

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ**



**ВАЖКЕ МАШИНОБУДУВАННЯ.
ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ**

**МАТЕРІАЛИ
XVI Міжнародної
науково-технічної конференції**

Краматорськ 2018

УДК 621.9

Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції 29 — 31 травня 2018 року / Під заг. ред. В. Д. Ковальова. — Краматорськ: ДДМА, 2018. — 100 с.

ISBN 978-966-379-837-0

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

МІЖНАРОДНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Голова

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

Члени програмного комітету:

| | |
|---------------------------|--|
| Антонюк В.С., | д.т.н., проф., НТУУ "КПІ" |
| Грабченко А.І., | д.т.н., проф., зав. каф. НТУ "ХПІ" |
| Дашич П., | проф. ВТМІ, Трстенік, Сербія |
| Єфімов М.В., | президент ПАТ "ЕМСС" |
| Залого В.О., | д.т.н., проф., зав. каф. СумДУ |
| Іларіонов Р., | д.т.н., проф., ректор ТУ-Габрово, Болгарія |
| Калафатова Л.П., | д.т.н., проф. ДонНТУ |
| Кассов В.Д., | д.т.н., проф., зав. каф. ДДМА |
| Клименко Г.П., | д.т.н., проф., зав. каф. 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., зав. каф. ТНТУ ім. І. Пулюя |
| Майборода В.С., | д.т.н., проф., НТУУ "КПІ" |
| Мельничук П.П., | д.т.н., проф. ЖДТУ |
| Мироненко Є.В., | д.т.н., проф., декан ФЕМ ДДМА |
| Павленко І.І., | д.т.н., проф., зав. каф. КДТУ |
| Палашек О.Г. | головний конструктор ПрАТ "КЗВВ" |
| Пасічник В.А., | д.т.н., проф., зав. каф. НТУУ "КПІ" |
| Пермяков О.А., | д.т.н., проф., зав. каф. НТУ "ХПІ" |
| Петраков Ю.В., | д.т.н., проф., зав. каф. НТУУ "КПІ" |
| Равська Н.С., | д.т.н., проф., НТУУ "КПІ" |
| Рібайн Ф., | ген. директор "Heidenhain", Німеччина |
| Скальський Є.О., | директор представництва Gertnergrouр в Україні |
| Сорока О.Б., | д.т.н., ПМіц ім. Г.С.Писаренка НАН України |
| Струтинський В.Б., | д.т.н., проф., зав. каф. НТУУ "КПІ" |
| Суков Г.С., | к.е.н., ген. директор ПрАТ "НКМЗ" |
| Тонконогий В.М., | д.т.н., проф., директор ІІТДМ НТУ "ОНПУ" |
| Турчанін М.А., | д.т.н., проф., проректор ДДМА |
| Христо К. Радєв, | д.т.н., ТУ "Софія", Болгарія |
| Шелковой А.Н. | д.т.н., проф., зав. каф. НТУ "ХПІ" |

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
DONBAS STATE ENGINEERING ACADEMY**



**HEAVY ENGINEERING.
PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT**

MATERIALS
of the XVI International
scientific and technical conference

Kramatorsk 2018

Heavy engineering. Problems and prospects of development : materials of the XVI International scientific and technical conference — May 29 — 31, 2018 / under general edition of V. Kovalov, Doctor — Kramatorsk : DSEA, 2018. — 100 p.

ISBN 978-966-379-837-0

Materials for solving urgent problems of heavy engineering, design, manufacture and operation of machines, machine tools, tools, development and deployment of advanced energy saving technologies are described in the collection of abstracts.

INTERNATIONAL PROGRAM COMMITTEE

Chairman

Kovalov V.D., Dr., Prof., rector DSEA

Members of program
committee:

| | |
|--------------------------|--|
| Antonjuk V.S., | Dr., Prof., NTUU "KPI" |
| Dašić P., | Prof. of HTMS of Trstenik, Serbia |
| Grabchenko A.I., | Dr., Prof., head of dep. NTU "KhPI" |
| Hristo K. Radev | Dr., TU "Sofia", Bulgaria |
| Ilarionov R., | Prof., rector of TUG, Bulgaria |
| Kalafatova L.P., | Dr., Prof., DonNTU |
| Kassov V.D., | Dr., Prof., head of dep. DSEA |
| Klimenko G.P., | Dr., Prof., head of dep. DSEA |
| Klimenko S.A., | Dr., Prof., vice-director ISM NAS of Ukraine |
| Klochko O.O., | Dr., Prof., NTU "KhPI" |
| Lootsiv I.V., | Dr., Prof., head of dep. TNTU |
| Majboroda V.S., | Dr., Prof., NTUU "KPI" |
| Melnichuk P.P., | Dr., Prof., rector ZhSTU |
| Mironenko E.V., | Dr., Prof., dean DSEA |
| Palashek O.G. | Chief designer "KZTS" |
| Pavlenko I.I., | Dr., Prof., head of dep. KSTU |
| Pasichnyk V.A., | Dr., Prof., head of dep. KSTU |
| Permjakov O.A., | Dr., Prof., head of dep. NTUU "KPI" |
| Petrakov Y.V. , | Dr., Prof., head of dep. NTUU "KPI" |
| Ravskaya N.S., | Dr., Prof., NTUU "KPI" |
| Rehbein F., | General Director "Heidenhain", Germany |
| Shelkovoï A.N., | Dr., Prof., head of dep. NTUU "KPI" |
| Skalskiy E.O., | Director Gertnergroup in Ukraine |
| Soroka O.B., | Dr., IPMS NAS of Ukraine |
| Strutinskiy V.B., | Dr., Prof., head of dep. NTUU "KPI" |
| Sukov G.S., | Ph.D., General Director NKMZ |
| Tonkonogiy V.M., | Dr., Prof., director ITDMI NTU "ONPU" |
| Turchanin M.A., | Dr., Prof., vice-rector DSEA |
| Yefimov M.V., | General Director EMSS |
| Zaloga V.A., | Dr., Prof., head of dep. SSU |

ISBN 978-966-379-837-0

© DSEA, 2018

INCREASING THE SERVICE LIFE OF MACHINE TOOL PARTS

Berezshnaya E.V.

(DSEA, Kramatorsk, Ukraine)

For restoration and hardening of wearing parts of machine tools, electrocontact surfacing methods are widely used. However, the technological possibilities of such processing methods are limited by a number of drawbacks: the presence of cracks, the chipping of the deposited layer due to the low adhesion strength of the coating to the base metal during surfacing at the recommended modes; and the occurrence of residual stresses in the welded zone of coating with the surface layer of the product. The structural factor of samples microplasticity deposited by strips of constructional carbon steels, in connection with the different sensitivity of the deposited metal to the stress concentration is investigated. The study of the deposited metal microplasticity was carried out with tensile deformation on steels samples of 25, 40 and 40X grades after their coating by electrocontact surfacing by the tapes. The deposited samples were subjected to heat treatment in various regimes in order to change the structure of the surface layer, resulting in 5 groups of deposited samples for the microplasticity study. On the basis of experimental data, regression equations are obtained. They approximate the relationship between stress and microplastic deformation. It was established that the lower resistance of microplastic deformation is typical of deposited samples with a predominantly ferrite structure, in comparison with the deposited samples with a sorbite or troostite structure. It indicates a structural state that causes an increase in the fracture toughness. If the deposited sample contains a relatively large volume of excess ferrite grains, then there will be fewer obstacles for shifts, and slip lines will be rectilinear. In sorbite structures with a developed intergranular surface, the obstacles to sliding are much larger, which causes the lines bow. In deposited samples, which are insensitive to stress concentration, the required mean stress rate for starting dislocations is small. Consequently, the smaller stress rate required to initiate the movement of dislocations, the less sensitive the sample to the stress concentration.

The hardening coefficient was determined using statistical modeling methods. It is established that deposited samples with a ferrite structure are characterized by the smallest hardening coefficient. Deposited samples containing sorbite in the structure have the highest hardening coefficient. The presence of free ferrite in the structure of the deposited layer reduces the intensity of dislocation accumulation. The influence of the hardening coefficient on the sensitivity to stress concentration concerning samples deposited by stripes from structural carbon steels with further heat treatment is experimentally confirmed. The surface layer of the coating metal deposited by the electrocontact method, is the most loaded and the least protected from harmful effects; it significantly affects the durability of the restored parts. The structural state of the surface layers is affected not only by the final processing operation, but also by their sequence. This necessitates the development of combined technology for the recovery of wearing parts of machine tools.

METHOD OF INVESTIGATION OF THE DYNAMIC STRENGTH OF TECHNOLOGICAL INDUSTRIAL ROBOTS ON NODES

Chupryna V.M.

(State Research and Development Center of the Armed Forces of Ukraine, Chernigiv, Ukraine)

In modern automated production facilities, industrial robots (IR) are often used to perform cutting operations. In this case, the accuracy of the machined parts depends on the dynamic stiffness of the IR in the cutting zone. With modular-modular design, the designer needs to know the dynamic characteristics of the IR elements (nodes, intermediate node, modules).

The aim of the work is to develop a method for determining the dynamic rigidity of an elastic system of a "one-armed" industrial robot by elements (nodes).

The dynamic robot model (Fig. 1) is a chain system with n elements. At the section location I the complete system can be conditionally divided into two enlarged subsystems: ES1 and ES2 (Fig. 2). When the system is divided, the uncertainty of ES1 (Fig. 2b) is overcome by fixing it to "ground". Then we get two subsystems (Fig. 2c, d), which can be investigated independently.

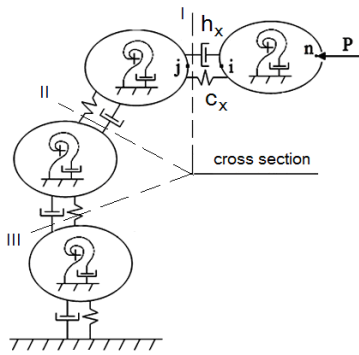


Figure 1 - Dynamic model of IR

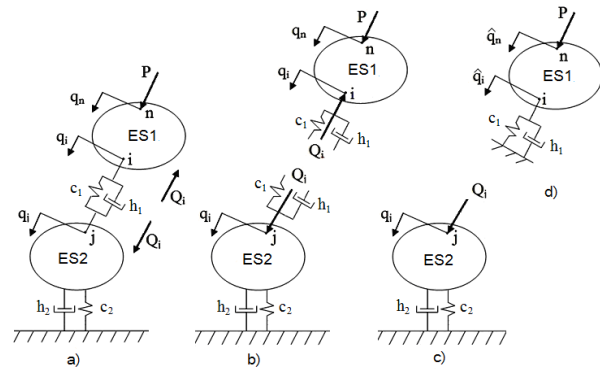


Figure 2 - A consolidated dynamic model of IR

The transfer function (TF) of the ductility of ES1 is found in the complete system

$$\hat{W}_{P_1}^{q_1} = W_{P_1}^{q_1} - W_{Q_2}^{q_1} W_{P_1}^{q_2} \quad (1)$$

TF of the complete system of IR can be found on the TF of its subsystems of the matrix equation

$$W_{P_1}^{q_1} = \left[E - \hat{W}_{Q_2}^{q_1} (E - \hat{W}_{Q_2}^{q_2} C_{22})^{-1} \hat{W}_{Q_2}^{q_2} C_{21} \right]^{-1} \hat{W}_{P_1}^{q_1} \quad (2)$$

These expressions show both in the complete system to determine the TF of isolated subsystems ES1 ($\hat{W}_{F_1}^{q_1}$ and $\hat{W}_{Q_2}^{q_1}$) and ES2 ($\hat{W}_{Q_2}^{q_2}$), as well as with known complex ligaments $C = c + j \cdot h$ (blocks C_{21} and C_{22} of matrix C) it is possible to switch from TF to isolated partial subsystems ES1 and ES2 to TF $W_{P_1}^{q_1}$ full elastic system of IR. In turn, the subsystem ES2 can be divided in Section II in a similar way, and so on. This way you can find the characteristics of all the nodes of the IR.

The developed method for studying the dynamics of chain systems should be used in the simulation of "one-armed" IRs in parts (nodes), in particular, in the analysis and synthesis of their dynamic rigidity characteristics.

OPTIMIZATION OF GEAR-CLAMPING PARAMETERS OF AN OPEN MECHANICAL TRANSMISSION OF A STATIONARY ROTARY CAR REEL DRIVER

Dorokhov M., Romashkevich D.
(DSEA, Kramatorsk, Ukraine)

In Ukraine, there are many mining, processing, machine-building and metallurgical enterprises connected by railways. For unloading of transporting materials the enterprises are equipped with different types of carriages. The most widespread were rotary carriages, which are unloaded by rotating in a stationary bunker.

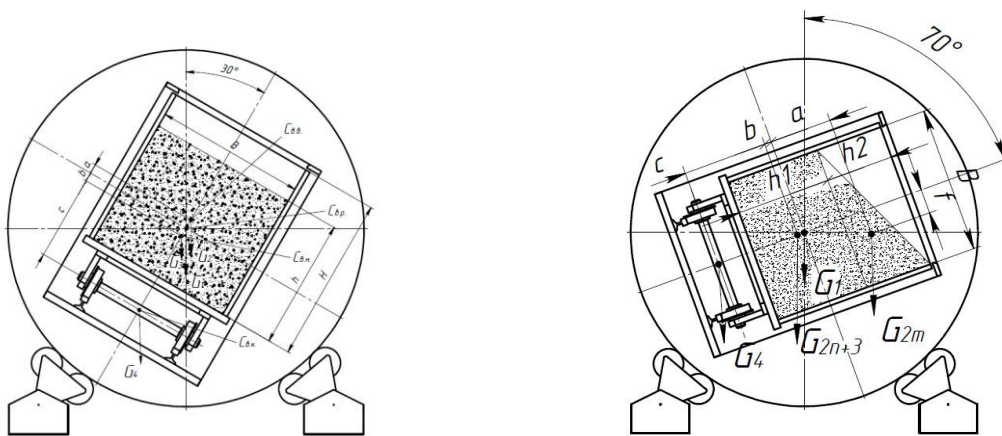


Figure 1 - The process of luggage rendering

Rotor is a metal structure and has bandages based on roller balancers. To rotate the rotor, the more often open toothed transmission «gear-toothed sector» is used. Carriages operate in conditions of constant dustiness and pollution. Therefore, the durability and reliability of the toothed pair, in spite of normal loads, is significantly influenced by the fact that various bodies constantly enter between the teeth. This greatly affects the process of friction between the teeth and reduces the durability of work.

Reducing the effect of dust contamination can be achieved by replacing the toothed engagement with the engraving profile on the cement, where the bulk cargo will not get stuck between the teeth, it will wake up down.

To substantiate the replacement of a dental profile, it is important to have data as the load changes during the rotation, especially when they reach the maximum value. From the conducted researches (fig. 1) it is received, that the figure of the cargo in the process of rashes is changing, namely, the center of masses is shifted, which leads to changes in loads. The torque of maximum load depends on the type of load and its natural slope angle. Further calculation of the change in loads during erosion, determining the maximum rotor rotational force, is to find the static torque required to overcome the resistance and equal torque on the shaft of the rotor overcome the resistance and equal to the torque on the shaft of the rotor.

PERSPEKTIVES OF USING HYDRAULIC DAMPERS TO REDUCE DYNAMIC LOADS OF LOAD-LIFTING MACHINES

Dorokhov M., Savich M.
(DSEA, Kramatorsk, Ukraine)

The development of the machine-building industry in Ukraine contributes to the improvement of machine structures, in particular, the growth of their technical capabilities. It also directly affects the dynamic loads that can cause overloads and failure of machinery, deterioration of mechanical properties of the metal structures due to their premature fatigue.

For decreasing or absorption of dynamic loads vibration dampers are used. The increased level of requirements for machines also demands increasing requirements for vibration dampers. Therefore, the question of modernization of the design of vibration dampers and the research of parameters and their mounting location makes this work relevant in this direction.

The basis of the research was the construction of a hydraulic damper installed on the metal construction of the gantry crane [Гайдамака, В.Ф. Грузоподъемные машины / В.Ф. Гайдамака. – К. Выща школа, 1989. – 328 с. ISBN 5-11-001333-0]. Such a construction of the damper enables to quench the oscillations when moving load trolley and when moving crane bridge with skewness. An analogous construction is proposed to be used for the metal construction of the bridge crane (fig. 1, b). Both constructions consist of the swiipe 1, the damper 2, and the lever 3.

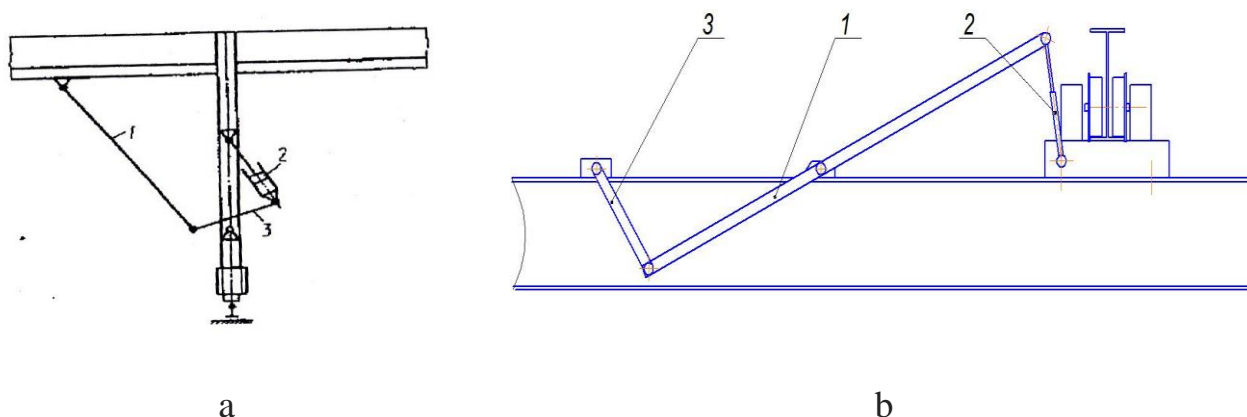


Figure 1 – Installation of the lever-hydraulic damper on the crane :
a – prototype; b – the proposed construction

The damper 2 is fastened by means of connection with the metal construction of the main girder and the swiipe 1 with bolt joint. The swiipe is also connected to the lever 3 with a hinge. The remote placement of the lever 3 is due to the desire to affect directly the source of oscillations.

Dynamic loads in the process of lifting and moving mechanisms functioning are transmitted from the main girder through the lever and the swiipe to the damper, which is constantly compressed and quench the oscillations due to viscoelastic resistance created by the fluid flow in the cylinder cavities.

INCREASING THE RELIABILITY OF THE LADDLE CRANE BY IMPROVING THE CONSECUTION OF POLYSPASTE

¹Dorokhov M. , ²Vovnenko A.

(¹DSEA, Kramatorsk, Ukraine, ²NKMZ, Kramatorsk, Ukraine)

Depending on the multiplicity, there are two typical formation of polyspastes which are used in the laddle cranes mechanisms of the main lifting. The difference between them lies in the position of the rocker, on its traverse or stroller.

Some of the blocks of the system are integrated into the traverse on cranes with a lifting capacity of more than 400 tons due to the large multiplicity of the gin tackle, and since a polyspastes with a complexity of 2 is used, it is necessary to use rocker in the rope fixing points to compensate the possible skewing of the beam with uneven winding of the ropes.

Due to this formation of the rocker, the cable falls sharply when the rope breaks. Also, due to the heavy operating conditions of the crane on the rocker and attached rope to it, the rope is affected by high temperatures, falling liquid metal drops are possible, and also the design of the rocker can lead to strong bending of the rope, and as a result of the breakage of one or both ropes.

Thus, the analysis of existing rope anchorage structures to the traverse has revealed the shortcomings of their structures, due to the possible occurrence of significant dynamic loads, which can lead to an accident or splashing of liquid metal.

To improve the reliability of the work of the laddle crane, the design of the polyspastes was developed using the original reeving of rope scheme. At the same time, the design was used as a prototype (see Dorokhov M., Shvachunov A., balancing the brake drum Patent of Ukraine UA B66D 3/04 No. u201300969 dated January 28, 2013).

At the same time, it was decided to replace the rocker with an equalizing drum, but with ensure of minimal structural changes of the traverse.

When using an equalizing drum, in the case of a traverse falling when a rope breaks, a hard blow is replaced by a smoother braking of the load due to slippage of the rope along the drum, which reduces dynamic loads on the metal structure and reduces the probability of splashing of the liquid metal.

The main constructive and operational advantage of the device is the possibility of its installation in the existing design of the gin tackle lifting mechanism instead of the standard rocker, which allows to significantly reduce the time waste for assembling the device. Clamping roller is used to guarantee the fixation of the rope and reduce the dimensions of the drum.

МОДЕЛЮВАННЯ ФОНДУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ З УРАХУВАННЯМ ТРУДОМІСТКОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ВЕРСТАТІВ

Баша О.О. Вірич С.О.

(ДонНТУ, м. Покровськ, Україна)

Багато прикладів управління машинобудівним виробництвом, що складаються в ринкових відносинах, свідчать про те, що технологія, на жаль, все ще не має оцінку ключового фактору, який визначає зростання підприємства. Більше уваги приділяється аналізу ринкової позиції, визначенню місця виробів в передбачуваних відносинах цін і обсягу ринку і т.п. Відношення між технологічними засобами підприємства і його діловою стратегією має бути «стратегічно врівноважене». Вираз «стратегічна врівноваженість» відноситься до обґрунтованого визначення виду і кількості технологічних засобів, достатніх для виготовлення обраної номенклатури виробів.

Мета роботи полягає в підвищенні ефективності використання в технологічних процесах на машинобудівних підприємствах верстатів, побудованих за модульним принципом.

На підставі проведеного аналізу інформаційного матеріалу з порушеної проблеми можна зробити наступний ряд принципів висновків:

- машинобудівні підприємства досить різноманітні за типами і різновидами, які в значній мірі відрізняються наявністю парку технологічного обладнання;

- питома вага верстатів з ЧПК у вітчизняному машинобудуванні, які здатні успішно працювати в умовах серійного виробництва, малий і становить всього 3-6 %, що не може істотно впливати на загальний рівень продуктивності в машинобудуванні;

- відомі методики формування структури парку металорізального обладнання не враховують особливості ринкових відносин і тому не можуть бути використані в повній мірі в даний час;

- за рахунок використання модульного принципу створення МРВ можна багато в чому вирішити проблему зв'язку ринкового попиту на продукцію верстатобудування із забезпеченням зниження трудомісткості створення верстатів, на основі використання заздалегідь створених систем модулів.

Для досягнення сформульованої мети необхідно: розробити модель парку технологічного обладнання з урахуванням трудомісткості виготовлення верстатів і ринкового попиту на них; виявити основні складові моделі парку і визначити характер їх впливу на трудомісткість виготовлення верстатів; на прикладі однієї технологічної групи верстатів, побудованих за модульним принципом, розробити рекомендації по розширенню технологічних можливостей МРВ і зниженню трудомісткості виготовлення.

Література: 1. Аналіз нормування праці на промислових підприємствах/під ред. проф. Л.С. Бакуніна. - СПб.: Книжник, 2005. - 218 с. 2. Анікеев С.А. Технічний прогрес і нормування праці/С.А. Анікеев Практичний посібник. - М.: Фолиум. Інформ-студіо, 2008. - 148 с.

РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ СМІТТЄВОЗІВ ЗА ДОПОМОГОЮ НАВІСНОГО ПІДМІТАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

Березюк О.В.

(ВНТУ, м. Вінниця, Україна)

Для вирішення проблеми твердих відходів комунальні служби проводять збирання твердих побутових відходів, підмітання вулиць, доріг та тротуарів окремими машинами: сміттєвозами та підмітально-прибиральними машинами (ППМ), відповідно. Використання ППМ є сезонним і вкрай неефективним через низький коефіцієнт завантаження. Тому пропонується вирішувати цю проблему в комплексі, розширивши функціональні можливості сміттєвоза шляхом розробки навісного підмітального обладнання (НПО). Особливо це актуально для невеликих міст та селищ міського типу, де утримання кількох комунальних машин, які виконують різні функції, лягає важким тягарем на місцеві бюджети. Згідно із Постановою КМУ № 265, актуальною є розробка сміттєвозів з розширеними функціональними можливостями як однієї із задач для вирішення проблеми створення науково-технічних основ проектування високоефективних робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів.

Метою роботи є розробка навісного підмітального обладнання для розширення функціональних можливостей сміттєвоза.

Запропоновано математичну модель приводу НПО нової екологічної машини на базі сміттєвоза [1], захищеної патентом України № 45362 У, у вигляді суттєво нелінійної системи диференціальних рівнянь. Дослідження динаміки повної математичної моделі числовим методом дозволило отримати спрощену математичну модель, яку вдалось аналітично розв'язати та отримати аналітичні залежності основних силових та кінематичних характеристик приводу НПО сміттєвоза [2]. Запропоновано науково-обґрунтовану методику проектного розрахунку НПО сміттєвоза [3], яка дозволяє отримати основні його геометричні, силові та швидкісні параметри.

Підсумком роботи є розробка навісного підмітального обладнання для розширення функціональних можливостей сміттєвоза. Отримані результати можуть бути використані під час вирішення проблеми створення науково-технічних основ проектування високоефективних робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів.

Література: 1. Березюк О. В. Розробка та дослідження нової структури екологічної машини для очистки населених пунктів від твердих відходів / О. В. Березюк // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві. – Вінниця, 2008. – С. 92-98. 2. Berezyuk O. V. Dynamics of hydraulic drive of hanging sweeping equipment of dust-cart with extended functional possibilities / O. V. Berezyuk, V. I. Savulyak // Tehnomus Journal, New technologies and products in machine manufacturing technologies. – Suceava – Romania, 2015. – No. 22. – P. 345-351. 3. Березюк О. В. Методика инженерных расчётов параметров навесного подметального оборудования экологической машины на основе мусоровоза / О. В. Березюк // Современные проблемы транспортного комплекса России. – Магнитогорск, 2016. – № 2. – С. 39-45.

МІКРОМЕХАНІЧНІ І РІЗАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ЩІЛЬНИХ МОДИФІКАЦІЙ НІТРИДУ БОРУ СПЕЧЕНИХ В УДАРНИХ ХВИЛЯХ

¹Бужанська І.І., ¹Аврамчук С.К., ¹Волкогон В.М., ¹Федоран Ю.О.,
¹Кравчук А.В., ²Антонюк В.С.

(¹ІПМ ім. І.М. Францевича НАНУ, м. Київ, Україна, ²НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна»)

Оскільки твердість інструментального матеріалу є основною характеристикою, яка відображає зносостійкість різального інструменту, то в роботі вивчали мікротвердість композитів на основі щільних модифікацій нітриду бору, отримуваних за допомогою ударних хвиль, як з чистих порошоків нітриду бору, так і в композиціях з нітридом титану.

Дослідження показали, що для чистих порошоків твердість за Віккерсом в залежності від параметрів ударної хвилі складає 16,7...80,0 ГПа, тоді як полікристали отримані при високих статичних тисках мають твердість 62...75 ГПа.

Для вивчення різальних властивостей полікристалів на основі VN_{cf} , проведено порівняльні випробування в однакових умовах зразків, отриманих при високих статичних тисках полікристалів, спечених ударно-хвильовим методом та полікристалів спечених в ударних хвилях і підданих баротермічній обробці при високих статичних тисках $p = 7$ ГПа і $p = 8$ ГПа.

Знос полікристалів, спечених в ударній хвилі, на 20%, а після баротермічної обробки статичним тиском $p = 8$ ГПа протягом 30 с і $T = 2000$ °С – на 30 % менше зносу полікристалів на основі кубічного нітриду бору – ельбору-Р.

Очікувалось, що основним видом зносу буде термічний, при якому можливі зниження твердості (відпуск) інструменту, дифузія і пов'язані з нею процеси: окислення, зворотне фазове перетворення $VN_{cf} \rightarrow VN_r$ в поверхневих шарах різця, що вийшли із зони контакту, утворення сполук із елементів, які входять до складу оброблюваного матеріалу і матеріалу різця. Він може супроводжуватись адгезійно-втомним, абразивним, а також окислювальним процесами, позаяк ельбор-Р окислюється зі зменшенням маси вже при $T = 1000$ °С.

Як показали проведені експерименти після 1,5 хв. роботи різця серійний полікристал зношується шляхом викришування по наявних тріщинах і тих, що виникають, а також в результаті абразивної дії оброблюваного матеріалу.

Площина зносу полікристалу, спеченого в ударній хвилі, виникає, в основному, внаслідок пластичної деформації поверхневих шарів і їх руйнування під впливом накопичених мікродфектів, у серійному полікристалі це має місце тільки після 15 хв. роботи і є результатом більш тривалої баротермічної дії, яка реалізується на контакті з оброблюваним матеріалом.

Більш високі експлуатаційні характеристики різних полікристалів на основі VN_{cf} спечених в ударній хвилі при випробуванні спостерігались на зразках із чистого VN_{cf} обробленого додатково високими статичними тисками.

НАРІЗАННЯ УПОРНОЇ РІЗЬБИ В ЗАГАРТОВАНИХ СТАЛЯХ

Вовк В.В., Ковернік В.О.

(НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна)

Для з'єднань, в яких є односторонні осьові навантаження, використовують упорну різьбу, одна сторона якої має кут $3^\circ(7^\circ)$ і є робочою стороною. Для зниження зносостійкості таких з'єднань та підвищення твердості матеріалу деталі загартовують, а для уникнення трудомісткої операції шліфування різьби та уникнення термічних деформацій, нарізання різьби проводять уже після загартовування. При нарізанні упорних різьб в загартованих сталях при цьому основною відмовою інструменту є сколювання та викришувань різальних кромки, яке спостерігається в першу чергу при нарізанні спеціальних різьб великого діаметру з дрібним кроком. При нарізанні різьб в важкооброблюваних матеріалах при твердості до 60HRC використовують твердий сплав. Основними причинами сколювання пластин може бути низька міцність матеріалу пластини і не відповідність її групі різання Н, низька жорсткість інструменту і викликані цим вібрації в процесі різання, вид покриття. Для нарізання упорної різьби використовують універсальні державки зі змінними твердосплавними пластинами, які використовуються для нарізання різноманітних різьб [1]. Кожен зубець такої пластини має передні кути 10° та 15° для зовнішньої та внутрішньої різьб відповідно. Пластина в державці розміщується таким чином, щоб передній кут різця в площині, перепендикулярній осі різьби, був нульовим, а на бічні кромки створюються додатні задні кути. В цих державках для вирівнювання задніх кутів на кромках різальних пластини використовують непласкі підкладки під пластину, кут яких залежить від кута нахилу гвинтової лінії різьби. В каталогах виробники наводять рекомендації щодо вибору таких пластин для різних видів стандартизованих різьб, в тому числі і для упорної різьби з кутом робочої сторони 7° . Проте в тонкостінних деталях виникає необхідність нарізання спеціальних упорних різьб з кутом робочої сторони 3° та дрібним кроком, для яких рекомендацій немає.

Для аналізу кутів таких різців було проведено аналітичний розрахунок та аналіз кутів в залежності від кутів підкладних пластин. Аналіз показав, що для упорних різьб з кутом 3° та дрібного кроку потрібно застосовувати підкладні пластини з максимальним кутом. При цьому хоча і забезпечується вирівнювання кутів на різальних кромках різця, проте їх значення є близько до $4-5^\circ$. Крім того на кромці, що формує сторону профіля різьби 3° , передній кут стає від'ємним, а на іншій кромці – додатнім. Тому застосування універсальних державок не є досить доцільним і рекомендується виготовлення спеціальних державок, які забезпечать рекомендовані передній кут -5° і задній кут $8-10^\circ$ для оброблення такого матеріалу.

Література: 1. Металлорежущий инструмент Korloy 2016-2017: [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://www.korloy.com/newkorloy/eng/file/2016/kct_2016_2017_m_Ru/2016_2017_KORLOY_CUTTING_TOOLS\(RU\).pdf](http://www.korloy.com/newkorloy/eng/file/2016/kct_2016_2017_m_Ru/2016_2017_KORLOY_CUTTING_TOOLS(RU).pdf)

ДО ПИТАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ВЕРСТАТІВ

Вовчанчин А.О., Суботін О.В.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

З метою отримання заданої якості обробленої поверхні деталі застосовуються систем автоматизації. У свою чергу це сприяє підвищенню продуктивності технологічних процесів механічної обробки.

Аналіз існуючого парку верстатів більшості підприємств дозволяє зробити висновок про прямий зв'язок виявлених недоліків з роком випуску певного верстата. Наприклад, застосування морально і фізично застарілих систем управління або ЧПК, які в даний час не можуть забезпечити деяких функцій, пов'язаних з одночасним управлінням приводами головного руху і подачі. Використання механічної коробки передач для перемикання швидкостей в приводах верстата обмежує діапазон регулювання швидкості і вносить додаткову статичну помилку в канал її регулювання.

Відомо, що додаткові витрати електричної енергії пов'язані з виконанням робіт по доведенню якості обробленої поверхні деталі до заданого технічним завданням і залежать від організації технологічного циклу доведення і застосування відповідної оснастки [1].

Застосування системи автоматизації забезпечує гарантовану якість обробленої поверхні деталі і, відповідно, підвищує техніко-економічні показники верстатів.

Одним із завдань системи числового програмного керування верстатом є вимір і регулювання величин швидкостей і переміщень. Проектована система управління повинна забезпечувати сприйняття сигналів від встановлених датчиків, перемикачів, команд оператора і формувати сигнали управління на виконавчі органи, а також забезпечити своєчасну роботу сигналізації і блокувань. Одним з рішень реалізації вимог до системи управління верстатом може бути використання модульного програмованого контролера Simatic S7-300 виробництва фірми Siemens.

Коректна робота системи вимагає узгодження всіх її елементів, що досягається шляхом конфігурації системи управління. Для цього використовується програма NCDKonfigurator, яка формує замовний список всіх необхідних модулів і складових частин для комплектної реалізації системи управління [2].

Таким чином, в результаті модернізації системи управління з застосуванням «конфігуратору» можна отримати конкурентоздатну систему управління верстатом.

Література: 1. Єнікєєв О.Ф. Основи синтезу і проектування слідкуючих систем верстатів і промислових роботів. Навчальний посібник / О.Ф. Єнікєєв, О.В. Суботін. - Краматорськ, ДДМА, 2009. - 267с. 2. Каталог СА01. Редакція 01/01, Версія 11.0.134. © Siemens Номер: E86060-Д4001-А110-В3-7600.

ОСНОВНІ ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА ЯКІСТЬ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ МІДІ ЗІ СТАЛЛЮ

Гавриш П.А.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Величезну роль в сучасних умовах грає метод отримання зварних вузлів із заздалегідь заданими властивостями. Управління таким процесом зварювання дозволить отримувати зварні з'єднання з необхідними показниками фізико-хімічних і технологічних властивостей. Для таких складних технологій, якими є зварювання різнорідних металів, наприклад мідь-залізо, завдання передбачення є вузловим питанням, яке містить в собі найважливіші проблеми, лімітуючи розвиток таких систем управління.

При порівнянні таких зварювальних металів як мідь і залізо треба зауважити, що ці метали належать до групи перехідних металів таблиці Менделєєва. Причому їхні параметри кристалічних ґрат ненабагато відрізняються для Міді $a = 0,36150$ нм, для Заліза $a = 0,3656$ нм (ГКЦ).

Особливості зварювання таких металів наступні:

- низька розчинність міді в залізі і заліза в міді;
- відмінності в температурі плавлення і кипіння, теплоти перетворень і випарюваній;
- відмінності в складі, структурі і властивостях металів, що з'єднуються;
- можливість створення в зоні сплаву міді із сталлю крихких кристалізаційних і дифузійних прошарків із-за межкристалітного проникнення міді в сталь;
- створення в зварному шві нових фазових і структурних складових, відсутніх у вихідних металах;
- широкий температурний діапазон кристалізації сплавів міді при зварюванні, сприяє виникненню гарячих тріщин;
- існування температурного інтервалу провалу пластичності мідних сплавів;
- висока спорідненість міді до кисню, причому вона збільшується з-за розчинів між рідким металом і Cu_2O ;
- з-за виділення водню з рідкої міді є можливість утворення пор в металі зварного шва, при охолодженні і кристалізації. Тому необхідно проаналізувати основні фактори які впливають на якість зварних швів (рис.1).

Виконуючи аналіз таких факторів приходимо до висновку, що тільки комплексний підхід може спрямувати дослідження факторів на досягнення однієї мети – якості зварного шва.

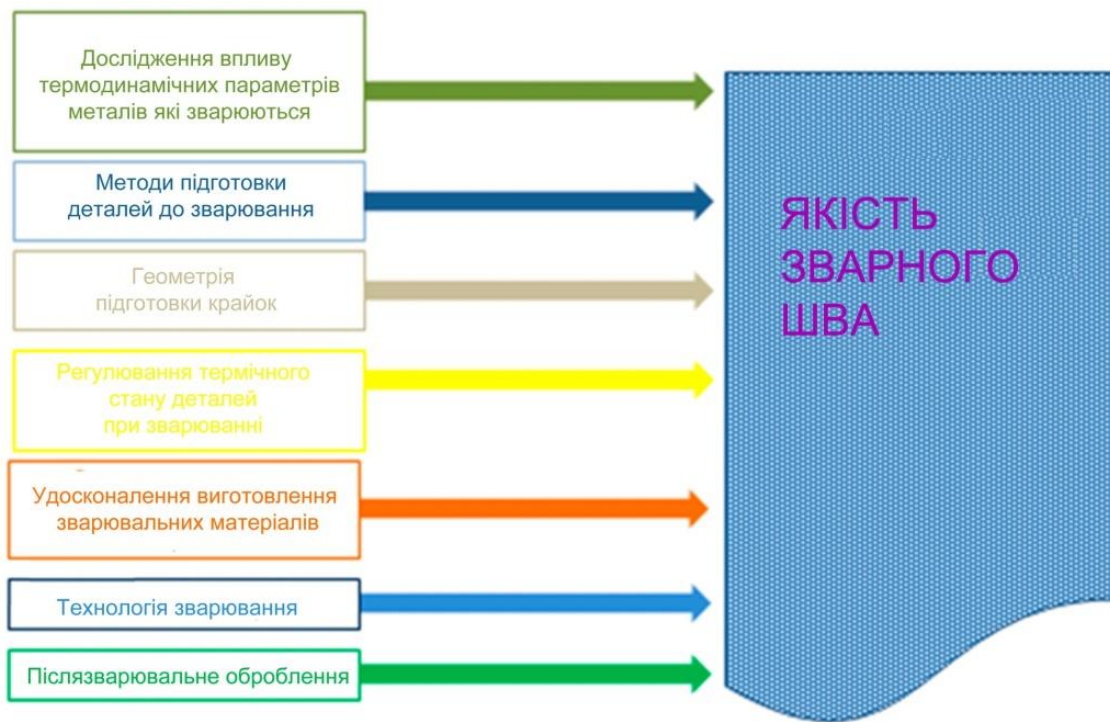


Рисунок 1. – Основні фактори впливу на якість зварного шва

Проведені термодинамічні дослідження надали змогу встановити концентраційні умови досягнення межі спинодалі рідкої фази, що означає створення структурної неоднорідності в твердій фазі – дефектів зварного шва.

Розроблені програмні засоби по автоматизованому проектуванню технологічних режимів, що забезпечують розширення сортаменту і підвищення якості отриманого порошкового дроту і на підставі проведених досліджень реалізована на практиці система імпульсного попереднього підігрівання.

Вперше досліджено і вдосконалено спосіб формування крайок деталей для зварювання методом ударної пластичної деформації при якому зменшується ризик виникнення крихких прошарків на межах зерен. Проведено комплексне теоретичне дослідження локальних і інтегральних характеристик напружено-деформованого, а також кінематичного стану металу. Підвищені механічні властивості зварного шва (без плющення межа міцності $\sigma_B = 236...242$ МПа; з плющенням зварного шва 10%; $\sigma_B = 248...255$ МПа; з плющенням 100% $\sigma_B = 312...326$ МПа). Таким чином, тільки комплексне вирішення проблем дозволяє підвищити якість зварних швів міді зі сталлю.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ КРУПНОМОДУЛЬНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Гасанов М.И.

(НТУ «ХПИ», г. Харьков, Украина)

Обобщенная модель и эквивалентная структурная схема для различных технологических процессов зубообработки изношенных и восстановленных крупномодульных зубчатых колес имеет свои особенности, отражающиеся в обобщенной математической модели и эквивалентной структурной схеме. Рассмотрены особенности для процессов встречного зубофрезерования и скоростного зубофрезерования изношенных и восстановленных крупногабаритных зубчатых колес. При встречном зубофрезеровании упругая система выражается в виде последовательно включенных элементов делительного стола и шпиндельной группы зубообрабатывающего станка с определением передаточной функции упругой системы.

При скоростном зубофрезеровании фрезами, оснащенными режущими пластинками из твердого сплава и минералокерамики, сложные функциональные связи между процессами в замкнутой динамической системе станка, проявляющиеся через взаимодействие элементов динамической системы с процессами резания, приводят к изменению составляющей силы резания при изменении жёсткости динамической технологической станочной системы (ДТСС). Сила резания, деформируя упругую систему ДТСС, вызывает в свою очередь относительные смещения дисковых немодульных фрез и обрабатываемой заготовки, что приводит к изменению толщины срезаемого слоя, на величину упругих деформаций в системе ДТСС.

С учетом замены показательных функций математическая модель объекта управления, где в соответствующих передаточных функциях процесса резания и упругой системы учитываются основные параметры объекта и их взаимосвязь и разработана обобщенная структурная схема технологического процесса скоростного зубофрезерования с передаточными функциями входящих в нее звеньев и позволяет оптимизировать технологические параметры обеспечения производительности, точности и качества зубообработки изношенных и восстановленных крупногабаритных зубчатых колес учетом основных показателей зубчатых передач – их надежности и КПД.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС С УЧЕТОМ ПРОГРЕССИРУЮЩИХ ВИДОВ ИЗНОСА

Гасанов М.И., Шелковий О.М., Клочко О.О., Анциферова О.О.

(НТУ «ХПИ», м. Харків, Україна)

На основании имитационного моделирования с учетом прогрессирующих видов износа разработаны и реализованы технологические процессы восстановления крупногабаритных зубчатых колес. Такой подход позволяет восстановить эксплуатационные свойства крупногабаритных зубчатых колес с обеспечением качества, точности обработки с высокой производительностью. Технологические процессы восстановления крупногабаритных зубчатых колес разработаны на основе отбора крупногабаритных колес по входным параметрам для вторичного использования с последующим постоянным контролем и регулированием уровня напряжений методом вибростабилизации на различных резонансных частотах с использованием рентгенографического анализа.

Вибростабилизирующая обработка зубчатых колёс значительно сокращает технологическое время на выполнение стабилизирующих операций вместо термической обработки и обеспечивает высокую эффективность экологически чистого технологического процесса вибростабилизирующей обработки для снижения остаточных напряжений и стабилизации геометрических размеров крупногабаритных зубчатых колёс изготовленных из поковок, сварных конструкций, литья и, самое главное, уменьшения коробления деталей, а следовательно, уменьшению припуска для выполнения окончательной зубообработывающей операции. Наряду с преувеличиваемыми преимуществами экономико-экологических факторов, существенными являются и условия проведения вибростабилизирующей обработки по сравнению с термостабилизацией. Вибростабилизация выполняется в условиях температуры окружающей среды и соответственно детали не испытывают температурных деформаций.

Обобщение результатов реализации технологических процессов восстановления крупногабаритных зубчатых колес в зависимости от их первичного состояния позволили прогнозировать восстанавливаемость крупногабаритных зубчатых колес с определением приоритетных исполнений и определения вида механической обработки с учетом вида износа зубчатого колеса.

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ

Гнатюк А.П., Деревянченко А.Г., Жеглова В.М., Паленный Ю.Г., Ващенко А.А.
(ОНПУ, г. Одесса, Украина)

Специальные станки для обработки глубоких отверстий недостаточно укомплектованы контрольно-измерительным оборудованием для слежения за протеканием технологического процесса (ТП). Кроме того, данный ТП не позволяет проводить прямой контроль износа инструментов одностороннего действия (ИОР).

Целью работы является: 1. Оснащение глубокосверлильного станка мод. 2810П измерительной системой, позволяющей производить мониторинг процесса резания для оперативного управления последним; 2. Использование системы технического зрения (СТЗ) для контроля и диагностирования состояний режущей части сверлильных головок типа ВТА и прогнозирования их остаточного ресурса.

Известны различные системы активного контроля, позволяющие оперативно управлять режимами ТП [1, 2]. Однако, специфика обработки глубоких отверстий ИОР, из-за закрытости процесса, не позволяет использовать многие уже имеющиеся методы для решения поставленной задачи. Что касается применения СТЗ для контроля и диагностики состояния ИОР, то они применяются в настоящее время, только для одно- двухлезвийных РИ [3, 4].

Для достижения поставленных целей экспериментальный станок мод. 2810П был оснащен информационно-измерительной системой (ИИС), которая включает датчики температуры, вибрации, тока и др. Кроме того, была разработана методика применения СТЗ, позволяющая контролировать износ многолезвийных головок ВТА после каждого окончания цикла сверления (при смене заготовки).

Основные выводы: 1. Оснащение станка мод. 2810П ИИС позволило оперативно управлять процессом глубокого сверления; 2. Применение СТЗ позволило прогнозировать остаточный ресурс сверлильных головок.

Внедрение вышеприведенных разработок в производство позволит существенно сократить себестоимость выпускаемой продукции.

Литература: 1. Пестунов В.М. Управление циклом процесса глубокого сверления / В.М. Пестунов, В.В. Свицкий, Л.Т. Свицкая // Дні науки – 2006 : Матеріали II міжнар. наук.-практ. конф., Дніпропетровськ, 2006. – Т. 10., техн. науки. – С 8-11. 2. Водічев В.А. Адаптивна система управління процесом металообробки з параметричним зворотнім зв'язком // Труды Одесского политехнического университета. – Одесса, 2001. – Вып. 4 (16). – С. 150-153; 3. Сурков И.В. Программно-аппаратный комплекс для автоматизированного контроля на базе системы технического зрения // Прогрес.технологии в машиностроении : Сб. науч. трудов. – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2006. – С. 25-27; 4. Деревянченко А.Г. Диагностирование состояния режущих инструментов при прецизионной обработке / А.Г. Деревянченко, В.Д. Павленко, А.В. Андреев. – Одесса : Астропринт, 1999. – 184 с.

СПОСІБ НАРІЗАННЯ ВЕЛИКОМОДУЛЬНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС І ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ

Грицай І.Є.

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

Зубчасті колеса належать до найбільш складних, працемістких і дорогих деталей машин, витрати на виготовлення та якість яких істотно впливають на ціну та експлуатаційну якість передач і машин, в яких вони функціонують. Це положення цілком стосується важкого машинобудування та великогабаритних зубчастих коліс модулем 20-60 мм, які є в їх приводах. Існуючі у наш час технології їх виготовлення можна вважати застарілими. Це стосується як фрезерування методом копіювання модульними пальцевими і дисковими фрезами, так і обкочувального багатопрохідного фрезерування і зубостругання, з попереднім вирізанням металу із впадин дисковими фрезами. Загалом, діючі процеси виготовлення коліс великих модулів характеризуються значними витратами, використанням дорогих і складних верстатів та різальних інструментів і, загалом, є малоєфективними і низькопродуктивними.

Значно підвищити ефективність цих процесів дає змогу радіально-коловий спосіб зубофрезерування, який здійснюється дисковою фрезою при неперервному обертанні заготовки, як при обробці черв'ячними фрезами і в якому зберігається основна кінематика обкочувального зубофрезерування. Основна відмінність у тому, що дискова фреза встановлюється замість черв'ячної фрези з ексцентриситетом, який відповідає модулю нарізаного колеса і який можна змінювати в широких межах. Дискові фрези є простими і дешевими різальними інструментами, їх можна оснащати пластинами з твердих і надтвердих матеріалів з загостреними гранями та здійснювати чистове фрезерування коліс після термооброблення, загартованих до високої твердості. У цьому випадку можна досягти високої продуктивності з багатократним зменшенням виробничих витрат, а за рахунок значного збільшення кількості зубців дискової фрези зменшити силу і потужність різання та забезпечити кращу якість нарізаних коліс.

Разом з тим, для фрезерування великогабаритних коліс цим способом існуючі зубонарізні верстати непридатні. З цією метою пропонується створити новий верстат, в основу якого покладено важкий токарно-карусельний верстат з порталом і поперечною траверсою. Основний його вузол – супорт з модулем дискової фрези - розміщується на консолі, змонтованій на поперечній траверсі. Супорт переміщується з вертикальною осью подачею по напрямних портала, при неперервному обертанні стола з заготовкою, діаметр якої може бути до 16 м. Модуль фрези має серводвигун для головного обертового руху різання, і лінійний серводвигун для періодичного зворотно-поступального переміщення (яке заміняє ексцентриситет фрези) з частотою переміщень, що рівна кількості зубців нарізаного колеса. Керування роботою серводвигунів обертання фрези і зворотно-поступального руху фрези з її модулем можливе як від системи ЧПК, так і від індивідуального комп'ютера.

ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ НІШ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ МЕТОДАМИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Гузенко В.С., Міранцов С.Л., Гордєєв І.А., Самодуров Д.В.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Точкою функціонування інструменту R_i будемо називати упорядкований набір кількісних і якісних параметрів, які задають для виконання виробничої функції цим інструментом. Інструмент, як правило, багатофункціональний, тому об'єднання всіх його точок функціонування утворює область функціонування різального інструменту D_i .

Припустимо, що в кожній точці області $x \in D_i$ задана функція $g_i(x)$ визначає ефективність функціонування i -того інструменту в точці x . Припустимо також, що на D_i задана функція $f_i(x)$ задає багатовимірний розподіл ймовірностей використання інструменту в області D_i . Системою інструменту назвемо набір інструментів R_i ($i = 1 \dots n$) які мають близькі за типом виробничі функції.

Етапи дослідження домінантних ніш методами імітаційного моделювання:

- вибір системи інструменту R_i ($i = 1, \dots, n$), визначення набору параметрів задають точки їх областей функціонування. Для прикладу, обмежимося двома параметрами t, S ;

- на основі емпіричної інформації про прецеденти різання і їх ефективності висувуються статистичні гіпотези і підбір законів розподілів $f_i(t, S)$ і функцій ефективності $q_i(t, S)$ стандартними методами економетричного аналізу.

- маючи розподіл $f_i(t, S)$ моделюються достатні для визначення D_i незалежні набори кватилів (t_{ij}, S_{ij}) .

Розбивається область D_i с деяким кроком по кожному параметру на систему паралелепіпедів, які грають роль «пасток», модельованих кватильних точок. Реалізуються для кожного інструменту паралельні імітаційні процеси, які породжують кватильні точки відповідних розподілів $f_i(t, S)$ та підраховується кількість потрапивших в кожную з "пасток" точки які належать різним розподілам для визначена функціональних областей з урахуванням порядків її покриття. Визначається в кожній з "пасток" домінантний інструмент і привласнюючи всі точки відповідного паралелепіпеда домінантної області цього елемента отримується розбиття області D_i на домінантні ніші.

Викладена методика може бути реалізована за допомогою програмного пакету SIMULINK вбудованого в пакет MATLAB.

СИНТЕЗ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ НЕЛІНІЙНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ОСНОВІ НОВИХ СПОСОБІВ ЛІНЕАРИЗАЦІЄЮ ГЕОМЕТРИЧНІ МЕТОДИ

**Дмитриєнко В.Д., Заковоротний О.Ю., Носков В.І., Мезенцев М.В.,
Главчев Д.М., Харченко А.О.**
(НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна)

Проблема оптимального управління тяговим рухомим складом на сьогоднішній день до кінця не вирішена, оскільки не вирішена проблема синтезу оптимальних систем управління для об'єктів, що описуються нелінійними системами звичайних диференціальних рівнянь вище другого порядку. В даний час існує цілий ряд методів, що дозволяють виконувати синтез оптимальних регуляторів для нелінійних об'єктів, однак вони все мають істотні недоліки і їх використання для синтезу оптимальних систем управління тяговим рухомим складом утруднено, особливо якщо мова йде про управління приводом змінного струму. Труднощі синтезу систем управління для нелінійних об'єктів привели до розробки методів лінеаризації вихідних нелінійних систем і подальшого застосування добре розробленої теорії лінійних систем управління. Однак найбільш застосовувані методи лінеаризації, що дозволяють лінеаризувати систему в досить малій околиці обраної робочої точки, практично не застосовні для складних об'єктів і, зокрема, для управління тяговим приводом змінного струму.

Для вирішення проблеми синтезу систем управління для нелінійних об'єктів останнім часом були розроблені нові способи лінеаризації на основі геометричних методів. Ці методи дозволяють виконати лінеаризацію нелінійних систем управління за допомогою зворотного зв'язку в просторі "вхід-стан", коли вихідні змінні використовуються для управління і лінеаризації. Однак широкого практичного застосування ці методи поки не знайшли через істотного розриву між отриманими теоретичними результатами і практичними завданнями синтезу систем управління реальними об'єктами. У доповіді наводиться рішення задачі управління дизель-поїздом з тяговим асинхронним приводом за допомогою методу лінеаризації в просторі "вхід-стан" для випадку, коли об'єкт управління описується системою звичайних нелінійних диференціальних рівнянь 23-го порядку. В результаті лінеаризації отримана лінійна математична модель об'єкта управління у формі Бруновського, що дозволяє за допомогою принципу максимуму отримати закони управління дизель-поїздом, що забезпечують графік руху при мінімальній витраті палива.

СИСТЕМА ПРОГРАМНОГО УПРАВЛІННЯ ПАРАМЕТРАМИ ПРОЦЕСА АЛМАЗНОГО ШЛІФУВАННЯ

¹Єнікєєв О.Ф., ²Абрамська І.Б.

(¹ДДМА, м. Краматорськ, Україна, ²УкрДУЗТ, м. Харків, Україна)

Вступ. Впровадження сучасних інформаційних та енергозберігаючих технологій у машинобудівне виробництво базується на розробці нових методів та апаратно-програмних засобів управління технологічними процесами. Організація періодичного контролю якості поверхні деталі в традиційних технологіях пов'язана з припиненням її обробки для виконання відповідних вимірювань. Побудова систем зі зворотнім зв'язком по стану мікронерівностей викликає складності, які обумовлено відсутністю відповідних первинних перетворювачів.

Постановка завдання. Доповідь присвячена розробці непрямого методу та апаратно-програмних засобів для вимірювань мікронерівностей з метою забезпечення безперервного процесу алмазного шліфування

Основні результати. Запропоновано частотно-модульований сигнал флуктуацій швидкості обертання шліфувального круга в якості інформації про стан мікронерівностей. Апаратно-програмні засоби вимірюють миттєву швидкість обертання шліфувального круга та формують інформаційний сигнал девіацій. Еталонні рівні значень сигналу девіацій визначені на основі можливих «квалітетів» чистоти поверхні деталі, яку оброблено, та внесено до бази даних процесу алмазного шліфування у вигляді нормативів. У цьому випадку сигнал девіації є джерелом непрямої інформації про фактичні мікронерівності та сигналом зворотного зв'язку, який містить в собі інформацію про відхилення прогнозованого «квалітету» чистоти від встановленого програмою обробки партії деталей. Реалізація цієї ідеї дозволила побудувати замкнену автоматизовану систему для отримання прогнозованої якості поверхні деталі без посередніх вимірювань її мікронерівностей. На основі методу управління зі зворотнім зв'язком, а також методів безпосереднього цифрового та покоординатного управління розроблено двохступеневу тривимірну схему побудови автоматизованої системи.

Розглянуто питання розробки методів підвищення метрологічних характеристик вимірювальних перетворювачів сигналу девіацій швидкості обертання шліфувального круга. Для компенсації кінематичної похибки пропонується метод багатоканальних вимірювань інтервалів часу, які формуються однією рисою первинного перетворювача та відповідають повному оберту валу шліфувального верстату.

Висновки. Підвищення ефективності процесу алмазного шліфування в умовах неповної інформації забезпечується комп'ютерною системою управління його технологічними параметрами та інформаційною технологією оцінювання прогнозованої якості поверхні деталі на основі обробки сигналу миттєвої швидкості обертання.

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ РОБОТИ СТІЛОВИХ САМОХІДНИХ КРАНІВ

С.О. Єрмакова

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Стрілові крани використовуються для виконання різних видів робіт. Будівництво, ліквідація аварій та перевантаження різноманітних вантажів неможливо уявити без використання стрілових самохідних кранів. Тому надійність та безпечність експлуатації цих кранів є однією з основних задач при їх проектуванні, модернізації та експлуатації.

Метою роботи є аналіз умов праці кранів та дослідження впливу різноманітних зовнішніх чинників на стійкість стрілових самохідних кранів.

Розвиток і подальше удосконалення стрілових кранів неможливе без ретельного дослідження: умов експлуатації кранів; конструкцій виносних опор, опорних контурів та їх вплив на стійкість крану; методик визначення навантажень на опорні елементи стрілових кранів. Тому актуальним завданням є обґрунтування раціональних параметрів опорного устаткування з урахуванням різних умов роботи.

Стрілові самохідні крана дуже часто виконують свої функції у надзвичайних умовах. Маневреності та мобільності дозволяє використовувати дані крани в стисних умовах. При ліквідації аварій зазвичай немає часу та можливості підготувати майданчик для встановлення опор, з тих або інших причин вантажопідійомна машина в процесі експлуатації випробовує на собі ненормовані зовнішні дії, деформація ґрунту під виносними опорами, вітрові навантаження, помилки оператора-кранівника все це має великий вплив на роботу крана в цілому. Надійна робота крану забезпечує безпеку людям, які його оточують та будівлям.

Досвід експлуатації та проектування стрілових кранів показує, що при розробці кранів використовують методики розрахунку навантажень на опорні елементи які не в повній мірі дозволяють врахувати такі питання як визначення впливу умов роботи крана на навантаження опорних елементів та взаємодію опорних елементів з ґрунтом, який в свою чергу має властивість деформуватися при різних режимах роботи крана.

Вирішуючи ці питання збільшується рівень безпечності експлуатації кранів та їх надійність.

У результаті аналізу стійкості кранів в різних умовах роботи необхідно врахувати вплив фізико-механічних властивостей ґрунтів. В залежності від цих властивостей ґрунти мають різні коефіцієнти опору зминанню. Як показали розрахунки на різних ґрунтах необхідна різна опорна поверхня виносних опор. Виходячи з вище наведеного, для забезпечення безаварійної роботи стрілових кранів в екстремальних умовах роботи необхідно обґрунтувати раціональні параметри опорних елементів та опорних контурів кранів.

ВПРОВАДЖЕННЯ ВИМОГ МІЖНАРОДНОГО СТАНДАРТУ ISO 45001:2018 У СФЕРІ ПРОФЕСІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ЗДОРОВ'Я НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ УКРАЇНИ

Івченко О.В., Гладішев Д.П., Кунпан Н.О., Денисенко Ю.О.
(СумДУ, м. Суми, Україна)

Зростання кількості та частоти нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань, їх руйнівні наслідки, спонукало політиків усєї планети до вжиття заходів із заохочення поліпшення умов безпеки та гігієни праці й запобігання настанню нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань.

Як результат, міжнародна спільнота долучилася до спільних зусиль на міжнародному, регіональному, національному і місцевому рівнях задля заохочення безпеки та гігієни праці й запобігання в такий спосіб настанню нещасних випадків на виробництві.

Результати цієї міжнародної діяльності втілюються у міжнародних настановах, нормах і стандартах, переважно у формі міжнародних договорів, пактів, декларацій, хартій, конвенцій та директив співтовариства, імплементація котрих має сприяти поліпшенню безпеки та гігієни на підприємствах і, як наслідок, зменшенню кількості нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань.

12 березня 2018 року Міжнародна організація зі стандартизації – International Organization for Standardization (ISO) опублікувала міжнародний стандарт (далі МС) ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use / Системи управління професійною безпекою та здоров'ям. Вимоги та настанови до застосування.

ISO 45001:2018— це новий міжнародний стандарт у сфері професійної безпеки та здоров'я (ОH&S), який має на меті впровадження системи профілактики нещасних випадків на виробництві, професійних захворювань, інцидентів тощо, збереження життя і здоров'я працівників, скорочення витрат на сплату штрафів, виконання приписів наглядових органів в галузі охорони праці, ведення бізнесу більш ефективним шляхом зниження невиробничих витрат (на ліквідацію наслідків аварій та інцидентів, сплату штрафів та реалізацію приписів), покращення іміджу компанії як соціально орієнтованої та інше.

В той же час, багато вітчизняних промислових підприємств пройшли процедуру підтвердження відповідності своїх систем безпеки праці та охорони здоров'я шляхом їх сертифікації відповідно до вимог МС OHSAS 18001:2007 (в Україні ДСТУ OHSAS 18001:2010 «Системи управління гігієною та безпекою праці»).

Таким чином, стає актуальною науково-практичне завдання стосовно розробки рекомендацій стосовно впровадження вимог МС ISO 45001:2018 в існуючих систем безпеки праці та охорони здоров'я вітчизняних промислових підприємств.

РОЗРОБЛЕННЯ НАЦІОНАЛЬНИХ СТАНДАРТІВ ЩОДО БЕЗСАЛЬНИКОВИХ ЦИРКУЛЯЦІЙНИХ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ

¹Івченко О.В., ¹Залога В.О., ¹Дмитрієва Н.В., ¹Чучук Т.Є, ²Динник О.Д.
(¹СумДУ, м. Суми, Україна, ²КІСумДУ, м. Конотоп, Україна)

Висока питома енергоємність національної економіки знижує конкурентоспроможність товаровиробників, вимагає додаткових фінансових витрат на енергозабезпечення країни, обумовлює наявність значного обсягу викидів шкідливих речовин в навколишнє середовище, а також збільшує витрачання невідновлюваних природних паливних ресурсів, особливо вуглеводнів. Як показує досвід зарубіжних країн, одним із дієвих і малозатратних механізмів державного, корпоративного і громадського регулювання для зниження енергоємності економіки є введення стандартів енергоефективності та маркування різних видів товарів за показниками енергоспоживання (маркування енергоефективності). Енергетична ефективність – це ключовий пункт європейської стратегії «Європа 2020», спрямованої на створення умов для стійкого і всеосяжного зростання та розвитку. Це один з найбільш економічно ефективних способів підвищення енергетичної безпеки та скорочення викидів парникових газів та інших забруднюючих речовин. В рамках цієї стратегії Євросоюз ставить за мету скоротити на 20 % споживання первинних енергетичних ресурсів до 2020 року [1].

В рамках наукової роботи, номер державної реєстрації 0117U007108, Сумським державним університетом було вирішене науково-технічне завдання з забезпечення відповідності вимогам Регламенту Комісії (ЄС) № 641/2009 від 22 липня 2009 р. про виконання Директиви 2009/125/ЄС Європейського Парламенту та Ради стосовно екодизайну для автономних герметичних циркуляційних насосів та безсальникових циркуляційних насосів, інтегрованих у пристрої, а саме, розроблено проекти остаточної редакції національних нормативних документів:

1 ДСТУ EN 16297-1 (EN 16297-1:2012, IDT) Насоси. Відцентрові насоси. Безсальникові циркуляційні насоси. Частина 1. Загальні вимоги та процедури для випробування та розрахунку показника енергоефективності (EEI);

2 ДСТУ EN 16297-2 (EN 16297-2:2012, IDT) Насоси. Відцентрові насоси. Безсальникові циркуляційні насоси. Частина 2. Розрахунок показника енергоефективності (EEI) для автономних циркуляційних насосів;

3 ДСТУ EN 16297-3 (EN 16297-3:2012, IDT) Насоси. Відцентрові насоси. Безсальникові циркуляційні насоси. Частина 3. Показник енергоефективності (EEI) для безсальникових циркуляційних насосів, інтегрованих у пристрої.

Література: 1. Сеппанен О. «Повышение энергоэффективности. Законодательство ЕС [Електронний ресурс] // Здания высоких технологий. URL: http://zv.abok.ru/articles/80/Povishenie_energoeffektivnosti_Zakonodatelstvo_ES (Дата звернення: 20.02.2018).

ВИЗНАЧЕННЯ АДГЕЗІЙНОЇ СКЛАДОВОЇ СЕРЕДНЬОГО КОЕФІЦІЄНТА ТЕРТЯ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ЛЕЗ РІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ

Івченко О.В., Залога О.О., Жигилій Д.О., Залога Р.О.
(СумДУ, м. Суми, Україна)

В даний час існують різні методи оцінювання якості лез різальних інструментів засновані на різних теоріях (теорія акустичної емісії, теплового стану інструмента, напружено-деформованого стану (НДС) леза різального інструменту і т.п.). Одним з ефективних рішень є створення системи оцінювання якості різального інструменту та його відповідності заданим умовам на основі неруйнівних методів і без проведення натурних експериментів безпосередньо в процесі різання [1].

За результатами натурних експериментів, пов'язаних з дослідженням плями контакту індентора і леза різального інструменту (рис. 1), що проводилися на кафедрі ТМВІ Сумського державного університету в рамках теми номер державної реєстрації 0116U002624, розроблено математичну модель визначення адгезійної складової середнього коефіцієнта тертя для оцінювання якості лез різальних інструментів.

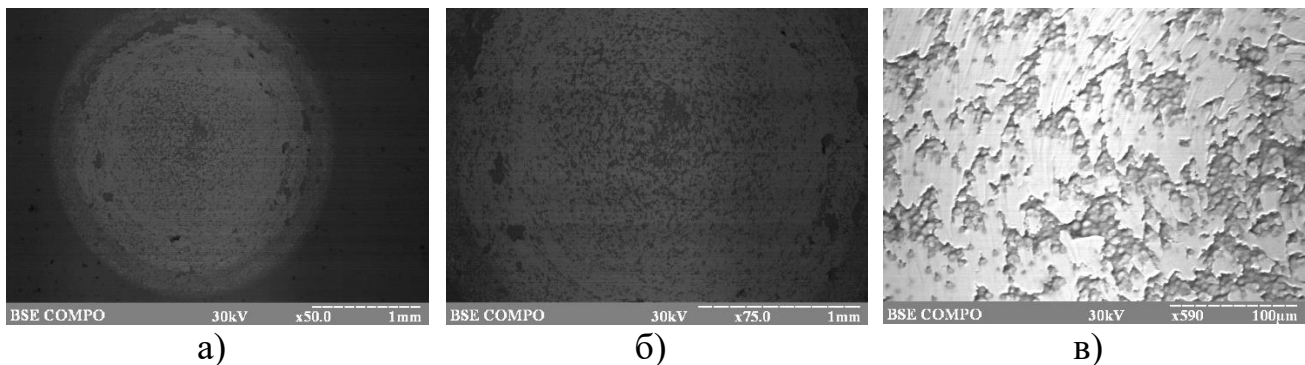


Рисунок 1 – Вигляд плями контакту: а) збільшення в 50 разів; б) збільшення в 75 разів;
в) збільшення в 590 разів

Для оцінювання адгезійної складової визначають зовнішній радіус зовнішнього кільця сліду контакту R_{max} ; биття індентора в патроні Δ в мм; площу плям адгезійного контакту $A_{(j)}$ в $мм^2$; радіальні координати їх центрів мас $r_{(j)}$ в деякому секторі/ах в мм (розміри і кількість секторів визначаються необхідною точністю). Вхідними даними також є момент сил опору обертанню індентора T , $H \cdot мм$ і осьова сила притиснення індентора до досліджуваної пластини N , H .

Література: 1. Івченко О. В. Індентор для визначення адгезійної складової середнього коефіцієнту тертя в процесі різання / [Івченко О. В., Залога О. О., Процай Р. В., Ігумнов Д. О.] // Компресорне та енергетичне машинобудування. – 2016. – № 2 (44). – С. 41–46.

ПРОЕКТУВАННЯ КРОКУЮЧИХ РУШІЙ ЦИКЛОВОГО ТИПУ МОБІЛЬНИХ РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Ісайченков А.В., Вірич С.О.

(ДонНТУ, м. Покровськ, Україна)

Машини з крокуючими рушіями, при русі у складних умовах, можуть бути більш ефективними, ніж традиційні транспортні засоби.

Мета роботи — розробка, на базі моделювання динаміки крокуючої машини, методів розрахунку і проектування крокуючих рушіїв циклового типу мобільних робототехнічних систем, що забезпечують підвищення енергетичної ефективності і швидкості руху, а також підвищення можливостей циклового рушія по адаптації до рельєфу місцевості, профільної прохідності і маневреності. Для досягнення зазначеної мети вирішувалися наступні завдання:

1. розробка узагальненої динамічної моделі крокуючої машини з об'єднаними в крокуючі модулі цикловими рушіями у вигляді системи твердих тіл з пружними зв'язками;

2. розробка методів динамічного управління коливаннями для взаємної компенсації в системі енерговитрат на подолання циклових сил інерції;

3. розробка нових методів управління та способів підвищення адаптивності і профільної прохідності крокуючих машин з цикловими рушіями до рівня аналогів з адаптивним керуванням;

4. розробка методів управління і розрахунку повороту крокуючих машин на реальних ґрунтах;

5. розробка методики і проведення експериментальних досліджень динаміки, тягово-зчіпних властивостей, ґрунтової і профільної прохідності крокуючих машин в умовах реальної місцевості.

На початку дослідження було проведено аналіз тенденцій розвитку крокуючих машин і мобільних крокуючих роботів, а також аналіз відомих методів математичного моделювання динаміки крокуючих машин і методів розрахунку і проектування крокуючих рушіїв. За результатами аналізу були сформульовані основні завдання дослідження. Наступним етапом дослідження буде побудова узагальненої динамічної моделі крокуючої машини.

Література: 1. Бербюк В. Е. Динамика и оптимизация робототехнических систем./ Бербюк В. Е.// – Киев : Наукова думка, 1989. – 187 с. 2. Бордюг Б. А. Моделирование движения электромеханического шагающего аппарата/ Бордюг Б. А., Ларин В. Б. // Проблемы управления и информатики. – 1995. – № 4. – С. 115–119. 3. Dixon, W. E., D. M. Dawson, F. Zheang, and Z. Erkan. Global Exponential Tracking Control of a Mobile Robot System via a PE Condition // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part B: Cybernetics. Vol. 31(1). – 2000. – P. 129-142.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ТІЛ ОБЕРТАННЯ ЗА КРИТЕРІЄМ ЇХ МІНІМАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СОБІВАРТОСТІ

Калафатова Л.П., Калмиков В.С., Трачук К.В.

(ДонНТУ, м. Покровськ, Україна)

Важливим завданням сучасного машинобудування є автоматизація виробництва та випуск конкурентоспроможної продукції. Особливо це стосується обробки деталей типу тіл обертання, насамперед, валів і вал-шестерень, доля яких у продукції, що випускається, є найбільшою. Раціонально розроблений технологічний процес (ТП) визначально впливає на собівартість обробки, витрати на обладнання та інструмент, які для виробництв різного типу – від серійного до масового суттєво різняться, але не завжди враховується. Тому запропонований підхід до вирішення завдання розробки раціональних ТП обробки деталей названого типу для принципово різних умов обробки є актуальним.

Вибір та використання параметрів механічної обробки, яка забезпечує необхідний рівень точності і якості при заданій продуктивності, базується на результатах рішення задачі оптимізації, де в якості критерію прийнята технологічна собівартість процесу Ст. Враховуючі кількість операцій, з яких складається ТП обробки конкретної деталі, сумарна собівартість буде дорівнювати

$$C_{\text{т}} = \sum C_{mi}, \quad (1)$$

де C_{mi} – технологічна собівартість проміжних операцій.

В свою чергу, C_{mi} можна представити у вигляді

$$C_{mi} = C_{1i} + C_{2i} + C_{3i} + C_{4i} + C_{5i}, \quad (2)$$

де C_{1i} – непродуктивні витрати, що припадають на одну деталь і які включають вартість закріплення і зняття однієї деталі, вартість простою обладнання з урахуванням вартості однієї хвилини експлуатації верстата; C_{2i} – вартість машинного часу обробки ($C_{2i} = f(v, s, t)$, де v – швидкість різання, s подача, t – глибина різання); C_{3i} – операції відновлення ріжучої здатності інструменту і C_{4i} – вартість інструменту, віднесені до однієї деталі; C_{5i} – вартість матеріалу оброблюваної деталі.

Використовуючи сучасне обладнання з ЧПК типу оброблювальний центр, яке дозволяє поєднати в одній позиції реалізацію різнорідних операцій, наприклад, токарної і зубооброблювальної при обробці вал-шестерень, маємо можливість за рахунок концентрації операцій зменшити непродуктивні витрати, пов'язані зі зменшенням часу на холості операції (переустановлення деталей з верстату на верстат, тощо), зменшити зайняті виробничі площі, а також підвищити точність і якість обробки. Володіючи підвищеною гнучкістю, таке обладнання дає можливість підвищити ефективність механічної обробки в умовах автоматизованого дрібносерійного і серійного виробництв.

ПРИНЦИПИ РОЗРОБКИ ПЕРСПЕКТИВНИХ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ З НАНОСТРУКТУРОВАНИМИ ШАРАМИ

Калініченко В. В.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Розробка перспективних варіантів зносостійких покриттів для різальних інструментів має базуватись на врахуванні факторів впливу на опір покриття зношуванню, декогезії та деадгезії шарів. Насамперед, це механічні властивості матеріалів шарів покриття, спрямована зміна яких можлива при використанні покриттів з наноструктурованими шарами, що включають зерна кристалічної фази середнім розміром $d \leq 100$ нм та міжзеренні прошарки аморфної фази.

Взаємозв'язок розмірно-структурних та механічних характеристик матеріалу наноструктурованого шару визначається виразами [1, 2]: $H \sim \frac{1}{\sqrt{d}}$;

$$E \sim \frac{1}{\omega^n}; n > 0; \frac{S}{V} \sim \frac{d^2}{d^3} \sim \frac{1}{d}; \omega = 1 - \left[\frac{(d-s)}{d} \right]^3; \omega_{мз} = \frac{3s \cdot (d-s)^2}{d^3}; \omega_{nmc} = \omega - \omega_{мз},$$

де H , E – твердість та модуль Юнга матеріалу шару; d , S , V – середній розмір, площа поверхні меж та об'єм зерна; ω – об'ємна частка міжзеренних прошарків; $s \approx 1$ нм та ω – відповідно товщина та об'ємна частка меж розділу фаз; $\omega_{мз}$ – об'ємна частка меж зерен; ω_{nmc} – об'ємна частка потрійних стиків.

Зміна механічних властивостей матеріалів наноструктурованих шарів здійснюється за рахунок зниження d та підвищення ω при варіюванні режимів нанесення шару. Висока твердість контактного шару покриття при зниженні d до критичного значення $d \rightarrow d_c$ гарантує високу його зносостійкість. Залежність коефіцієнта K_{1c} тріщиностійкості матеріалу шару від значення E

має вигляд [3]: $K_{1c} = \frac{0,27 \cdot \sqrt{k \cdot a}}{\frac{H}{E}}$, де k – коефіцієнт, що визначається типом

структури матеріалу шару; a – довжина міжатомних зв'язків у матеріалі шару.

Таким чином, підвищення твердості, пружності, тріщиностійкості наноструктурованих шарів, покращуючи їхній опір процесам зношування, декогезії, деадгезії, забезпечує високу функціональну працездатність покриття.

Література. 1. Наноматериали, нанопокриття, нанотехнологии : Учебное пособие / Н. А. Азаренков, В. М. Береснев, А. Д. Погребняк, Л. В. Маликов, П. В. Турбин. – Х. : ХНУ имени В. Н. Каразина, 2009. – 209 с. 2. Погребняк, А. Д. Структура и свойства твердых и сверхтвердых нанокompозитных покрытий / А. Д. Погребняк, А. П. Шпак, Н. А. Азаренков, В. М. Береснев // Успехи физических наук. – 2009. – Том 179, № 1. – С. 35–64. 3. Калиниченко, В. В. Модель зависимости интенсивности разрушения износостойкого покрытия при резании от соотношения характеристик твердости и упругости материалов его слоев / В. В. Калиниченко, Е. Л. Шумилкин // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Краматорськ, вип. № 31, 2012. – С. 265–270.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ НА ВАЖКИХ ВЕРСТАТАХ

Калініченко В. В., Кравченко А. О.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Стратегічним напрямом підвищення конкурентоздатності продукції вітчизняного машинобудування є підвищення енергоефективності механічної обробки деталей, у структурі якої значну частку складає токарна обробка. Токарна обробка деталей на важких верстатах характеризується високим рівнем енерговитрат при різанні. Важкі токарні верстати відрізняються надзвичайно високою вартістю верстато-години роботи обладнання. Дуже дороге верстатне обладнання приносить економічний ефект тільки за умов раціонального використання, зокрема, високих показників енергоефективності обробки.

Високої енергоефективності обробки на важких верстатах можна досягти або за рахунок зниження втрат енергії у механічній та електричній частинах приводу головного руху (ПГР) верстата, або за рахунок зниження енерговитрат у зоні різання при використанні енергоефективних умов обробки. В ПГР сучасних важких верстатів вже передбачені енергоефективні технічні рішення, тому найперспективнішим шляхом підвищення енергоефективності токарної обробки на важких верстатах є використання енергоефективних умов обробки.

Авторами досліджувалась задача забезпечення енергоефективності чорнкової та напівчистої токарної обробки бочки прокатного валка $\varnothing 1300$ мм зі сталі 50ХН. Умови чорнкової обробки: різець збірний з пластиною підвищеної міцності з Г-подібним уступом; твердий сплав Т5К10; глибина різання $t = 15$ мм; подача $S = 1,3-1,65$ мм/об; швидкість різання $v = 40-60$ м/хв. Умови напівчистої обробки: різець збірний з пластиною SCMT 380932-ХМ; твердий сплав GC 4325; $t = 5$ мм; $S = 0,3-0,5$ мм/об; $v = 140-170$ м/хв. Критерій енергоефективності обробки – питома енергомісткість e різання. Для заданих умов отримані залежності $e = f(S, v)$ та визначені енергоефективні режими різання, використання яких дозволяє суттєво підвищити продуктивність $P_{різ}$ різання при ефективному використанні енергії у зоні різання. Перехід від нормативних до енергоефективних режимів забезпечує підвищення $P_{різ}$ при чорновому точінні бочки на 34,69 %, при напівчистовому – на 43,58 %.

Перспективним способом зниження питомої енергомісткості різання при токарній обробці прокатних валків є точіння за схемою електромеханічної обробки (ЕМО). Пропоновані режими ЕМО: сила електричного струму $I = 100-200$ А, напруга $U = 6-12$ В. Фактором зниження енерговитрат при цьому є зниження силового навантаження при різанні за рахунок полегшення деформації оброблюваної сталі при її електроконтактному нагріванні. Найбільше зниження питомої енергомісткості e різання відзначалось при точінні за схемою ЕМО з силою струму $I = 200$ А та напругою $U = 6$ В і становило 24,97–25,07 % для різних режимів різання.

ЗАГАЛЬНІ ПІДХОДИ ДО РОЗРОБКИ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ПРОЦЕСІВ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ НА ВАЖКИХ ВЕРСТАТАХ

Калініченко В. В., Шаройка А. О.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Забезпечення енергоефективних умов токарної обробки деталей на важких верстатах має передбачати розробку математичних моделей процесу обробки на базі використання енергетичних критеріїв оптимізації. З метою систематизації вихідної інформації для розробки структури моделі енергоефективного процесу токарної обробки на важких верстатах був виконаний аналіз літературних джерел з досліджуваної тематики, у яких наведено низку енергетичних критеріїв оптимізації процесу різання, зокрема:

– критерій мінімуму ефективної потужності різання

$$N_{ef} = \frac{P_z \cdot v}{60 \cdot 1020} \rightarrow \min$$
, де P_z – тангенціальна складова сили різання, v – швидкість різання [1];

– критерій мінімуму питомої енергомісткості різання $e = \frac{N_{ef}}{v \cdot S \cdot t} \rightarrow \min$,

де v , S , t – відповідно швидкість різання, подача, глибина різання [2, 3];

– безрозмірні енергетичні критерії відповідно для чорнкової

$(q_{чорн} = \frac{\sigma_\epsilon}{e} \rightarrow \max)$ та чистової $(q_{чист} = \frac{U_{риз}}{A_{риз}} \rightarrow \min)$ обробки, де σ_ϵ – межа

міцності оброблюваного матеріалу на розтяг, e – питома енергомісткість різання, $U_{риз}$ – корисна робота диспергування, $A_{риз}$ – робота різання [3].

Структура математичної моделі енергоефективної обробки має відповідати загальному вигляду $Q = \text{extr}\{f(x, \omega) | x \in D\}$; $g(x, \omega) \leq 0$; $f(x) \leq 0$; $a_i \leq x_i \leq b_i$, де $f(x, \omega)$ – функція енергетичного за своєю сутністю критерію оптимізації; x , ω – відповідно керовані та постійні вхідні параметри токарної обробки; D – область припустимих значень керованих параметрів; $a_i = \text{const}$, $b_i = \text{const}$ [2]. Вибір доцільних критеріїв оптимізації для моделей конкретних варіантів токарної обробки має ґрунтуватись на всебічному аналізі переваг та недоліків запропонованих у науковій літературі критеріїв.

Література. 1. Мироненко, Е. В. Оптимизация режимов резания при обработке на тяжелых токарных станках с учетом энергозатрат / Е. В. Мироненко, В. С. Гузенко, Л. В. Васильева, О. Е. Мироненко // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Технології в машинобудуванні. Харків: НТУ «ХПІ». – 2010. – № 40. – С. 62–70. 2. Старков, В. К. Физика и оптимизация резания материалов / В. К. Старков. – М.: Машиностроение, 2009. – 640 с. – ISBN 978-5-94275-460-0. 3. Карпов, А. В. Об оценке энергетической эффективности технологических процессов обработки резанием / А. В. Карпов // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. – 2014. – № 2. – С. 61–68.

АВТОМАТИЗОВАНА ЛІНІЯ ДЛЯ НАНЕСЕННЯ ВОЛОГОСТІЙКОЇ КОМПОЗИЦІЇ НА ПОВЕРХНЮ ЕЛЕКТРОДІВ

Кассов В.Д., Кабацький О.В., Малигіна С.В.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Як відомо, висока сорбційна здатність електродів для ручного дугового зварювання призводить в умовах їх зберігання, транспортування і експлуатації до інтенсивного капілярного підсосу атмосферної вологи, що є основним джерелом водню. Це різко погіршує зварювально-технологічні властивості електродів, виготовлених за відомими технологіями, і у ряді випадків робить їх непридатними для подальшого використання, що набуває особливо важливого значення при використанні електродів з покриттям основного типу.

Зниження вологості електродів перед використанням вимагає прокалювання при високих температурах (до 400°C) впродовж тривалого часу (до двох годин). Це призводить до значної витрати електроенергії на підприємстві-споживачеві електродів. При цьому не завжди строго витримуються вимоги, що пред'являються до устаткування і теплових режимів прокалювання, що також може призвести до дефектів в зварних швах. При зварюванні в монтажно-польових умовах, а також при проведенні зварювальних робіт в аварійних ситуаціях, виконання прокалювання електродів до вологості покриття, що регламентується, проблематично із-за специфіки виробничих умов.

В зв'язку з цим є актуальною наладка виробництва електродів з гарантованими зварювально-технологічними властивостями в умовах тривалого зберігання, що не вимагають перед застосуванням тривалої високотемпературної обробки.

Метою даної роботи є представлення результатів досліджень по створенню автоматизованої лінії для нанесення вологостійкої композиції на поверхню електродів. Автоматизована лінія призначена для нанесення на поверхню готових електродів будь-яких типів і марок вологостійкої композиції методом занурення.

Основним елементом автоматизованої лінії є транспортна установка карусельного типу. Лінія дозволяє здійснювати одночасну обробку 400 електродів (на 200 електродів наноситься покриття, інші 200 проходять термообробку) і розрахована на роботу в автоматичному режимі з ручним завантаженням електродів в підвісну обойму. Технологією передбачена витримка електродів в рідкому розчині впродовж п'яти хвилин з подальшою термообробкою нанесеного розчину.

Впровадження лінії дозволяє розв'язати проблему наладки виробництва електродів з гарантованими зварювально-технологічними властивостями в умовах тривалого зберігання, що не вимагають перед застосуванням тривалої високотемпературної обробки.

РОЗРОБКА САПР ТП ДЛЯ МЕТАЛООБРОБКИ НА ВАЖКИХ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТАХ

Клименко Г.П. Квашнін В.В.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Розробка системи автоматичного проектування технологічних процесів токарної обробки деталей на важких верстатах здійснювалась на засадах попередніх досліджень раціональної експлуатації інструменту з урахуванням нових залежностей між конструкціями верстатів та інструментів з режимами різання і витратою дефіцитних інструментальних матеріалів.

Програма розроблена у вільному середовищі розробки додатків SharpDeveloper на мові С#. Інтерфейс головного меню програми представляє собою ряд кнопок, які дозволяють відкривати вікна необхідних для користувача параметрів. Інтерфейс програм вибору конструкції інструменту і режимів різання для вибору вхідних даних являє собою ряд елементів ComboBox і RadioButton. Введення вхідних даних відбувається послідовно. У разі, якщо варіант вибору один, він відбувається автоматично.

Підпрограма «Вибір інструменту» для важких верстатів з максимальною величиною діаметра заготовки над станиною $D_{\max} = 1250 - 4000$ мм передбачає вибір матеріалу різальної частини інструменту для груп оброблюваних матеріалів, характеру обробки припуску, діапазону глибин різання. Конструкція різця вибирається в три етапи. Перший етап – визначається форма різця в плані і товщина різальної пластини за критеріями міцності та стійкості, а також висота різця в залежності від D_{\max} – основного параметру верстата. Другий етап – визначається тип пластини та її кріплення, які мають найбільшу бальну оцінку, надану попередньо експертами. В залежності від операції, групи оброблювального матеріалу, глибини різання рекомендується тип пластини R (кріплення через отвір), D (кріплення зверху), W (кріплення прихоплювачем за бокову виїмку), H (кріплення зверху прихоплювачем за уступ). Третій етап – вибирається конкретна конструкція різця, яка відповідає обраному типу.

Підпрограма «Вибір режимів різання» передбачає чотири етапи. Перший етап – вибір подачі при точінні конструкційних сталей в залежності від діаметра заготовки, глибини різання, інструментального матеріалу і схеми кріплення пластини. Другий етап – вибір поправочних коефіцієнтів на подачу, що враховують змінені умови: оброблюваний матеріал, форму пластини, характер припуску, товщину пластини, рівень надійності інструменту та інші. Третій етап – вибір швидкості різання при точінні конструкційних сталей в залежності від глибини різання, подачі, інструментального матеріалу і типу конструкції інструменту. Четвертий етап – вибір поправочних коефіцієнтів на швидкість різання, що враховують змінені умови: групу оброблюваних матеріалів, форму пластини, спосіб отримання заготовки, вид обробки та інші.

Підпрограма «Витрата різців» дозволяє розрахувати для конкретної конструкції різця і середньої стійкості витрату інструменту на 1000 годин його роботи.

ВИЗНАЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЗБІРНИХ РІЗЦІВ ВАЖКИХ ВЕРСТАТІВ

Клименко Г.П., Ковальов Д.О.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Оцінка надійності зібраного інструменту для важких верстатів має значення не тільки на стадії експлуатації, але і на стадії їх проектування. В даний час використовується велика кількість показників, що дозволяють визначити безвідмовність, довговічність і ремонтпридатність інструменту окремо.

Метою роботи є розробка комплексного показника надійності збірного інструмента як системи. Ним може служити коефіцієнт готовності, який характеризує як безвідмовність різця, так і його ремонтпридатність. Він визначає ймовірність знаходження системи в працездатному стані в певний момент часу за умови, що в початковий момент система була в справному стані.

Збірний різець для важкого верстату відновлює свою працездатність двома способами. При виникненні першої несправності (відмову ріжучі пластини) здійснюється часткова відновлення-поворот або заміна пластини і системи відновлює свою працездатність. Після появи другої відмови (вихід з ладу всього блоку або елементів кріплення) виробляється заміна блоку. При цьому система повністю відновлює свою працездатність. Нехай λ_1 означає інтенсивність відмов блоків, а λ_2 - інтенсивності відмов пластин, причому $\lambda_2 > \lambda_1$. Нехай далі μ_1 - інтенсивність постанови ріжучої частини, тобто заміни або повороту пластини, а μ_2 - інтенсивність відновлення працездатності блоків. Визначимо чотири стана, в яких знаходяться системи: стан 0 - системи справні після заміни блоку; стан 1 - різець не працює у зв'язку з відмовою пластини, проводиться її поворот або заміна; стан 2 - різець знаходиться в робочому стані після заміни пластини; стан 3 - різець не працює у зв'язку з відмовою елементів кріплення або блоків в цілому, проводиться заміна блоку.

$$K_{Gu} = \frac{\lambda_1 \mu_1 \mu_2 + \lambda_2 \mu_1 \mu_2}{\lambda_1 \mu_2 \mu_1 + \lambda_1 \mu_1 \mu_2 + \lambda_1 \mu_2 \mu_2 + \lambda_2 \mu_1 \mu_2} \quad (1)$$

Таким чином, використовуючи вираз (1), можна визначити коефіцієнт готовності різця за заданими показниками його надійності. Для заданих показників безвідмовності λ_1 і λ_2 , показники ремонтпридатності μ_1 і μ_2 , отримаємо для повного рівня надійності.

ИССЛЕДОВАНИЯ ТОПОГРАФИИ КОНТАКТНЫХ УЧАСТКОВ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН ПОСЛЕ ПАССИВАЦИИ

Клименко С. Ан., Бурыкин В. В., Найдено А.Г., Ботвинко В. П.

(ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев, Украина)

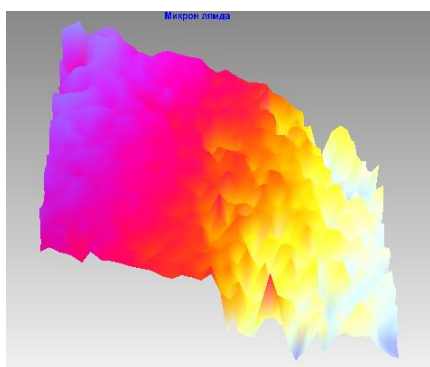
Одним из методов повышения стойкости режущих пластин из твердого сплава является пассивация поверхности с частичным удалением кобальта. После пассивации на поверхности пластин образуется слой карбидного скелета с повышенной твердостью, что позволяет уменьшить адгезионное взаимодействие поверхности инструмента со стружкой и силу трения, а также дает возможность повысить эффективность применения жидких и твердых охлаждающих сред, облегчает пайку пластин. Однако, пассивация поверхности пластин может вызвать повышение ее пористости, что ослабляет прочность рабочих поверхностей инструмента.

Целью работы является исследование влияния пассивации различными растворами на пористость и топографию контактных поверхностей твердосплавного инструмента.

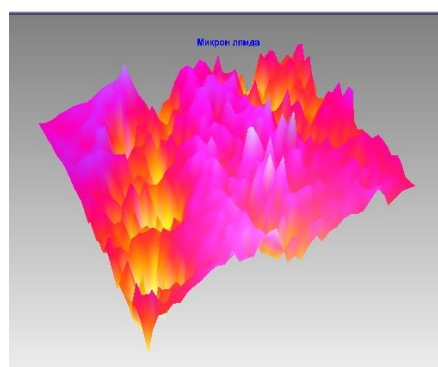
В качестве образцов использовались режущие пластины марки ВК3-М. Топографические исследования образцов твердого сплава проводились с помощью бесконтактного интерференционного нанопрофилометра Micron-Alpha. Нанопрофилометр «Micron-Alpha» предназначен для воспроизведения нано- и микро топографии поверхности методом обработки последовательности интерференционных данных при частично когерентном освещении.

Образцы твердого сплава подвергались воздействию растворов хлорного железа, смесью фосфорной и азотной кислот, а также раствором Мураками.

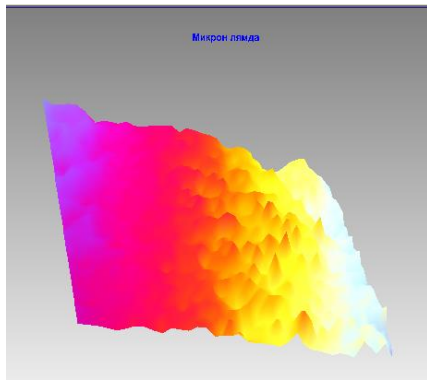
3-D изображения контактных поверхностей инструмента и результаты исследований представлены на рис. 1 и 2.



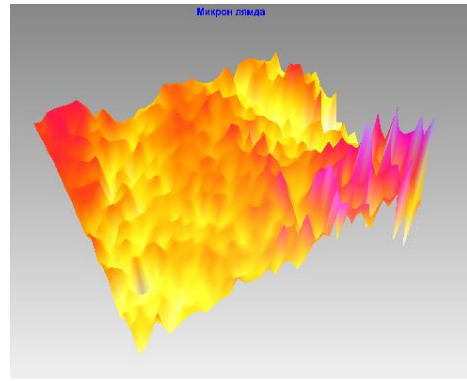
а)



б)



б)



в)

Рисунок 1 - Изображения контактных поверхностей инструмента: а) пассивация FeCl_3 +раствор Мураками б) пассивация FeCl_3 в) пассивация $\text{HNO}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4$ г) стандартная пластина

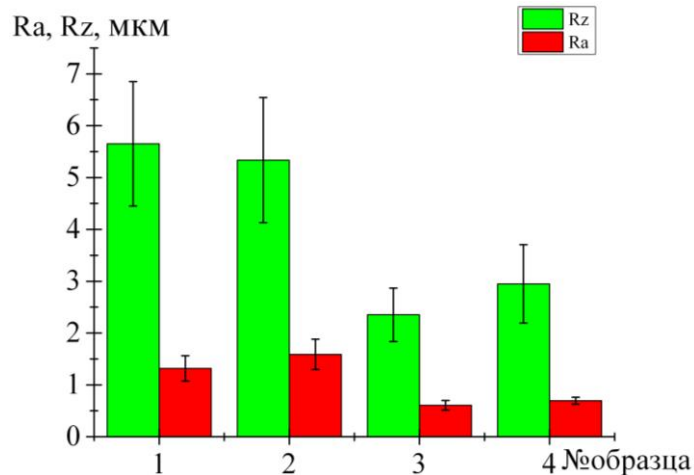


Рисунок 2 - Величина шероховатости контактных поверхностей твердосплавных пластин после пассивации (образец 1-3) и стандартной пластины (образец 4)

Анализ полученных результатов показывает, что процесс пассивации существенно влияет на топографию режущих пластин, повышая их пористость и шероховатость, особенно при применении агрессивных растворов на основе FeCl_3 , которые интенсивно растворяют кобальт, что может ослабить режущую кромку и уменьшить стойкость инструмента в процессе точения.

Более благоприятное влияние на шероховатость и пористость контактных поверхностей инструмента оказывает пассивация раствором кислот $\text{HNO}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4$, которые, по всей видимости, менее интенсивно вымывают кобальт, чем FeCl_3 , и тем самым минимизирует ослабление режущей кромки.

СВЕРХТВЕРДЫЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ КУБИЧЕСКОГО НИТРИДА БОРА И ОСНАЩЕННЫЕ ИМИ РЕЖУЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Клименко С.А., Копейкина М.Ю., Мельничук Ю.А., Клименко С.Ан., Манохин А.С.

(ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев, Украина)

Совершенствование технологий механической обработки изделий из современных конструкционных материалов неразрывно связано с применением новых режущих инструментов, оснащенных высокоэффективными композитами, такими как сверхтвердые материалы на основе кубического нитрида бора (сBN): – группы ВН (сBN 70–95 об. %), которые являются существенно монофазными, но гетерогенными по своей структуре; – группы ВL (сBN 45–65 об. %) с матрицей, дисперсность структуры которой соответствует субмикронному диапазону, является мультифазной и имеет химический состав на основе компонент с TiN, Ti(C, N), TiC, TaN, TiB₂, Si₃N₄, SiC, MAX-фаз; – группы ВС, которая объединяет материалы с защитными покрытиями.

Режущие инструменты, оснащенные композитами группы ВН, позволяют эффективно обрабатывать изделия из различных чугунов, легированных сталей высокой твердости, твердых сплавов, литых высокомарганцовистых сталей, деталей с напыленными покрытиями, в том числе самофлюсующимися, с аморфно-кристаллической структурой, с наплавленными покрытиями мартенситного класса высокой твердости.

Режущие инструменты, оснащенные композитами группы ВL, позволяют проводить высокоэффективную чистовую лезвийную обработку изделий из термообработанных сталей: инструменты с композитами систем «сBN-TiN», «сBN-TiC» (сBN 50–55 об. %) позволяют выполнять чистовое точение деталей из сталей твердостью 62–64 HRC со скоростями резания 180–270 м/мин, твердостью 48–55 HRC со скоростями резания 300–360 м/мин.

Режущие инструменты, оснащенные композитами переходной группы ВL-ВН (сBN 70–75 об.%) по интенсивности изнашивания при чистовом точении Fe-C сплавов твердостью 62–64 HRC характеризуются на 25–30% большей интенсивностью изнашивания, в сравнении с инструментами с композитами группы ВL, но позволяют проводить обработку при динамических нагрузках.

Режущие инструменты, оснащенные композитами группы ВС, эффективно используются при обработке современных конструкционных материалов. При этом: – повышается надежность работы инструмента на этапе приработки, что связано с перераспределением и снижением напряжений, которые формируются в инструменте при его термобарическом нагружении; – увеличивается период стойкости инструментов за счет изменения механизма взаимодействия в зоне резания; – обеспечивается информационная функция, связанная с облегчением контроля величины износа инструмента.

Инструменты, оснащенные рассмотренными выше композитами на основе сBN, выпускаются в условиях опытно-промышленного производства ИСМ им. В.М. Бакуля НАН Украины.

ВИХІДНА ІНСТРУМЕНТАЛЬНА ПОВЕРХНЯ МОДУЛЬНИХ ПАЛЬЦЕВИХ ФРЕЗ НА БАЗІ ОДНОПОЛОСНОГО ГІПЕРБОЛОЇДА ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗУБЧАСТИХ ЕВОЛЬВЕНТНИХ КОЛІС

¹Клочко О.О., ²Охріменко О.А., ²Яновський Д.І., Пермінов Є.В.

(¹НТУ «ХПІ» м. Харків, Україна, ²«КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна)

Зубчасті циліндричні колеса на даний час є найпоширенішими елементами машин і механізмів при передачі обертального руху. Виготвлення крупногабаритних зубчастих вінців є доволі затратним і коли в процесі експлуатації ці колеса зношуються то широко застосовуються операції відновлення робочої поверхні, ремонту таких зубчастих коліс. Найбільш поширеним є процес наплавлення зношеної частини з подальшою його обробкою різанням і відновленням геометричних параметрів западини зубчастого колеса. Однією з трудомістких операцій є зубофрезерування після наплавлення шару матеріалу, що виконується фрезами для чорнової обробки і для формування необхідного рівномірного припуску під подальшу обробку використовують спеціальні модульні фрези, як дискові так і пальцеві, які мають криволінійну різальну кромку. В роботі вирішено задачу використання в якості вихідних інструментальних поверхонь (ВІП) пальцевих модульних фрез, поверхню однополосного гіперболоїду (рис.1.а), твірна, яких є прямою лінією і може бути утворена різальною кромкою непереточуваних твердосплавних пластин (НТП) прямолінійної форми і в осьову перерізі такі поверхні мають криволінійну форму, яка наближається до евольвентної кривої.

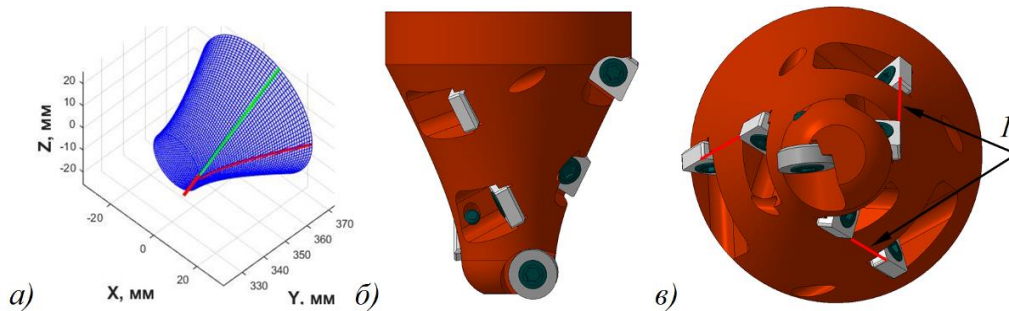


Рисунок 1 - Пальцева модульна фреза на базі однополосного гіперболоїду:
а) ВІП фрези, б),в) різальна частина фрези: 1- твірна гіперболоїду

Визначено параметри ВІП таких фрез, для прикладу визначені параметри заміняючого гіперболоїду для зубчастих коліс (ЗК) $m=20$, $Z=35$, $Z=208$ де відхилення від евольвенти складо відповідно $f_f=0.34\text{мм}$ та $f_f=0.11\text{мм}$, що є допустимим для попередньої обробки ЗК. Запропонована конструкція робочої частини пальцевої фрези на базі гіперболоїду для обробки ЗК $m=20$, $Z=35$ в основу ВІП якої покладено гіперболоїд (рис.1.б, в). Отримані результати можуть бути використані при проектуванні модульних пальцевих фрез на базі НТП з різальними кромками прямолінійної форми.

ФОРМУВАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ В ПРОЦЕСІ ЗУБОШЛІФУВАННЯ

Клочко О.О., Шелковий О.М., Анциферова О.О., Пермінов Є.
(НТУ «ХПІ» м. Харків, Україна)

Як відомо, процес шліфування зубів зубчатих коліс відрізняється від процесу шліфування плоских або циліндричних поверхонь непостійністю параметрів режиму різання. Управління процесом, зміни цих параметрів представляє значні труднощі, а на їх здійснення впливає профіль зуба і конструкція зубчастого колеса. У процесі шліфування евольвентних поверхонь в зв'язку зі змінною глибиною різання (пов'язаної зі складним профілем зуба) змінюється не тільки стан поверхневого шару, а також і геометричні характеристики профілю зуба. Причому зазначені зміни взаємопов'язані між собою. Виникнення похибок форми, взаємного (відносного) положення елементів евольвентної поверхні і розмірів пов'язано зі зміною стану поверхневого шару, формування якого, в свою чергу, впливає на геометричні характеристики точності. Особливо цей вплив проявляється на зміні форми, наприклад, шляхом перерозподілу залишкових напружень, структурних і фазових перетворень і т.п змін в процесі шліфування. Сприяють цьому не тільки теплові впливи, які проявляються в процесі шліфування, а й деформаційні зміни, що відбуваються під дією сил різання. Тому запропоновано проводити дослідження по комплексній оцінці стану поверхневого шару і геометричних характеристик точності, що змінюються в результаті процесу шліфування зі змінними параметрами режиму різання. Проводилися дослідження впливу параметрів процесу шліфування зуба зубчастих коліс, виготовлених з різних матеріалів, різної мікроструктури на характер спільного взаємного зміну стану поверхневого шару евольвентного профілю і характеристик точності в умовах, коли проявляються геометричні похибки системи в процесі різання.

Стан поверхневого шару оцінювався по зміні залишкових напружень, а характеристики точності по зміні відхилення від профілю зуба, накопиченої помилки окружного кроку і величини биття зуба.

Аналіз зміни залишкових напружень в поверхневому шарі в процесі шліфування зубів проводився із залученням методів математичної статистики і регресійного аналізу. Для оцінки залишкових напружень використовувалися такі статистичні характеристики математичної обробки результатів досліджень як: межа змін залишкових напружень; амплітуда коливань залишкових напружень; середнє значення залишкових напружень; коефіцієнт амплітуди зміни залишкових напружень.

Величина і характер зміни залишкових напружень в поверхневому шарі зуба зубчастого колеса, виготовленого зі сталі 40Х, залежать від їх місця розташування по висоті зуба, про що свідчать зміни залишкових напружень в поверхні.

ВСТАНОВЛЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ МІЖ ПАРАМЕТРАМИ, ЩО ХАРАКТЕРИЗУЮТЬ ПРОЦЕС РІЗАННЯ, ПАРАМЕТРАМИ ІМПУЛЬСНОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ І ЕФЕКТИВНІСТЮ ВИРОБНИЦТВА.

Ковальов В.Д., Васильченко Я.В., Шаповалов М.В., Подоляк Я.В.
(ДДМА, Краматорськ, Україна)

У сучасному машинобудівному виробництві в якості ріжучої частини інструменту широко застосовуються змінні багатогранні пластини, на частку яких припадає приблизно 70% всієї стружки.

Існують різні способи збільшення міцності ріжучого клину твердосплавного інструменту, одним з яких є підвищення міцності, зокрема, шляхом обробки імпульсним магнітним полем.

Мета цієї роботи – дослідження впливу імпульсного магнітного поля на міцність і зносостійкість твердосплавних ріжучих інструментів для підвищення продуктивності механічної обробки і зниження собівартості операції і інструментальних витрат.

Для попередньої оцінки впливу ОІМП на стійкість твердосплавних ріжучих інструментів проводилися їх форсовані випробування методом ступеневого збільшення режимів різання, який дозволяє реалізувати принцип екстраполяції по навантаженню. На рисунку 1 показані графіки залежності швидкості зносу інструменту V_u від швидкості різання V .

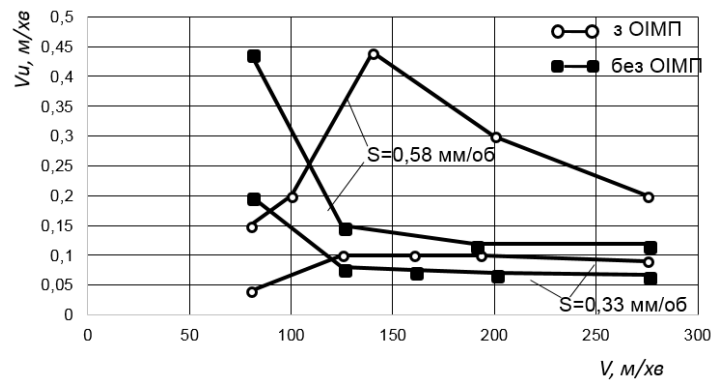


Рисунок 1 – Графіки залежності швидкості зносу інструменту V_u від швидкості різання V

Були проведені також випробування інструментів методом безперервного збільшення швидкості різання (метод торцевого точіння). На рисунку 2 приведені графіки зміни відносного зносу K_δ від швидкості різання V . Відносний знос визначався як відношення зносу незміцнених різців $\delta_{вих}$ до зносу різців, які пройшли ОІМП

$$K_\delta = \delta_{вих} / \delta_{ОІМП}$$

Як видно з рисунків 1 і 2, інструменти, які пройшли ОІМП, мають більш високу стійкість в зоні низьких швидкостей різання і високих подач, тобто при чорновій обробці металів.

Результати виробничих випробувань на підприємствах важкого машинобудування показали, що для твердосплавних інструментів, які пройшли ОІМП, середня зносостійкість інструментів підвищилася в 1,2 - 2,0 рази, а коефіцієнт варіації зносостійкості знизився в 1,3 - 3,1 рази, що підтверджує раніше отримані експериментальні результати.

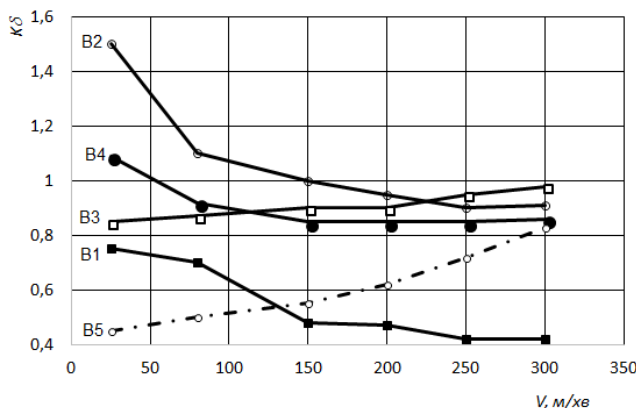


Рисунок 2 – Вплив швидкості різання на відносний знос зміцнених твердосплавних пластин Т5К10 в залежності від головного кута в плані φ

Так при ймовірності 0,9 це підвищення відбувається в 1,7 - 2,8 рази, що говорить про доцільність використання цих інструментів на операціях важкого точіння, коли велика довжина оброблюваної поверхні за один прохід. Аналіз інтенсивності відмов інструментів показав, що для інструментів, які пройшли ОІМП, відсутня зона підробітки, що відбилося на зменшенні числа непереможних відмов інструменту (викришування, поломки) в 2,7 рази, що також підтверджує раніше отримані експериментальні результати.

Оцінка ефективності обробки металів різанням проводилася за цільовими функціями, що характеризує продуктивність Q , собівартість C і інструментальні витрати S в залежності від стійкості інструментів і режимів різання. У цих функціях враховувалося також вплив розсіювання стійкості інструментів.

Застосування ОІМП дозволяє оптимізувати режими різання по продуктивності обробки, собівартості операції і інструментальними витрат. Встановлено, що при важких умовах різання доцільно оптимізувати режим різання за величиною подачі з урахуванням розсіювання стійкості інструментів. Застосування ОІМП твердосплавних інструментів сприяє підвищенню величини оптимальної подачі в 1,2 - 1,3 рази при підвищенні продуктивності в 1,1 - 1,2 рази.

За допомогою системного аналізу процесу механічної обробки встановлено взаємозв'язок між параметрами, що характеризують процес різання, параметрами імпульсного магнітного поля і ефективністю виробництва. На підставі цього розроблена статистична модель, що дозволяє визначити продуктивність механообробки в залежності від властивостей інструментального матеріалу і параметрів ОІМП.

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВАЖКИХ ВЕРСТАТІВ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ МЕХАТРОННИХ ВУЗЛІВ З АДАПТИВНИМ УПРАВЛІННЯМ

Ковальов В.Д., Зелік М.С.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Важке машинобудування одна з основних галузей промисловості України. Вдосконалення важких верстатів є актуальним завданням забезпечення випуску конкурентоспроможної продукції, вимоги до котрої постійно підвищуються. Сучасні вироби важкого машинобудування виробляються з нових матеріалів підвищеної міцності та твердості, тому обладнання для їх обробки повинно співвідноситися до умов підвищеного навантаження при забезпеченні високої точності та якості обробки.

Метою роботи є підвищення продуктивності та якості обробки деталей з матеріалів, які важко оброблюються на важких токарних верстатах шляхом використання мехатронних вузлів з адаптивним управлінням.

В роботі будуть вирішені наступні задачі:

1. Аналіз сучасних конструкцій важких верстатів, методів їх проектування, та технології їх виготовлення. Виявлення слабких ланок при важких режимах обробки.

2. Аналіз номенклатури деталей важкого будування для сучасних машин з групуванням у галузі знань їх характеристик, геометричних і міцністних параметрів.

3. Розробка методів проектування структурних схем та компоновки важких верстатів у відповідності до вимог виготовлення деталей з важкооброблюваних матеріалів.

4. Створити нові конструкції верстатних вузлів які забезпечують працездатність при високих навантаженнях.

5. Експериментально дослідити працездатність нових верстатних вузлів в робочих та виробничих умовах з метою оптимізації їх конструкції перевірки оцінки.

6. Впровадити результати дослідження та розробки важких верстатів та провести виробничі випробування.

Також в роботі планується провести:

1. Аналітичний огляд сучасного стану досліджень і розробки важких верстатів для обробки важкооброблюваних матеріалів.

2. Розробку методів проектування структурних схем та компоновки важких верстатів.

3. Експериментальне дослідження працездатності нових верстатних вузлів.

4. Впровадити нові вузли для умов важкого різання.

5. Отримати результати промислових випробувань.

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ ДОСЛІДЖЕНЬ І РОЗРОБКИ ВАЖКИХ ВЕРСТАТІВ ДЛЯ ОБРОБКИ ВАЖКООБРОБЛЮВАНИХ МАТЕРІАЛІВ

Ковальов В.Д., Нестеренко В.М.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Серед галузей промисловості провідне місце займає машинобудування. Це визначається тим, що всі процеси в матеріальному виробництві, транспорті, будівництві та сільському господарстві пов'язані з використанням машин різного призначення. Конструкції машин безперервно вдосконалюються згідно з вимогами виробництва та експлуатації, а також на основі впровадження ефективних результатів науково-технічних досліджень. Виробництво важкого металургійного, енергетичного, транспортного обладнання є основою машинобудування України та важливою складовою частиною її експорту. Можливість виготовлення важких машин, конкурентоспроможних на світовому ринку, забезпечується оснащенням машинобудівних підприємств сучасним верстатним обладнанням.

Основні групи верстатного парку машинобудівних підприємств України – це токарні та фрезерні верстати.

Сучасні вироби важкого машинобудування виробляються з нових матеріалів підвищеної міцності та твердості, тому обладнання для їх обробки повинно співвідноситися до умов підвищеного навантаження при забезпеченні високої точності та якості обробки.

З розвитком промисловості посилюються вимоги до машин, підвищується точність їхнього виготовлення, застосовуються нові марки матеріалів, які дають можливість досягнення нового рівня експлуатаційних характеристик.

Характерна риса нових верстатів – широкі технологічні можливості, що дозволяють робити обробку різноманітних деталей широкої номенклатури, що мають складну просторову форму (криволінійні поверхні, конічні поверхні, різьбові ділянки й т.д.).

Підвищення якості технологічної системи дозволяє підвищити як точність, так і продуктивність обробки деталей, причому одним із найефективніших і економічно виправданих шляхів є підвищення якості опорних вузлів верстата, зокрема заміна змішаного тертя і тертя кочення рідинним тертям, тобто застосування гідравлічних опор і передач в шпindelних вузлах, направляючих, люнетах та інших вузлах верстатів.

Одним з ефективних напрямків вдосконалення процесів металообробки є впровадження гнучких автоматизованих систем та верстатів з числовим програмним управлінням. Стійке функціонування такого автоматизованого обладнання для механічної обробки конструкційних матеріалів в значній мірі залежить від рівня властивостей інструментальних матеріалів і різальних інструментів, ступені їх забезпечення та можливості інтенсивної експлуатації.

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ПРОЕКТУВАННЯ ВАЖКИХ ВЕРСТАТІВ НА ОСНОВІ СТВОРЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ БАЗИ ЗНАНЬ

Ковальов В.Д., Саєнко М.О., Сукова Т.О.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Важке машинобудування є однією з одних високотехнологічних галузей України. Ефективність і конкурентоспроможність якої залежить від рівня автоматизації та забезпеченням підприємств сучасним металообробним обладнанням. Високі вимоги на світовому ринку до якості продукції, що випускається, тенденція до створення технологічного обладнання з високими швидкостями руху обумовлюють необхідність подальшого вдосконалення безлюдних технологій, гнучкого і автоматизованого виробництва. Для створення верстатів нових поколінь потрібні сучасні методи проектування, які базуються на можливостях інформаційних технологій, досвіді підприємств важкого машинобудування, використанні найновіших наукових досягнень в галузі розробки складних технічних систем.

На сьогоднішній день основна маса виробів машинобудування виробляється в мехатронних верстатних модулях і комплексах, системою управління яких є системи числового програмного керування.

Метою роботи є підвищення працездатності важкого верстатного обладнання за рахунок створення систем проектування верстатів оптимальної конструкції.

В роботі вирішуються наступні задачі:

- Аналіз конструкцій сучасних важких верстатів, систем їх проектування, методів досліджень для методів досягнення оптимальних рішень;
- Розробка методики автоматизованого проектування важких верстатів;
- Створення бази знань з наявністю параметрів важких верстатів, які використовуються на машинобудівних підприємствах, їх конструктивних особливостей та режимів роботи;
- Розробка системи проектування важкого токарного верстату раціональної конструкції;
- Впровадження результатів роботи на натурні випробування дослідних зразків верстатного обладнання.

Також в роботі планується провести:

- Створення бази знань для автоматичного проектування важких верстатів;
- Математичне моделювання процесу проектування важкого верстату з різними ступенями уніфікації його вузлів;
- Експериментальне дослідження довговічності, надійності вузлів та механізмів.

УСТАНОВКА ДЛЯ ОБРОБКИ ПРОКАТКОЮ ЛИСТОВОГО МАТЕРІАЛУ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕНЕРГОСБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кох А.К., Єрьомкін Є.А.,
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Підвищення ефективності енергозберігаючих технологій в сучасних економічних умовах є актуальною, практичною і науковою проблемою [1].

На кафедрі розроблена установка, яка дозволяє зменшити шкідливі викиди, застосовуючи лише нагрівання металу та забезпечуючи роботу приводу лише використовуючи електроенергію. Також відбувається зменшення затрат на нагрів металу. На 1 тону нагріву металу потрібно 1800 МДж енергії. Завдяки цьому зменшується викид шкідливих речовин в атмосферу та відбувається поліпшення екології. Створюються більш кращі санітарні норми для обслуговуючого персоналу та умови праці.

Збільшення продуктивності прокату листового матеріалу є актуальною проблемою і вимагає додаткових досліджень в даній області, що підтверджується роботами [2], [3]. Данна робота призначена для ознайомлення з експериментальною установкою.

Експериментальна установка безперервного лиття належить до ливарно-прокатних машин. Може бути використана для одержання площинних листів (штаб), ширина яких більше довжини бочки обтискуючих (робочих) валків.

Принцип роботи установки. Для виплавки смуги застосовується сплав ВУДа, що плавиться при температурі 60 °С - 95 °С.

В установці для плавки використовується ємність, що нагрівається за рахунок нагрівача. Після того, як сплав розплавився, він заливається в зазор між ведучим і відомим валками. Між якими попередньо встановлена затравка. Відбувається процес кристалізації сплаву, після «зачеплення» металу з затравкою валки починають обертатися, поступово витягуючи з між валкового простору смугу з гофрованою поверхнею, далі сплав подається на послідовну кліть (рольганг) для остаточного випрямлення.

Привід установки здійснюється за допомогою електродвигуну (Тип АУЛ80В6У3) через редуктор, валково-кільцеву муфту. Установка зібрана на зварній рамі.

Література: 1. Кох А.К., Єрьомкін Є.А., Міжнародна наукова інтернет-конференція «Інформаційне суспільство:технологічні, економічні та технічні аспекти становлення» (випуск 27) 12 квітня 2018 р., 2. Пат. №67475 А, В21В 1/00, В21В 1/02. Спосіб одержання литтям-прокаткою листів (штаб) шириною, більшою від довжини бочки обтискуючих валків/ М.Л.Роганов, Л.Л. Роганов // Промислова власність. Офіційний бюлетень – 2004. №6. С.4.73. 3. Советов Б.Я. Моделирование систем / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – М.: Высшая школа, 2001. – 275 с.

НОВІ МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ ГОЛОВНОГО ЗАДНЬОГО КУТА ТОКАРНИХ РІЗЦІВ

¹Кривий П. Д., ¹Крупа В. В., ¹Петречко І. Р., ²Яковлев В. І.

(¹ТНТУ, м. Тернопіль, Україна, ²ВМЗ АК «Мотор Січ», м. Волочиськ, Україна)

Проаналізовані існуючі методи затилування металорізальних різців. [2]. Відзначені певні недоліки існуючих методів формування геометричних параметрів цих різців.

Мета роботи – створення прогресивних методів формування головного заднього кута α , токарних різців.

Суть запропонованих методів полягає у наступному. Як інструмент використовують шліфувальний круг форми ПП з робочою різальною периферією поверхнею, (перший варіант), або кільцеві шліфувальні круги форми: ТК, ЧЦ, або ЧК. З робочою різальною внутрішньою циліндричною або конічною поверхнями, (другий варіант). Для першого варіанту, вершину різців розміщують вище осі шліфувального круга, а для другого – нижче осі шліфувального круга на величину відповідно $\tau_I = 0,5 \cdot D_{\text{зн}} \cdot \sin\alpha$, $\tau_{II} = 0,5 \cdot D_{\text{вн}} \cdot \sin\alpha$, тут $D_{\text{зн}}$ і $D_{\text{вн}}$ – відповідно діаметри зовнішньої і внутрішньої поверхні шліфувальних кругів. При цьому переміщення забезпечують: головний рух: D_r , обертання круга, переміщення повздовжню поступально-зворотню подачу $S_{\text{пз}}$ (мм/хв.) і поперечну подачу $S_{\text{пр}}$ (мм/пд.х.).

Враховуючи, що в процесі різання діаметр зовнішньої циліндричної поверхні круга зменшується, а внутрішньої поверхні то через певний час для забезпечення $\alpha = \text{const}$ необхідно здійснювати переналагодження і змінювати τ . Врахувавши що $\alpha_{\text{max}} = \alpha_{\text{min}} \times \delta$, δ – допуск на величину α , допустимі значення діаметрів D_0 відповідно для I і II варіантів будуть

$$D_0 = 2\tau / \sin(\alpha + \tau/2). \quad (1)$$

Після досягнення D_0 , щоб забезпечити $\alpha = \text{const}$ τ необхідно зменшувати, а для другого варіанту збільшувати. Окрім цього запропонований метод формування змінного за величиною вздовж різальної кромки (ГРК) головного заднього кута і при цьому головна задня поверхня (ГЗП) різця є конічною і при плоскій головній передній поверхні (ГПП) різця ГРК є непрямолінійною. За твердженням [1] такі різці з неплоскими ГПП і ГЗП мають суттєву збільшену стійкість.

Запропоновані методи забезпечують формування кута α як постійної так і змінної величини вздовж ГРК, не затрачувати ручної праці, що безперечно створюють економічний ефект.

Література: 1. Кошарновський І. П. Перспективи розвитку науки про різання матеріалів/ І. П. Кошеновський – К: Техніка, 1964. – 256 с. 2. Попов С. А. Заточка режущего инструмента/ С. А. Попов, А. Г. Дибнер, А. С. Каленнович – М: Высшая школа, 320 с.

ІМОВІРНІСНО-СТАТИСТИЧНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ПОДАЧ ТОКАРНИХ І СВЕРДЛИЛЬНИХ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

¹Кривий П. Д., ²Тимошенко Н. М., ¹Кобельник В. Р., ¹Лисканич Ю. І.

(¹ТНТУ м. Тернопіль, Україна, ²НУ «Львівська політехніка», м. Львів, Україна)

Проаналізовано методи визначення точності подач S_i , де $i = 1, 2, 3 \dots$ порядкові номери подач варіаційного ряду верстатів, як випадкових величин із нормальним законом розподілу із нормальним законом розподілу за параметрами: математичне сподівання $M(S_i)$, дисперсії $D(S_i)$ на коефіцієнт варіації K_v . Відзначено, як недолік визначення точності подач на незначній довжині переміщення супорта токарного верстата (ТВ) $L_T = (100 - 120)S_i$ або шпинделя свердлильного верстата (СВ) $L_C = (60 - 80)S_i$ неточність S_i .

При цьому не враховували впливу точнісних характеристик рейкової шестерні, так як при значеннях $L_{T_{min}}$ і $L_{C_{min}}$ кут її повороту φ при, відповідно, $S = 0,05$ мм/об і $S = 0,3$ мм/об буде $20^\circ \leq \varphi \leq 70^\circ$. Окрім цього, визначаючи точність подач на довжині переміщення L_T і L_C , не враховано зношування рейкової шестерні по всій її довжині, що впливає на достовірність результатів.

Суть запропонованого методу полягає в наступному. Точність подач визначають на ділянках рівномірно розміщених по довжині ходу супорта ТВ, або по довжині ходу шпинделя СВ. Кількість вимірювань значень подач N (величина вибірки) не повинна бути менше $N \geq \pi d_0 / z S_i$, що відповідає куту ψ повороту шестерні на 1 зуб $\psi = 2\pi / z$, тут d_0 – діаметр ділильного кола рейкової шестерні z – кількість зубців рейкової шестерні. Відстань між ділянками вибирають так, щоб в зачеплення рейкової шестерні і рейки входив в зачеплення один із наступних зубців рейкової шестерні.

Отримані статистичні ряди подач на кожній із ділянок піддавали обробленню і визначали вибіркові значення математичних сподіювань дисперсій і коефіцієнтів варіації, відповідно $M_{vj}(S_i)$, $D_{vj}(S_i)$ і $K_{vj}(S_i)$, які прийшли як випадкові величини за нормальним законом розподілу.

Використавши метод ітерацій за теорією малої вибірки для отриманих вибіркових характеристик, отримали залежності для визначення щільності розподілу подач $g(S_i)$, математичного сподівання $M(S_i)$, дисперсії $D(S_i)$ і коефіцієнта варіації $K_v(S_i)$. Скориставшись критеріями Стьюдента t_k і Фішера F встановлено суттєвість відмінності між $M(S_i)$ і $M(S_{i+1})$ і $D(S_i)$ і $D(S_{i+1})$. За коефіцієнтом варіації $K_v(S_i)$ визначали стабільність розсіювання подач.

Таким чином запропонований метод дає можливість оцінити характеристики розсіювання подач вздовж ходу супорта ТВ і шпинделя СВ і отримати достовірні значення точності подач.

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ПРОТИУГІННИХ ЗАХВАТІВ ПОРТАЛЬНИХ ТО КОЗЛОВИХ КРАНІВ

Крупко В.Г., Коваленко М.С., Таровик М.Г.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Актуальність питання. Значна кількість козлових і порталних кранів експлуатується на відкритих складах, в портах на перевантажувальних майданчиках. В сучасних умовах на них можуть впливати значні вітрові навантаження, характер зміни яких по напрямку і величині може різко змінюватися, тому такі крани за умов безпечної експлуатації повинні оснащуватись надійними протиугінними захватами. Крани, що працюють на відкритому повітрі, піддаються вітровому навантаженню (ДСТУ 1451-96). При тиску вітру, що перевищує 250 Па або 400 Па для відповідних районів, крани повинні припинити роботу. При більших навітряних площах кранів тиском до 1000 Па навантаження, яке діє на кран, досягає значних величин.

З метою запобігання уgonу кранів, що працюють на відкритому повітрі, вони обладнаються пристроями проти уgonу тієї або іншої конструкції.

Протиугінні пристрої потрібні для втримання крана, що працює на відкритому повітрі, від мимовільного переміщення по рейковому шляху під дією вітру, який перевищує граничний робочий вітер. Ними повинні бути забезпечені баштові, козлові, порталні й інші крани, що переміщуються по рейковому шляху. Мостові крани, що працюють на відкритому повітрі, пристроями проти уgonу можна не забезпечувати, якщо гальмо розраховане на втримання крана під дією вітру.

На кафедрі ПТМ проводиться дослідження по підвищенню безпечної експлуатації наведених кранів за рахунок удосконалення конструкцій і методів розрахунку протиугінних захватів .Так, розроблена принципово нова схема нового захвату у якого забезпечена сила тертя між «біговою доріжкою» рейки та ексцентриковим шатуном. Це дозволить підвищити «керованість» процесом зупинки або утримання крана і забезпечити його стійкість при підвищених вітрових навантаженнях. Таким чином буде забезпечено більш надійне утримання крана від уgonу.

Розроблені основні напрямки удосконалення конструкцій протиугінних захватів, за рахунок збільшення сил тертя між елементами захватів і рейковим шляхом.

МАЙБУТНЄ ВЕРСТАТОБУДУВАННЯ В УМОВАХ ВИКЛИКІВ ЧЕТВЕРТОЇ ПРОМИСЛОВОЇ РЕВОЛЮЦІЇ «ІНДУСТРІЯ 4.0»

Кузнєцов Ю.М.

(НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна)

Щоб Україна стала високо розвиненою індустріально-аграрною державою, необхідно бути готовим прийняти виклик сьогоденної четвертої промислової революції «ІНДУСТРІЯ 4.0», яка орієнтована на штучний інтелект і повну автоматизацію з застосуванням роботів, робототехнічних систем, засобів інформатизації і комунікації, практично всього, що стосується суспільства, бізнеса, виробництва і освіти. Для швидкої адаптації в умовах «ІНДУСТРІЯ 4.0» запропонований новий науковий підхід, парадигмою якого є перехід від живої Природи до антропогенних об'єктів, створених цілеспрямованою діяльністю людини.

Головною рисою останніх десятиліть є осмислення розвитку сучасних високих технологій для розв'язання не тільки технічних, але і соціальних, екологічних, духовних, психологічних і культурних проблем, дослідження по яким носять міждисциплінарний характер. Раніш віддані знищувальній критиці генетика і кібернетика проклали шлях до пізнання і їх міждисциплінарного використання при створенні нової техніки і нових технологій в різних галузях, в тому числі у верстатобудуванні – серцевині машинобудування. Верстатобудування з перших років радянської влади обрало стратегічно хибний курс під гаслом «Догнати і перегнати!». Сьогодні ще є можливість при державному підході відродити вітчизняне верстатобудування та інші галузі машинобудування (авіабудування, суднобудування, сільгоспмашинобудування, приладобудування. тощо). Для цього треба обрати стратегічно вірний курс під гаслом «Випередити, не доганяючи!» і здійснити інноваційний прорив у сфері науки, освіти і виробництва, об'єднаних в міждисциплінарну галузь знань у вигляді NBICS – технологій, де N - нано; B – біо; I - інфо; C - когно; S –соціо.

Прийшов час говорити не тільки про механіку, як найстарішу науку про закони руху тіл, але і про генетичну механіку з іншим поглядом в умовах інформаційного вибуху. Саме з таких позицій нами запропонована концепція створення верстатів нових поколінь і новий погляд на матеріальну точку, як носія генетичної інформації при синтезі складних технічних систем типу «об'єкт» і «процес». В близькому і далекому майбутньому при наближенні форми заготовки до готової дедалі, з переходом до каркасних і оболонкових несучих систем відпадає необхідність у фундаментах, починаючи від міні-верстатів і до унікальних. З'являться гібридні верстати вагою менше ваги деталі, які будуть працювати за адаптивними (додавальними) замість субтрактивних (віднімальних) технологій. Для цього сьогодні необхідно особливо важливий акцент зробити на підготовку інноваційних інженерів.

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ І ВІБРОСТІЙКОСТІ ОБРОБКИ ТОНКОСТІННИХ ЗАГОТОВОК ІЗ СТАБІЛЬНИМ ЗАТИСКОМ

Луців І.В., Волошин В.Н., Лещук Р.Я., Кушик В.Г.

(ТНТУ, м. Тернопіль, Україна)

Важливим фактором, який впливає на похибки форми тонкостінних заготовок, зокрема на допуск круглості тонкостінних циліндричних деталей, при точінні як одно - так і багато інструментальним оснащенням є система затиску. При цьому затиск заготовок суттєво формує точність обробки деталей і її вібростійку характеристики.

Метою роботи є забезпечення підвищення точності і вібростійкості обробки тонкостінних заготовок із стабільним затиском.

Формування відхилення від форми тонкостінних циліндричних деталей залежить від: пружної деформації; деформації внаслідок дії сил різання; залишкових напружень, викликаних процесом обробки. Всі відомі шляхи вирішення цієї проблеми вимагають визначення конструкції і структури затискного механізму, його функціональної здатності (патрон, цанга), оптимального числа затискних елементів (пелюсток цанги – кулачків) і сили затиску в кожному кутовому положенні затискних елементів для запобігання повертання деталі при забезпеченні деформації в межах допустимих значень. Тому для забезпечення рівномірності процесу різання і зменшення деформацій тонкостінних заготовок доцільно використовувати як стабільний затиск заготовок, так і багатолезове оснащення адаптивного типу, яке б забезпечувало симетрію силового портрету технологічної обробної системи.

При цьому в процесі різання існує можливість створення в структурі верстатно-інструментального оснащення внутрішніх механізмів адаптації до зміни умов різання усієї системи. Крутильні коливання, які виникають у приводі під час кінцевих токарних операцій, призводять до коливань сили різання, а нерівномірна жорсткість затискного пристрою, що має дискретне розташування затискних елементів по контуру затиску, спричиняє зміну складових радіальних відтискань. Таким чином, забезпечується адаптація багатолезового оснащення до зміни радіальної та крутильної жорсткості підсистеми «затискний пристрій-заготовка» та незмінної радіальної жорсткості затискних пристроїв по куту повороту, оскільки це є одним із ефективних способів покращення точності та якості поверхонь.

Дослідження елементів затиску проведено на основі аналізу їх НДС за допомогою САД/САЕ-системи. В результаті моделювання отримані залежності діапазону затиску заготовок затискними пристроями залежно від товщини стінки та силового навантаження зі сторони приводу затиску, а також діаграми вібростійкості обробки, які ілюструють збільшення запасу динамічної стійкості по граничній стружці для тонкостінних заготовок.

ПІДВИЩЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ЗАТИСКУ ЗАГОТОВОК МАЛОЇ ЖОРСТКОСТІ ЦАНГОВИМИ ПАТРОНАМИ ІЗ ЗАМКНУТИМ КОНТУРОМ

Луців І.В., Кушик В.Г., Буховець В.М., Ярема І.Т.
(ТНТУ, м. Тернопіль, Україна)

Силові характеристики та характеристики жорсткості і точності затиску є надзвичайно важливими для цангових патронів.

Метою роботи є забезпечення стабільності широкодіапазонних цангових патронів із замкнутим контуром для затиску заготовок малої жорсткості.

Фактори силових характеристик, а також пружні та демпфувальні характеристик широкодіапазонних цангових патронів із замкнутим контуром, забезпечуються як структурними схемами, так і власне конструкціями даних цангових патронів. Вказані конструкції захищені патентами на винаходи і корисні моделі. Їх визначальною особливістю є одно - і багаторядна мультиплікація, що забезпечується гранним розчленуванням формою трикутника пелюсток цанги. Дослідження таких цангових патронів дозволяють зробити висновок про надійний затиск гарячекатаних прутків і прутків з відхиленнями діаметру до 3-4 мм одним затискним патроном.

З метою підвищення стабільності процесу затиску заготовок проведено дослідження жорсткості і аналіз пружної системи шпиндель – широкодіапазонний цанговий патрон – пруток – токарний автомат. При цьому конструкцію цангового патрона представлено у вигляді пружно-фрикційного шарніру. Така структура характеризується радіальною, поворотною та осьовою жорсткістю із відповідними коефіцієнтами демпфування та моментами тертя.

Експериментальні дослідження показали надійність таких затискних систем щодо гарячекатаних прутків і прутків із відхиленням діаметрів до 3-4 мм для токарно-револьверних верстатів з точки зору забезпечення стабільності силових характеристик, а також характеристик жорсткості і точності затиску. Порівняльні випробування традиційних цангових патронів і запропонованих широкодіапазонних цангових патронів (ШЦП) показали, що стабільність характеристик ШЦП в 1,2 рази вища, ніж в традиційного цангового патрона з точки зору порівняння вимірювань осьового відтягування і сили проштовхування. При цьому величини моментів прокручування і радіального биття відповідно на 80% та 20% менші, ніж при традиційному затиску стандартними цангами.

Дані показники стабільності характеристик пропонованих ШЦП є особливо важливими для затиску заготовок малої жорсткості, особливо при комплексному їх застосуванні із обробкою багатьма інструментами у системах адаптивного типу як для обробки деталей із важкооброблюваних, так і полімер-композитних матеріалів.

МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ БАГАТОЛАНКОВОГО МОБІЛЬНОГО РОБОТА

Ляшенко К.Ю. Вірич С.О.

(ДонНТУ, м. Покровськ, Україна)

В даний час у всіх промислово розвинених країнах інноваційним напрямком наукових досліджень є створення мобільних роботів. Це пов'язано з необхідністю виконання технологічних і інспекційних операцій у важкодоступних для людини місцях, а також на територіях з агресивними середовищами, де перебування людей не є безпечним.

Метою роботи є створення наукових основ та інструментальних засобів проектування багатоланкових мобільних роботів із змінною формою корпусу, заснованих на застосуванні паралельних механізмів, виявленні закономірностей руху.

Для досягнення встановленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Аналіз можливостей застосування паралельних механізмів для мобільних багатоланкових роботів.
2. Розробка динамічної моделі руху мобільного двосекційного робота з паралельними механізмами з урахуванням властивостей електроприводу і взаємодії з шорсткою поверхнею.
3. Розробка конструктивних схем з реалізації черв'ячних, гусеничних та змієподібних роботів, забезпечених паралельним механізмом.

Особливий інтерес представляють схеми пересування роботів без ніг і коліс і інших рушіїв. Це напрямок, пов'язаний зі створенням мобільних мікророботів призначених для моніторингу внутрішніх поверхонь порожнин різної форми. Такі роботи мають ряд переваг в порівнянні з колісними, гусеничними, крокуючою системами в першу чергу завдяки більш високій прохідності, а також можливості створення пристроїв з герметичним, гладким і, як наслідок, травматичним корпусом. Ці переваги дозволяють створити принципово нових, мініатюрних мікророботів, котрі здатні переміщатися в вузьких каналах, щілинах і середовищах недоступних для інших мобільних об'єктів. В роботі проведено аналіз різних конструкцій сполучних механізмів і контактних майданчиків роботів, на основі якого запропонована оригінальна класифікація роботів із змінною формою корпусу. В результаті аналізу запропоновано принцип застосування просторових паралельних механізмів типу біпод і трипод.

МАГНІТНО-АБРАЗИВНЕ ОБРОБЛЕННЯ ПЛОЩИН ФЕРОМАГНІТНИХ ДЕТАЛЕЙ ІНДУКТОРАМИ РІЗНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

Майборода В.С., Джулій Д.Ю., Слободянюк І.В.
(НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна)

Високі вимоги до якості плоских поверхонь феромагнітних деталей сприяють розробленню нових методів їх оброблення. Одним з таких є магнітно-абразивне оброблення (МАО) індукторами на основі постійних магнітів. При цій схемі оброблення взаємодія магнітно-абразивного інструменту з оброблюваними поверхнями залежить від конструкції використовуваних магнітів, магнітно-абразивних порошків та режимів оброблення. Тому метою роботи є визначення впливу конструкції магнітної головки на пляму контакту на оброблюваній поверхні.

Експериментальні дослідження виконували з використанням Fe-Nb-B циліндричних та кільцевих магнітів, які розміщуються у корпусі головки з внутрішнім діаметром 40 мм. Оброблення виконували без подачі вздовж деталі порошком Феромап 630/400 мкм з доданням мастила Асфол при швидкості обертання головки 900 об/хв та величині робочого зазору, що змінювався в діапазоні 3 - 4,6 мм.

При використанні циліндричного магніту утворюється рівномірна пляма контакту (рис. 1) з діаметром 43 мм, а при компонуванні двох кільцевих магнітів розвернутих один відносно одного полюсами утворюються концентричні кола, що відповідають розмірам використовуваних магнітів. Шорсткість поверхонь в першому випадку дорівнює Ra 0,04 - 0,06 мкм, а в другому випадку – 0,03 - 0,06 мкм.



Рисунок 1 - Форми плям контакту залежно від конструкції магнітів

В результаті МАО індукторами на базі постійних магнітів відбувається зниження шорсткості плоских поверхонь феромагнітних деталей з частковим видаленням залишкового мікрорельєфу для кільцевих магнітів та повного видалення для циліндричного магніту, але форма плями контакту різна для різних конструкцій і оброблення має різну продуктивність за зняттям матеріалу, що потребує подальших експериментальних досліджень.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ОБРОБЛЕННЯ ДИСКОВИМИ ВІДРІЗНИМИ ФРЕЗАМИ

Майданюк С. В.

(НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна)

В сучасному виробництві, з метою скорочення витрат на матеріал, спостерігається підвищення вимог до якості оброблених поверхонь при відрізанні та розрізанні заготовок дисковими відрізними фрезами. Тому задача розробки дискових відрізнних фрез підвищеної точності є актуальною.

Метою роботи є дослідження параметрів якості оброблення при відрізанні сталевих заготовок дисковими відрізними фрезами.

Дослідженнями [2,4,5] встановлено, що в процесі роботи дискових відрізнних фрез виникають зовнішні періодичні збуджуючі сили різання, які викликають коливання фрези, що знижує якість оброблення. Тому, з метою підвищення якості оброблення, слід зменшувати сили різання.

Одним з шляхів вирішення даної задачі є використання нерівномірного кутового кроку зубців, що призводить до зменшення сил різання, коливань фрези та підвищення якості оброблення [4,5]. Іншим напрямком є заміна схеми різання припуску. Так в роботах [3,4] встановлено, що групова схема різання призводить до зменшення сил різання та вібрацій, що призводить до підвищення якості оброблення. Одним з варіантів застосування групової схеми різання є прогресивна схема різання припуску, реалізована в дисковій відрізнній фрезі з різнонаправленими зубцями, яка ще більше зменшує навантаження на зубці інструменту [1], що повинно підвищити якість оброблення.

В роботі вирішується задача дослідження якості оброблення, а саме шорсткості оброблених поверхонь та величини задирок при обробленні дисковими відрізнними фрезами з різнонаправленими зубцями при розрізанні сталевих заготовок методом математичного моделювання процесу різання.

Підсумком роботи є - отримані аналітичні залежності параметрів якості оброблення, на основі експериментальних досліджень можливо використовувати при оптимізації геометричних параметрів та режимів різання дискових відрізнних фрез з різнонаправленими зубцями, в якості додаткових обмежень.

Література: 1. Ковальова Л. Моделювання зусиль різання круглими пилками з різнонаправленими зубцями / Л. Ковальова, С. Майданюк // Технічні науки та технології. - 2016. - № 1. 2. Майданюк С.В. Вплив геометричних параметрів на статичні геометричні параметри різальної частини відрізнних фрез з різнонаправленими кромками. / С.В. Майданюк // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Краматорськ, вип. №29, 2011. 3. Панчук В.Г. Теоретичні основи проектування відрізнних фрез: дис. ... доктора техн. наук: 05.03.01 / Панчук Віталій Георгійович. – К., 2009. 4. Равская Н.С. Проектирование прогрессивных конструкций дисковых пил с неравномерным шагом / Н.С. Равская, А.Е. Бабенко, О.А. Боронко, В.С. Парненко // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – 2000. – № 13. 5. Семенов А.В. Разработка дисковых пил с неравномерным шагом: Дис.... кандидата техн. наук: 05.03.01 / Семенов Александр Витальевич.– К., 1998.

СИСТЕМА ПРОТИВОРАСКАЧИВАНИЯ ГРУЗА ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ МОСТОВЫМ КРАНОМ

Макшанцев В.Г., Корниенко В.И.

(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

К мостовым кранам предъявляется ряд требований по их производительности и точности позиционирования грузов. Часто эти показатели ухудшаются из-за раскачивания груза относительно его положения равновесия при неравномерном движении крана. Раскачивания заметно увеличивают время технологического цикла, так как порядка 20 % времени полного цикла перегрузочных операций затрачивается на ожидание завершения колебаний груза.

Известны различные работы в области исследования колебаний груза при неравномерном движении мостового крана. Для анализа динамики работы механической части электромеханической системы крана процесс движения грузоподъемной тележки с подвешенным на гибком канате грузом описывают дифференциальными уравнениями [1]. В работе [2] авторами предложен метод оптимального управления механизмом передвижения крана с использованием фаззи-регулятора. На мировом рынке известны системы гашения колебаний таких фирм как SIEMENS, Schneider Electric и др. [3]. Все они обладают рядом недостатков.

Целью работы является повышение производительности и точности работы крана за счет применения усовершенствованной системы противораскачивания.

В данной работе предложена активная система противораскачивания груза "камера-рефлектор". Система противораскачивания с помощью измерительной системы камеры определяет углы колебаний в радиальном и тангенциальном направлениях, следит за траекторией движения и вычисляет скорость, необходимую для корректировки и подавления возникающих колебаний. В приложении Simulink пакета программ Matlab было произведено цифровое моделирование.

В качестве вывода следует, что предлагаемая система успешно справляется с функцией ограничения раскачивания груза. Точность определения колебаний составляет 5 мм на расстоянии от камеры до рефлектора 10м, точность определения расстояния между камерой и рефлектором составляет 1%. Полученные результаты могут быть применены на мостовом кране для управления перемещением ковша с жидким металлом.

Литература: 1. Яблонский А. А. Курс теории колебаний / А. А. Яблонский. – 3-е изд. – М.: Высшая школа, 1984. – 248 с. 2. Панкратов А. И. Оптимальное управление крановыми механизмами передвижения / А. И. Панкратов, А. Ф. Зялятов // Научный вестник Донбасской государственной машиностроительной академии: сб. нач. тр. – Краматорск: ДГМА, 2009. – No2 (5E). – С. 106– 112. 3. Противораскачивание груза [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dvesta.com/technicalsolutions/special-functions-for-cranes-in-the-composition-of-the-management/crane-antisway.html> (Дата обращения 10.11.2016).

ВПЛИВ МАТЕРІАЛУ ШЛІФУВАЛЬНОГО КРУГА НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ВНУТРІШНЬОГО ШЛІФУВАННЯ СТАЛІ Р6М5Ф3

Матюха П.Г., Габітов В.В., Кіба Д.Е.

(ДонНТУ м. Покровськ, Україна)

Для призначення надтвердих матеріалів при внутрішньому шліфуванні відсутні порівняльні характеристики зміни різальної здатності круга та витрат надтвердих матеріалів.

Метою роботи є визначення різальної здатності та витрати НТМ при внутрішньому шліфуванні сталі Р6М5Ф3 кругами із алмазу та ельбору.

Визначення різальної здатності та витрат НТМ при внутрішньому шліфуванні сталі Р6М5Ф3 проводили експериментально при обробці робочою поверхнею, яка була заправлена електроерозійним способом.

В процесі експерименту обробляли кільця зі сталі Р6М5Ф3, висотою 10 мм з вихідним отвором $\varnothing 43$ мм. Обробку здійснювали шліфувальними кругами із алмазів АС6 і ельбору КВ, профілю 1А1 40×10×16×3, зернистістю 100/80, на зв'язці М – 2 – 01, 100%-й відносної концентрації зерен НТМ. Режими обробки: $V_k = 26$ м/с, $V_d = 24$ м/хв, $P_n = 20$ Н. Час обробки $\tau_5 = 60$ хв. (табл. 1).

Таблиця 1 - Рівняння, що описують зміну під час обробки поточної лімітованої різальної здатності круга $Q(\tau)$ і поточної витрат алмазів НТМ $M(\tau)$ кругів з алмазів і ельбору при шліфуванні сталі Р6М5Ф3 при шліфуванні кругом, заправленим електроерозійними діями.

| Шліфувальний круг | Рівняння, що описує зміну ПЛРЗК $Q(\tau)$, мм ³ /хв | Рівняння, що описує зміну поточних витрат НТМ $M(\tau)$, мг/хв |
|----------------------|---|---|
| АС6 100/80 - 4-М2-01 | $Q(\tau) = 3,0 + 178,4 e^{-0,466 \cdot \tau}$ | $M(\tau) = 0,2 + 42,4 \cdot e^{-1,238 \cdot \tau}$ |
| КВ 100/80 - 4-М2-01 | $Q(\tau) = 20,0 + 399,3 e^{-0,225 \cdot \tau}$ | $M(\tau) = 0,3 + 61,8 \cdot e^{-1,063 \cdot \tau}$ |

Як видно із даних, наведених в таблиці 1, після електроерозійної правки різальна здатність круга із ельбору в 6,66 разу перевищує ПЛРЗК круга із алмазів.

Через 60 хвилин шліфування сталі Р6М5Ф3 кругом із алмазів ПЛРЗК дорівнює 3 мм³/хв, а кругом із ельбору – 20 мм³/хв, тобто різальна здатність круга із ельбору перевищує різальну здатність круга із алмазів в 6,66 разів.

Відносно витрат НТМ, то через 60 хв шліфування сталі Р6М5Ф3 кругом із алмазів вони дорівнюють 0,2 мг/хв, а із ельбору – 0,3 мг/хв і відрізняється в напрямку збільшення на 30%.

Як наслідок, для внутрішнього шліфування сталі Р6М5Ф3 рекомендуються круги із ельбору.

СИСТЕМА АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ РЕЖИМАМИ РІЗАННЯ ФРЕЗЕРНОЇ ГОЛОВКИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ

Мельник М.С., Васильченко Я.В., Антоненко Я.С., Желєзняк В.Р.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Основна ідея проектування важких верстатів з адаптивним управлінням полягає в забезпеченні раціональних конструктивних та експлуатаційних параметрів верстатів, які визначені за допомогою бази знань про роботу підприємств машинобудування, та оптимальному регулюванню процесу різання з використанням системи адаптивного управління.

Встановлено, що при розробці кінематики рухів робочих органів верстату при новому підході необхідно керуватися принципом «на кожний простий рух необхідно власний привід», а всі узгодження цих рухів слід реалізовувати електронними та програмними засобами. Застосування програмних засобів дозволяє реалізувати практично будь-які лінійні і нелінійні передавальні функції, а також функції, задані табличним і алгоритмічним способом. Причому, параметри цих функцій і самі функції можуть оперативно змінюватися як оператором при налагодженні верстату, так і в процесі роботи верстату за різними сигналами адаптивного управління.

В якості прикладу реалізації нового підходу наведемо систему адаптивного управління режимами різання фрезерної головки для забезпечення максимальної продуктивності. На токарно-фрезерному верстаті, фрезерний шпиндель є допоміжним і має потужність двигуна істотно меншу, ніж основний шпиндель. При цьому вимоги до продуктивності фрезерно-свердлильних операцій такі ж, як і для токарних. Фрезерний шпиндель може бути легко перевантажений або істотно недовантажений при роботі з режимами різання, які призначаються традиційним способом. Для забезпечення оптимального завантаження фрезерно-свердлувального шпинделя доцільно застосовувати систему автоматичного регулювання, яка може змінювати швидкість подачі та буде підтримувати завантаження фрезерного шпинделя на оптимальному рівні (рис. 1.).

Запропоновано систему адаптивного регулювання швидкості подачі, яка контролює завантаження шпинделя. Для виключення ситуацій перевищення гранично допустимих подач, алгоритм роботи системи вводить обмеження максимальної швидкості подачі і контроль виходу інструменту із зони різання. Вихід із зони різання визначається по зниженню потужності до відомого значення холостого ходу. Блок – схема роботи системи управління представлена на рис. 2.

Таким чином, на основі алгоритмів оптимального управління технологічною системою з елементами штучного інтелекту створені системи адаптивного оптимального управління фрезерно -токарним верстатом з використанням програмованих логічних контролерів і мехатронних елементів

СТАБІЛЬНІСТЬ ФОРМИ БАЗОВИХ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

Мельник М. С., Гаркавченко А.О., Серик В.А., Денщик К.В.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Точність форми базових деталей верстатів з напрямними поверхнями є основним параметром, що визначає точність обробки виробів на чистових режимах. Забезпечення точності форми при виготовленні верстата, а також протягом його експлуатації є однією з найважливіших задач верстатобудування.

В останні роки більшість виробників верстатів з метою зниження металоємності верстатів застосовують зварні базові деталі замість традиційних литих. При монтажі і експлуатації базових деталей (станин) важких верстатів зварної конструкції у значній кількості випадків було виявлено їх суттєвий недолік: після фінішної обробки з високою точністю станина отримувала суттєві геометричні похибки при дії робочих навантажень, а іноді навіть без дії навантажень, протягом перших місяців експлуатації, або навіть на етапі випробовувань. Причому ці похибки іноді змінювалися при зміні температури.

Стосовно цього явища було висунуто гіпотезу, що зміна форми станин відбувається внаслідок залишкових внутрішніх напружень, які виникають у процесі зварювання конструкції. Ці напруження спрямовані переважно уздовж швів і «стягують» пласкі елементи конструкції уздовж кромки та по периметру. При певному співвідношенні геометричних розмірів цих елементів (стінок, переборок, ребер жорсткості, тощо) та величини залишкових напружень у зварних швах деякі елементи конструкції можуть втратити сталість. Як результат конструкція в цілому може отримати замість одного декілька сталих станів форми, які вона може приймати при відсутності зовнішнього навантаження, а при періодичній дії навантаження може переходити з одного стану в інший відповідним чином змінюючи при цьому свою форму.

Для усунення розглянутого недоліку потрібно з одного боку розробити методику розрахунку і конструювання, а також технологію виготовлення таких конструкцій, яка унеможливить втрату сталості елементами конструкції, а з іншого боку необхідно розробити методику виявлення і усунення розглянутого недоліку на готових конструкціях.

Для діагностування зварних станин на наявність декількох сталих станів запропоновано спосіб, який базується на тому, що при накладенні на конструкцію зовнішніх навантажень, спроможних перевести її з одного сталого стану в інший під час пружного руху конструкції до зовнішніх навантажень додаються сили від внутрішніх напружень, які є нелінійно залежними від деформації конструкції і надають їй додаткові прискорення. Для перевірки станини за запропонованим способом на неї накладають механічні коливання на власній частоті від регульованого вібратора і одночасно за допомогою датчиків положення записують отримані коливання станини. Потім над записом виконують перетворення Фур'є. Наявність у отриманому спектрі сигналу вищих гармонік свідчить про наявність декількох сталих станів для даної станини. Таку станину треба піддавати відпалу, або іншими засобами зменшувати внутрішні напруження.

ДІАГНОСТИКА РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТІВ З ЧПК

Мельник М. С., Ковальов Д.О.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Однією з найважливіших вимог до різального інструменту, що застосовується на верстатах з ЧПК і верстатах-автоматах є надійність. В умовах серійного виробництва, коли верстат працює без нагляду оператора відносно тривалий час, наприклад протягом одного технологічного циклу, передчасна відмова різального інструменту призводить до значно більших втрат по браку і робочому часу ніж аналогічні випадки при постійному контролі оператором, а також може бути причиною аварії. Для токарних різців з механічним кріпленням різальної пластини суттєвим фактором, що впливає на міцність різальної пластини і як наслідок на надійність інструмента є щільність прилягання опорної пластини до корпусу різця. Відхилення від площинності опорної поверхні під пластину на корпусі різця призводить до збільшення механічних напружень у пластині, що може викликати поломку останньої, а також знижує жорсткість різця, що призводить до виникнення автоколивань при різанні і зниження точності обробки. При сучасному рівні виробництва різальних інструментів вищевказаний дефект різців найчастіше виникає не як виробничий брак, а внаслідок пластичної деформації корпусу різця при перевантаженні та/або перегріві під час експлуатації. Зрозуміло, що для подальшої експлуатації у автоматизованому виробництві такі різці не придатні, але вірогідність візуального виявлення такого дефекту під час заміни різальної пластини доволі мала, тому було запропоновано автоматизоване пристосування для виявлення розглянутого дефекту токарних різців перед їх встановленням на верстат.

Пристосування працює за принципом вимірювання жорсткості стику різальна (різальна + опорна) пластина – корпус різця, а також оцінки нелінійності пружних деформацій цього стику. Пристосування складається з механізму навантаження контрольованого різця з регульованим зусиллям, датчика переміщення верхівки різальної пластини і мікропроцесорної системи керування. Різець, що підлягає контролю встановлюється на стіл пристосування і фіксується прихватом або струбциною. Навантажувальний пристрій послідовно навантажує передню частину різальної пластини декількома попередньо запрограмованими для даного типу інструменту зусиллями, а датчик переміщення одночасно фіксує значення пружних переміщень різальної пластини, що відповідають цим навантаженням. Після цього система керування розраховує значення жорсткості при різних значеннях навантаження.

Визначення придатності різця може відбуватися за двома критеріями: 1 – жорсткість при найменшому навантаженні має бути більшою за мінімально допустиме для даного різця значення; 2 – відношення жорсткості при максимальному навантаженні до жорсткості при мінімальному навантаженні не повинно перевищувати певного значення виміряного для завідома справного різця даного типу. Всі розрахунки і порівняння виконуються мікропроцесором за введеним алгоритмом. Також розроблено методику визначення значень тестових навантажень для різних типів і розмірів різців.

ВИКОРИСТАННЯ ГІБРИДНОЇ МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ

Мироненко Є.В., Богданова Л.М., Гузенко Д.Є.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Пошук оптимальних режимів різання з точки зору максимальної продуктивності вимагає врахування великої кількості закономірностей і взаємозв'язків між параметрами інструменту та іншими зовнішніми факторами. Різні концепції подання та обробки знань не можуть окремо вирішити проблеми вибору оптимальних параметрів технологічного процесу. Для вирішення задачі були використані обчислення, в основі яких лежить гібридний алгоритм взаємодії нейронної мережі та генетичного алгоритму, що дозволяє проводити оптимізацію одночасно на всій сукупності факторів.

Режимами, які вибираються як оптимальні, є комбінація глибини, подачі і швидкості різання. Актуальним питанням в процесі механічної обробки деталей є вибір оптимальних пластин для здійснення технологічних переходів. Для оптимізації процесу механічної обробки необхідно виділити ряд факторів, які будуть визначати вибір пластини. До таких умов відносяться: умова стійкості – стійкість пластини повинна перевищувати необхідний машинний час обробки, продуктивність пластини повинна бути максимальною, використовувані режими різання повинні бути найбільш оптимальні для обраної пластини.

Вибір певної цільової функції (енергоефективність, продуктивність) а також їх комбінації, визначення послідовності переходів обробки на базі використання певних ріжучих пластин (або їх комбінацій) дозволяє програмному комплексу визначити найбільш ефективну ріжучу пластину (або їх комбінацію) з оптимальними режимами різання для виконання поставленого завдання механічної обробки.

Основною перевагою гібридної моделі оптимізації є можливість реалізувати стохастичну та багатокритеріальну оптимізацію. Програмний комплекс дозволяє підвищити ефективність використання ріжучого інструменту, тобто визначити ніші максимальної продуктивності та оптимальні режими роботи пластини.

Література: 1. Holland J. H. Adaptation in natural and artificial systems. An introductory analysis with application to biology, control, and artificial intelligence. – London: Bradford book edition, 1994 —211 p. 2. Саймон Хайкин. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. – Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. - 1104с. 3. Энергосбережение в металлообработке: монография / В.С. Гузенко, Е.В. Мироненко. – Краматорск: ДГМА, 2007. – 264 с.

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ З УРАХУВАННЯМ СТОХАСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ-ОЗНАК

Мироненко Є.В., Васильєва Л.В., Гузенко Д.Є.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Формули, що задають постановку задачі оптимізації, можуть бути поділені на такі групи: формули, що відображають однозначні, детерміністичні зв'язки між параметрами; формули, що відображають наближені евристичні залежності, введені експертами для побудови адекватної моделі взаємодії досліджуваних факторів; формули для статистичних параметрів, що мають стохастичну природу. Формули третьої групи для стохастичних параметрів-ознак встановлюються в результаті вивчення та статистичної обробки експериментальних даних.

У роботі використовувалася інтелектуальна оптимізаційна система, призначена для розв'язання багатокритеріальних нелінійних оптимізаційних задач, ієрархічна структура якої складається з наборів методів багатокритеріальної оптимізації, методів нелінійного програмування і методів безумовної мінімізації.

Аналіз показує, що значне зниження питомої витрати електроенергії спостерігається при створенні енергозберігаючих технологій шляхом встановлення такого рівня деяких параметрів технологічного процесу, пов'язаних з режимом електроспоживання, які забезпечують мінімум електроенергії при збереженні обсягу продукції, що випускається. Для реалізації поставлених задач пропонуються наступні етапи: дослідження технологічних параметрів, що визначають режим електроспоживання та допускають зміну в заданих межах; побудову математичних оптимізаційних моделей досліджуваного об'єкта; знаходження оптимальних значень при обмеженнях, що накладаються на технологічні параметри. Такий підхід до зазначеної проблеми не вимагає значних капіталовкладень та його можна використовувати як ефективний спосіб вдосконалення технології з точки зору енергозбереження.

Виявити вплив параметрів технологічного процесу на електроспоживання можливо за допомогою побудови системи критеріїв оптимальності. При цьому в першу чергу вибирають найбільш суттєві керовані фактори, що формують багатокритеріальну математичну модель. При вивченні питання вибору оптимальних режимів різання при токарній обробці на важких токарних верстатах враховувалося, що функція потужності різання (N , кВт) не може бути єдиним критерієм оптимальності з точки зору економії енергоресурсів. Обов'язково необхідно врахувати значення основного (t_o , хв) та допоміжного (t_s , хв) часу, так як на важких верстатах під час зміни інструменту верстат продовжує споживати енергію. Ці дві функції, в залежності від мети оптимізаційного розрахунку, можуть виступати в якості, як цільових функцій, так і функціональних нелінійних обмежень.

Проведений на підставі цих даних розрахунок рекомендованих режимів різання з точки зору мінімуму енерговитрат підтвердив ефективність застосування багатогранних пластин з багатошаровими покриттям.

УПРАВЛІННЯ МАШИНОБУДІВНИМ ПІДПРИЄМСТВОМ НА ОСНОВІ ПРОЦЕСНОГО ПІДХОДУ

Мирошниченко Ю.В.

(ХТЕІ КНТЕУ, м. Харків, Україна)

Сучасна економічна ситуація на машинобудівних підприємствах України характеризується зниженням конкурентоспроможності продукції, обсягів виробництва та платоспроможності. Значна частина вітчизняних підприємств потребує оновлення виробничих фондів, впровадження передових технологій та сучасного обладнання, а також корінної перебудови системи управління.

Досвід провідних вітчизняних та зарубіжних підприємств показує, що одним з дієвих інструментів підвищення конкурентоспроможності машинобудівних підприємств, покращання результатів господарської діяльності, задоволення потреб споживачів у високоякісній продукції та виходу з кризового стану є впровадження процесного підходу до управління. На відміну від традиційного функціонального підходу до управління машинобудівним підприємством процесний підхід передбачає виділення основних, управлінських та допоміжних бізнес-процесів, визначення їх меж, власників процесів та команд виконавців, впровадження автоматизації бізнес-процесів.

Основними недоліками функціонального підходу є:

- відсутність зацікавленості персоналу підприємства в кінцевих результатах роботи;
- дублювання функцій різними підрозділами;
- складність контролю результатів діяльності підрозділів;
- розмиті межі відповідальності за виконання функцій;
- формування комунікацій в організації переважно з «верху» до «низу»;
- високий ступінь бюрократизації управління.

Тим часом як процесний підхід має низку незаперечних переваг, таких як безперервна організація виконання робіт, пріоритет горизонтальних зв'язків, розуміння кожним співробітником своєї ролі в загальному процесі, наявність міжфункціональних робіт.

Концепція управління машинобудівним підприємством на основі процесного підходу передбачає клієнторієнтованість, коли споживач визначає вимоги до функціонування процесу та впливає на його розвиток. Перехід від функціональної організації до процесної повинен супроводжуватися трансформаційними змінами організаційної структури управління, пов'язаними з переосмисленням всієї діяльності підприємства.

Таким чином, можна зробити висновок, що впровадження процесного підходу до управління машинобудівним підприємством дозволить знизити виробничі витрати та ризики, підвищити якість та конкурентоспроможність продукції відповідно до вимог ринку, контроль виконання бізнес-процесів та ефективність їх діяльності.

ТЕПЛОНАПРУЖЕНОСТЬ ПРОЦЕСУ ІМПУЛЬСНОГО ПЕРЕРИВЧАСТОГО ЗУБОШЛІФУВАННЯ ЗА РАХУНОК ФОРМОУТВОРЕННЯ КРУГА

¹Новіков Ф.В., ²Клочко О.О., ²Черкашина Г.І., ²Анциферова О.О.
(¹ХНЕУ ім. Семе́на Кузне́ця, м. Харків, Україна, ²НТУ «ХПІ», м. Харків,
Україна)

Запропоновано імпульсне зубошліфування, де забезпечується постійний контакт шліфувального круга з оброблюваним зубчастим колесом, але імпульс зйому метала забезпечується за рахунок виконання пазів під певним кутом. Для цього на периферії кола форми ПП виконуються пази. Розроблено різні форми пазів зубошліфувальних кругів, які забезпечують змішаний процес різання: швидкісного фрезерування за рахунок наявності різальних крайок і безпосередньо абразивного шліфування. Таким чином, зменшується нагрівання поверхні зубчастого колеса за рахунок періодичного змiну процесу зйому метала, що забезпечує значне зменшення засолювання шліфувального круга за рахунок переходу шліфування в різання.

Переривання процесу різання знижує температуру в зоні різання і збуджує високочастотні коливання в пружній системі, зменшуючи тим самим енергоємність процесу. При переривчастому шліфуванні зменшення температури відбувається по двох каналах: за рахунок переривання процесу різання до того моменту, поки температура не досягла квазістаціонарного стану, і за рахунок формоутворення круга поєднання двох ефектів створює нове рішення проблеми зниження теплонапруженості шліфування. Жоден з відомих процесів шліфування по технологічним можливостям не може наблизитися до цього виду обробки.

Системний підхід до вирішення цієї проблеми встановив передатні функції між вхідними фізичними і вихідними технологічними параметрами процесу шліфування, оцінити пайовий вклад роботи шліфування, що витрачається на різання і тертя в загальному енергетичному балансі процесу обробки.

Для формування теплового імпульсу застосован принцип суперпозиції. Для оцінки теплонапруженості процесів суцільного і переривчастого шліфування кругами з кішнями були зроблені розрахунки для зубчастого колеса зі сталі 40ХНМ та розрахункові значення температур, виникаючих на глибині різаного припуску різними різальними виступами.

МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ІМПУЛЬСНОГО ЗУБОШЛІФУВАННЯ В ПАКЕТІ "VISSIM"

¹Новіков Ф.В., ²Сізий Ю.А., ²Клочко О.О., ²Черкашина Г.І., ²Анциферова О.О.
(¹ХНЕУ ім. Семе́на Кузне́ця, м. Харків, Україна, ²НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна)

Значна частина виходів з ладу зубчастих передач пов'язана з похибками виготовлення, наявності шліфувальних прижогів, мікро та макро тріщин, залишковими напруженнями розтягу зуба у перехідній кривій зуба при загартуванні ТВЧ, знеуглецювання поверхневого шару і т.п. В особливо напружених колесах уникають шліфування перехідною зоною після термообробки. Для цього колеса нарізають спеціальним інструментом з протуберанцем. Ефективність зубошліфування значно збільшується, коли чорнове зубофрезерування виконується черв'ячною фрезою з протуберанцем. Черв'ячні фрези з модифікованим профілем зубів мають конструктивні елементи, протуберанець для підрізу основи зубів коліс, що створює найкращі умови для роботи шліфувального кола. Формоутворення циліндричних зубчастих коліс черв'ячними фрезами з протуберанцем виключає шліфування западини зубів, і тим самим забезпечує підвищення стійкості шліфувального кола.

Функціональна схема процесу переривчастого шліфування в замкнутій технологічній системі визначається дискретною моделлю верстата і узагальненими координатами, рухом за якими описується поведінка системи в динаміці. На підставі вхідних даних отримані: задана глибина шліфування, кількість кішень; часи повороту крола, а також часу періоду ступеневої сигналу. Наведені блок-схеми моделювання "жорсткості" процесу шліфування як функції часу у вигляді гармонійної функції $C_1(t)$ і у вигляді ступеневого сигналу $C(t)$, що дозволило порівняти результати моделювання при різних функціях залежності "жорсткості" процесу імпульсного шліфування від часу.

Моделювання сигналу $C_1(t)$ у вигляді гармонійної функції а моделювання $C(t)$ у вигляді ступеневої сигналу. Ця блок-схема сформована блоками "VisSim": "Pulse train" (генератор імпульсів), "reset Integrator" (інтегратор зі скиданням), "менше і дорівнює" і "merge". Блок "менше і дорівнює" на вихід дає одиницю, якщо відбувається перехід від шліфування на швидкісне фрезерування.

РОЗВИТОК ВАЖКОГО ВЕРСТАТОБУДУВАННЯ В КОНТЕКСТІ ІННОВАЦІЙНОЇ ЕКОНОМІКИ

Останкова Л.А.

(ДОУ «ІПК ПК», м. Краматорськ, Україна)

У наш час машинобудування є основою економіки будь-якої країни і грає вирішальну роль в створенні матеріально-технічної бази господарства. В сучасних умовах йому належить виключно важлива роль у прискоренні науково-технічного прогресу. Випускаючи засоби виробництва для різних галузей народного господарства, машинобудування забезпечує комплексну механізацію та автоматизацію виробництва.

В економічно розвинених країнах на частку машинобудівних виробництв доводиться від 30 до 50% загального обсягу випуску промислової продукції (в Німеччині - 53,6%, Японії - 51,5%, Англії - 39,6%, Італії - 36,4%, Китаї - 35,2%). Це забезпечує технічне переозброєння всієї промисловості кожні 8-10 років. При цьому частка продукції машинобудування у ВВП країн Євросоюзу становить 36-45%, в США - 10%, в Росії машинобудування забезпечує 18% ВВП. Частка машинобудівної галузі в українській промисловості перевищує 15%, в ВВП становить близько 12%. У машинобудуванні зосереджено понад 15% вартості основних засобів, майже 6% оборотних активів вітчизняної промисловості та понад 22% загальної кількості найманих працівників. При цьому верстатобудування входить до основних складових машинобудівного ринку (12,3 відсотка за вартістю продукції).

В умовах ринкової економіки найважливішою складовою промислової політики є конкурентоздатність товарів і послуг, що визначає конкурентоздатність підприємства, а саме його конкурентну позицію. Під конкурентною позицією розуміють таку сукупність цілей та ресурсів компанії, яка конкурує на даному цільовому ринку і дозволяє сформулювати стратегію щодо підтримки переваг даної фірми відносно конкурентів. Але стратегічні плани підприємства реалізуються в умовах неоднозначності протікання реальних соціально-економічних процесів. У момент прийняття рішень практично неможливо одержати точні й повні знання щодо реалізації стратегії підприємства, яка віддалена в часі, про всі внутрішні і зовнішні фактори ризику, які діють або потенційно здатні виявитися. Це приводить до того, що в сучасних умовах постає питання про стратегічну доцільність рішень, які приймаються щодо конкурентної позиції підприємства.

Повноцінна участь підприємства в конкурентній боротьбі на внутрішньому та зовнішньому ринках не можлива без посиленої інноваційної складової його діяльності. Даний критерій зумовлює сучасний рівень світової економіки, а саме – економіки знань.

Інноваційна економіка (економіка знань, інтелектуальна економіка) - тип економіки, заснованої на потоці інновацій, на постійному технологічному вдосконаленні, на виробництві та експорті високотехнологічної продукції з дуже високою додатковою вартістю і самих технологій. Деякі дослідники (Е. Тоффлер, Ф. Фукуяма, Д. Белл, Дж. Нейсбітта і ін.) вважають, що для більшості розвинених країн в сучасному світі саме інноваційна економіка забезпечує світову економічну перевагу країни, яка її створює.

Виходячи з того, що важке верстатобудування займає вагому частку у вітчизняній промисловості, то на таких підприємствах доцільно розробляти та втілювати моделі інноваційної діяльності, що суттєво вплине на їх конкурентоспроможність.

УПРАВЛІННЯ ЧАСТОТОЮ ШПИНДЕЛЯ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА З ЧПК

Петраков Ю.В., Підпалый В.І.

(НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна)

Будь який процес різання супроводжується коливаннями (вібраціями) технологічної оброблюючої системи (ТОС), наслідком яких є погіршення шорсткості обробленої поверхні, а при певних умовах – втрата стійкості, яка призводить до руйнування елементів ТОС. Оскільки джерелом збудження коливань є сама ТОС, то традиційно рекомендації зводилися до підвищення її жорсткості, що не завжди можливо із-за малої жорсткості самої заготовки, яка піддається обробці.

Наявність регульованих приводів головного руху на сучасних верстатах з ЧПК дозволило реалізовувати ефективний метод гасіння регенеративних коливань шляхом управління швидкістю різання. Такий режим при токарному обробленні досягається за рахунок спеціального управління частотою обертання двигуна головного руху. В сучасних токарних оброблюючих центрах цей режим програмується опцією «Spindle Speed Variation» (SSV) [1].

Управління SSV передбачає зміну частоти обертання шпинделя, як правило, за гармонічним законом. Очевидно, що амплітуда зміни і період для оптимального результату мають залежати від характеристик процесу різання і параметрів ТОС. Таким чином, виникає необхідність створення дієвого механізму практичного визначення таких параметрів в умовах діючого виробництва безпосередньо технологом-програмістом.

На кафедрі технології машинобудування КПІ ім. Ігоря Сікорського на протязі багатьох років ведуться дослідження з моделювання процесів різання і автоматичного управління ними на верстатах з ЧПК.

Метою роботи є визначення математичної моделі залежності шорсткості оброблення від параметрів SSV.

Для вирішення поставленої задачі в рамках мети, що задекларована, було прийняте рішення використати математичний апарат планування експерименту і створення регресійної моделі, що зв'язує амплітуду та період SSV при гармонічному законі управління з шорсткістю обробленої поверхні.

Як і раніше для виконання завдання був застосований повнофакторний експеримент 2^2 , а лінійна математична модель шукається у вигляді:

$$Ra = a_0 + a_1A + a_2T, \quad (1)$$

де Ra – параметр шорсткості обробленої поверхні; a_0 – значення шорсткості (для попередньо обробленої поверхні); A – амплітуда зміни частоти обертання шпинделя; T – період зміни частоти обертання; a_1, a_2 – коефіцієнти.

При проведенні даного експерименту було покращено умови експерименту і точніше підібрано всі вихідні дані, а головне розширено діапазон періоду та амплітуди коливання.

Умови проведення експериментів: поперечна подача $S=0,2$ мм/об; глибина різання $h=0,8$ мм; частота обертання шпинделя $n=1500$ об/хв.; діаметр заготовки $d=30$ мм; довжина заготовки $L=200$ мм; матеріал заготовки Сталь 45; інструмент – прохідний різець, пластина радіус вершини $r=0,4$ мм. Попередньо були визначені діапазони зміни параметрів: максимальна амплітуда 200 об/хв., мінімальна 20 об/хв., максимальний період 50 мс, мінімальний період 5 мс.

При виборі параметрів закону управління також необхідно урахувати навантаження на двигун головного руху, які збільшуються у порівнянні з постійним режимом різання і можуть викликати певні колізії, пов'язані з перегрівом двигуна. Потужність двигуна головного руху може бути визначена за залежністю:

$$P_o = J_{np} \frac{d\omega}{dt} + P_{piz} + P_{xx}, \quad (2)$$

де ω – наріжна швидкість, J_{np} – приведений момент інерції, P_{piz} – потужність, що витрачається на різання, P_{xx} – потужність холостого руху.

При здійсненні управління за опцією SSV використовується гармонічний закон:

$$\omega = \omega_0 + A \sin \frac{2\pi}{T} t, \quad (3)$$

де ω_0 – постійна наріжна швидкість шпинделя, A – амплітуда, T – період SSV.

Приведений момент інерції визначається за загальною формулою:

$$J_{np} = J_{ov} + (J_{ш} + J_n + J_z) / i^2, \quad (4)$$

де J_{ov} – момент інерції ротора двигуна (зі шківом), $J_{ш}$ – момент інерції шпинделя (зі шківом), J_n – момент інерції патрона, J_z – момент інерції заготовки, i – передаточне відношення пасової передачі.

Потужність, що витрачається на різання, визначається за відомою з теорії різання залежністю:

$$P_{piz} = \frac{F_z V}{1000 \cdot 60}, \quad (кВт), \quad (5)$$

де F_z – тангенціальна складова сили різання, V – швидкість різання.

Для умов експерименту були розраховані постійні складові для формули (2), а потужність холостого ходу (за рекомендаціями фірми-виробника верстата HAAS) визначається у відсотках потужності приводу в залежності від частоти обертання. Для частоти обертання 1500 об/хв. без обробки, потужність холостого ходу становить 9-10% від потужності приводу, тобто для верстату HAAS DS-30Y, на якому проводився експеримент, потужність головного приводу становить 22,4 кВт, а відповідно $P_{xx}=2,24$ кВт.

При виконанні експериментів зміна потужності фіксувалась за допомогою запису значення в макрозмінну із дискретністю запису 0,1 сек для кожного циклу обробки деталі. Додатково зміна потужності фіксувалась безпосередньо з

екрану стійки ЧПК верстата за показниками відповідного індикатора (обведено лінією 1 на рис. 1.) за кожний цикл зміни частоти обертання шпинделя.

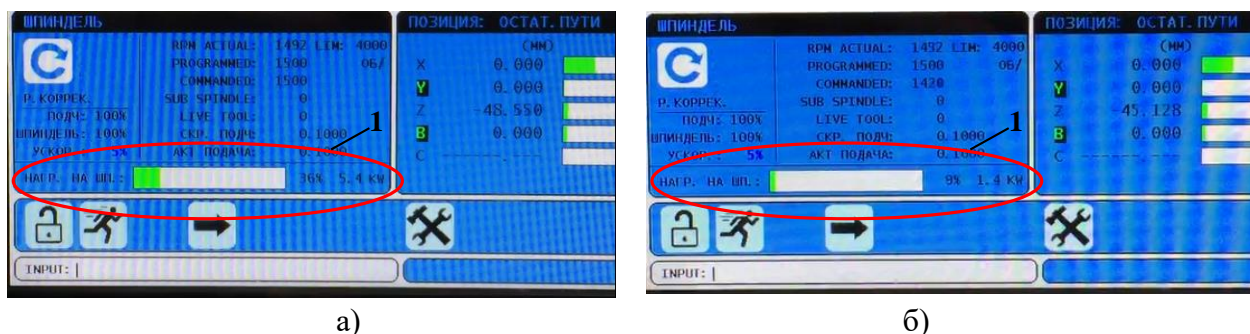


Рисунок 1 – Вимірювання потужності приводу головного руху при SSV:
а) – максимальна потужність 5,4кВт, б) – мінімальна потужність 1,4кВт

Вимірювання проводилися в трьох точках. В таблиці 1 наведено середнє значення шорсткості для кожного вимірювання.

Таблиця 1 – Результати експериментів

| Номер досліджу | Фактори в натуральному масштабі | | Фактори в безрозмірній системі координат | | Вихідний параметр |
|----------------|---------------------------------|----|--|----------------|-------------------|
| | A | T | X ₁ | X ₂ | Ra |
| 1 | 20 | 50 | -1 | -1 | 2.35 |
| 2 | 200 | 50 | +1 | -1 | 5.47 |
| 3 | 20 | 5 | -1 | +1 | 3.21 |
| 4 | 200 | 5 | +1 | +1 | 4.64 |

Підсумки роботи. При нормуванні факторів і визначенні коефіцієнтів з наступним поверненням до реальних факторів, остаточно маємо наступну лінійну модель:

$$Ra = 2,531 + 0,013A - 0,00064T$$

Література: 1. Spindle Speed Variation – Stop chatter during CNC turning [Electronic resource] // Haas Automation. – Mode of access: \ www / URL: <https://www.youtube.com/watch?v=kR6KUsh-jg4> 2. Emad, Al-Regib. Programming spindle speed variation for machine tool chatter suppression [Text] / Al-Regib Emad, Ni Jun, Soo-Hun Lee // International Journal of Machine Tools & Manufacture. – 2003. – №43. – pp. 1229–1240. 3. Albertelli, P. Spindle speed variation in turning: technological effectiveness and applicability to real industrial cases [Text] / P. Albertelli, S. Musletti, M. Leonesio, G. Bianchi // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2012. – Vol. 62, Issue 1–4. – pp. 59–67. 4. Andreas, Otto. Application of Spindle Speed Variation for Chatter Suppression in Turning [Electronic resource] / Otto Andreas, Radons Gunter // CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology. – 2013. – Vol. 6, Issue 2. – Mode of access: \www/ URL: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1755_581713000047

ЕВОЛЮЦІЯ ПРИВОДУ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

Посвятенко Н.І.

(НТУ, м. Київ, Україна)

Прамоделлю верстату слід вважати гончарний круг. Головною ознакою цього пристрою є обертальний рух, притаманний і металорізальним верстатам. Усі складові класичної тріади механічної обробки виконувалися тоді вручну. Винахід токарного верстату у VI ст. до н.е. належить Феодору Самоському (Греція). У Києві, інших містах Київської Русі токарні верстати були у багатьох ремісників, про що свідчать археологічні знахідки виробів із дерева. Широко розповсюдженими на той час були потужні пружинні токарні верстати з ножним приводом. Тодішні верстати мали двостороннє переривчасте обертання шпинделя.

До середини XVIII ст. обробку металів різанням слід вважати ручною працею, оскільки найдосконалішим технічним засобом для її здійснення на той період все-таки був немеханізований, так званий лучковий токарний верстат. Принцип його дії полягав у наступному. Один кінець мотузки було прикріплено до гнучкої жердини, (аналог тятиви лука). Ця мотузка обвивала один раз валик (шпиндель) верстату. Інший кінець мотузки кріпився до дошки, яка слугувала педаллю. Натискуючи останню, верстатник обертав валик, на якому було закріплено заготовку деталі.

На початку останньої третини XVII ст. металорізальний верстат, що вже мав у кінематичній схемі кривошип, маховик і пристрій для зміни швидкостей різання, приводився в роботу від водяного колеса. Проте водяний двигун мав серйозний недолік – залежність від природних водяних потоків.

У Великобританії, як в одній з найбільш промислово розвинених країн відбулися кардинальні зміни у розвитку приводів машин. Шотландцем Джеймсом Уаттом було створено універсальний паровий двигун, придатний для широкого практичного використання (1765 – 1782 рр.). Приводом верстату Генрі Модслі, винахідника самохідного супорту (1794 – 1800 рр.), слугувала парова машина Уатта. Рух від цієї потужної машини передавався центральному валу, від якого системою плоско пасових передач усім верстатам та пристроям цеху.

Електродвигун постійного струму, як основа приводу, на початку 80-х років XIX ст. став замінювати парову машину, яка домінувала у машинобудуванні як привід металорізальних верстатів понад 100 років. У цей же час почалось удосконалення передачі енергії від двигуна до робочої машини. Ще у кінці століття можна було бачити у цеху центральний привідний вал і систему пасових передач від останнього до верстату у кожному механічному відділенні чи цеху у цілому.

Потім на промислових підприємствах було введено груповий електропривод, який передбачав розосередження енергії одного потужного електродвигуна на кілька менш потужних і розміщення останніх безпосередньо у цеху. При цьому кожна із груп верстатів мала свій привід і більш точне та гнучке управління. Однак, лише впровадження індивідуального електроприводу за схемою "один асинхронний електродвигун – один верстат" спростило конструкцію останнього.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ НАВАНТАЖЕНЬ НА МЕХАНІЗМИ ПЕРЕСУВАННЯ ЕКСКАВАТОРІВ

Проць В.В., Крупко В.Г.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Видобуток корисних копалин відкритим способом на Україні забезпечується сучасним комплексом машин головними серед яких являються екскаватори. Від їх працездатності залежить продуктивність цілих комплексів машин і підприємств. Тому розробка всіх механічних систем повинна забезпечити однаковий ресурс складових елементів екскаватора.

Тому актуальним є вивчення характеру навантаження на робоче обладнання землерийних машини, та їх вплив на опорні елементи гусеничних механізмів пересування в процесі копання, в залежності від умов експлуатації.

Метою даної роботи є розробка моделі екскаватора, як засобу підтримки розробки на етапі технічного проекту машини, дослідження та аналіз діючих силових факторів на опорні елементи машини при взаємодії робочого органа з ґрунтом, [1].

В якості об'єкту дослідження навантажень на опорні елементи обрано екскаватор кар'єрний гусеничний з ємністю ковша 10 м^3 .

Гусеничний візок екскаватора за типом є жорстким малоопорним, гусеничні ланки в такому випадку легко прогинаються між катками, згинаючись в шарнірах, утворюючи хвилясту лінію, при цьому створюється значна різниця між тиском під опорними катками та між ними. Тому такий тип гусеничного рушія може застосовуватися для переміщення по породах с великою несучою здатністю (по міцнім ґрунтам)

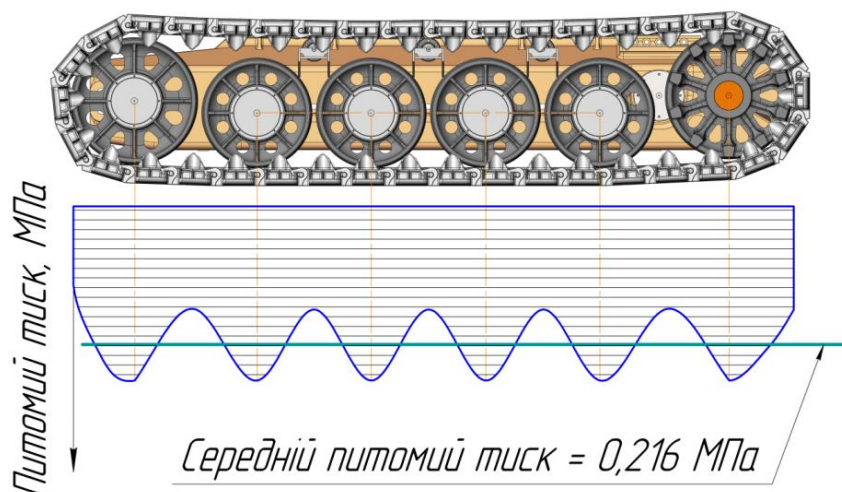


Рисунок 1 – Гусеничний візок ЕКГ-10

Дослідження напружено-деформованого стану проводиться використовуючи метод кінцевих елементів та з використанням законів і залежностей теорії пружності Ландау. Перевірка результуючих напруг

проводиться по критерію руйнування, а саме по критерію: максимальних напруг по Мізесу.

Критерій максимального напруження по Мізесу ґрунтується на теорії Мізес-Хенкі Mises-Hencky, також відомої як теорія енергії формозміни, [2].

В обчисленні головних напружень $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$, напруга по Мізесу виражена як:

$$\sigma_{vonMises} = \left\{ \frac{[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2]}{2} \right\}^{\frac{1}{2}}; \quad (1)$$

Теорія стверджує, що пластичний матеріал починає пошкоджуватися в місцях, де напруга по Мізесу стає рівною граничній напрузі. У більшості випадків, межа плинності використовується в якості граничного напруження.

$$\sigma_{vonMises} > \sigma_{граничне}; \quad (2)$$

Межа плинності - властивість, яка залежить від температури. Справжня задана величина межі текучості повинна враховувати температуру компонента. Коефіцієнт запасу міцності:

$$(FOS) = \frac{\sigma_{граничне}}{\sigma_{vonMises}}; \quad (3)$$

Для дослідження використовується найбільш гірший розрахунковий випадок, коли трак представляється у вигляді балки, яка опирається в двох точках рівновіддалених від точки прикладення напруги.

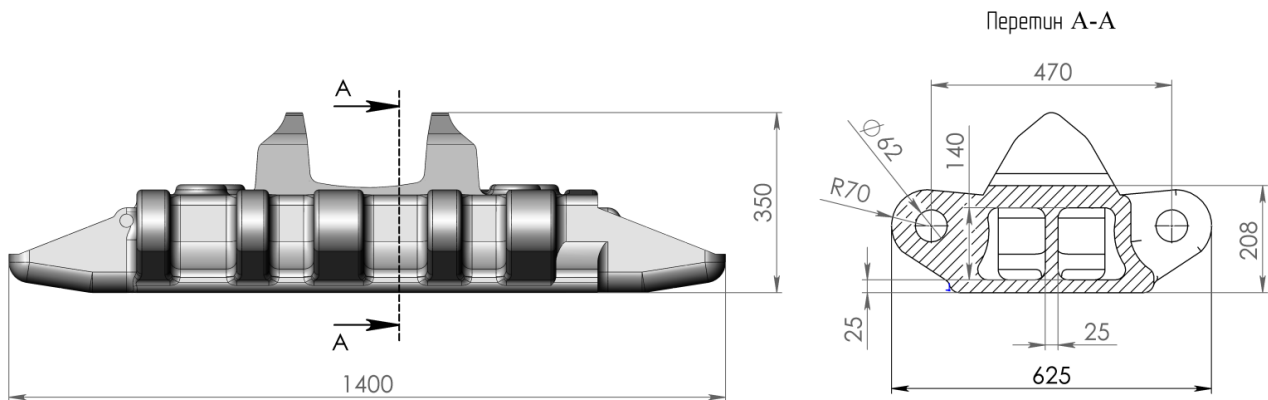


Рисунок 2 – Параметри гусеничної ланки ЕКГ-10

В результаті моделювання траків можна зробити висновки, що розподіл навантажень вздовж поперечного перетину нерівномірний, що веде до руйнуванню траків в процесі експлуатації.

Література: 1. Проць В. В. Розробка та дослідження засобів комплексного моделювання навантажень на механічні системи землерийних машин [Електронний ресурс] / В. В. Проць, В. Г. Крупко, В. О. Койнаш // Підйомно-транспортна техніка. - 2014. - № 1. - С. 48-58. 2. Койнаш В.А., Крупко В.Г., канд.техн. наук. Моделирование работы гусеничного ходового оборудования землеройных машин – Харків: Механіка та машинобудування - Науковий журнал, 2012 р. ISSN: 2078-7766.

МЕТОДИКА УДАРНИХ ВИПРОБУВАНЬ ЗАХИСНИХ СКЛОПОЛІМЕРНИХ МОДУЛІВ З УРАХУВАННЯМ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ УМОВ

¹Родічев Ю.М., ¹Сорока О.Б., ¹Шабетя О.А., ²Ковальов В.Д., ²Васильченко Я.В.
(¹ІПМіц ім. Г. С. Писаренка НАНУ, м. Київ, Україна, ²ДДМА, м.Краматорськ,
Україна)

Розробка конструкцій та технологій сучасних броньованих прозорих захисних модулів для спеціальної техніки потребує оцінки ударної стійкості з урахуванням експлуатаційних умов їх навантаження різними засобами ураження. Зазвичай, для оцінки ударної стійкості броньованого скла застосовуються умови, визначені стандартами (STANAG 4569, ДСТУ 4546:2006 (EN 1063:1999)). При таких випробуваннях застосовуються зразки типу пластин стандартних розмірів (500мм x 500мм) або вводяться обмеження мінімальних габаритів пластин і визначаються відстань та інші параметри навантаження.

Метою роби є розробка методики ударних випробувань захисних склополімерних модулів з урахуванням експлуатаційних умов.

Внаслідок того, що умови експлуатації систем прозорого захисту значно відрізняються від стандартних, запропоновано комплексну методику лабораторних та натурних балістичних випробувань, яка дозволяє отримати характеристики ударної стійкості, визначити ступінь деградації та ресурс модулів при багатократному ударному навантаженні з урахуванням впливу конструкційних та технологічних факторів.

Для визначення складу захисних модулів застосовуються тестування базових матеріалів та елементів при статичному навантаженні та динамічні випробування на газо-повітряному балістичному стенді ІПМіц НАНУ з енергією удару до 4000Дж та швидкістю ударника до 1000м/с.

Оптимізація структури та технологій виготовлення та складання захисних склополімерних модулів здійснюється на основі результатів балістичних випробувань пластин розмірами від 300ммx300мм до 500x500мм в умовах навантаження за стандартними та спеціальними режимами. При цьому забезпечується нормальна температура, відсутність вітру, влучення куль в заздалегідь намічені точки модулю під запланованими кутами ураження.

Наступним етапом є натурні випробування дослідно-промислових зразків модулів та систем бронювання, які проводяться в польових умовах і максимально наближені до умов експлуатації захисних систем. З метою врахування реальних умов методика передбачала збільшення відстані стрільби до 100м, комбіноване використання різної зброї та засобів ураження, випадковий характер місць ураження, рикошетування.

Методика передбачає експериментальну оцінку ефективності металевих елементів обрамлень та кріплень блоків та стійкості крайових зон модулів.

При плануванні випробувань, аналізі результатів та розробленні рекомендацій щодо способів і правил практичного застосування модулів враховані статистичні аспекти динамічного ураження.

СТІЙКІСТЬ СКЛОПОЛІМЕРНИХ МОДУЛІВ ПРИ БАГАТОКРАТНОМУ УДАРНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

¹Родічев Ю.М., ¹Сорока О.Б., ¹Шабетя О.А., ²Ковальов В.Д., ²Васильченко Я.В.
(¹ІПМіц ім. Г. С. Писаренка НАНУ, м. Київ, Україна, ²ДДМА, м.Краматорськ, Україна)

Підвищення надійності захисних склополімерних модулів для спеціальної техніки, яка експлуатується в умовах багатократного навантаження сучасними засобами ураження є актуальною проблемою машинобудівної галузі України. На вітчизняних підприємствах розвиваються різні технології виготовлення та складання таких модулів.

Метою роботи є визначення ударної стійкості захисних ламінованих склополімерних модулів, виготовлених із застосуванням різних матеріалів та технологій, при локальному руйнуванні в умовах багатократного навантаження.

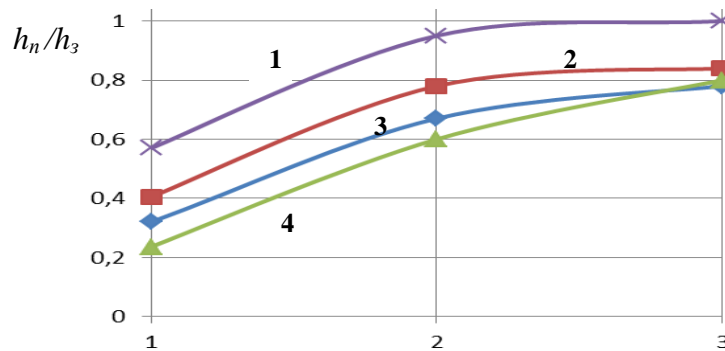


Рисунок 1 - Вплив числа ударів на h_n/h_3 : 1-куля 7,62 (АКМ), $h_3 = 50$ мм (ПЗТ); 2-куля 7,62 (АКМ), $h_3 = 42$ мм (АТ); 3-куля 5,45мм(АК74), $h_3 = 42$ мм (АТ); 4-куля Б32 (СВД) $h_3 = 72$ мм(АТ)

Для пластин 300мм x 300мм x 50мм, складених за технологією полімерної заливки (ПЗТ) та пластин 300мм x 300мм x 42мм і 600мм x 450мм x 72мм, складених за автоклавною технологією (АТ) після випробувань зі стрілецької зброї, досліджено характер пошкодження тильної та лицьової поверхонь. На рис.1 дано залежності відношення глибини проникнення кулі h_n до товщини пластины h_3 від кількості ударів для різних засобів ураження.

Встановлено недостатній рівень стійкості ПЗТ-модуля, де адгезійним прошарком є полімер (модуль Юнга $E=10$ МПа). При першому ударі куля проникає у ПЗТ-модуль більш як на половину його товщини з утворенням значного вхідного кратеру. При другому ударі ресурс структури практично вичерпано. Показана суттєва залишкова живучість АТ-модулів з РVВ-плівкою у якості адгезива ($E=100$ МПа).

У лабораторних та натурних умовах ударних випробувань з урахуванням впливу визначальних конструкційних, технологічних факторів, видів зброї, засобів ураження та сфери застосування прозорих броньованих блоків отримано комплекс результатів, що був використаний для розроблення перспективних типів дослідно-промислових модулів класів стійкості СК4...СК6, технології їх складання та створення дослідної промислової ділянки для їх виробництва.

ПРОФИЛЬНОЕ ШЛИФОВАНИЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС АБРАЗИВНЫМИ КРУГАМИ ИЗ ХРОМИСТОГО КОРУНДА

¹Рябченко С.В., ²Середа Г.В., ²Валуйский В.Ю., ³Статкевич А.В., ³Луцев А.Ю.
(¹ИСМ им. В.Н. Бакуля, г. Киев, Украина, ²ДП «Бест-Бизнес», г. Киев, Украина,
³ЧАО «НКМЗ», г. Краматорск, Украина)

Зубошлифование является одним из основных способов финишной обработки закаленных зубчатых колес. Шлифование зубчатых колес производится методом обката и методом копирования.

Метод копирования основан на воспроизведении рабочей поверхностью шлифовального круга впадины зубьев шлифуемого колеса. Фасонная форма рабочих поверхностей круга образуется в процессе правки. Этот способ зубошлифования применяется для обработки цилиндрических колес с прямыми и косыми внешними зубьями с точностью 5 – 6 степени, шероховатостью поверхности в пределах Ra 0,8 – 1,6; диаметром до 2000 мм; модулем до 40 мм.

Методы непрерывного шлифования червячным кругом и обката с периодическим делением коническим шлифовальным кругом уступают по точности шлифованию зубчатых колес двумя тарельчатыми кругами и методу копирования.

Наши исследования посвящены шлифованию зубчатых колес методом копирования, или как его называют, профильному зубошлифованию.

Из всего многообразия абразивных материалов, из которых изготавливаются шлифовальные круги для зубошлифования, особое место принадлежит электрокорунду и, в частности, хромистому корунду. Благодаря наличию в составе электрокорунда оксида хрома, который придает ему розовый цвет, этот корунд называют рубин-корунд.

Опыт использования хромистого корунда при шлифовании закаленных до высокой твердости (HRC 62) зубчатых колес тарельчатыми кругами, послужил основой для разработки технологии профильного шлифования зубчатых колес. Предварительные результаты испытаний показали, что при шлифовании зубчатых колес кругами из хромистого электрокорунда производительность обработки повышается в 1,2 раза по сравнению с кругами из белого электрокорунда при сохранении необходимой точности и качества обработки.

Нами проведены испытания абразивных кругов из хромистого корунда (A98 46 L 9 V) диаметром 400мм и 450мм, при профильном шлифовании зубчатых колес ($m = 10$ мм, $z = 45$, $D = 102$ мм, HB 262 – 321) на станке «КААР-NILES» модель ZP12 в условиях предприятия ЧАО «НКМЗ» (г. Краматорск). Сравнение по производительности и качеству обработки производилось по отношению к шлифованию зубчатых колес кругами из белого корунда (A99B 46 L 9). Круги из хромистого корунда показали высокую эффективность шлифования и полное отсутствие брака после обработки зубчатых колес. Результаты испытаний шлифовальных кругов из хромистого корунда на станке с ЧПУ «КААР-NILES» показали их высокую эффективность обработки и могут быть рекомендованы для внедрения при профильном шлифовании зубчатых колес.

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК СТАТИСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАЄКТОРІЙ ШПИНДЕЛЯ НА ГІДРОСТАТИЧНИХ ОПОРАХ І ТОЧНОСТІ ОБРОБЛЕНИХ ПОВЕРХОНЬ

Сапон С.П.

(ЧНТУ, м. Чернігів, Україна)

Показники точності оброблених поверхонь деталі залежать від точності формоутворюючих рухів при її обробці [1, 2, 106, 153]. Постійне зростання вимог до точності обробки вимагає подальшого удосконалення існуючих методик оцінки точності формоутворюючих вузлів верстатів, зокрема шпиндельного вузла, в частині застосування сучасних високоточних засобів вимірювання, вільно доступних програмних пакетів та інформаційних технологій з метою встановлення закономірностей формування точності шпиндельного вузла під впливом експлуатаційних факторів, які в найбільшій мірі проявляються в процесі обробки.

В роботі встановлено взаємозв'язок статистичних характеристик траєкторій руху шпинделя та контурів оброблених поверхонь зразків-виробів при варіюванні частотою обертання шпинделя, тиском, температурою мастила в шпиндельних гідростатичних опорах. Оцінку взаємозв'язку статистичних характеристик траєкторій руху шпинделя прецизійного токарного верстата та точності оброблених поверхонь зразків-виробів здійснили за результатами спектрального аналізу через порівняння математичних сподівань амплітуд суттєвих гармонік контуру поперечного перерізу зразків-виробів та траєкторій радіус-вектора шпинделя, приведених до безрозмірного вигляду. Ступінь взаємозв'язку оцінювали за коефіцієнтом кореляції $r_{\Delta_{Am}}$ між масивами значень амплітуд гармонік [3].

Результати визначення коефіцієнта парної кореляції між масивами значень математичних сподівань амплітуд суттєвих гармонік спектрів траєкторій радіус-вектора шпинделя та спектрів контурів оброблених поверхонь зразків-виробів свідчать, що при регулюванні тиску в карманах гідростатичних опор забезпечується найбільш стійкий взаємозв'язок між статистичними характеристиками траєкторій шпинделя та геометричними відхиленнями форми оброблених поверхонь зразків-виробів. Це свідчить про доцільність регулювання тиску в карманах шпиндельних гідростатичних опор для підвищення показників точності шпиндельного вузла.

Література: 1. Моделирование и управление движениями формообразования при механической обработке / [В. Г. Митрофанов, А. В. Капитанов, А. Н. Кравцов, Д. Е. Искра]; под общ. ред. Ю.М. Соломенцева. – Ирбит: Оникс, 2011. – 239 с. 2. Решетов Д.Н. Точность металлоорежущих станков/ Д.Н.Решетов, В.Т. Портман. – М: Машиностроение, 1986. – 336 с. 3. Юркевич В. В. Корреляционные зависимости между показателями точности при токарной обработке / В.В. Юркевич // СТИН. – 2010. – № 7. – С. 36–37.

СИСТЕМА СТАБІЛІЗАЦІЇ РАДІАЛЬНОГО ПОЛОЖЕННЯ КРИВОШИПА В ГІДРООПОРІ

Сахно Є.Ю.

(ЧНТУ, м. Чернігів, Україна)

Однією з важливих проблем важкого автомобілебудування є підвищення експлуатаційних можливостей двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ), які будуть сприяти розвитку галузі вантажоперевезень і активному формуванню конкурентних переваг промисловості. Тому, впровадження систем автоматичного регулювання переміщень кривошипа в гідроопорі під час змінних навантажень і перевантажень ДВЗ є актуальним напрямком наукових досліджень.

Метою роботи є розробка нової системи живлення підшипника для стабілізації зазору у гідростатичній опорі (ГСО) [1,2], яка дозволяє здійснювати контроль переміщень кривошипа при різних навантаженнях безпосередньо в точці найбільшого зміщення вала, що дає можливість своєчасної автоматичної компенсації витрат робочої рідини в ГСО з підвищенням її жорсткості у моменти перевантажень.

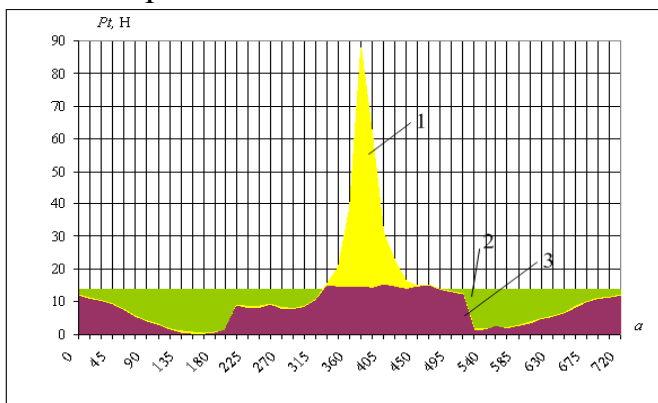


Рисунок 1 – Компенсація сил, що виникають при роботі кривошипа під навантаженням: 1 - діаграма сил, які виникають при роботі ДВЗ; 2 - компенсація сил базовою системою; 3 - компенсація сил новою гідросистемою

На основі виконаних досліджень побудовано графік (рис. 1), з якого видно що існуюча система стабілізації положення кривошипа неповною мірою компенсує сили, що виникають при збільшенні навантаження на ДВЗ (крива 2, з піком 1). Використання додаткової системи живлення гідроопори і подачі робочої рідини в момент пікових навантажень на вал, дозволяє зменшити величину сил, які діють на кривошип (крива 3), і запобігти металевому контакту між спряженими поверхнями [3].

Підсумком роботи можна вважати те, що включення в роботу регулятора жорсткості ГСО стабілізує положення шийки вала в підшипнику і за теоретичними підрахунками техніко-економічні показники підвищуються на 10% від загального моторесурсу ДВЗ.

Література: 1. Патент UA № 109810 С2 F16С 32/06. Регулятор жорсткості гідростатичних опор\ Сахно Є.Ю., Шевченко Я.В.- а2013 12230. заяв. 18.10.13; опубл. 12.10.15. Бюл. № 19. 2. Сахно Ю.О. Стабілізація положення кривошипа під навантаженням в гідростатичній опорі/ Сахно Ю.О., Сахно Є.Ю., Шевченко Я.В. //Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2010. - № 10. Том 9.-С. 26 – 35. 3. Сахно Є.Ю. Проектування нової автоматичної системи живлення гідростатичних опор/ Сахно Є.Ю., Пономаренко С.І., Корнієць К.Є. //Технічні науки та технології, 2017.-№2(8).-С.49-56.

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ ВИРОБІВ З НИЗЬКОЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ

Семенов В.М., Кабацький О.В., Малигіна С. В., Прайс Л.А.

(ДДМА, м.Краматорськ, Україна)

Розробка технології при використанні електрошлакового зварювання для виготовлення і ремонту виробів з низько- і середньовуглецевих низьколегованих сталей включає вибір зварювальних матеріалів, що забезпечують набуття необхідних механічних властивостей після відповідної термічної обробки, вибір режимів зварювання, що гарантують якість зварних з'єднань.

При зварюванні конструкційних сталей для набуття необхідних властивостей у багатьох випадках застосовують леговані дроти. Їх застосування при зварюванні легованих сталей (20ХНМФ, 20Х2МА) створює небезпеку утворення тріщин в шві. Оскільки одним з основних параметрів, що впливають на утворення тріщин в шві, є швидкість зварювання, при розробці технологічного процесу необхідно визначати оптимальну її величину.

Метою цієї роботи було відпрацювання технології електрошлакового зварювання сталей 25ГС, 20Х2МА, 20ХНМФ і 35 з визначенням оптимальної швидкості зварювання.

Для відпрацювання технології ЕШС з визначенням оптимальної швидкості зварювання використали методику, що дозволяє отримати кількісний критерій оцінки схильності металу шва до утворення гарячих тріщин. Згідно з цією методикою зразки 20×80×150 мм із сталі Ст. 3 зварюють досліджуваним дротом. В процесі кристалізації метал шва розтягували, штучно створюючи жорсткість зварного з'єднання, що відповідає жорсткості при зварюванні великих заготовок. На спеціальній установці зварювали зразки з різною швидкістю. Для виявлення тріщин виготовлялися макрошліфи. За наявності тріщини швидкість зварювання зменшували, а за відсутності – збільшували. Таким чином, визначали оптимальну швидкість зварювання, при якому в шві не відзначалося утворення тріщин.

В результаті досліджень розроблено технологічний процес електрошлакового зварювання з вибором зварювальних матеріалів, що забезпечують набуття механічних властивостей металу шва, близьких до механічних властивостей основного металу. Рекомендується застосовувати флюс АН-8 і наступні зварювальні матеріали: для сталі 25ГС – проволоку Св-08Г2СМ; для сталі 35 – Св-10Г2; для сталі 20Х2МА – Св-08ХН2М; для сталі 20ХНМФ – Св08ХН2М+пластина 20ХНМФ. Встановлено, що величина оптимальної швидкості зварювання є наступною: для сталі 35 – 1,0 м/год. (товщина металу 280 мм), для сталі 20Х2МА – 0,7 м/год. (товщина металу 330 мм) і для сталі 20ХНМФ – 0,6 м/год. (товщина металу 1000 мм).

Отримані дані можуть бути використані для електрошлакового зварювання виробів з вивчених сталей.

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ МАГНІТНО-АБРАЗИВНОГО ІНСТРУМЕНТУ

Слободянюк І.В., Майборода В.С., Джулій Д.Ю., Тарган Д.В.
(НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна)

Метод магнітно-абразивного оброблення (МАО) використовується на фінішних операціях виготовлення деталей як простої, так і складної геометрії. Даний спосіб на сьогоднішній день є досить перспективним. За результатами проведених досліджень [1, 2] встановлено що в процесі оброблення відбувається одночасне зміцнення поверхневого шару оброблюваної деталі, знижується шорсткість та зникає спадковість від попереднього виду механічного оброблення. Однак при МАО деталей зі складною геометрією виникає ряд проблем, особливо рівномірність оброблення по всій поверхні. Актуальним при вирішенні цієї проблеми є використання способу, який реалізується на верстатах з кільцевим розташуванням робочих зазорів. Ефективність оброблення характеризується великою кількістю параметрів, між якими існують складні взаємозв'язки. Одним з найважливіших параметрів технологічної системи МАО є магнітно-абразивний інструмент, який залежить від факторів зображених на рис. 1.

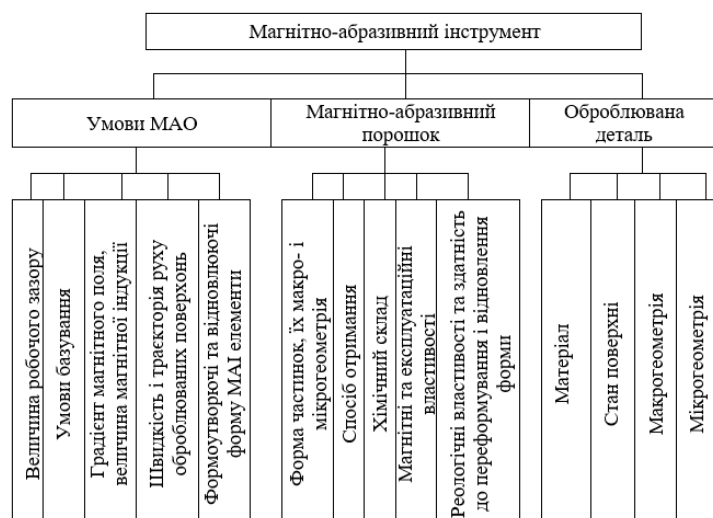


Рисунок 1 – Фактори, що визначають умови формування магнітно-абразивного інструменту

Саме особливості формування магнітно-абразивного інструменту безпосередньо визначаються оброблюваною деталлю – на 22 %, схемою оброблення і верстатом на якій вона реалізована – на 33 %, типом магнітно-абразивного порошку та його здатністю до формування в інструмент з заданими властивостями – на 45 %.

Література: 1. Финишная обработка поверхностей при производстве деталей / С. А. Клименко [и др.] ; под общ. ред. С. А. Чижика и М. Л. Хейфеца. – Минск : Беларуская навука, 2017. – 376 с. 2. Магнітно-абразивная обработка деталей сложной формы – (рос.мов.) / В.С. Майборода, И.В. Слободянюк, Д.Ю. Джулий. – Житомир.: ПП «Рута», 2017. – 272 с.

ПРОБЛЕМИ РОЗРОБЛЕННЯ НАЗЕМНИХ РОБОТИЗОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ

Струтинський В.Б., Юрчишин О.Я., Полунічев В.Е.
(НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна)

Наземні роботизовані комплекси призначені для роботи з небезпечними об'єктами в польових умовах. Їх розробка і дослідження є актуальними.

В останніх дослідженнях і публікаціях наведено різноманітні конструкції наземних роботизованих комплексів. Наземні роботизовані комплекси мають шасі, яке забезпечує їх рух в різноманітних дорожніх умовах. При цьому, положення шасі змінюється в просторі, а відповідно невизначеним чином змінюється положення основи маніпулятора, який встановлено на шасі.

Основною проблемою створення наземних роботизованих комплексів є розробка ходової частини, яка задовольняє поставленим вимогам і має систему дистанційного та автономного керування. Ходова частина (шасі) має модульну конструкцію, систему живлення, систему орієнтації та навігації. Ходова частина повинна забезпечувати переміщення роботизованого комплексу по дорогах різного виду та в умовах бездоріжжя.

Важливою проблемою створення наземних роботизованих комплексів є розроблення маніпулятора або спеціальних засобів, якими оснащено комплекс. Для забезпечення високої точності маніпулятора запропоновано використати додаткові приводи просторових мікропереміщень. При цьому, швидкі переміщення здійснюються приводами із невисокою точністю позиціонування, а точні переміщення забезпечуються просторовим мікропереміщенням виконавчого органу маніпулятора. Маніпулятор повинен забезпечувати високу точність позиціонування. Це забезпечено поєднанням раціональних алгоритмів реалізації великих переміщень та мікропереміщень. Забезпечено плавні зміни положення, швидкості та пришвидшення маніпулятора. Траєкторії швидких переміщень являють собою плавні просторові криві. Швидкості і пришвидшення виконавчого органу вибрані із умови мінімізації інерційних навантажень на комплекс. Мікропереміщення виконавчого органу характерні при його виході в позицію або при різких змінах напрямку руху виконавчого органу у випадку його великих переміщень. Особливістю кінематики мікропереміщень мобільного робота є невизначеність траєкторій мікропереміщень та суттєвий вплив на мікропереміщення випадкових факторів. Для опису кінематики мікропереміщень мобільного робота використані стохастичні матриці, що визначають коливальність процесів руху виконавчого органу робота при мікропереміщеннях. Коливальні процеси при мікропереміщеннях та похибки позиціонування при виході виконавчого органу робота у позицію описані з використанням теорії нечітких множин. Встановлені особливості формування функцій приналежності нечітких множин.

Запропоновані методи є основою вирішення проблем розроблення наземних роботизованих комплексів.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СТОХАСТИЧНИХ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ЛАНЦЮГОВИХ КОНВЕЄРАХ**Струтинський С.В.***(НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна)*

Ланцюговий конвейер використано в установці для нанесення покриттів на поверхню виробів. Це здійснюється періодичним зануренням виробу у ванну з рідиною при переміщенні підвіски, на якій встановлено виріб, ланцюговим конвейером. Основною проблемою розроблення установки є забезпечення плавного переміщення підвіски. Для цього проведені дослідження плавності переміщення конвейера шляхом математичного моделювання стохастичних динамічних процесів у конвейері.

Математична модель створена на основі динамічної моделі установки. Динамічна модель включає еквівалентні маси із пружно-дисипативними зв'язками. Складені диференціальні рівняння динамічних переміщень окремих мас. Диференціальні рівняння перетворено по Лапласу з одержанням операторної структурної математичної моделі установки. Модель реалізована в системі Simulink пакету Matlab. Модель включає ряд блоків, які відповідають моделям привідного електродвигуна, пасової передачі, конічного редуктора, ланцюгової передачі і конвейера. Блоки моделі побудовані ідентично і включають засоби моделювання у вигляді відповідних передавальних функцій. Передавальні функції подані у вигляді відношення операторів. Блоки моделі з'єднані між собою зв'язками. Використано паралельні та зворотні зв'язки.

Розроблена математична модель динамічних навантажень у ланцюговому конвейері. Прийнято, що навантаження мають характер періодичних імпульсів випадкової амплітуди частота яких відповідає кроку взаємодії ланок ланцюга конвейера із зубцями зірочок.

Відповідно розробленої моделі виконано моделювання перехідного процесу при розгоні конвейера внаслідок включення електродвигуна. Визначено зміни в часі швидкості переміщення ланцюга конвейера при імпульсних випадкових навантаженнях. Для зменшення амплітуди випадкових пульсацій швидкості запропоновано ряд заходів. Найбільш ефективним є корекція системи керування конвейера введенням головного зворотнього зв'язку. В якості коригуючого пристрою використано пропорційно-інтегруючо-диференціюючий регулятор. В результаті математичного моделювання встановлено, що використання регулятора знижує інтенсивність амплітуд випадкових коливань в 5...8 раз. Для зниження віброшвидкостей випадкових коливань конвейера запропоновано використати інерційні демпфери коливань. В результаті математичного моделювання встановлено, що застосування демпферів такого виду забезпечує більш ефективне демпфування високочастотних коливань конвейера, ніж введення системи зворотнього зв'язку.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ФРИКЦІЙНОГО ЕЛЕКТРОІМПУЛЬСНОГО ВИГЛАДЖУВАННЯ З МОДИФІКУВАННЯМ ПОВЕРХНІ ДИСУЛЬФІДОМ МОЛІБДЕНУ

Тулупов В.І., Онищук С.Г.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Надійність роботи виробів машинобудування залежить від багатьох факторів, одним з яких є стан поверхні. Один з наукових напрямків, що займається вивченням цього питання, називається «інженерія поверхні» [1]. В практиці машинобудування використовується багато методів щодо забезпечення якості поверхневого шару деталей. Одним з них є фрикційне електроімпульсне вигладжування.

Метою роботи є дослідження методу фрикційного електроімпульсного вигладжування поверхні деталі з модифікуванням дисульфідом молібдену.

Особливістю фрикційного електроімпульсного вигладжування є поєднання силової та теплової дії на поверхневий шар деталі, на яку нанесений шар твердої змазки, а саме дисульфід молібдену [2]. В результаті утворюється дискретна структура у вигляді зміцнених фрагментів з дисульфідом молібдену та фрагментів з оксидом молібдену. Дослідження виконувались на токарно-гвинторізному верстаті мод. 1К625 з використанням генератору імпульсного струму. Як інструмент використовувався вигладжувач з індентором, що виготовлений з твердого сплаву Т15К6. Вигладжувач було ізольовано текстолітовими прокладками від різцетримача верстата. Заготовки виготовлені зі сталі 40ХН. Перед вигладжуванням виконувалось чистове точіння заготовок до $Ra=2,5$ мкм.

Дослідження виконувалось при наступних режимах: сила струму 100-200А, зусилля вигладжування 250-500 Н, подача 0,14-0,23 мм/об, частота обертання заготовки 40 хв^{-1} , частота імпульсного струму 20 Гц, шпаруватість 50%, напруга 3-9 В. Металографічні дослідження, що виконувались з використанням мікротвердоміру ПМТ-3 за методом Роквелла показали, що мікротвердість поверхневого шару зразків після зміцнення запропонованим методом була в межах 3,5...7,7 ГПа залежно від режимів обробки, при початковій мікротвердості поверхні 2...2,12 ГПа. Шар, розташований на глибині від 0,03 до 0,15 мм мав найбільшу твердість, досягаючи 6,0...7,7 ГПа залежно від режимів обробки.

В результаті досліджень методу фрикційного електроімпульсного модифікування було виявлено локальне нанесення дисульфиду молібдену на поверхню зразків.

Література. 1. Суслов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. / А.Г. Суслов. – М.: Машиностроение, 2000. – 320 с. 2. Ковалевський С.В., Тулупов В.І., Онищук С.Г. Дослідження методу фрикційного електроімпульсного модифікування // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем // Матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції – Чернігів: Вид-во ЧДТУ, 2017. – Т.1. – С.146-147.

РОЗРОБКА САПР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ШЛІФУВАННЯ ПЛАЗМОВИХ ПОКРИТТІВ

Усов А.В., Тонконогий В.М., Рибак О.В.

(ОНПУ, м. Одеса, Україна)

Нанесення плазмових покриттів різного хімічного складу з наперед заданими структурою та фізико-механічними властивостями дозволяє модифікувати поверхню деталей, змінюючи їхні антикорозійні, зносостійкі, теплові та інші характеристики. В машинобудуванні широко застосовуються карбідні, боридні й нітридні покриття, які характеризуються дуже високою твердістю та крихкістю. При обробці шліфуванням таких покриттів найбільш розповсюдженими дефектами є тріщини, сколювання, припалення та відрив нанесеного покриття від поверхні деталі [1].

При створенні системи САПР шліфування нанесених покриттів потрібно враховувати критерії міцності та руйнування з метою не допустити відриву напиленого шару та розвитку мікродефектів структури покриття у магістральні тріщини, що призводять до втрати експлуатаційної придатності деталі. Разом з тим, слід забезпечити необхідну якість оброблюваної поверхні, зокрема задану шорсткість, а також максимальну продуктивність процесу шліфування. Метою роботи є побудова математичної моделі, яка буде враховувати дані умови і обмеження, і стане основою розроблюваної системи САПР.

Визначення критеріїв збереження суцільності покриттів на етапі проектування технологічних операцій шліфування ґрунтується на аналізі напружено-деформованого стану поверхневого шару деталей з покриттям. Обробку покриття без шліфувальних тріщин можна забезпечити, якщо обмежити локальні та залишкові напруження, які діють у зоні контакту шліфувального круга з оброблюваною поверхнею. Уникнути відриву напиленого шару в процесі обробки дозволяє критерій порівняння адгезійної міцності зчеплення покриття з основою та напружень, що руйнують зчеплення.

Моделювання впливу вихідної кусочної однорідності деталей з покриттями на термомеханічні процеси під час шліфування здійснюється методом розривних розв'язків [2]. Під ними слід розуміти такі розв'язки, які задовольняють рівнянням теплопровідності Фур'є та пружності Ламе скрізь, за винятком границь дефектів. При переході через границі дефектів поля зміщень та напружень зазнають розриви I роду. На основі отриманих критеріальних співвідношень побудований алгоритм забезпечення якості поверхневого шару деталей з покриттям при шліфуванні з максимальною продуктивністю обробки.

Підсумком роботи є створення математичної моделі, на базі якої буде створюватись система САПР шліфування зносостійких плазмових покриттів.

Література: 1. Усов А. В. Повышение эффективности процесса бездефектного шлифования материалов и сплавов, предрасположенных к трещинообразованию : дис. д-р. техн. наук / А. В. Усов. – К., 1991. – 426 с. 2. Полянин А.Д. Методы решения нелинейных уравнений математической физики и механики / А.Д. Полянин, В.Ф. Зайцев, А.И. Журов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 256 с.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ИСХОДНОГО ЧУГУНА И МОДИФИЦИРОВАНИЯ РАСПЛАВА НА СТРУКТУРУ ОТЛИВОК

¹Фесенко А. Н., ²Фесенко М. А., ¹Корсун В. А., ¹Дворниченко А. А.
(¹ ДГМА, г. Краматорск, Украина, ² НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского»,
г. Киев, Украина)

На структуру и свойства чугуна в отливках оказывает влияние большое количество факторов технологического процесса и, в первую очередь, химический состав расплава и условия затвердевания отливок. Одной из наиболее простых технологических операций, которые позволяют эффективно влиять на структуру и свойства чугуна определенного химического состава в отливках, является модифицирующая обработка расплава. В зависимости от целей при получении чугунных отливок повышенного качества с комплексом требуемых эксплуатационных свойств на практике применяется графитизирующее, карбидостабилизирующее и сфероидизирующее модифицирование. Из разработанных способов модифицирующей обработки расплава чугуна одной из наиболее эффективных, экономичных и экологичных при изготовлении мелких отливок является технология внутриформенной обработки зернистыми добавками, размещенными в проточной реакционной камере литниковой системы (так называемый INMOLD – process).

В работе исследовали влияние внутриформенного модифицирования расплавов чугунов, имеющих разный углеродный эквивалент, графитизирующими, карбидообразующими и сфероидизирующими добавками.

В качестве графитизирующих модификаторов использовали ферросилиций марки ФС75 и силикобарий СБ5, в качестве карбидостабилизирующих добавок - ферробор ФБ18, ферроцериевый мишметалл МЦ50Ж3 и карбид вольфрама WC, а в качестве сфероидизирующих модификаторов - ферросиликомагниевого сплавы ФСМг7 и VL63(М) и никельмагниевого лигатуру НМг19.

Анализ результатов выполненных исследований позволил установить особенности формирования структуры в клиновых пробах, отливаемых в сырых и сухих песчаных формах из исходных чугунов и после внутриформенной модифицирующей обработки расплавов исследованными модифицирующими добавками.

Полученные данные явились базой для разработки технологических рекомендаций по изготовлению чугунных отливок с заданной структурой и свойствами, предназначенных для эксплуатации их при различных условиях.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ОТЛИВОК МЕТОДОМ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

¹Фесенко М.А., ²Фесенко А.Н., ¹Могилатенко В.Г.,
(¹ НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского», г. Киев, Украина, ²ДГМА,
г. Краматорск, Украина)

Предложены новые технологические процессы изготовления многослойных отливок из одного базового расплава, идея которых заключается в выплавке расплава необходимого химического состава в плавильном агрегате и заливке его в литейную форму, где в каналах литниковой системы он разделяется на несколько потоков. Один поток расплава движется по каналам литниковой системы и заполняет часть полости формы, а другой поток на своем пути движения проходит внутриформенную обработку модифицирующими добавками и заполняет оставшуюся часть полости формы. Возможен также вариант внутриформенной обработки обоих потоков расплава в реакционных камерах литниковой системы модификаторами разного действия на расплав.

С целью установления общих закономерностей новых процессов получения многослойных отливок в работе использовались методы физического моделирования, целесообразность и правомерность которых подтверждены рядом исследователей.

В результате проведенных модельных исследований выявлены особенности процессов, происходящих в каналах литниково-модифицирующих систем разной конструкции и в полости формы, а также основные закономерности формирования многослойных отливок. Установлено, что при заливке расплава через общий стояк и ярусную литниково-модифицирующую систему получение отливок с разной структурой и свойствами по их высоте достигается только при установке на границе раздела поступающих порций расплава через верхний и нижний ярусы литниковой системы твердой перегородки оптимальной толщины.

Формирование многослойных отливок с дифференцированной структурой и свойствами, получаемых последовательной заливкой формы через независимые литниково-модифицирующие системы, обеспечивается при оптимальной временной выдержке между заливаемыми порциями расплава.

Полученные результаты позволили разработать практические рекомендации по конструкциям литниково-модифицирующих систем и режимам литья, обеспечивающие изготовление качественных многослойных отливок с заданными структурой и свойствами металла в различных их частях.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ АЛМАЗНОМ ПОЛИРОВАНИИ

¹Филатов Ю.Д., ¹Сидорко В.И., ²Ковалев В. А.

(¹ИСМ им. В. Н. Бакуля НАНУ, г. Киев, Украина, ²НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского», г. Киев, Украина)

Defined the most rational values of the kinematic settings of the machine, which achieves the required accuracy of forming surface of the optoelectronic elements of quartz, aluminium nitride and gallium nitride.

В настоящее время для изучения закономерностей формообразования полированных поверхностей деталей из неметаллических материалов, в частности, элементов оптоэлектронной техники из керамики (нитрид алюминия AlN), оптических (кварц SiO₂, сапфир Al₂O₃) и полупроводниковых (карбид кремния SiC, нитрид галлия GaN) кристаллов широко используется обобщенная модель съема обрабатываемого материала, основанная на кластерной модели износа и физико-статистической модели образования и удаления с обрабатываемой поверхности частиц шлама.

Целью работы являлось изучение влияния кинематических параметров настройки станка на точность формообразования плоских поверхностей оптоэлектронных элементов из керамики и полупроводниковых кристаллов, а также определение их наиболее рациональных значений, при которых достигается требуемая точность геометрической формы полированных поверхностей.

Плоские поверхности элементов для оптики и микроэлектроники из кварца, нитрида алюминия и нитрида галлия полировали при помощи суспензии алмазного микропорошка АСМ 2/1 на полировальном станке мод. 2ШП-200М при следующих режимных и кинематических параметрах: частота вращения оловянного полировальника диаметром 100 мм – 90 об/мин, усилие прижима блока деталей диаметром 60 мм к полировальнику – 50,5 Н, средняя температура в зоне контакта 300 К, смещение штриха 30 мм, длина $L \in [10, 40]$ и несимметрия $e_0 \in [30, 50]$ штриха, время цикла полирования $t = 1$ час.

Исследованы закономерности образования формы обрабатываемой плоской поверхности оптоэлектронных элементов из кварца, нитридной керамики на основе AlN и полупроводниковых кристаллов GaN при алмазном полировании. Получены координатные зависимости съема обрабатываемого материала, характеризующие эволюцию формы полированной поверхности и величину отклонения от плоскостности, что позволило определить условия, при которых достигается требуемая точность формообразования плоских поверхностей элементов из SiO₂, AlN и GaN.

РОЗШИРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ВАЖКИХ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТІВ ДЛЯ ОБРОБКИ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ОТВОРІВ

Хорошайло В.В.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Аналіз умов та результатів обробки деталей для важкого машинобудування показує, що ефективна обробка великогабаритних отворів в деталях типу втулок і циліндрів є важливим завданням.

Деякі деталі вказаного типу на роточувальних станках оброблювати нерационально, оскільки вони мають багато зовнішніх поверхонь, внаслідок чого доводиться проводити обробку цих поверхонь на токарних верстатах, а отворів на розточувальних.

Процес обробки отворів на токарних верстатах розточувальними різцями ускладнюється тим, що виникають несприятливі умови різання, пов'язані з великими вильотами інструменту, що веде до втрати вібростійкості різального інструменту. Це призводить до значного зниження продуктивності обробки та якості оброблюваних поверхонь. Виходячи з цього ставиться задача розширення технологічних можливостей важких токарних верстатів при обробці отворів.

В процесі розточування довжина обробки отвору визначає виліт різального інструменту, а при роботі з великим вильотом розточувального різця виникає досить великий прогин його державки відносно закріплення в різцетримачі, що призводить до виникнення значних деформацій і динамічних навантажень різця. Підвищення жорсткості різального інструменту дає змогу знизити амплітуду коливань в процесі обробки.

Додаткову жорсткість можливо отримати за рахунок використання при обробці інструментальної системи, яка створює рухливу опору державці різця поблизу вузла кріплення різальної пластини. В цьому випадку амплітуда коливань зменшуються і поступово наближаються до сталих значень.

Для забезпечення підвищення продуктивності обробки великогабаритних отворів на важких токарних верстатах пропонується метод фрезерування. При такому методі оброблювана деталь обертається навколо своєї осі, що забезпечує кругову подачу, а фреза обертається навколо своєї осі, що є головним рухом різання. Для реалізації такого способу створюється додатковий фрезерний супорт, що забезпечує головний рух фрези та її осьову подачу. Цей додатковий супорт встановлюється на ламельний супорт важкого токарного верстату.

За результатами моделювання та експериментальних досліджень можна стверджувати, що застосування розробленої інструментальної системи веде до підвищення вібростійкості процесу розточування і значно підвищує якість обробленої поверхні. Використання способу фрезерування забезпечує підвищення продуктивності обробки великогабаритних отворів на важких токарних верстатах.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| <i>Berezshnaya E.V.</i> Increasing the service life of machine tool parts..... | 5 |
| <i>Chupryna V.M.</i> Method of investigation of the dynamic strength of technological industrial robots on nodes..... | 6 |
| <i>Dorokhov M, Romashkevich D.</i> Optimization of gear-clamping parameters of an open mechanical transmission of a stationary rotary car reel driver..... | 7 |
| <i>Dorokhov M, Savich M.</i> Perspectives of using hydraulic dampers to reduce dynamic loads of load-lifting machines..... | 8 |
| <i>Dorokhov M., Vovnenko A.</i> Increasing the reliability of the ladle crane by improving the consecution of polyspaste..... | 9 |
| <i>Баша О.О. Вірич С.О.</i> Моделювання фонду технологічного устаткування з урахуванням трудомісткості виготовлення верстатів..... | 10 |
| <i>Березюк О.В.</i> Розширення функціональних можливостей сміттєвозів за допомогою навісного підмітального обладнання..... | 11 |
| <i>Бужанська І.І., Аврамчук С.К., Волкогон В.М., Федоран Ю.О., Кравчук А.В., Антонюк В.С.</i> Мікромеханічні і різальні властивості композитів на основі щільних модифікацій нітриду бору спечених в ударних хвилях..... | 12 |
| <i>Вовк В.В., Ковернік В.О.</i> Нарізання упорної різьби в загартованих сталях | 13 |
| <i>Вовчанчин А.О., Суботін О.В.</i> До питання модернізації систем управління верстатів..... | 14 |
| <i>Гавриш П.А.</i> Основні фактори впливу на якість зварних з'єднань міді зі сталлю..... | 15 |
| <i>Гасанов М.И.</i> Оптимизация технологического процесса восстановления крупномодульных зубчатых колес..... | 17 |
| <i>Гасанов М.И., Шелковий О.М., Клочко О.О., Анциферова О.О.</i> Имитационное моделирование технологических процессов восстановления крупногабаритных зубчатых колес с учетом прогрессирующих видов износа..... | 18 |

| | |
|--|-----------|
| Гнатюк А.П., Дервянченко А.Г., Жеглова В.М., Паленный Ю.Г., Ващенко А.А. Метрологическое обеспечение контроля системы обработки глубоких отверстий..... | 19 |
| Грицай І.Є. Спосіб нарізання великомодульних зубчастих коліс і обладнання для його використання..... | 20 |
| Гузенко В.С., Міранцов С.Л., Гордєєв І.А., Самодуров Д.В. Визначення функціональних ніш різального інструменту методами імітаційного моделювання..... | 21 |
| Дмитриенко В.Д., Заковоротний О.Ю., Носков В.І., Мезенцев М.В., Главчев Д.М., Харченко А.О. Синтез систем управління нелінійних об'єктів на основі нових способів лінеаризацією геометричні методи..... | 22 |
| Єнікєєв О.Ф., Абрамська І.Б. Система програмного управління параметрами процесу алмазного шліфування..... | 23 |
| Єрмакова С.О. Дослідження умов роботи стрілових самохідних кранів..... | 24 |
| Івченко О.В., Гладишев Д.П., Кунпан Н.О., Денисенко Ю.О. Впровадження вимог міжнародного стандарту ISO 45001:2018 у сфері професійної безпеки та здоров'я на промислових підприємствах України..... | 25 |
| Івченко О.В., Залога В.О., Дмитрієва Н.В., Чучук Т.Є, Динник О.Д. Розроблення національних стандартів щодо безсальникових циркуляційних відцентрових насосів..... | 26 |
| Івченко О.В., Залога О.О., Жигилій Д.О., Залога Р.О. Визначення адгезійної складової середнього коефіцієнта тертя для оцінювання якості лез різальних інструментів..... | 27 |
| Ісайченков А.В., Вірич С.О. Проектування крокуючих рушіїв циклового типу мобільних робототехнічних систем..... | 28 |
| Калафатова Л.П., Калмиков В.С., Трачук К.В. Шляхи підвищення ефективності механічної обробки деталей типу тіл обертання за критерієм їх мінімальної технологічної собівартості..... | 29 |
| Калініченко В. В. Принципи розробки перспективних зносостійких покриттів з наноструктурованими шарами..... | 30 |

| | |
|---|----|
| <i>Калініченко В. В., Кравченко А. О.</i> Забезпечення енергоефективності токарної обробки деталей на важких верстатах | 31 |
| <i>Калініченко В. В., Шаройка А. О.</i> Загальні підходи до розробки математичних моделей енергоефективних процесів токарної обробки на важких верстатах | 32 |
| <i>Кассов В.Д., Кабацький О.В., Малигіна С.В.</i> Автоматизована лінія для нанесення вологостійкої композиції на поверхню електродів | 33 |
| <i>Клименко Г.П. Квашін В.В.</i> Розробка САПР ТП для металообробки на важких токарних верстатах | 34 |
| <i>Клименко Г.П., Ковальов Д.О.</i> Визначення надійності збірних різців важких верстатів | 35 |
| <i>Клименко С.Ан., Бурыкин В.В., Найдено А.Г., Ботвинко В.П.</i> Исследования топографии контактных участков твердосплавных режущих пластин после пассивации | 36 |
| <i>Клименко С.А., Копейкина М.Ю., Мельничук Ю.А., Клименко С.Ан., Манохин А.С.</i> Сверхтвердые композиты на основе кубического нитрида бора и оснащенные ими режущие инструменты | 38 |
| <i>Клочко О.О., Охріменко О.А., Яновський Д.І., Пермінов Є.В.</i> Вихідна інструментальна поверхня модульних пальцевих фрез на базі однополосного гіперболоїда для виготовлення зубчастих евольвентних коліс | 39 |
| <i>Клочко О.О., Шелковий О.М., Анциферова О.О., Пермінов Є.В.</i> Формування поверхневого шару в процесі зубошліфування | 40 |
| <i>Ковальов В.Д., Васильченко Я.В., Шаповалов М.В., Подоляк Я.В.</i> Встановлення взаємозв'язку між параметрами, що характеризують процес різання, параметрами імпульсного магнітного поля і ефективністю виробництва | 41 |
| <i>Ковальов В.Д., Зелік М.С.</i> Підвищення точності важких верстатів шляхом використання мехатронних вузлів з адаптивним управлінням | 43 |

| | |
|---|----|
| <i>Ковальов В.Д., Нестеренко В.М.</i> Аналітичний огляд сучасного стану досліджень і розробки важких верстатів для обробки важкооброблюємих матеріалів..... | 44 |
| <i>Ковальов В.Д., Саєнко М.О., Сукова Т.О.</i> Удосконалення методів проектування важких верстатів на основі створення автоматизованої бази знань..... | 45 |
| <i>Кох А.К., Єрьомкін Є.А.</i> Установка для обробки прокаткою листового матеріалу з використанням енергосберігаючих технологій..... | 46 |
| <i>Кривий П.Д., Крупа В.В., Петречко І.Р., Яковлев В.І.</i> Нові методи формування головного заднього кута токарних різців..... | 47 |
| <i>Кривий П.Д., Тимошенко Н.М. Кобельник В.Р., Лисканич Ю.І.</i> Імовірно-статистичний метод визначення точності подач токарних і свердлильних металорізальних верстатів..... | 48 |
| <i>Крупко В.Г., Коваленко М.С., Таровик М.Г.</i> Удосконалення конструкцій протиугінних захватів порталних та козлових кранів..... | 49 |
| <i>Кузнєцов Ю.М.</i> Майбутнє верстатобудування в умовах викликів четвертої промислової революції «Індустрія 4.0»..... | 50 |
| <i>Луців І.В., Волошин В.Н., Лещук Р.Я., Кушик В.Г.</i> Підвищення точності і вібростійкості обробки тонкостінних заготовок із стабільним затиском | 51 |
| <i>Луців І.В., Кушик В.Г., Буховець В.М., Ярема І.Т.</i> Підвищення стабільності затиску заготовок малої жорсткості цанговими патронами із замкнутим контуром..... | 52 |
| <i>Ляшенко К.Ю. Вірич С.О.</i> Моделювання руху багатоланкового мобільного робота..... | 53 |
| <i>Майборода В.С., Джулій Д.Ю., Слободянюк І.В.</i> Магнітно-абразивне оброблення площин феромагнітних деталей індукторами різної конструкції..... | 54 |
| <i>Майданюк С.В.</i> Дослідження параметрів якості оброблення дисковими відрізними фрезами..... | 55 |
| <i>Макшанцев В.Г., Корниєнко В.И.</i> Система противораскачивания груза при транспортировке мостовым краном..... | 56 |

| | |
|--|----|
| <i>Матюха П.Г., Габітов В.В., Кіба Д.Е.</i> Вплив матеріалу шліфувального круга на продуктивність внутрішнього шліфування сталі Р6М5Ф3..... | 57 |
| <i>Мельник М.С., Васильченко Я.В., Антоненко Я.С., Желєзняк В.Р.</i> Система адаптивного управління режимами різання фрезерної головки для забезпечення максимальної продуктивності..... | 58 |
| <i>Мельник М.С., Гаркавченко А.О., Серик В.А., Деничик К.В.</i> Стабільність форми базових деталей металорізальних верстатів..... | 60 |
| <i>Мельник М.С., Ковальов Д.О.</i> Діагностика різального інструменту для токарних верстатів з ЧПК..... | 61 |
| <i>Мироненко Є.В., Богданова Л.М., Гузенко Д.Є.</i> Використання гібридної моделі оптимізації для визначення ефективних режимів різання..... | 62 |
| <i>Мироненко Є.В., Васильєва Л.В., Гузенко Д.Є.</i> Оптимізація режимів різання з урахуванням стохастичних параметрів-ознак..... | 63 |
| <i>Мирошниченко Ю.В.</i> Управління машинобудівним підприємством на основі процесного підходу..... | 64 |
| <i>Новіков Ф.В., Клочко О.О., Черкашина Г.І., Анциферова О.О.</i> Теплонапруженість процесу імпульсного переривчастого зубошліфування за рахунок формоутворення круга..... | 65 |
| <i>Новіков Ф.В., Сізий Ю.А., Клочко О.О., Черкашина Г.І., Анциферова О.О.</i> Моделювання та аналіз імпульсного зубошліфування в пакеті "VISSIM"..... | 66 |
| <i>Останкова Л.А.</i> Розвиток важкого верстатобудування в контексті інноваційної економіки..... | 67 |
| <i>Петраков Ю.В., Підпалій В.І.</i> Управління частотою шпинделя токарного верстата з ЧПК..... | 68 |
| <i>Посвятенко Н.І.</i> Еволюція приводу металорізальних верстатів..... | 71 |
| <i>Проць В.В., Крупко В.Г.</i> Моделювання процесу формування навантажень на механізми пересування екскаваторів..... | 72 |

| | |
|---|----|
| <i>Родічев Ю.М., Сорока О.Б., Шабетя О.А., Ковальов В.Д., Васильченко Я.В.</i> Методика ударних випробувань захисних склополімерних модулів з урахуванням експлуатаційних умов..... | 74 |
| <i>Родічев Ю.М., Сорока О.Б., Шабетя О.А., Ковальов В.Д., Васильченко Я.В.</i> Стійкість склополімерних модулів при багатократному ударному навантаженні..... | 75 |
| <i>Рябченко С.В., Середа Г.В., Валуйский В.Ю., Статкевич А.В., Луцев А.Ю.</i> Профильное шлифование зубчатых колес абразивными кругами из хромистого корунда | 76 |
| <i>Сапон С.П.</i> Взаємозв'язок статистичних характеристик траєкторій шпинделя на гідростатичних опорах і точності оброблених поверхонь... | 77 |
| <i>Сахно Є.Ю.</i> Система стабілізації радіального положення кривошипа в гідроопорі..... | 78 |
| Семенов В.М. , <i>Кабацький О.В., Малигіна С.В., Прайс Л.А.</i> Технологічні особливості електрошлакового зварювання виробів з низьколегованих сталей | 79 |
| <i>Слободянюк І.В., Майборода В.С., Джулій Д.Ю., Тарган Д.В.</i> Особливості формування магнітно-абразивного інструменту..... | 80 |
| <i>Струтинський В.Б., Юрчишин О.Я., Полунічев В.Е.</i> Проблеми розроблення наземних роботизованих комплексів..... | 81 |
| <i>Струтинський С.В.</i> Математичне моделювання стохастичних динамічних процесів у ланцюгових конвеєрах..... | 82 |
| <i>Тулупов В.І., Онищук С.Г.</i> Дослідження методу фрикційного електроімпульсного вигладжування з модифікуванням поверхні дисульфідом молібдену..... | 83 |
| <i>Усов А.В., Тонконогий В.М., Рибак О.В.</i> Розробка САПР технологічного процесу шліфування плазмових покриттів..... | 84 |
| <i>Фесенко А.Н., Фесенко М.А., Корсун В.А., Дворниченко А.А.</i> Влияние состава исходного чугуна и модифицирования расплава на структуру отливок..... | 85 |

| | |
|---|-----------|
| Фесенко М.А., Фесенко А.Н., Могилащенко В.Г. Исследование процессов получения многослойных отливок методом физического моделирования..... | 86 |
| Филатов Ю.Д., Сидорко В.И., Ковалев В. А. Закономерности формообразование плоских поверхностей оптоэлектронных элементов при алмазном полировании..... | 87 |
| Хорошайло В.В. Розширення технологічних можливостей важких токарних верстатів для обробки великогабаритних отворів..... | 88 |

ДЛЯ ПОДАТОК

ДЛЯ ПОДАТОК

ДЛЯ ПОДАТОК

Scientific publication

**HEAVY ENGINEERING
PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT**

MATERIALS
of the XVI International
scientific and technical conference

Recommended for publication by the Scientific Council of DSEA,
minutes № 9 dated May 24, 2018

Signed print 24.05.2018
Conv.-printed sheets 5,81.
Circulation of 100 copies

Paper size 60×84 ¹/₁₆.
Accont.-publ. sheets 5,42.
Order № 11

Publisher and manufacturer
Donbas state engineering academy
Ukraine, 84313, Kramatorsk, Academichna Str., 72
Certificate of registration of the subject of publishing activities in the State Register
ДК №1633 dated 24.12.2003

Наукове видання

**ВАЖКЕ МАШИНОБУДУВАННЯ
ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ**

**МАТЕРІАЛИ
XVI Міжнародної
науково-технічної конференції**

Рекомендовано до друку вченою радою ДДМА,
протокол № 9 від 24.05.2018

Підп. до друку 24.05.2018
Ум. друк. арк. 5,81.
Тираж 100 пр.

Формат 60×84^{1/16}.
Обл.-вид. арк. 5,42.
Зам. № 11

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