D., Lednev M., Mochalov K., Vaskan I., Rakovich Yu., Nabiev I. Polariton-assisted manipulation of energy relaxation pathways: donor–acceptor role reversal in a tuneable microcavity. *Chem. Sci.* 2021. Vol. 12. P. 12794–12805. 5. Nabiev I., Strong light-matter coupling for optical switching through the fluorescence and FRET control. *PhysBioSymp* 2019. *J. Physics: Conference Series*. 2021. Vol. 2058 (012001). P. 1–7.

ЗМІСТ

<i>Abhari P.B., Tagan L.V.</i> Numerical simulation investigation to make non-axisymmetric part with lateral extrusion process	5
<i>Gitis Tetiana.</i> Modeling the impact of wages on staff turnover in the ukrainian industry	6
<i>Gitis V., Zahorodnikh D., Gitis I.</i> Application of the automation engineering methods for the stability of a commercial bank analysis	7
<i>Gnytko O.M., Kuznetsova A.V.</i> Coolant lubricants usage for chip removal.....	9
<i>Kravchenko V.I., Jartovsky A.V., Avraimov A.I.</i> Improvement of engineering personnel training in scientific circle	11
<i>Petrakov Y., Ezenduka J.</i> Development optimal control for shape forming pieces turning on cnc lathe machine	12
<i>Rajabzadeh M., Emtehani F., Zaloga V., Ivchenko O.</i> Analysis of approaches to solve operational disorders in the supply chain caused by financial problems ..	13
<i>Rajabzadeh M., Khosravi A., Zaloga V., Ivchenko O.</i> A model of customer knowledge management: problems of implementation	16
<i>Ryazantsev A.O., Nechaev V.P., Fedusov V.O.</i> The reduction of equipment downtime by resuming performance of a large-modular shaft gear	19
<i>Subotin Oleg V., Sus Stepan P.</i> Analytical calculation of the primary measuring transducer of optical type	21
<i>Trokhimchuck P. P.</i> Some problems of modelling the complex systems	23
<i>Алієв І.С., Левченко В.М., Таган Л.В., Чепеленко О.Ю., Стратєєв Д.О.</i> Холодне поперечне видавлювання складнопрофільованих деталей з відростками	24
<i>Алієв І.С., Марков О.Є., Карнаух С.Г.</i> Розробка штампів для розділення профілів складної конфігурації.....	25
<i>Бельмас І.В., Таницура Г.І., Білоус О.І.</i> Шліфування інструментом з мимобіжною віссю	28
<i>Бережна О.В., Недвіга А.А., Буйкус Я.О.</i> Аналіз існуючих математичних моделей процесу електроконтактного відновлення поверхонь	30

Бившева Л.О., Шапаренко О.А. Сучасний стан системи управління якістю на підприємствах машинобудівної галузі	32
Биковський О.Г., Лантєва Г.М., Кидун Р.А. Підвищення довговічності графітових електродів шляхом нанесення захисного покриття	34
Бойко І.А., Мельничук П.П., Юр'єва В.В. Умови та особливості застосування зносостійкого порошкового покриття ПКХТН-30 у деталях авіаційних двигунів.....	36
Веселовська Н. Р. Дослідження закономірностей віброударного Пресування.....	38
Виговський Г.М., Балицька Н.О., Плисак М.М., Отаманський В.В. Дослідження процесу обробки площин чистовим торцевим фрезерування ..	39
Віштак І.В. Дослідження надійності обладнання з гідравлічними та пневматичними приводами	40
Володченко В.В. Сучасні методології та бізнес-моделі інформаційного менеджменту	41
Волошина О.О., Моховіков А.Г. Основні проблеми діяльності машинобудівних підприємств в умовах воєнного стану економіки України.	43
Гавриш П.А. Усунення концентраторів напруги кранових Металоконструкцій	45
Гавриш П.А., Сегін В.В. Основи вибору кінцевого елемента при розрахунку навантажень рудно-грейферного перевантажувача	47
Ганєєв Т.Р., Прибитько І.О., Петренко І.О. Застосування оптичного сканування для проектування вузлів спряження	49
Гасанов М.І., Шелковий О.М., Юрчишин О.Я., Скидан Н.П., Голубкин С.С., Шаповалов М.В. Вдосконалення технології поверхневого газокисневого гарту великогабаритних зубчастих коліс	50
Горбатенко Ю. П., Семенчук Р. В. Підіймальна платформа.....	52
Горбатенко Ю. П., Семенчук Р. В. Вантажо-пасажирська підіймальна установка	54
Горбатенко Ю. П., Семенчук Р. В. Вантажо-підіймальна лебідка з дисковим барабаном.....	56

Гринь О.Г., Трембач І.О. Обґрунтування вибору матеріалу стрічки порошкового дроту для наплавлення високоманганової сталі.....	58
Грицай І.Є., Сліпчук А.М. Моделювання процесу нарізання планетарних великомодульних зубчастих коліс методом Power Skiving	59
Грудкіна Н.С., Левченко В.М., Алієва Л.І., Абхарі П.Б., Лепетухин Е.В. Проектування процесів холодного видавлюванням на основі енергетичних моделей розрахунку	60
Губський С.О., Чухліб В.Л. Формування коритного гнутого профілю Зі змінним поперечним перерізом по довжині.....	61
Джулій Д.Ю., Майборода В.С., Кучерук Д.В. Покращення шорсткості SLM 3D друкованих деталей зі сталі AISI 316L при магнітно-абразивному обробленні	62
Держинський І.В., Кассов В.Д. Аналіз існуючих систем контролю проти коливання вантажу козлових і баштових кранів	64
Донченко Є.І. Подальший розвиток засобів підвищення надійності системи діагностики фрез.....	67
Єнікєєв О.Ф., Євсюкова Ф.М., Захаренков Д.Ю. Система моніторингу циліндрових потужностей	68
Жаріков С.В., Голуб Д.М., Халюта А.Е. Оптимізація складу металу для наплавлення штампового інструменту	69
Жерносєков А.М., Римар С.В. Електромагнітна сумісність зварювальних трансформаторних джерел живлення змінного струму з імпульсними пристроями стабілізації горіння дуги.....	71
Заболотний К.С., Бельмас І.В., Танцюра Г.І., Білоус О.І., Танцюра Т.О. Напруження в інструменті шліфування від дії дотичної сили різання	73
Кабацький О.В., Хорошайло В.В., Красовський С.С., Загребельний С. Л. Розвиток просторового мислення студентів спеціальностей технічного спрямування	75
Калафатова Л.П., Чульська Ю.О. Вплив схеми шліфування на ефективність обробки виробів із крихких неметалевих матеріалів.....	76
Калініченко В.В., Мельник М.С. Прогресивна технологія механічної обробки тримачів збірних токарних різців на базі використання спеціального мехатронного верстатного обладнання	77

Калюжний В.Л., Левченко В.М., Яроменко О.С., Таган Л.В. Вплив швидкості деформування на гаряче зворотне видавлювання порожнистого виробу.....	78
Камчатна-Степанова К.В., Скоркін А.О., Півень Л.В., Антоненко Я.С., Мироненко О.Є. Співвідношення сумарних периметрів одночасно ріжучих зубів стандартних фрез і фрез із роздільною схемою формоутворення шевронних коліс.....	79
Карнаух С. Г., Чоста Н. В. Розробка допоміжних пристроїв до штампів для відрізки сортового прокату зсувом з диференційним затиском.....	80
Кириця І. Ю. Поверхні граничних деформацій при оцінці деформованості заготовок типу «Стакан»	83
Кінденко М. І. Зміна надійності свердел з швидкорізальної сталі Р6М5 після зміцнення в імпульсному магнітному полі.....	85
Кінденко М. І. Вплив магнітного стану осевого інструменту з швидкорізальної сталі на стійкість.....	86
Клименко Г.П., Захаров Е.О. Оцінка надійності роботи твердосплавних різців на важких верстатах	87
Клименко Г.П., Заковоротний О.Ю., Васильченко Ю.В., Моделювання надійності ріжучого інструменту при токарній обробці деталей	89
Клименко С.А., Манохін А.С., Конєйкіна М.Ю., Клименко С.Ан. Вплив залишкових напружень в PVD-покритті на величину напружень в інструменті з PсVN при точінні загартованої сталі	91
Клименко С. Ан., Чумак А.О., Манохін А.С., Клименко С.А., Румянцева Ю.Ю. Дослідження контактних напружень та розрахунок йомвірності руйнування інструментів із ПКНБ групи VL при ударних навантаженнях	93
Климов О.В., Лебедєв В.О., Макаренко Н.О., Капустян О.Є., Осіпов М.Ю., Савонов Ю.М., Куликовський Р.А., Бриков М.М. Визначення критичної товщини елемента з високовуглецевої сталі для отримання ферито-цементитної суміші з мінімальною міжпластинчастою відстанню	95
Ковалевський С.В., Ковалевська О.С. Вплив постійного магнітного поля на міцнісні властивості зразків неметалевих матеріалів при їх широкосмугових мікрівібраціях	96

<i>Ковалевський С.В., Ковалевська О.С., Пелипенко О.О.</i> Вплив широкосмугових нановібрацій зразків з металевих немагнітних сплавів в постійному магнітному полі на їх міцнісні властивості.....	98
<i>Коваленко Я.П., Мельничук П.П.</i> Ефективність процесів механічної обробки плоских поверхонь загартованих сталей інструментами із ПКНБ групи VL	100
<i>Ковальов В.Д., Васильченко Я.В., Антоненко Я.С., Кметь І.А., Бородай Р.А., Хованець О.В.</i> Методика синтезу алгоритмів управління режимами процесу механообробки.....	101
<i>Ковальов В.Д., Васильченко Я.В., Клочко О.О., Старченко О.П., Пермяков Є.А., Кобельник В.Р.</i> Контактно гідродинамічний ефект переходу рідини з ньютонівського стану в неньютонівський при зачепленні вискохідних коліс	103
<i>Ковальов В.Д., Васильченко Я.В., Шаповалов М.В., Корчма Д.О., Бородай Р.А., Бесчетнікова О.С.</i> Функціонально-інтегральний Метод розробки основних видів мехатронних модулів для металообробних верстатів	105
<i>Ковальов В.Д., Васильченко Я.В., Лещук Р.Я., Щербакова А.Ю., Коваленко А.В., Бородай Р.А.</i> Інтегрована система діагностики та управління обробкою на важких токарних верстатах з ЧПУ	106
<i>Ковальов В.Д., Сорокіна Т.О., Буховець В.М., Кметь І.А., Петренко Д.І., Станкова М.В.</i> Вимірювання параметрів оптимальної роботи основних вузлів важкого токарного верстата в процесі обробки.....	108
<i>Ковальов В.Д., Майборода В. С., Охріменко О.А., Пермяков О.А., Клочко О.О., Шаповалов М.В., Манохін А.С., Федоренко В.С.</i> Деформації і рушення зрізуємого шару при швидкісному осцилюючому зубофрезуванні загартованих циліндричних зубчастих коліс на основі квантово-механічного положення	110
<i>Комар Р.В., Сенчишин В.С.</i> Розрахунок зони захвату тонкостінних трубчастих заготовок гвинтовим затискним пристроєм	113
<i>Комар Р.В., Сенчишин Віт.С.</i> Пружний вал верстатних приводів.....	114
<i>Комар Р.В., Сенчишин Віт.С.</i> Надійність запобіжно-компенсуючих пристроїв у машинобудуванні	115

Кондратенко О.О. Система розвитку персоналу як елемент корпоративної культури машинобудівного підприємства.....	116
Копей В. Б., Онисько О. Р. Застосування методів ієрархічної кластеризації для проектування групових технологічних процесів	117
Копей В.Б., Лукань Т.В., Окрепкий С.В. , Онисько О.Р., Халуна В.В. Промислові випробування різців для точіння високогерметичних нарізевих з'єднань	118
Корбут Є.В., Парненко В.С. Конструювання покриттів дискретного типу різального інструменту з умови когезійної та адгезійної їх стійкості при обробки волокнистих полімерних композиційних матеріалів	120
Котляр О.В., Басова Є.В., Іванова М.С., Баранов В.М. Застосування принципів багатокритеріальної оптимізації для формування технологічних процесів виготовлення фланців в умовах SMEs	122
Крахмальов О.В. Дослідження з аналітичної механіки в Харкові	123
Лавріненко В.І., Ільницька Г.Д., Скрябін В.В., Островерх Є.В. Поліпшення характеристик синтетичних алмазів у високопрецизійному алмазному правлячому інструменті для потреб машинобудування України.....	125
Лаптева Г.М., Єфанов В.С. Дослідження впливу технології виготовлення випаровуємих катодів на якість іонно-плазмових покриттів лопаток турбін.....	126
Лебедєв В.О., Лой С.А. Вишукування нових способів забезпечення підвищених експлуатаційних покриттів, виконаних плазменним напиленням.....	128
Лебедєв В.О., Лой С.А., Матвієнко М.В., Єрмолаєв Г.В., Спіхтаренко В.В. Вивчення напруженого стану плазмових покриттів як засіб покращення якості напилення.....	130
Лебедєв В.О., Новиков С. В. Практичне застосування електродугового автоматичного наплавлення з керованими коливаннями виробу	132
Лебедєв В.О., Островерхов М.Я., Халімовський О.М. Швидкодіючі приводи подачі для механізованого та автоматичного зварювального устаткування	134

<i>Левченко В.М., Алієва Л.І., Картамишев Д.О., Корденко М.Ю., Малій О.Г.</i> Моделювання процесу поперечно-прямого видавлювання методом верхньої оцінки	136
<i>Лузан С. О., Ситников П. А.</i> Захисні покриття деталей машин на основі композиційних матеріалів, отриманих з використанням самопоширюваного високотемпературного синтезу	137
<i>Лупкін Б.В., Антонюк В.С., Корольков Ю.Я., Андреев О.В.</i> Підвищення точності процесу свердління композиційних полімерних матеріалів	138
<i>Луців І.В., Войцешук Н.Т.</i> Вплив кінематики багаторізцевого паралельного токарного оброблення на формування шорсткості поверхні	139
<i>Майборода В.С., Джулій Д.Ю., Буріков О.О.</i> Вплив магнітно-абразивного оброблення на характеристики поверхневого шару плоских деталей	141
<i>Максименко О.П., Нікулін О.В., Григориця О.О.</i> Графічна факторизація при організації навчальних досліджень	143
<i>Марченко Д.Д., Матвєєва К.С.</i> Дослідження технології зміцнюючої обробки деталей машин розмірним обкатуванням.....	145
<i>Медведєв М.І., Бобух О.С., Кузьміна О.М.</i> Удосконалення технології кування титанових сплавів в умовах ТОВ "ДНЕПРОПРЕСС СТАЛЬ"	147
<i>Мироненко Є.В., Баркова С.О.</i> Особливості стратегічного маркетингового планування на промислових підприємствах	149
<i>Мироненко Є.В., Властов П.А.</i> Дослідження і удосконалення дискових касетних фрез для прорізання пазів деталей важкого машинобудування	150
<i>Міранцов С.Л., Угнівенко М.А., Мироненко О.Є.</i> Дослідження та вдосконалення збірних прорізних різців для важких верстатів токарної групи	152
<i>Міцик А.В., Федорович В.О.</i> Визначення зйому металу за один удар гранули абразивного середовища о поверхню оброблюваної деталі при віброобробці	154
<i>Молчанов В.Ф.</i> Аналіз напрямів забезпечення точності для умов автоматизованого виробництва	156
<i>Нагорний Я.С.(аспр.), Сливінський О.А.</i> Шляхи модифікування зварних швів високоміцних сталей	158

Надтока В.М., Краєв М.В., Борисенко А.Ю. Нанесення захисних покриттів на кристалізатори МБЛЗ	159
Нарижний О.Г., Тараненко М.Є. Математичне моделювання деформування та руйнування природних та біогенних конкрецій за допомогою електричного вибуху	160
Нежебовський В.В., Дергоусов В.М., Пермяков О.А., Клочко О.О., Устиненко О.В., Рябченко С.В. Новітні процеси обробки зубчастих коліс редукторів вугледобувних комбайнів	162
Нечипоренко В.М., Сало В.А., Літовченко П.І. Критерій призначення раціональних значень геометричних параметрів посадок з натягом при використанні автоматизованого проектування	164
Олійник С.Ю. Зниження вібрацій тонкостінних великогабаритних оболонок на операціях механічної обробки	166
Охріменко О.А., Клочко О.О., Гасанов М.І., Заковоротний О.Ю., Півень Л.В., Стрілець О.С. Проектування чистових черв'ячних фрез для зубчастих коліс 8 ступені точності ГОСТ1643-81	167
Пасічник Г.С. Особливості математичної підготовки інженера	169
Пасічник В.А., Юрчишин О.Я. Рівні реалізації трансферу технологій	170
Перемітько В., Євдокимов А. Підвищення стійкості деталей обладнання металургійного та гірничо-збагачувального комплексу за рахунок модифікації наплавленого шару біметалевих листів.....	171
Перемітько В.В., Коломоєць І.В., Шевцов В.Б., Кривда І.В. Здатність поверхневих шарів диференційованого складу та властивостей витримувати ударні навантаження при зношуванні.....	173
Пермяков О.А., Яковенко І.Е. Використання портативних верстатів для ремонту і модернізації об'єктів важкого машинобудування	174
Петраков Ю.В., Сікайло М.О. Критерій сталості процесу фрезерування кінцевими фрезами.....	176
Пірогов Д.О., Цибуленко В.О., Воронцов Б.С. Механічна обробка заготовок із титану, отриманих адитивним способом.....	177
Погорильчук В.А., Громовий О.А., Храбан Д.В. Проблеми обробки циліндричних деталей з нерівномірною геометричною поверхнею в умовах динамічного навантаження інструменту	179

Равська Н.С., Корбут Є.В., Родин Р.П., Парненко В.С., Заковоротний О.Ю., Клочко О.О., Сапон С.П., dr. Rolahd Loroch. Імітаційне моделювання процесами спрощеним алгоритмом методу групового врахування аргументів.....	180
Радкевич С.І., Мельничук П.П., Глембоцька Л.Є. Ефективність обробки лезовим інструментом плоских поверхонь деталей з чавунів.....	182
Родічев Ю. М., Сорока О. Б. Методика оцінки міцності адгезивів на зсув у адгезійних шарах багатошарового скла, порушеного при ударних впливах..	184
Родічев Ю. М., Сорока О. Б., Ковальов В.Д., Васильченко Я.В. Масштабний ефект стійкості ламінованих елементів з модифікованого скла при багатократному ударному навантаженні	186
Серілко Л.С., Пікула М.В., Стадник О.С. Удосконалення пристрою для відцентрової абразивної обробки деталей	187
Стрельчук Р.М. Дослідження залишкових напруг після електроерозійного шліфування.....	188
Ступницька Н.В., Лісіцин С. Методика моделювання ефективності впровадження заходів запобігання виробничого травматизму на машинобудівних підприємствах.....	190
Ступницький В.В., Ше Сяньнін. Методика фільтрації та згладжування цифрових результатів імітаційного моделювання в системі Deform 2D.....	192
Суботіна І.О., Суботін О.В. Комп'ютерна реабілітація людей з вадами зору	194
Суботін О.В., Журавльов М.О. Особливості створення інформаційних мереж	195
Суботін О.В., Чернявський А.А. Автоматизація розрахунку інформаційних мереж	196
Таган Л. В., Алієва Л. І., Панібратченко Ю. А., Козоріз В.А. Тресторонне комбіноване видавлювання складнопрофільованих деталей	198
Тулупов В.І., Онищук С.Г. Дослідження комбінованих технологічних методів зміцнення металевих зразків.....	199
Філіппова М.В., Богдан Г.А., Волошко О.В. Підвищення точності механічної обробки поверхонь складного профілю на оброблюючих центрах.....	200

Фоміченко І.П., Бурцева О.Є. Цифровий маркетинг як інноваційний інструмент управління підприємствами	202
Холмовой Ю.П. Контроль жорсткості води у системах охолодження у машинобудуванні: хронометричне титрування з Си-селективним електродом.....	203
Чухліб В.Л. «Сучасна освіта. реалії сьогодення»	204
Чучин О. В., Панібратченко Ю. А., Мироненко С.А., Солянов Д. О. Формоутворення деталей з фланцем комбінованим видавлюванням	206
Шашко В.О., Мироненко Є.В. Промисловість України в умовах воєнного стану	207
Шубна О.В., Ширкова А.Д. Особливості управління персоналом промислових підприємств: досвід різних країн	209
Юрковець В.І., Вислоух С.П. Математичний аналіз процесу складання вісесиметричних деталей.....	211
Юрковець В.І., Вислоух С.П. Визначення похибок автоматизованого складання вісесиметричних деталей	213
Філатов Ю.Д., Сідорко В.І., Ковалев С.В., Ковалев В.А., Юрчишин О.Я. Полірування полімерних оптичних матеріалів	215

Наукове видання

**ВАЖКЕ МАШИНОБУДУВАННЯ
ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ**

**МАТЕРІАЛИ
XX Міжнародної
науково-технічної конференції**

Рекомендовано до друку вченою радою ДДМА,
протокол № 11 від 30.06.2022

Відповідальний за випуск Віктор КОВАЛЬОВ
Комп'ютерне верстання: Максим ШАПОВАЛОВ

Підп. до друку 30.08.2022
Ум. друк. арк. 5,81.
Тираж 100 пр.

Формат 60×84^{1/16}.
Обл.-вид. арк. 5,42.
Зам. № 9

Видавець і виготівник
Донбаська державна машинобудівна академія
84313, м. Краматорськ, вул. Академічна, 72
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру
ДК №1633 від 24.12.2003