

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



**ВАЖКЕ МАШИНОБУДУВАННЯ.
ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ**

**МАТЕРІАЛИ
XIX Міжнародної
науково-технічної конференції**

Краматорськ 2021

УДК 621.9

Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали XIX Міжнародної науково-технічної конференції 01 — 04 червня 2021 року / за заг. ред. В. Д. Ковальова. — Краматорськ: ДДМА, 2021. — 148 с.

ISBN 978-966-379-987-2

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. КПІ ім. Ігоря Сікорського

Васильченко Я.В.,

д.т.н., проф., зав. каф. ДДМА

Воронцов Б.С.,

д.т.н., проф. КПІ ім. Ігоря Сікорського

Гасанов М.І.,

д.т.н., проф., проректор НТУ "ХПІ"

Грабченко А.І.,

д.т.н., проф. НТУ "ХПІ"

Грицай І.Є.,

д.т.н., проф., зав. каф НУ "Львівська політехніка"

Данильченко Ю.М.,

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

Дашич П.,

проф. ВТМІ, Трстенік, Сербія

Заковоротний О.Ю.,

д.т.н., проф., вч.секр. НТУ "ХПІ"

Залога В.О.,

д.т.н., проф. 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., декан ФМ 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. ТНТУ ім. І. Пулюя

Майборода В.С.,

д.т.н., проф. КПІ ім. Ігоря Сікорського

Мельничук П.П.,

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

Мироненко Є.В.,

д.т.н., проф., декан ФЕМ ДДМА

Павленко І.І.,

д.т.н., проф., зав. каф. ЦНТУ

Палашек О.Г.,

головний конструктор ПрАТ "КЗВВ"

Пасічник В.А.,

д.т.н., проф., проректор КПІ ім. Ігоря Сікорського

Пермяков О.А.,

д.т.н., проф., зав. каф. НТУ "ХПІ"

Петраков Ю.В.,

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

Равська Н.С.,

д.т.н., почесний проф. ДДМА

Рібайн Ф.,

ген. директор "Heidenhain", Німеччина

Родічев Ю.М.,

к.т.н., с.н.с., завідувач відділу ІПМіц ім. Г.С.Писаренка НАН України

Скальський Є.О.,

директор представництва Gertnergrou в Україні

Сорока О.Б.,

д.т.н., ІПМіц ім. Г.С.Писаренка НАН України

Струтинський В.Б.,

д.т.н., проф. КПІ ім. Ігоря Сікорського

Тонконогий В.М.,

д.т.н., проф., директор ІПТДМ НУ "Одеська політехніка"

Турчанін М.А.,

д.х.н., проф., проректор ДДМА

Христо К. Радєв,

д.т.н., ТУ "Софія", Болгарія

Шелковой А.Н.,

д.т.н., проф., зав. каф. НТУ "ХПІ"

Ehrentreich Torsten,

Dipl. Ingenieur, Berlin, Germany

ISBN 978-966-379-987-2

© ДДМА 2021

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



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

MATERIALS
of the XIX International
scientific and technical conference

Kramatorsk 2021

Heavy engineering. Problems and prospects of development: materials of the XIX International scientific and technical conference — June 01 — 04, 2021 / under general edition of V. Kovalov. — Kramatorsk : DSEA, 2021. — 148 p.

ISBN 978-966-379-987-2

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. "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Vasylenko Y.V.,

Dr., Prof, head of dep. DSEA

Vorontsov B.S.,

Dr., Prof. "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Danilchenko Yu.M.,

Dr., Prof. head of dep. "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Dašić P.,

Prof. of HTMS of Trstenik, Serbia

Ehrentreich Torsten,

Dipl. Ingenieur, Berlin, Germany

Hasanov M.I.,

Dr., Prof., vice-rector NTU "KhPI"

Grabchenko A.I.,

Dr., Prof. NTU "KhPI"

Gritsay I.N.,

Dr., Prof., head of dep. NU "Lvivska Politechnika"

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., dean 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. TNTU

Majboroda V.S.,

Dr., Prof. "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Melnichuk P.P.,

Dr., Prof., Honorary rector SU "Zhytomyr Polytechnic"

Mironenko E.V.,

Dr., Prof., dean DSEA

Palashek O.G.,

Chief designer "KZTS"

Pavlenko I.I.,

Dr., Prof., head of dep. CUNTU

Pasichnyk V.A.,

Dr., Prof., vice-rector "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Permjakov O.A.,

Dr., Prof., head of dep. NTU "KhPI"

Petrakov Y.V.,

Dr., Prof., head of dep. "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Ravskaya N.S.,

Dr., Honorary Prof. DSEA

Rehbein F.,

General Director "Heidenhain", Germany

Rodichev Yu.M.,

Ph.D., Senior Researcher, head of dep. IPMS NAS of Ukraine

Shelkovi A.N.,

Dr., Prof., head of dep. NTU "KhPI"

Skalskiy E.O.,

Director Gertnergrou in Ukraine

Soroka O.B.,

Dr., IPMS NAS of Ukraine

Strutinskij V.B.,

Dr., Prof. "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Tonkonogiy V.M.,

Dr., Prof., director ITDMI SU "Odessa Polytechnic"

Turchanin M.A.,

Dr., Prof., vice-rector DSEA

Zakovorotny O.Yu.,

Dr., Prof. NTU "KhPI"

Zaloga V.A.,

Dr., Prof. SSU

ISBN 978-966-379-987-2

© DSEA, 2021

RESEARCH OF PROCESS OF DIVISION OF GRADE ROLLING ON THE MEASURED BLANKS

Karnaukh Sergii G.

(DSEA, Kramatorsk, Ukraine)

Among the known waste-free methods of cut out of high quality rolling the special place is occupied by breaking bend, which is based on the directed destruction of the cut rolled during bending. The method of cold breaking by bending has low energy consumption, ease of implementation, the ability to separate hard and high-strength materials without heating. However, the full advantages of bending fracture can be used only if additional measures are taken to radically improve the quality of chipping and reduce the energy consumption of the fracture process, because the elastic-stress state is formed throughout the rolled section and only a small part of elastic energy goes to crack development. A purpose of work is research of the process of the cold breaking of rolling by bending at the static and shock loading for determination of influence of speed of loading on the power parameters of process of division and quality of blanks.

Research of the process of cold breaking of rolling by bending under static and shock loads was conducted to determine the effect of loading speed on the power parameters of the separation process and the quality of the workpieces. Experimental researches are conducted for the three-point cold breaking by bending of templates from steel of different brands at the static and shock loading with the use of original equipment and rigging. Comparison of maximal force of breaking at the static and shock loading was estimated by the coefficient of dynamic, which for the different brands of steel laid down accordingly: IIIX15 – 0,7; 60C2 – 1,6; 45 – 2,0..2,2; 40X – 1,8..2,1; 20 – 1,6..1,8 at speed of deformation to 18 m/c [1]. At the increase of speed of deformation the coefficient of dynamic grows for materials in the plastic and viscidly-resilient state and diminishes for materials in the fragile state. Than higher plasticity of material of templates, the greater size of coefficient of dynamic. Obviously, that for the exposure of inclination of materials of templates to fragile destruction it is necessary to apply the higher values of speed of loading. With the growth of speed of deformation geometrical exactness of blanks from the different brands of steels, gets better, but not significant. The most high quality was shown by blanks at the division of standards from fragile and viscoelastic steels: IIIX 15, steel of 60C2, steel 45, steel of 40X. It is identified that greater part of energy of deformation is spent on an origin and viscid growing up of crack, while energy expended on fragile destruction is insignificant. Got results can be used for the improvement of the technologies of process of division of grade rolling on the measured blanks by the method of the cold breaking by a bend.

References: 1. Karnaukh, S., Markov, O., Aliieva, L., Kukhar, V. (2020). Designing and researching of the equipment for cutting by breaking of rolled stock. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 109. Issue 9-12. 2457-2464. <https://doi.org/10.1007/s00170-020-05824-7>.

ЗУСИЛЛЯ РОЗКРИТТЯ ПОЛУМАТРИЦЬ ПРИ ПРОЦЕСІ КОМБІНОВАНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ

Абхарі П. Б., Малій Х. В., Панібратченко Ю. А.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Особливістю технології процесів обробки металів тиском є можливість активного регулювання деформаційних і силових параметрів для запобігання розкриття півматриць. Величину зусиль видавлювання і розкриття півматриць можна також знизити і за рахунок застосування суміщених схем видавлювання.

Метою даного дослідження є аналіз напружено-деформованого стану для визначення зусиль розкриття півматриць з використанням методу скінченних елементів (МСЕ) в середовищі QForm 2D [1].

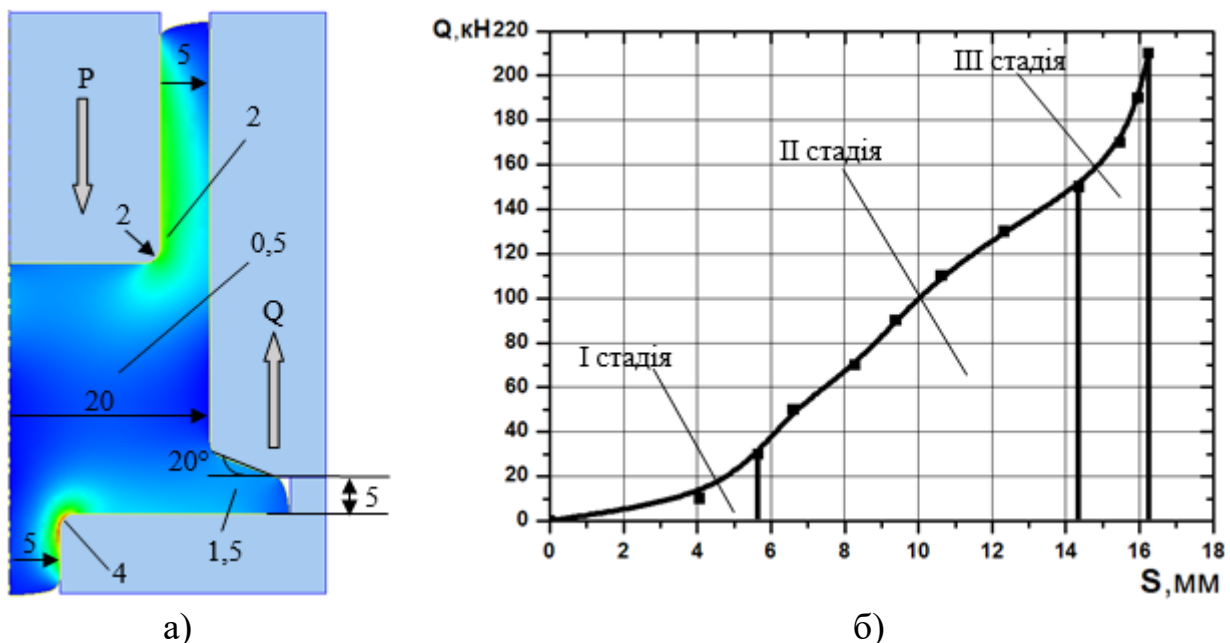


Рис. 1. а) Розподіл інтенсивності деформацій ϵ_i процесу комбінованого видавлювання, P – сили видавлювання, б) графік залежності зусилля розкриття півматриці від ходу пуансона

З розподілу інтенсивності деформації процесу (рис. 1, а) видно, що значення максимальної ϵ_i були отримані біля радіусу заокруглення інструмента з нижнім відростком, а також показана крива залежності зусилля розкриття півматриці від ходу пуансона (рис. 1, б), яка складається з трьох основних стадій. На першій стадії відбувається початкове стиснення і розпресування заготовки; друга стадія - поступове збільшення навантаження і заповнення фланця до моменту дотику торця з бічною поверхнею порожнини матриці. На третій стадії навантаження різко зростає на невеликому ході процесу і відбувається заповнення кутів порожнини матриці.

Література: 1. Abhari Payman. Computer-aided simulation to investigate material flow in combined-radial extrusion / Payman Abhari // International Journal of Engineering Research and Advanced Technology (IJERAT). February 2018. – Volume 4. – Issue 2.– p. 24–28.– ISSN: 2454-6135.– DOI: 10.7324/IJERAT.2018.3187.

МОДЕЛЮВАННЯ СИЛОВОГО РЕЖИМУ ПРОЦЕСУ СУМІЩЕНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ

Абхарі П.Б., Таган Л.В., Мерзлякова О.А.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Класифікацію процесів видавлювання ТОШ в залежності від способу деформування можна побудувати на основі поділу всіх процесів на два класи: - базові або основні прості процеси; - комбіновані, тобто складні процеси, які одержують шляхом об'єднання базових. За основу класифікації базових процесів видавлювання приймемо напрямок руху інструменту і течії металу, співвідношення напрямків докладання зовнішніх сил і вид одержуваних деталей. Радіальне видавлювання характеризується поперечною пластичною течією металу в кругову порожнину, що призводить до утворення осесиметричних деталей з потовщеннями (фланцями) [1].

Метою даного дослідження є формозміна заготовки в процесі суміщеного видавлювання, розподіл інтенсивності деформацій на основі методу скінченних елементів (МСЕ) в середовищі QForm 2D.

Процес поетапної формозміни при суміщеному видавлюванні представлений на рис. 1. Варійованими факторами обрані: відносна висота фланця ($\bar{h} = h/R_1$), відносний внутрішній радіус труби ($\bar{R} = R/R_1$), де: R – радіус внутрішньої бічної поверхні деталі, R_0 – радіус зовнішньої бічної поверхні деталі, R_1 – зовнішній радіус фланця деталі, h – висота фланця, r – радіус заокруглення кромки матриці.

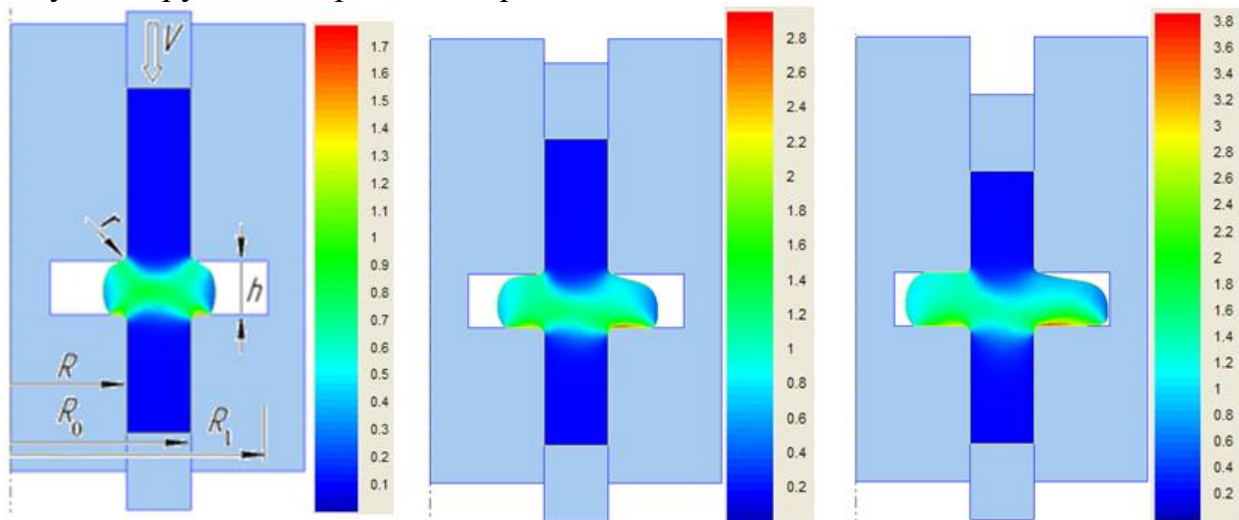


Рис. 1. Розподіл інтенсивності деформацій ϵ_i при суміщеному видавлюванні

Моделювання показує, що осередок деформування зосереджений на частині заготовки, яка безпосередньо деформується, і дорівнює висоті фланця в процесі суміщеного видавлювання.

Література: 1. Abhari Payman. Finite Element Simulation of Flashless Radial Extrusion Process / Payman Abhari, Igramotdin Aliiev // IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering, e-ISSN: 2278-1684, p-ISSN: 2320-334X, Volume 14, Issue 4 Ver. III (Jul. – Aug. 2017), PP 79 – 83, DOI: 10.9790/1684-1404037983.

РОЗРОБКА КІНЕМАТИЧНИХ МОДУЛІВ ДЛЯ ПРОЦЕСІВ ВИДАВЛЮВАННЯ ПРЕЦИЗІЙНИХ ДЕТАЛЕЙ

Алієва Л.І., Корденко М.Ю., Малій Х.В., Таган Л.В.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Точне об'ємне штампування (ТОШ) видавлюванням є ефективним ресурсозберігаючим методом отримання прецизійних деталей з фланцями і відростками різних конфігурацій [1]. На додаток до традиційних і поширених в промисловості способів поздовжнього (прямого і зворотного) видавлювання все більше застосування знаходять і нові способи поперечного (радіального і бокового) видавлювання [2]. Одним з напрямків розширення можливостей і області застосування ресурсозберігаючих процесів ТОШ є підвищення складності конструкції штампованих деталей. До способів деформування, що забезпечує цю вимогу в повній мірі, можна віднести бокове видавлювання, для якого характерна течія металу в поперечному напрямку з заповненням однієї або декількох канальних порожнин роз'ємної матриці [2, 3]. Для способів деформування складних деталей актуальним є отримання розрахункових залежностей, які враховують особливості геометрії деталі.

Для розрахунку технологічних (силових і деформаційних) режимів використовується енергетичний метод верхньої оцінки (МВО), який дозволяє розробити наближені залежності [4]. Модульний підхід в даному методі спрямований на підвищення оперативності аналізу та отримання інженерних залежностей для розрахунку енергосилових параметрів [3]. Для процесів деформування металу в інструментах з криволінійними контактними поверхнями корисні модулі з криволінійними поверхнями розриву [3, 4]. Але розрахункових залежностей для процесів видавлювання, отриманих за допомогою таких модулів, небагато, а деякі рекомендації носять суперечливий характер [4].

При боковому видавлюванні в матрицях з перехідною кромкою, що виконана у вигляді заокруглення, необхідно до тиску безпосередньо бокового видавлювання додати і тиск для обтиснення металу в перехідній кромці матриці з радіусом R_1 , що перевищує 1,0 мм.

Для визначення тиску деформування металу на закругленій перехідній кромці матриці використана аналогія за схемою прямого видавлювання через криволінійну матрицю і побудовано поле та годограф швидкостей для отримання рішення (рис. 1) [3].

Використовуючи значення компонентів кутів α_i і радіусів R_i ліній ковзання, що підставляються у рівняння енергетичного балансу, отримано вираз [5]:

$$\bar{p}_2 = \frac{1}{2F_1H} \left(2\mu \frac{\pi}{2} R_1^2 + 2\beta \cdot \frac{h^2}{4\sin^4 \beta} + R_2^2 \cdot 2\arcsin \frac{1}{2} \sqrt{\frac{(R_1 - f_1)^2 + (R_1 + h)^2}{R_1^2 + F_1^2}} \right) \quad (1)$$

де R_1 – радіус кромки матриці; μ – коефіцієнт контактного тертя; h – висота каналної порожнини.

Мінімізація виразу (1) за параметром β рекомендовано у діапазоні значень витяжки $m = R_1 / h = 0,2 \dots 2,5$ застосовувати $\beta_{opt} = 1,33 - 0,26m$.

Досліджуючи виразу у широкому діапазоні значень технологічних параметрів, встановлена можливість спрощення складної залежності (1) для розрахунку сил тисків деформування шляхом підбору коефіцієнтів апроксимації лінійної залежності :

$$\bar{p}_2 = 1,0 + m \cdot (0,28 + \mu). \quad (2)$$

Рекомендоване значення коефіцієнта тертя $\mu = 0,08$.

Розрахунки показали, що у діапазоні зміни витяжки $m = 0,2 - 2,5$ приведений тиск деформування можна визначити з похибкою 10% за наближеною залежністю (2).

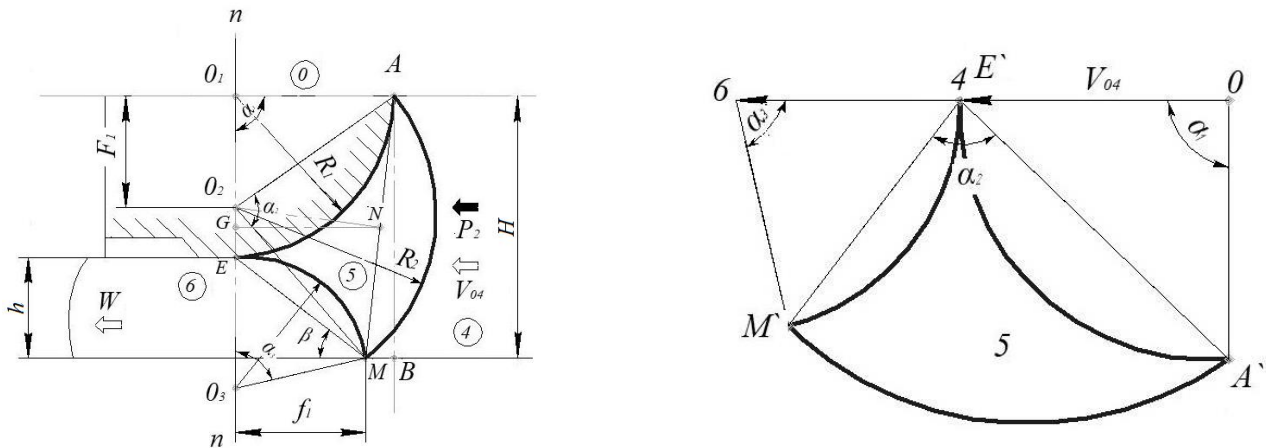


Рис. 1. Кінематично можливе поле і голограф швидкостей при течії металу через заокруглену матрицю

З розглянутим криволінійним модулем для перехідної зони не виникне проблем для вбудування в загальну схему видавлювання, оскільки зрізи в напрямку, перпендикулярному напрямку течії металу, вже враховані у виразі (2).

Література: 1. Дмитриев А. М., Воронцов А. Л. Технологияковки и объемной штамповки. Часть 1. Объемная штамповка выдавливанием: учебник для вузов. Москва: Машиностроение-1. 2005. 500 с.

2. Алиев И. С. Технологические процессы холодного поперечного выдавливания. Кузнечно-штамповочное производство. 1988. 6. С. 1-4.

3. Алиева Л. И. Совершенствование процессов комбинированного выдавливания: монография. Краматорск: ООО «Тираж-51». 2018. 352 с.

4. Алюшин Ю.А., Еленев С.А. Теоретические основы энергетических методов расчета процессов обработки металлов давлением: Учебное пособие. Ростов на Дону: РИСХМ. 1987. 106 с.

5. Алиева Л. И., Титов А.В., Корденко М. Ю. Моделирование процессов поперечного бокового выдавливания. Обработка материалов давлением. Краматорск: ДГМА. 2019. 1 (48). С. 35-44.

ВПЛИВ ВЕЛИЧИНИ КУТА НАХИЛУ ФЛАНЦЯ НА ПИТОМИЙ ТИСК ПРИ ПОСЛІДОВНОМУ КОМБІНОВАНОМУ ПОПЕРЕЧНО-ПРЯМОМУ ВИДАВЛЮВАННІ З РОЗДАЧЕЮ

¹Алієв І.С., ²Левченко В.М., ¹Алієва Л.І., ¹Картамишев О.Д.
(¹ДДМА, м. Краматорськ, Україна, ²ІРЕ НАНУ, м. Харків, Україна)

Послідовне комбіноване поперечно-поздовжнє видавлювання характеризується витіканням металу заготовки в поперечному (переважно у радіальному) напрямку, заповненням поперечної порожнини роз'ємної матриці (з формуванням фланця на цьому етапі процесу) і подальшим розворотом течії в поздовжньому (прямому) напрямку з формуванням порожнистої деталі типу стакану або гільзи з глухим отвором [1–3].

Розрахункова схема процесу послідовного поперечно-прямого видавлювання в загальному варіанті включає центральний трикутний модуль 2, перехідний модуль 3, модуль для фланцевої зони 4 (клиноподібний в перерізі фланець з кутом нахилу φ) і модуль розвороту течії металу 5 (рис. 1).

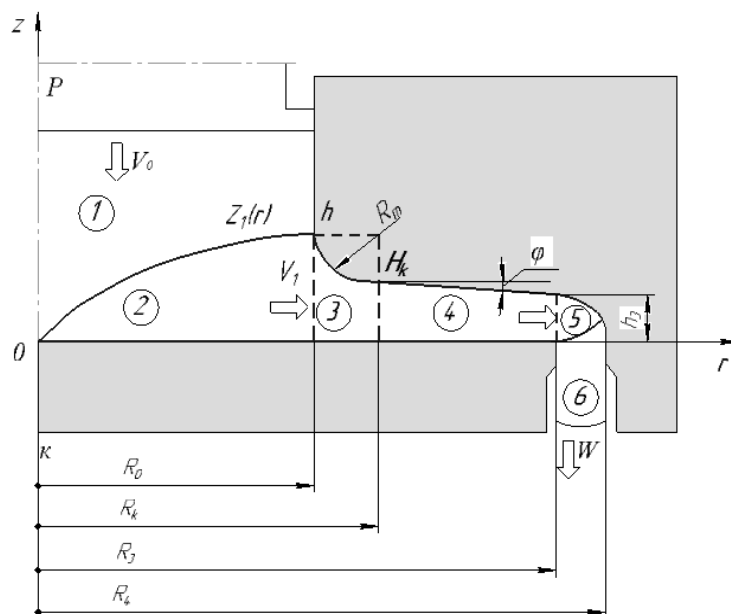


Рис. 1. Розрахункова схема з конічним фланцем для процесу послідовного поперечно-прямого видавлювання порожнистих деталей

Для опису процесу формування фланця змінної товщини використовували модуль трапецеїдального типу [4]. В роботі побудовано математичну модель (1) для зони 4 з урахуванням сил зрізу на бічних поверхнях і сил тертя:

$$\bar{p}_4 = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \left(\ln|\bar{R}_3| + \text{tg}\varphi + \ln\left|\frac{\bar{H}_k}{\bar{h}_3}\right| \cdot \left[1 + \frac{\mu_s}{\text{tg}\varphi} \cdot \left(1 + \frac{1}{\cos^2\varphi} \right) \right] \right). \quad (1)$$

Графіки залежності приведенного тиску \bar{p}_4 (рис. 2, а) показують, що збільшення значення кута φ і коефіцієнта тертя очікувано підвищують силові параметри процесу. Те, що в процесі деформування необхідно долати тертя в двох площинах (зверху і знизу) фланцевої зони, викликає суттєве зростання тиску деформування фланцю з клиновидним перерізом. Збільшення співвідношення R_3/R_k супроводжується плавним зростанням тиску. Для значень співвідношення R_3/R_k до 1,5 рівень тиску деформування, а значить і навантаження на інструмент, знаходиться у допустимих межах (рис. 2, б). Однак, при значеннях відносного радіусу фланцевої зони більших 2,0 приведені тиск досягає до 4,0, що може бути критичним для інструменту (див. рис. 2, б). Особливо це становиться відчутним при кутах φ , що перевищують 5° , коли збільшуються витрати на зріз, а також при погіршених умовах тертя.

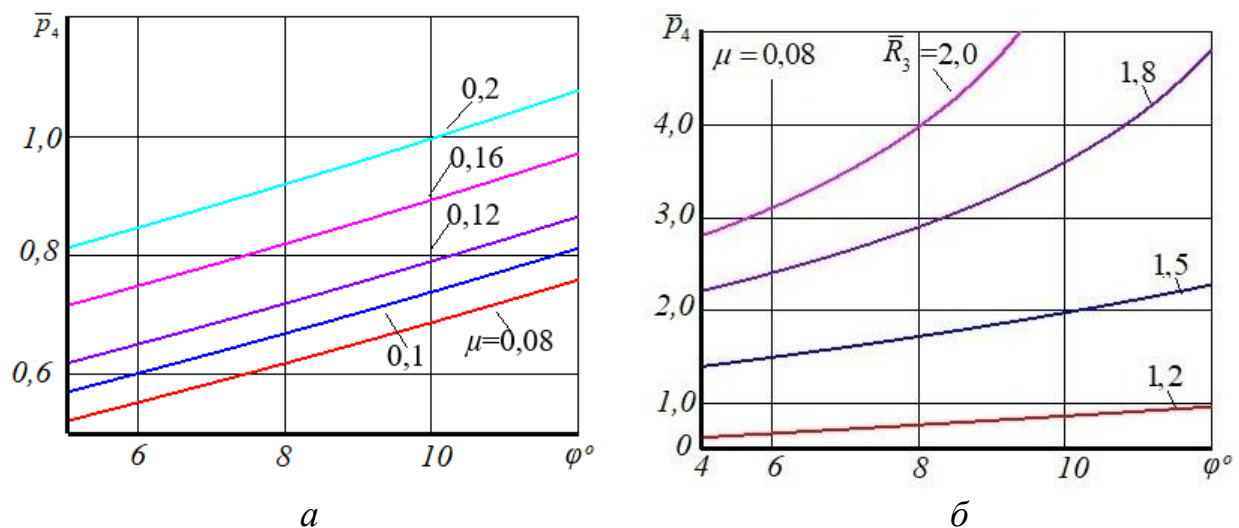


Рис. 2. Графіки залежності приведенного тиску \bar{p}_4 від φ для різних умов тертя ($\mu = 0,08; 0,1; 0,12; 0,16; 0,2; \bar{R}_3=1,2; \bar{H}_k=0,2$) та для різних розмірів фланцю ($\bar{R}_3=1,2; 1,5; 1,8; 2,0; \mu = 0,08; \bar{H}_k = 0,2$)

Література:

1. Liewald M., Felde A. Die Produktanforderungen bestimmen die zukünftigen kompetenzen in der massivumformung—ein situations bericht des Instituts für Umformtechnik. *Internationale Konferenz: Neuere Entwicklungen in der Massivumformung*. 17–18.05.2011. Fellbach. S. 207–244.
2. Алиева Л. И., Жбанков Я. Г. Перспективы развития процессов точной объемной штамповки. *Вісник ДДМА : зб. наук. праць*. Краматорськ : ДДМА, 2008. 1 (11). С. 13–19.
3. Beong Du Ko, Kim Dong Joon, Lee Soo Hyung, Hwang Boeng Bok. The influence of die geometry on the radial extrusion processes. *Journal of Materials Processing Technology*. 2001. 113. P.109–114.
4. Алиева Л. И. Совершенствование процессов комбинированного выдавливания: монография. Краматорск: ООО «Тираж–51». 2018. 352 с.

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗВАРЮВАННЯ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ І РЕМОНТІ ЗВАРНОЛИТИХ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Артьомова С.В.

(АТ «Турбоатом», м. Харків, Україна)

Вдосконалення зварювальних процесів при виробництві енергетичного устаткування можливе на основі оптимізації теплових умов зварювання і термічної обробки. При цьому актуальними завданнями слід вважати встановлення загальних закономірностей впливу теплових умов зварювання на структурний стан і властивості зон з'єднань. В області оптимізації післязварювальної термічної обробки можливе скорочення тривалості високого відпуску аж до його часткової відміни. Завдання може реалізовуватися за рахунок спрямованого регулювання теплових умов зварювання з метою отримання ефекту самовідпуску або вибором оптимального складу швів з метою підвищення їх деформаційної здатності при збереженні достатніх міцних властивостей, що забезпечуються необхідною структурою без термічної обробки. Для забезпечення найбільшої стійкості теплостійкої сталі 12X2M1Л проти крихких руйнувань зварювання конструкцій завтовшки до 200 мм необхідно проводити з підігріванням до 130-180°C і після зварювання робити відпуск при цих же температурах на протязі 12-24 годин. Якість зварних з'єднань можна помітно поліпшити застосуванням способу зварювання модульованим струмом, який за певних умов дозволяє істотно стабілізувати процес горіння дуги і регулювати теплофізичну обстановку в зоні високотемпературного нагріву. Застосування імпульсно-дугового зварювання з підігріванням до 300-350°C дозволяє отримати зварні з'єднання з теплостійких сталей з високим рівнем необхідних властивостей. Порівняльні дослідження структури і властивостей зварних з'єднань із сталі 15X1M1Ф, виконаних ручним зварюванням пульсуючою і стаціонарною дугою, свідчить про те, що метал шва, виконаного стаціонарною дугою, має різко неоднорідну від шару до шару структуру сорбіту відпуску з характерними ферритними облямівками. Метал шва (09X1M1Ф), виконаний пульсуючою дугою, характеризується рівноосною дрібнозернистою структурою ферито-карбидної суміші. Вивчення тривалої міцності і пластичності зварних з'єднань при 565°C показало, що зварні з'єднання, виконані пульсуючою дугою, при близьких рівнях межі тривалого прочищення відрізняються істотно більш високою тривалою пластичністю. Ці ж зварні з'єднання характеризуються більш високою холодостійкістю і деформаційною здатністю. Однопрохідний в щільне оброблення спосіб зварювання дозволяє зменшити тривалість високотемпературного відпуску зварних з'єднань теплостійкої сталі. Обґрунтовується це тим, що цей спосіб зварювання забезпечує мінімальну тривалість високотемпературного нагріву (>AC3) і максимально можливий час перебування металу при подальшому охолодженні в області структурних перетворень в інтервалі 800-500°C. При такій технології зварювання тривалість високого відпуску при 700°C, необхідного для релаксації зварювальної напруженості, можна скоротити до однієї години. При цьому спостерігається

підвищена стійкість проти локального руйнування в навколошовній зоні, зберігається висока циклічна витривалість зварного шва при 565°C, зберігаються тривала міцність і пластичність з'єднань сталі 12Х1МФ з металом шва 09Х1МФ. В якості показника працездатності зварних з'єднань розглядається коефіцієнт механічної неоднорідності, що є відношенням твердості металу шва і твердості основного металу. Так, наприклад, для сталі 12Х1МФ стосовно паропроводів із стінкою завтовшки 20-60 мм цей коефіцієнт не повинен перевищувати величину 1,8. Зниження механічної неоднорідності можна досягти застосуванням технології зварювання з пульсуючим тепловкладенням, при якому створюється ефект самовідпуску. Максимальний ефект досягається при зварюванні однопрохідним способом в щільне оброблення. При багатошаровому заповненні оброблення стику максимальна неоднорідність властивостей досягає значень 2-2,6. На сьогодні для зварювання і ремонту конструкцій з теплостійких сталей рекомендують використовувати зварювальні матеріали, що забезпечують отримання перлітового економно легованого металу шва помірної жароміцності у поєднанні з високою пластичністю. Відомий спосіб багатошарового зварювання металу великої товщини – зварювання поперечною гіркою. Застосування цього способу для низьколегованих сталей має ряд переваг перед іншими способами багатопрохідного електродугового зварювання. Спосіб поперечної гірки без попереднього підігрівання і подальшої термообробки забезпечує сприятливіший для структури і властивостей термічний цикл, чим інші відомі способи електродугового зварювання металу великої товщини, скорочується час перебування металу при температурі вище температури початку інтенсивного зростання зерна, знижується швидкість охолодження в області фазового перетворення і за рахунок імпульсного характеру поширення тепла дуги розпад аустеніту наближається до ізотермічного з утворенням дисперсної структури. Механічні властивості і мікроструктура зварних з'єднань з термозміцнених сталей 10ХСНД і 14Х2ГМР, виконаних способом поперечної гірки без попереднього підігрівання і термообробки, найбільш близькі до структури і властивостей основного металу. При способі поперечної гірки процес первинної кристалізації сповільнюється, з повнішим (чим при звичайному ручному дуговому зварюванні) рафінуванням неметалічних і газових фаз, чому сприяє дещо більший об'єм і форма широкої, але неглибокої зварювальної ванни. Локалізація на гірці потужних тепловкладень зануреної в шлак дуги при струмі в 1,2-1,5 рази більше звичайного через положення ванночки тільки в човник призводить завжди до тривалого автопідігрівання металу гірки до 300-650°C і підвищенню продуктивності наплавлення на 35-15%. При такому автопідігріванні сповільнюються процеси кристалізації і розпад рекристалізації аустеніту, який піддається перетворенню в ізотермічних умовах охолодження. Виключається утворення грубих структур литого металу, перегрівання і гартівних структур. Метал шва і зони термічного впливу без подальшої термообробки отримує підвищені характеристики міцності і пластичності одночасно, що дозволяє у ряді випадків відмовитися від попереднього, супутнього і післязварювального підігрівань.

КРАУДСОРСИНГОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТ ІННОВАЦІЙНОГО МАРКЕТИНГУ

Баркова С.О., Ткаченко В.О.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

У сучасних ринкових умовах для продуктивного функціонування підприємства необхідно відповідати вимогам споживачів, підтримувати імідж, розробляти найбільш якісний продукт, тому найактуальнішим стає питання використання різних ресурсів для пошуку можливих шляхів, визначення напрямів удосконалення діяльності будь-якої компанії. Перспективним напрямом сучасного маркетингу є краудсорсинг, який ґрунтується на генеруванні нових ідей і рішень, здатних за невеликий час і без суттєвих витрат, шляхом залучення широкого кола фахівців.

Основою для упровадження краудсорсингу є віртуальні спільноти, платформи та інтернет-майданчики, що забезпечують їх функціонування. Ці платформи спеціалізуються на різних видах краудсорсингу, а підприємство може скористатися їх послугами для вирішення поставлених інноваційних задач [1].

На сучасному етапі маркетингові технології перебувають у стадії якісних змін і саме краудсорсинг дав поштовх до розвитку інших понять пов'язаних з застосуванням крауд-технології. [2].

В Україні зростає тенденція до використання краудсорсингу, і через декілька років така технологія стане буденним явищем. Яскравим прикладом в Україні є енергетична компанія ДТЕК, яка розгортає пошук інноваційних рішень на міжнародній краудсорсинговій платформі InnoCentive (США). Найчастіше краудсорсинг запускають як «препарат місцевої дії» з метою інноваційного розвитку в сегменті B2C. Нажаль, для промислових підприємств України краудсорсинг відносно новий інструмент, але через декілька років він швидко займе своє місце як ефективний засіб досягнення цілей.

Отже, краудсорсинг можна розглядати як відкриті інновації, використання потенціалу широкого загалу для отримання свіжих ідей, дієвих методів та технологій. Швидке запровадження такої маркетингової моделі як краудсорсинг, говорить про ефективність даного методу для рішення трудомістких і ресурсовитратних бізнес-завдань, розроблення нових ідей та отримання прямого фідбека від клієнтів.

Література:

1. Хау Дж. Краудсорсинг. Коллективный разум как инструмент развития бизнеса / Дж. Хау ; пер. с англ. — М. : Альпина Паблишер, 2012. — 288 с.
2. Полторак К. А., Зозульов О. В. Застосування крауд-технологій в маркетинговій діяльності підприємств. URL : <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/11872/1/66.pdf> (дата звернення : 18.05.21).

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ РОЗРАХУНКУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ЗМІЦНЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ЗЕМЛЕРИЙНОЇ ТЕХНІКИ

Бережна О.В., Малигіна С.В.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Можливості підвищення продуктивності і терміну служби обладнання землерийної та дорожньої техніки, визначаються експлуатаційною стійкістю деталей, що піддаються в процесі роботи зношуванню та низька експлуатаційна стійкість яких призводить до передчасного виходу машин з ладу, зниження їх функціональних якостей. Економічний збиток від зношування елементів машин, механізмів, інструментів не обмежується вартістю безворотніх витрат металу, а носить лавинний характер. Для зміцнення і підвищення ресурсу роботи швидкозношуваних вузлів землерийних та дорожніх машин широке застосування знаходять електроконтактні способи нанесення покриттів, що характеризуються короткочасністю термічного впливу при протіканні миттєвих електричних імпульсів з одночасним механічним впливом. Швидкоплинність протікання процесів електроконтактного нанесення функціональних покриттів вимагає розробки програмних засобів на основі вдосконаленої математичної моделі напружено-деформованого стану матеріалу покриття в зоні наплавлення з коректним урахуванням поточних розподілів теплових характеристик вздовж зони наплавлення. Це дозволить з достатньо високою точністю прогнозувати вплив вибору технологічних параметрів процесу зміцнення на конкретні якісні показники формування функціонального покриття на поверхні робочих органів землерийних машин. Під час розрахунку локальних характеристик напружено-деформованого стану у рамках зон пластичного змінення електродного матеріалу шляхом числового інтегрування виконували визначення зусилля на роликую-електроді та моментів на деталі і на роликую-електроді. Моделювання теплового стану електродного матеріалу в термодформаційному осередку при електроконтактному наварюванні проводили згідно з теорією теплопровідності. Знаючи розподіл температурних полів вздовж електродного матеріалу в термодформаційному осередку, поточної товщини електродної стрічки і часу протікання імпульсу струму, одержано залежність для визначення необхідної сили струму. Представлена сукупність аналітичних описів складала повний алгоритм з числового одномірного математичного моделювання процесу електроконтактного наплавлення деталей, на основі якого розроблені програмні засоби для розрахунку основних енергосилових параметрів процесу. В ході дослідження визначено інтегральні характеристики процесу електроконтактного наплавлення. Особливістю запропонованої математичної моделі та розробленого програмного комплексу є коректне урахування розподілу теплових характеристик електродного матеріалу вздовж термодформаційного осередку, що відіграє важливу роль у формуванні з'єднання в процесі наплавлення. З практичної точки зору результати автоматизованого проектування технологічних режимів електроконтактного наплавлення дозволяють визначити всі вихідні параметри процесу для одержання заданої товщини наплавленого на поверхні деталі шару.

НАПРЯМИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ВЕЛИКИХ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ЕКОНОМІЧНОЇ КРИЗИ

Бившева Л.О., Зоріна Р.Р.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

В економічно розвинутих країнах перед кожним великим підприємством стоїть задача технічного переозброєння, якщо підприємство не буде закупати нове обладнання, використовувати нові технології, воно просто не зможе конкурувати на світовому ринку.

Метою роботи є розробка напрямків підвищення ефективності інвестиційної діяльності підприємств машинобудівної галузі.

Для фінансування інвестиційної діяльності підприємства використовують як свої, так і запозичені кошти, це може бути кредитні ресурси або кошти залучені за допомогою емісії акцій та облігацій. Вітчизняні підприємства сьогодні приділяють недостатньо уваги проблемам інвестиційної і інноваційної діяльності. Причин цього декілька, в першу чергу брак коштів і великі кредитні відсотки, які пропонують вітчизняні комерційні банківські установи. По-друге, нестабільна політична ситуація, бойові дії у Донецькому і Луганському регіоні, що збільшує загрози не тільки фінансових втрат, а й повної втрати бізнесу. По-третє, наслідки пандемії коронавірусної інфекції і невизначеність обсягів подальшого світового попиту на продукцію не дають можливості для проведення повноцінної інвестиційної політики підприємствами.

Світовий досвід розвитку промислових підприємств доводить необхідність постійної державної підтримки в реалізації інноваційних проектів, яка полягає в створенні сприятливого інвестиційного клімату. Для більш ефективної роботи для підприємств машинобудівної галузі, актуальним є розвиток внутрішнього ринку, поліпшення інвестиційного клімату і підвищення конкурентоспроможності українських машинобудівників на світовому ринку. Основними напрямками створення в Україні сприятливого інвестиційного клімату є: проведення політики протекціонізму, захист вітчизняного виробника від імпорту продукції, аналоги якої виробляються в Україні; проведення політики дешевого кредитування для проведення технічного переозброєння підприємства; державна підтримка підприємств, які здійснюють інноваційний шлях розвитку; спрощення порядку і процедури одержання дозвільної документації на реалізацію інноваційно-інвестиційних проектів у машинобудуванні.

Підтримавши промисловців сьогодні, держава забезпечить завтра гарантовані податкові надходження, створення нових робочих місць, високий статус України на міжнародному рівні.

Література: 1. Україна у цифрах 2019. Статистичний збірник 2020. Київ. Державна служба статистики України: веб-сайт. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2020/zb/07/zb_Ukraine%20in%20figures_u.pdf 2.

МАРКЕТИНГОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ В УПРАВЛІННІ МАШИНОБУДІВНИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ

Болотіна Є.В.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Багаторічний досвід машинобудівних підприємств у країнах із розвинутою економікою засвідчує те, що цьому сприяє використання маркетингових досліджень. Вітчизняні машинобудівні підприємства не проводять маркетингових досліджень у тих масштабах, яких вимагає ринковий інструментарій [1]. Зростання ролі маркетингових досліджень в управлінні підприємствами зв'язане з об'єктивними тенденціями посилення конкуренції, лібералізації економічних зв'язків, підвищення вибірковості споживачів.

Метою роботи є актуалізація комплексного підходу до маркетингових досліджень, зв'язаних із кінцевим результатом діяльності підприємства.

Для машинобудівних підприємств в умовах системної кризи віднайти споживача та реалізувати власну продукцію є нагальними проблемами. Причин цьому є досить багато, зокрема повільне впровадження маркетингових досліджень, недостатня робота служб маркетингу та недосконала організація маркетингу на окремих підприємствах машинобудування [2]. Результатом проведених маркетингових досліджень є інформація, на підставі якої ухвалюється управлінське рішення, що є основою для подальшої реалізації та отримання кінцевого результату (рис. 1) [3].

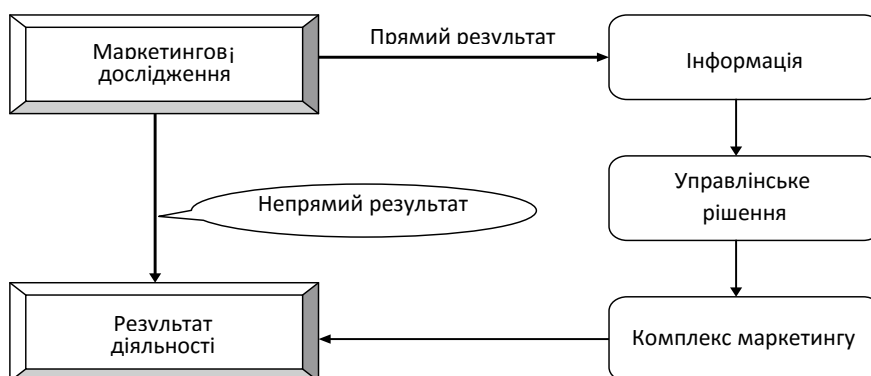


Рис. 1. – Взаємозв'язок маркетингових досліджень та результатів діяльності [3].

Сучасна система управління вимагає впровадження нової організації і техніки роботи його підрозділів, служб, окремих посадових осіб, їх спеціалізації, взаємозв'язку і співпідпорядкованості.

Література: 1. Романенко В.А. Концептуальні підходи до розвитку машинобудування в Україні. *Проблеми науки*. 20012. №9. С. 28-31. 2. Малхорти Н.К. Маркетинговые исследования: практическое руководство. Мн., 2003. 960с. 3. Савченко С.М. Конкурентоспроможність українського машинобудівного комплексу на зовнішніх та внутрішніх ринках. *Проблеми підвищення ефективності інфраструктури*. 2011. №29. С.20-29.

МАРКЕТИНГ ТЕРИТОРІЙ В СИСТЕМІ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНІВ

Бурцева О.Є.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Досліджуючи етимологію терміну «території» можна дістати висновок про те, що у її сутності присутні елементи маркетингу, які дозволяють визначити територію як об'єкт просування складного продукту, який містить в собі взаємопов'язані між собою соціально-економічні, просторово-географічні, історичні та культурні характеристики. Особливістю території є той факт, що вона є не тільки носієм природно-ресурсного потенціалу та матеріально-речовинних об'єктів, а ще й місцем проживання та ведення діяльності людини. Звідси витікає формування та існування на території комплексу різних форм соціально-економічних відносин. Тому, в економічній літературі територія розглядається як особливий вид природних ресурсів - узагальнюючий ресурс, який містить елементи економічної системи, що використовуються в процесі споживання та на якому формується територіальний продукт.

Територіальний продукт, будучи комплексним поняттям, включає в себе: конкретні характеристики і ресурси території; конкретне місце, де людина отримує і витрачає доходи; систему управління територією.

У зв'язку з цим, територіальний продукт, що сприймається індивідом або суспільством як об'єкт економічних і соціальних інтересів можна уявити і як узагальнюючий ресурс територій, що схематично зображено на рис. 1.

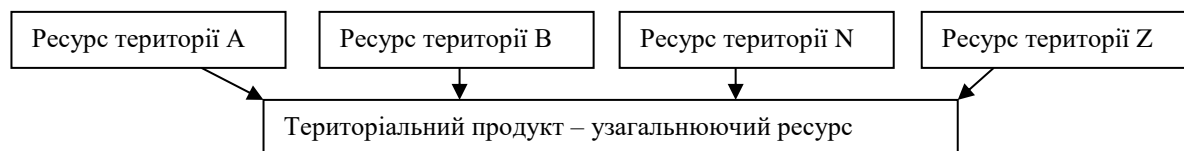


Рис. 1. Формування територіального продукту як узагальнюючого ресурсу

Для дослідження маркетингу територій в системі соціально-економічного розвитку території необхідно вивчити не тільки територію з позиції ресурсної складової, а й зрозуміти економічну сутність і основу дефініцій «регіон», «територіальне утворення» що і актуалізує подальші дослідження даного питання.

Література: 1. Дробязко І. М. Територіальний маркетинг як механізм підвищення ефективності діяльності органів місцевого самоврядування. *Теорія та практика державного управління* : зб. наук. пр. Х. : Вид-во ХарПІ НАДУ “Магістр”, 2008. Вип. 2 (21). С. 149–153. 2. Ільченко Н. В. Концепція участі та методи залучення населення до розвитку територіальної громади. *Державне управління : удосконалення та розвиток*. – 2010. – №7. – Режим доступу до журналу : URL://www.dy.nayka.com.ua. 3. Васильченко Г. Паспорт громади як аналітична інформація для управління розвитком території. *Економічний аналіз*. 2010. В. 6. С. 392 -395.

ФОРМУВАННЯ ІННОВАЦІЙНО-ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ПРИВАБЛИВОСТІ ПОСТКОНФЛІКТНИХ ТЕРИТОРІЙ

Бурцева О.Є., Афоніна С.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Інвестиційно-інноваційні процеси є головними та визначальними факторами сталого економічного росту. Необхідність дослідження цих процесів набуває особливої актуальності в умовах невирішеного збройного конфлікту тому, що вони спрямовані на забезпеченні сталого розвитку держави, а також можливостей підвищення інвестиційного та макроекономічного потенціалу країни в цілому.

Для оцінки стану держави варто розглянути декілька критеріїв: розмір прямих іноземних інвестицій; розмір прямих капітальних інвестицій за джерелами фінансування; динаміка та структура фінансування інноваційної діяльності промислових підприємств; індикатори інвестиційної привабливості регіонів; основні економічні показники країни [1].

Якщо регіони характеризуються низьким рівнем інноваційної сприйнятливості та інвестиційної привабливості, то вони потребують розроблення стратегічних заходів для підвищення інвестиційної привабливості, формування інноваційної інфраструктури та розвитку людського потенціалу.

Зазвичай постконфліктний період – це період, коли масштаб військових дій знизився до рівня, що дозволяє почати роботу з реінтеграції та відновлення. Постконфліктний період характеризується: переосмисленням своїх і чужих інтересів; оцінкою політичного та соціально-економічного збитку; можливою зміною лідерів обох сторін; ліквідацією основних видів напруженості [3].

У цих умовах держава повинна активно підтримувати та стимулювати здійснення інноваційно-інвестиційної діяльності, насамперед у галузях національної економіки, визначених пріоритетними.

У зв'язку з цим, економічне відновлення територій, що постраждали від збройних конфліктів, є довгим та кропітким процесом. Міжнародний досвід засвідчує, що стратегія сталого відновлення потребує значних інвестиційних та інноваційних ресурсів [2].

Ураховуючи усі труднощі та проаналізувавши головні макроекономічні показники, влада розробляє проекти, що найближчим часом покращать стан держави у глобальному вимірі.

Література :1. Державна стратегія регіонального розвитку на період до 2015 року: Постанова КМУ від 21 липня 2006 р. № 1001 [Електронний ресурс]. – URL: <http://www.kmu.gov.ua/control>. **2.** Сухоруков А. Проблеми підвищення інвестиційної активності регіонів / А. Сухоруков. – URL: <http://www.niisp.gov.ua/articles/66/> **3.** Баронін А. Як військові конфлікти впливають на економіку. URL: <https://mind.ua/openmind/20173685-yak-vijskovi-konflikti-vplivayut-na-ekonomiku>.

ОПІР ВТОМІ ЗВАРНИХ БАЗОВИХ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛООБРОБНИХ ВЕРСТАТІВ

Васильченко Я.В., Малигін М.О.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

В процесі експлуатації зварних базових деталей верстатів утворюється неоднорідний напружений стан металу. Це пов'язане з наявністю різних концентраторів напружень. Наприклад, вирізів для забезпечення технологічного процесу виробництва продукції, приварених елементів для надання просторової жорсткості конструкції. Такі концентратори напружень як приварені елементи у вигляді з'єднувальних листових пластин, розташованих перпендикулярно до стінок станини, утворюють несприятливий розподіл розтягуючих напружень. Після певного періоду часу роботи це може привести до ушкоджень у вигляді тріщин різної величини. Виникнення тріщин залежить від багатьох факторів. Одним з них є циклічність дії напружень, викликана нестационарним режимом роботи верстату через пуски та зупинки, коливання зусиль до оброблюваної деталі та інше. Більше уваги у зв'язку з цим приділяється проблемі забезпечення надійності роботи зварних та зварено-литих станів. Розробляються заходи, що попереджають виникнення тріщин, та регламентується своєчасне ремонтних робіт з усунення ушкоджень металу, які з'явилися. До задачі даного дослідження входила оцінка опору втомі зварено-литої базової металоконструкції при різних технологіях приварювання з'єднувальних елементів.

Випробування зразків на втому проводили при змінному вигині в одній площині за симетричним циклом. Досліджуваний зразок 1 разом із закріпленими на його кінцях маятниками 2 встановлений на пружинах 3 так, що представляє собою вільну систему, здатну коливатися в горизонтальній площині (рис. 1). Ці коливання збуджуються інерційним вібратором 4, що приводиться до обертання електродвигуном 5 з регульованим числом обертань. Навантаження зразків необхідними при випробуванні змінними навантаженнями виконується за відповідними їм деформаціями, які визначаються з графіку «зусилля – деформація», що одержується в результаті попереднього тарування зразка. При таруванні визначається залежність між напруженням у зразку та його деформацією, а при випробуваннях вимірюється амплітуда деформацій. Під час випробувань величина деформації підтримується постійною, відповідною до заданого напруження у зразку. Середня частота навантаження відповідала 1100-1300 хв⁻¹.

Опір втомі визначали на спеціальних зразках, конструкцію яких було обрано таким чином, щоб у максимальному ступені імітувати умови приварювання з'єднувальних елементів базових деталей верстатного обладнання. Для проведення порівняльного оцінювання технології зварювання з'єднувальних елементів були виготовлені дві серії по п'ять однотипних зразків у кожній. Зварені зразки представляли комбінацію зі сталевого лиття та прокату.

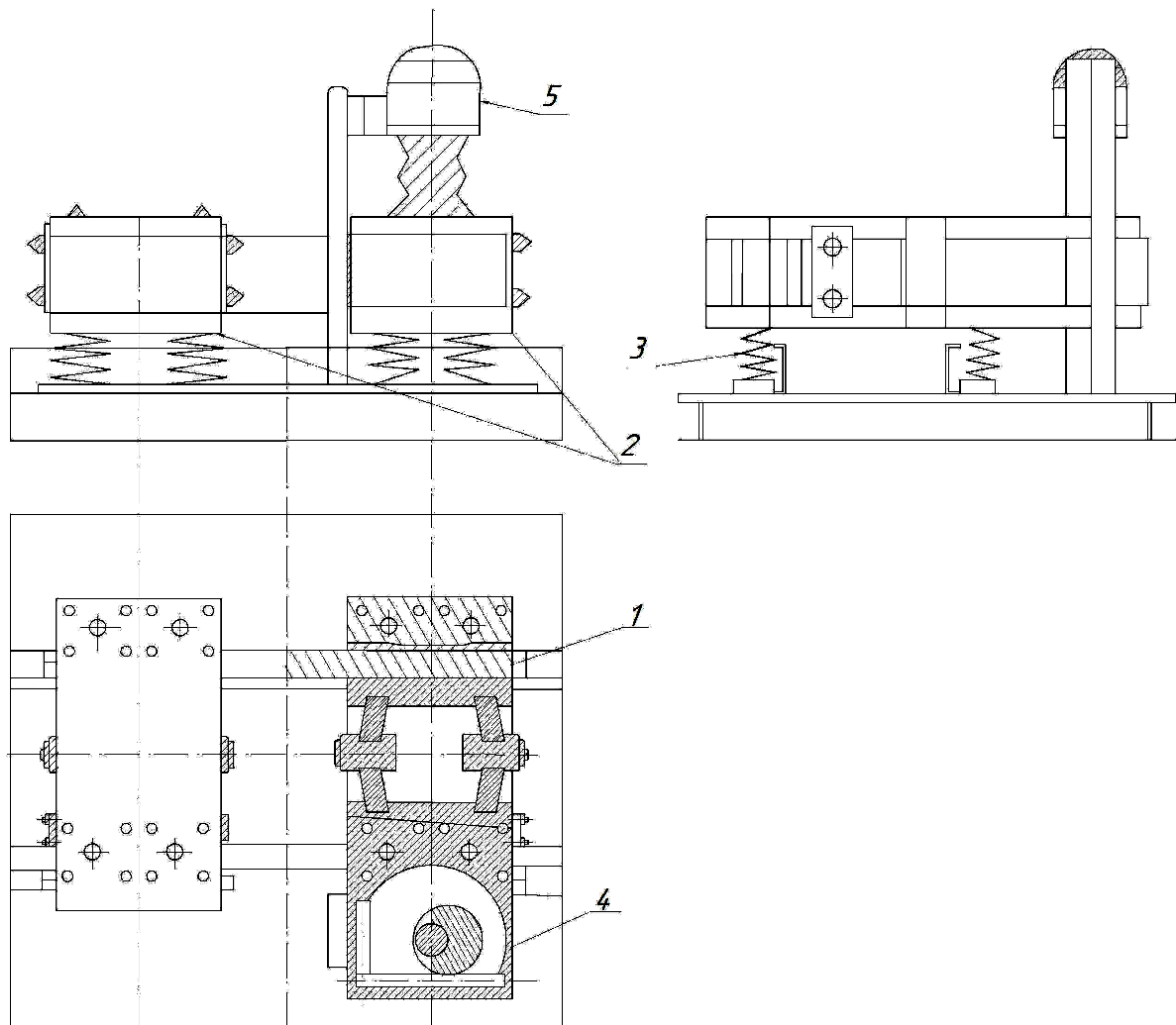


Рис. 1 Машина для випробування зразків на втому

Зварювання здійснювали з попереднім підігрівом двома кільцевими індукторами, які одягали на зразок. Відстань між ними, а, отже, і ширина прогрітого металу дорівнювала 250-300мм.

Для забезпечення більш жорстких умов зварювання зразків та максимального наближення умов утворення в них зварювальних напружень та деформацій до умов зварювання натурних зварних з'єднань приймали заходи для забезпечення щільного прилягання зварюваних крайок. У першій серії зварювання з'єднувального елемента здійснювали одностороннім швом. У другій серії – двостороннім швом, при цьому з одного боку передбачалася розділка крайки під кутом 45° . Встановлено, що спосіб приварювання з'єднувальних елементів не робить істотного впливу на втомну міцність. За величиною утворюваної концентрації напружень одно- та двосторонні шви є рівноцінними і відрізняються не більше, ніж на 1,5-3,2%. При зварюванні одностороннім швом місце зламу знаходиться під з'єднувальним елементом біля кореня шва. Такі тріщини при контрольних оглядах важко виявити. У зразків з двостороннім швом місце зламу знаходиться вздовж зони сплавлення з основним металом. Цей технологічний варіант є більш сприятливим, оскільки у випадку виникнення тріщин їх легше виявити та усунути.

ПОВЫШЕНИЕ СЛУЖЕБНЫХ СВОЙСТВ НИЗКОЛЕГИРОВАННОЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СТАЛИ ШХ15СГ

¹Виноградов Л.В., ¹Антипов В.И., ¹Колмаков А.Г., ¹Баннх И.О.,

¹Мухина Ю.Э., ¹Баранов Е.Е., ²Хейфец М.Л.

(¹ИМЕТ РАН, г. Москва, Россия, ²ИПФ НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь)

Низколегированные инструментальные стали обладают низкой теплостойкостью, что, однако, в ряде случаев может играть положительную роль. Так в изделиях, работающих в тяжелых температурно-силовых условиях, например, в просечных матрицах, формирующих шестигранную головку болтов М6, М8, М10, в режущей кромке возникают большие по величине знакопеременные цикловые нагрузки и материал матриц претерпевает существенный разогрев. В проведенном исследовании для изготовления просечных матриц использовали штамповую сталью карбидного класса ДИ-22, износостойкие стали ледебуритного класса 160Х12М и Р18, а также низколегированную сталь перлитного класса ШХ15СГ. Матрицы из этих сталей были термообработаны по режимам, обеспечивающим максимально возможную вязкость металла. На образцах из стали ШХ15СГ проводили измерение температуры, до которой разогревается режущая кромка матриц в процессе работы. Установлено, что при нагреве материала до ~ 410 °С происходит снижение твердости с 59,0–59,5 HRC до 49–50 HRC. У образцов из теплоустойчивых сталей ДИ-22, 160Х12М и Р18 снижение твердости материала наблюдалось при более высоких температурах – 550–600 °С. Заметное отличие в температурах, при которых наступает снижение твердости материала, обусловлено различным характером износа режущей кромки. Если у матрицы из стали ШХ15СГ в процессе работы наблюдается смятие режущей кромки, то у матриц из сталей ДИ-22, 160Х12М и Р18 происходит ее выкрашивание. По-видимому, по сравнению со смятием при выкрашивании режущей кромки усилия в очаге резания возрастают в большей степени, что приводит к

повышению уровня нагрева. Снижение твердости закаленной стали ШХ15СГ при нагреве (отпуске) сопровождается ростом пластичности и вязкости. Данное обстоятельство исключает выкрашивание режущей кромки матриц и увеличивает их работоспособность. Значительный рост продолжительности работы просечных матриц из стали ШХ15СГ, связан с процессами, протекающим в материале матриц при их эксплуатации. Обнаруженное явление можно отнести к разряду самоупрочнения материала изделий при их эксплуатации, по аналогии со сталью Гадфильда (Г13), которая претерпевает интенсивное упрочнение под воздействием ударных нагрузок. Наблюдаемое у стали ШХ15СГ в процессе работы некоторое снижение твердости в сочетании с высокой технологической пластичностью материала, даёт основание для использования более дешёвой технологии изготовления просечных матриц посредством замены процесса прошивания первичного отверстия в заготовках с горячего на холодный.

Таким образом, выявлено, что в процессе работы просечных матриц из сталей ДИ-22, 160Х12М и Р18, используемых для формирования шестигранных головок болтов, происходит выкрашивание режущей кромки при одновременном ее разогреве до температур 550–600 °С. В случае изготовления матриц из дешевой, низколегированной стали ШХ15СГ разогрев режущей кромки происходит при температурах ~ 410 °С и сопровождается некоторым снижением твердости при одновременном росте пластичности и вязкости металла. Возникающее сочетание физико-механических свойств материала исключает выкрашивание режущей кромки матрицы, заметно увеличивая продолжительность её работы.

Со стороны ИМЕТ РАН работа выполнена в рамках государственного задания № 075-00328-21-00.

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ЛОГІСТИКИ ТА МАРКЕТИНГУ ПРИ ПЛАНУВАННІ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

Володченко В.В., Кочерова К.А.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

При плануванні діяльності підприємства найбільш істотний взаємозв'язок у логістики з маркетингом. Виділимо наступні завдання, які вирішуються на виробничому підприємстві службою маркетингу:

1. Аналіз навколишнього середовища і ринкові дослідження.
2. Аналіз споживачів.
3. Планування товару, визначення асортиментної спеціалізації виробництва.
4. Планування послуг, оптимізація ринкової поведінки по найвигіднішому збуту послуг.

Якщо перші два завдання можуть вирішуватися службою маркетингу без участі служби логістики, то завдання третя і четверта повинні вирішуватися сумісно. Припустимо, служба маркетингу обґрунтувала необхідність випуску нового виду продукції. Тоді завданням служби логістики буде забезпечення виробництва сировиною, управління запасами, транспортування, причому всі в розрізі нового виду продукції.

Вирішуючи четверту завдання, маркетинг визначає для фізичного розподілу суворі рамки вимог логістичного сервісу. Виконуються ці вимоги системою логістики. Таким чином, логістику можна розглядати як інструмент реалізації стратегії маркетингу.

Відносно маркетингу логістика дозволяє більш успішно координувати різні фактори в широкому виробничо-галузевому діапазоні, територіально-географічному районі в умовах динамічності соціально-економічної сфери [1]. Системи обробки замовлень, доставки і в цілому логістичного сервісу в різних сегментах ринку можуть значно відрізнятися як за вимогами, так і за визначальним параметрам. Застосування логістичної концепції дозволяє певним чином стандартизувати і задовольнити динамічні потреби по окремих сегментах. Маркетинг відстежує і визначає попит, що виник, тобто відповідає на питання:

- який товар потрібен?
- де?
- коли?
- в якій кількості?
- якої якості?
- за якою ціною?
- кому?

Логістика забезпечує фізичне просування затребуваною товарної маси до споживача. Логістична інтеграція дозволяє здійснити поставку необхідного

товару в потрібне місце, в потрібний час з мінімальними витратами, тобто забезпечує виконання «Шести правил логістики» [2]:

1. Вантаж - потрібний товар.
2. Якість - необхідної якості.
3. Кількість - в необхідній кількості.
4. Час - повинен бути доставлений в потрібний час.
5. Місце - в потрібне місце.
6. Витрати - з мінімальними витратами.

Сучасна концепція маркетингу виділяє чотири основні комплексні функції:

1. Розробку і планування асортименту продукції.
2. Управління інформаційними потоками.
3. Організацію руху товару і продажів.
4. Рекламу і стимулювання збуту.

Виконання цих функцій може бути в повній мірі і ефективно реалізовано за участю служби логістики. Розглянемо кожен функцію більш детально.

Ухвалення маркетингового рішення про випуск нового виду продукції в реальних умовах, як правило, викликає непередбачені витрати по купівлях, доставки, зберігання і попередньої переробки матеріально-технічних ресурсів, їх подальшого використання у виробничому процесі, а потім у фізичному розподілі, підготовці і доставці продукції споживачам.

Друга функція задає параметри логістичної системи і маркетингової стратегії. Організація ефективного управління інформаційними потоками, створення сучасної системи інформаційного забезпечення є найважливішим проявом логістики.

Третя функція пов'язана з логістикою найтісніше. Якщо не налагоджено прийнятне транспортно-експедиційне обслуговування споживачів і торговельних посередників, то всі маркетингові дослідження і подальша робота маркетологів з просування на ринок товарної продукції, а також виробників за її виготовленням можуть бути марними. Неякісне виконання договірних зобов'язань по поставкам може спричинити за собою різноманітність штрафні санкції.

Четверта функція також передбачає взаємодію з логістикою. Ще більш збільшує стимулюючу роль логістики в маркетингу розширення комплексу логістичних послуг. Немає кращої реклами для виробника, як імідж відповідального та надійного постачальника. Надійність партнера в бізнесі завжди цінується дуже високо.

Таким чином, можна зробити висновок, що логістика і маркетинг представляють собою дві рівноправні концепції з єдиним полем функціональних додатків, єдиними кінцевими цілями.

Література:

1. Голіков Є.О. Маркетинг і логістика / Є.О. Голіков. – М.: Дашков і Ко, 2009. – 412 с.
2. Біловодська О.А. Маркетингова політика розподілу / О.А. Біловодська. – К.:Знання, 2011. – 495 с.

ВИКОРИСТАННЯ БІЗНЕС-МОДЕЛІ CANVAS В СТВОРЕННІ ІННОВАЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ

Володченко В.В., Панькіна Г.М.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Авторами, творцями бізнес-моделі Canvas у 2008 році стали: Олександр Остервальдер – швейцарський бізнес-теоретик та Ів Пін'є – бельгійський вчений і професор інформаційних систем управління.

При створенні інноваційних проектів можна використовувати різні варіанти моделей [1]. Відмінність Business Model Canvas від Lean Canvas, в тому, що Lean Canvas орієнтований на створення і запуск доведеного нового продукту, а Business Model Canvas конкретизує більш-менш усталену бізнес-модель для існуючого продукту для аналізу і пошуку можливості для зростання. Тому для розглянемо модель Lean Canvas.

Lean Canvas - шаблон для опису моделі ідеї / бізнесу / стартапу на верхньому рівні, коли поки є тільки концепт і переконаність в тому, що це інноваційна ідея [2].

Lean Canvas методологічно передбачає певну послідовність заповнення, за фактом при заповненні як би пишеться "образ" продукту.

Отже, правильна послідовність заповнення Lean Canvas [3]:

1. Проблема - 1-3 основні проблеми, які ви намагаєтесь вирішити
2. Сегменти споживачів - ваші цільові сегменти споживачів
3. Унікальність ціннісної пропозиції - просте, коротке і зрозуміле пояснення того, чому ви краще за інших і чому на вас варто звернути увагу (= слоган)
4. Рішення - можливі рішення для кожної з описаних раніше проблем
5. Канали - свій шлях до клієнта (як він про вас дізнається?)
6. Потіки виручки - свої джерела виручки і моделі роботи
7. Структура витрат - постійні та змінні витрати, наприклад, вартість розробки, вартість залучення клієнтів, хостинг і т.д.
8. Ключові метрики - як ви будете вимірювати прогрес і результати?
9. Приховане перевага - що у вас є такого, що не можна легко скопіювати або купити?

Зрозуміло, що розділи повинні бути конкретними, корелювати між собою. Lean Canvas (втім, як і будь-який інший Canvas) не робиться "один раз і назавжди", це живий документ, який періодично змінюється при зміні бізнесу, зовнішніх умов і ін., і відображає поточну реальність.

Література:

1. Остервальдер А. Створюємо бізнес-модель. Новаторські ідеї для всіх і кожного/ А. Остервальдер, І. Пін'є. К.: Наш формат, 2017. – 288 с
2. Офіційна сторінка Strategyzer. [Електронний ресурс]:– URL: <http://businessmodelgeneration.com/canvas>
3. Презентація «Канва бізнес-моделі». [Електронний ресурс]:– URL: <http://www.slideshare.net/AKarlovs/6266410>

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ВІТЧИЗНЯНОЇ МАШИНОБУДІВНОЇ ГАЛУЗІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

Волошина О.О., Мірошніченко А.С.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Машинобудівна галузь є однією з базових галузей економіки будь-якої країни. Практично кожна країна намагається розвивати цю галузь, тому що вона є фундаментом побудови всієї економіки. Машинобудування займає перше місце у структурі промисловості світу, так згідно з даними Світового Банку на нього приходиться 35% від усієї виробленої продукції [1], на підприємствах галузі працює близько 80 млн. осіб.

Мета роботи провести аналіз вітчизняного сектору машинобудування, визначити перспективи його розвитку

Слід відзначити, що чим більше розвинута економіка, тим більше доля машинобудування в загальному обсязі виробництва. Так, згідно з даними Інституту економічних досліджень та політичних консультацій в країнах з розвинутою економікою доля машинобудування складає 32-38% вартості загального виробництва, у країнах з транзитивною економікою ця доля зменшуються до 20-25%, у нових індустріальних країнах (країнах з високими темпами зростання) 15-25% [2]. В Україні сектор машинобудування виробляє лише 3,5 % ВВП, його вклад у виробництво країни дорівнює 44,6 млрд. дол.

Для вирішення проблем вітчизняної машинобудівної галузі сьогодні необхідно впровадження цілого комплексу заходів, який буде включати в собі наступні напрямки: технічне переозброєння підприємств галузі, яке буде включати покупку нового обладнання і модернізацію старого; розробка системи жорстких умов до продукції, яка йде на експорт; розробка програми стимулювання вітчизняного високо технологічного машинобудування; скорочення витрат виробництва за рахунок втілення досягнень науково технічного процесу; створення ринку робочої сили і системи стимулів для заохочення високо кваліфікованих робітників залишатися в країні; проведення комплексного аналізу світових ринків збуту машинобудівної продукції.

Ситуація, яка сьогодні склалася у вітчизняному секторі машинобудування потребує від власників підприємств нових методів вирішення поставлених задач.

Література:

1. Машинобудування світу. The world bank: веб-сайт. URL: <https://www.worldbank.org/uk/country/ukraine> (дата звернення: 25.03.2021)
2. Сектор машинобудування в Україні: стратегічні альтернативи і короткострокові заходи з огляду на припинення торгівлі з Росією. Інститут економічних досліджень та політичних консультацій. Німецька консультативна група: веб-сайт. URL: http://www.ier.com.ua/files/publications/Policy_papers/German_advisory_group/PP_02_2014_ukr.pdf?fbcl (дата звернення: 25.03.2021)

ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДАМИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

¹Воронцов Б.С., ²Бочарова І.А., ¹Найчук Р.Ю.

(¹КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна, ²НУ «Полтавська політехніка ім. Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна)

Реалії конкурентного ринку вимагають швидкості прийняття рішень та точності прогнозування. Розробку імітаційних моделей з допомогою PLM - систем запропоновано як рішення, засноване на моделюванні життєвого циклу продукту, починаючи з вимог до процесу виготовлення, закінчуючи відстеженням показників реального виробництва [1-4].

Для аналізу технологічних можливостей дільниці та підвищення її продуктивності використано систему динамічного імітаційного моделювання Siemens Tecnomatix Plant Simulation. Для цього було побудовано 3D-модель механооброблюючої дільниці (рис. 1).

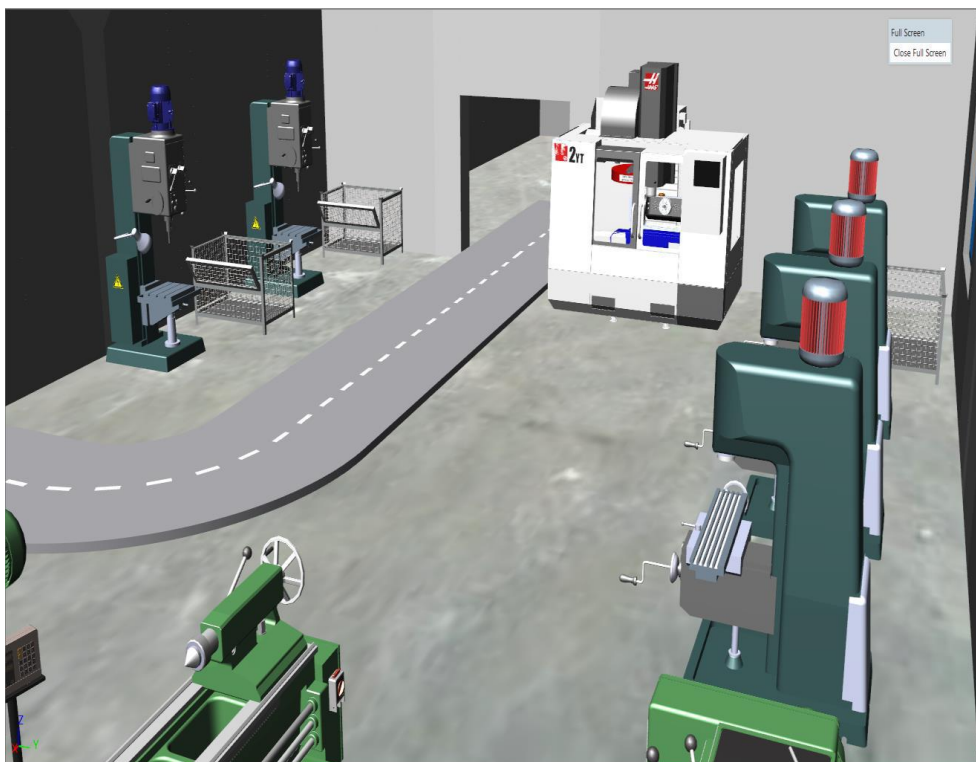


Рис.1. 3D - модель механооброблюючої дільниці

На основі підготовлених графічних матеріалів створено імітаційну модель дільниці для механічної обробки деталей (рис. 2), описано використані об'єкти та методи створення. Виконано аналіз вихідної конфігурації імітаційної моделі, отримані показники продуктивності, а саме річний обсяг виробництва вихідної конфігурації дільниці для механічної обробки деталей.

Створена віртуальна модель дозволяє проводити експерименти та опрацьовувати можливі конфігурації без втручання в існуючі, або ж при проектуванні майбутніх виробничих систем.

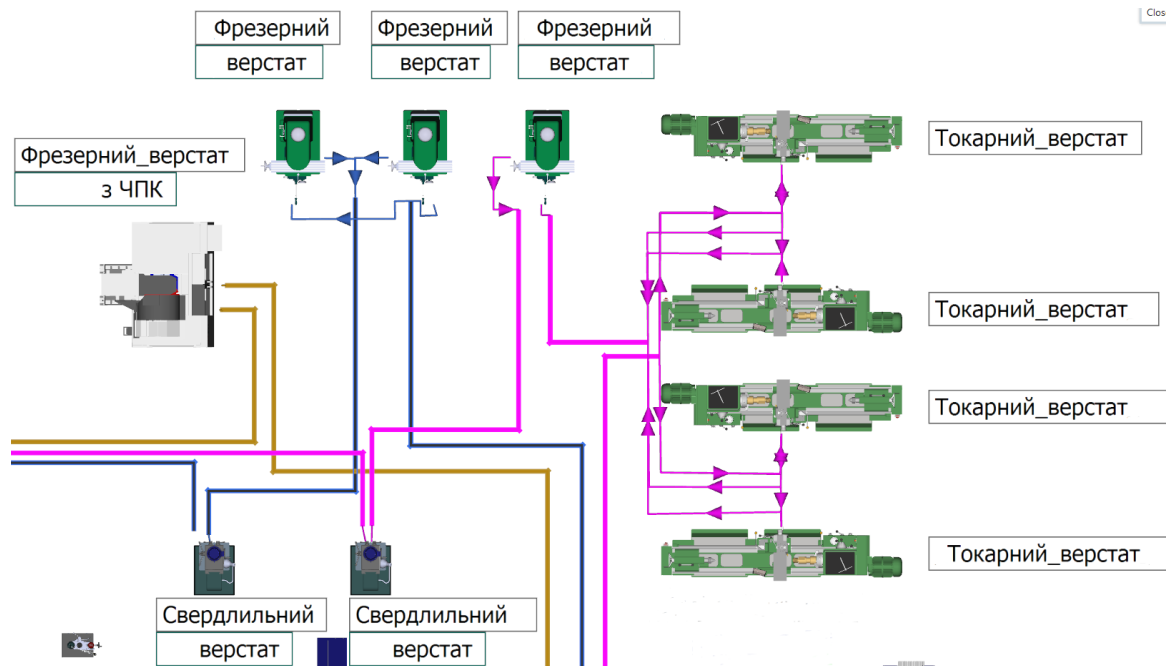


Рис.2. Імітаційна модель дільниці для механічної обробки деталей.
 (Наступними кольорами позначено матеріалопотоки для кожної з деталей: синім - для деталі "Колодка"; рожевим - для деталі "Шток"; жовтим - для деталі "Стійка")

Проведення комп'ютерного експерименту на імітаційній моделі дільниці для механічної обробки деталей показало, що можливо підвищити продуктивність на 9,3% за рахунок визначення раціональної послідовності технологічних переходів та модифікації конфігурації дільниці. На основі аналізу показників вихідної конфігурації імітаційної моделі розроблено ряд рекомендацій для підвищення продуктивності дільниці механічної обробки та виробничого комплексу в цілому та виконано перевірку доцільності впровадження розроблених рекомендацій.

Література:

1. Найчук Р.Ю., Воронцов Б.С. Аналіз технологічних можливостей дільниці для механічної обробки деталей і підвищення її ефективності/ Р.Ю. Найчук, Б.С. Воронцов // Інновації молоді в машинобудуванні: Збірка праць. - Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. - № 2. – С. 485-494.
2. Воронцов Б.С. Впровадження імітаційного моделювання логістики технологічних процесів в навчальний процес / Б.С. Воронцов // Міжнародна науково-технічна конференція "Прогресивна техніка технологія та інженерна освіта", м. Київ, 6 – 9 жовтня 2020 р.: Матеріали конференції – Київ: 2020. – С. 231–238.
3. Воронцов Б.С., Бочарова І.А. Нові інформаційні технології в моделюванні логістики технологічних процесів / Б.С. Воронцов, І.А. Бочарова // Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку: XVIII міжнар. наук.–техн. конф., 22 грудня – 24 грудня 2020 р.: тези доп. – Краматорськ: ДДМА, 2020. – С. 15.
4. Найчук Р. Ю., Воронцов Б.С. Імітаційне моделювання технологічних можливостей заготівельної дільниці / Р.Ю. Найчук, Б. С. Воронцов // Молода наука - роботизація і нанотехнології сучасного машинобудування: збірник наукових праць Міжнародної молодіжної науково-технічної конференції, 14-15 квітня 2021 р.– Краматорськ : ДДМА, 2021. – С. 196 – 201.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ У СИСТЕМІ FUSION 360

Вірич С.О., Бабенко Д.Г.

(ДВНЗ ДонНТУ, м. Покровськ, Україна)

Однією з актуальних проблем сучасного машинобудування є обрання оптимальних технологічних рішень при застосуванні автоматизації проектування процесів обробки. Серед останніх новацій з автоматизованого проектування можна зазначити такий програмний продукт компанії Autodesk як Fusion 360. За ствердженням розробників, Fusion 360 – це комплексний хмарний CAD/CAE/CAM інструмент для промислового дизайну та машинобудівного проектування, що поєднує у собі виключно переваги попередніх програмних продуктів Autodesk.

З метою визначення доцільності використання Fusion 360 у навчальній та виробничій сферах, необхідно з'ясувати переважні складові та виявити можливі недоліки модуля САМ у досліджуваній системі.

Модуль Fusion 360 було включено до системи автоматизованого проектування відповідно до концепції створення універсального середовища конструювання. Таким чином, перелік можливостей означеного програмного комплексу охоплює практично увесь життєвий цикл розробки технічного об'єкта – від дизайнерського та конструктивного відпрацювання до візуалізації технології виготовлення.

У середовищі САМ Fusion 360 реалізовані практично усі можливі стратегії обробки на верстатах із ЧПК для токарних, двох та трьохмірних фрезерних а також свердлильних операцій.

Можливості програми дозволяють проектувати формоутворення поверхні деталі у такій послідовності: визначення установка і параметрів заготовки; вибір інструмента та завдання режимів різання (відбувається автоматично); обрання поверхонь, ребер або точок для визначення області дії інструмента; можливість визначення обмеження вертикального ходу інструмента; детальний контроль процесу різання шляхом налаштування стратегії різання, кроку, кількості підходів, величини залишків [1].

По закінченню проектування програма надає можливість візуалізації виконання обраних операцій. Результатом роботи САМ модуля Fusion 360 є підготовка керуючої програми для ЧПК.

Підсумовуючи результати дослідження, необхідно зазначити, що при реалізації описаної вище програми в умовах конкретного виробництва варто передбачати адаптацію палітри операцій та налаштувань для обраного верстату [1]. Недоліком у промисловому використанні також може бути брак засобів контролю необроблених ланок. При застосуванні в освітній сфері Fusion 360 являє цікавість та надається виробником безоплатно на некомерційній основі.

Література: 1. Стремнев А. Технологическое проектирование в системе Fusion 360: возможности САМ модуля / А. Стремнев. – Режим доступу : <https://sapr.ru/article/25304> – (17.05.2021)

ПІДВИЩЕННЯ ВТОМНОЇ МІЦНОСТІ КОРОБЧАСТИХ КРАНОВИХ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ

Гавриш П.А.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Істотну роль в підвищенні втомної міцності, тобто в збільшенні працездатності зварних кранових металоконструкцій, грають конструктивні особливості зварних вузлів.

Результати експертних обстежень вантажопідйомних кранів, виконані випробувальною лабораторією технічної діагностики ДДМА, свідчать про те, що при впровадженні коробчастих зварних конструкцій сталося зниження втомної міцності металоконструкції.

Причини зниження втомної міцності металоконструкцій:

- висока концентрація залишкової зварювальної напруги;
- дефекти зварних швів і зниження пластичності стали;
- неоднорідність структури і хімічного складу металу шва;
- місцева жорсткість зварних з'єднань;
- конструктивні концентратори напруги.

Дослідження впливу концентраторів напруги металоконструкції рудно-грейферного перевантажувача TAKRAF на прикладі оформлення зварних вузлів діафрагм головної балки показали необхідність удосконалення конструктивного оформлення (рис.1).



Рис. 1. Кріплення вузла жорсткості до діафрагми

Висока концентрація залишкової напруги залежить від проплавлення основного металу. На (рис.2) наведено залежність ширини шва, та глибини проплавлення від часу зварювання.

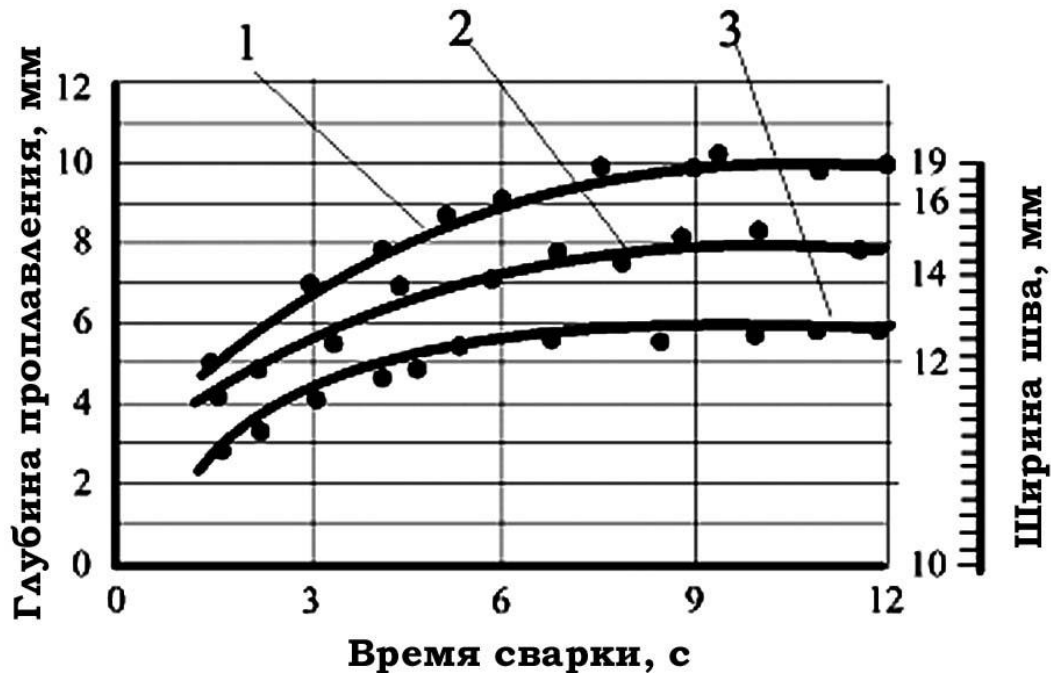


Рис. 2. Залежність глибини проплавлення від діаметра електроду і потужності джерела живлення

Застосовуючи модернізовані джерела живлення VDU-506M та відповідні електроди – зменшується ширина шва і зона термічного впливу. Це призводить до зниження остаточних зварювальних напруг і підвищення працездатності роботи металоконструкції.

Концентратори напруги зварного вузла при дії циклічних навантажень приводять до тріщин і руйнування зварних швів. Така конструкція нераціональна тому що приводить до зниження працездатності головної балки рудно-грейферного крану –перевантажувача.

Рекомендується змінити конструктивне оформлення зварного вузла. Пропонується зменшити конструктивні концентратори напруги, зменшити можливість перетинання зварних швів, збільшити відстань між зварними швами. На (рис.3) наведено приклад виконання такого зварного вузла, але працездатність його набагато вища.

Таким чином, сукупні дії спрямовані на підвищення працездатності зварного вузла металоконструкції показали як аналіз конструктивного виконання зварного вузла і технологія виконання ремонтного зварювання можуть істотно підвищити надійність експлуатації рудно-грейферного перевантажувача.



Рис. 3. Рекомендована конструкція зварного вузла

Висновок: Пропонується виконати виріз у діафрагмі без гострих концентраторів і пропустити кутик жорсткості нижнього поясу через діафрагму. Зварні шви розташувати на відстані не менш 50 мм один від одного. Усунути перетинання зварного шва кутика з зварним швом нижнього поясу головної балки. Виконання ремонтного зварювання рекомендується виконувати із застосуванням джерела живлення VDU-506М, або подібного типу.

Експлуатація такого крана показала збільшення безремонтного пробігу у 1,4 рази.

Література:

1. Gavrish PA, Shepotko VP. Influence of design features of reloader welded assemblies on its performance. The Paton Welding Journal. 2013;12:48–50. Available from: <https://patonpublishinghouse.com/tpwj/pdf/2013/pdfarticles/12/10.pdf>.

2. Schepotko V., Gavrish P., Makarenko N., Koinasch V. DIE BEWERTUNGSMETHODIK DER KONSTRUKTIVER AUSFÜHRUNGEN VON MASCHINENELEMENTEN. Materials of the VI international research and practice conference, Vol. II, Munich, December 27th – 28th, 2013. – P.307-315 / publishing office Vela Verlag Waldkraiburg – Munich – Germany. ISBN 978-3-941352-31-5.

3. Pavlo A. Gavrish, Alexander V.Perig, Eduard P. Gribkov, Mykola Yu. Dorokhov . Improvement of technology for repair of ore-bucket unloader metal structure working under cyclic loading. Advances in Materials and Processing Technologies. 2020. <https://doi.org/10.1080/2374068X.2020.1805683>. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/2374068X.2020.1805683>

КОМПЛЕКСНІ ПАРАМЕТРИ ОЦІНКИ СТАНУ ПОВЕРХОНЬ ВІДНОВЛЕНИХ КРУПНОМОДУЛЬНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

¹Гасанов М.І., ¹Клочко О.О., ¹Шелковий О.М., ²Клименко Г.П.
(¹НТУ «ХПИ», м. Харків, Україна, ²ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Забезпечення експлуатаційних властивостей зношених і відновлених крупногабаритних зубчастих коліс вирішується за рахунок визначенням комплексних параметрів, які враховують фізичну картину експлуатації, вважаються безрозмірними величинами і включають в себе ті параметри якості поверхні, які здійснюють основний вплив на процес експлуатації зношених і відновлених крупногабаритних зубчастих коліс [1, 2, 3].

Зношені і відновлені крупногабаритні зубчасті колеса припускають тривалу експлуатацію в умовах максимальних навантажень знакозмінного характеру. При відновленні крупногабаритних зубчастих коліс необхідно забезпечити такий стан контактируємих евольвентних поверхонь, яке гарантувало б мінімальний знос при експлуатації зубчастих коліс, а так само сталість коефіцієнта тертя.

Рівняння для розрахунку інтенсивності зносу і коефіцієнта тертя в період прироблення [1, 2]:

$$J_h = \frac{2,5\nu^2 R_a^{\frac{2}{3}}}{n\lambda(\nu+1)S_m t_m^{\frac{3}{2}}} \cdot \frac{P}{K' \sigma_T} \sqrt{15\pi(2\pi W_z H_{\max})^{\frac{1}{3}} \cdot \left[1 + \frac{2\pi K' \sigma_T (1-\mu^2)}{E}\right]}, \quad (1)$$

$$f_h = \frac{\tau_0}{c K' \sigma_T} + \beta + \frac{4\alpha_\Gamma R_a^{\frac{2}{3}}}{S_m t_m} \sqrt{\frac{60\pi}{t_m} \left(\frac{2\pi P W_z H_{\max}}{K' \sigma_T}\right)^{\frac{1}{3}} \left(1 + \frac{2\pi K' \sigma_T (1-\mu^2)}{R_a E}\right)}. \quad (2)$$

Рівняння для розрахунку інтенсивності зносу і коефіцієнта тертя в період нормального зносу:

$$J = \frac{2,5\pi \cdot \nu^{0,5} P^{\frac{7}{6}}}{n \cdot \lambda \cdot (\nu+1) t_m^{\frac{3}{2}} \cdot (K' \sigma_T)^{\frac{2}{3}}} \cdot \sqrt{\frac{30 \cdot (1-\mu^2) (2\pi R_a W_z H_{\max})^{\frac{1}{3}}}{E \cdot S_m}}, \quad (3)$$

$$f = \frac{\tau_0}{c K' \sigma_T} + \beta + \frac{8\alpha_\Gamma (K' \sigma_T)^{\frac{1}{3}}}{t_m} \cdot \sqrt{\frac{30(1-\mu^2) (2\pi P R_a W_z H_{\max})^{\frac{1}{3}}}{E \cdot S_m \cdot t_m}}, \quad (4)$$

де ν – параметр опорної кривої профілю; n – число циклів впливу; λ – коефіцієнт, що враховує вплив поверхневих залишкових напружень на число циклів навантаження; σ_T – межа плинності матеріалу; τ_0 – питома зсувна міцність молекулярних зв'язків; α_Γ – коефіцієнт гістерезисних втрат при ковзанні; β – коефіцієнт зміцнення молекулярних зв'язків під дією стискаючих напруг; E – модуль пружності матеріалу.

Мінімальний лінійний знос і стабільність коефіцієнта тертя буде забезпечуватися в разі виконання умов:

$$J_h \leq J, \quad (5)$$

$$f_h \leq f. \quad (6)$$

Значення комплексного параметра, що забезпечує необхідну умову, визначиться з виразу:

$$[L] = \frac{2\pi \cdot \sigma_T \cdot (1 - \mu^2)}{E}. \quad (7)$$

Однак, на відміну від теоретичного розподілу, знос в полюсі, як показує аналіз експериментальних даних, може бути суттєвим. На рис. 1 представлені сили зачеплення в циліндричній зубчастій передачі і еюра зносу зуба шестерні циліндричної зубчастої передачі (отримана на підставі аналізу дослідних даних).

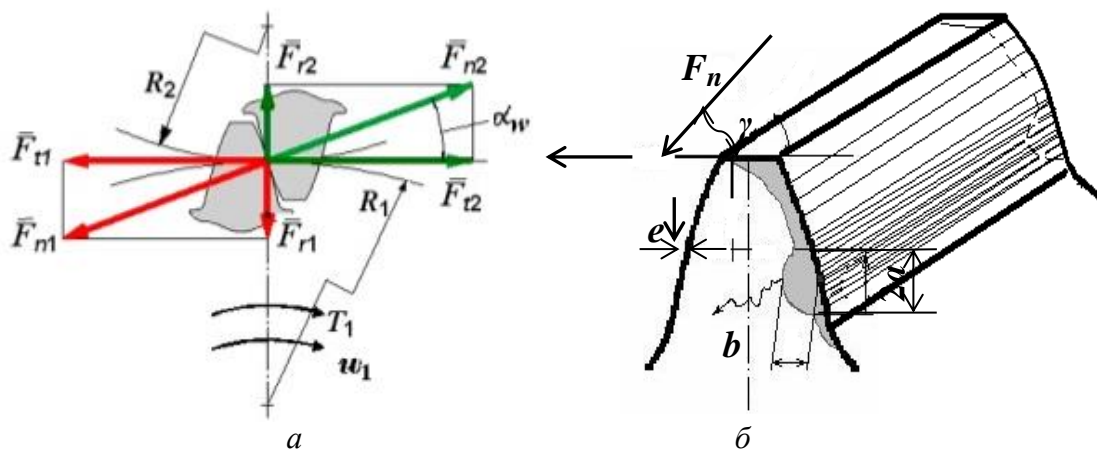


Рис. 1. Сили зачеплення в циліндричній зубчастій передачі (а); і еюра зносу зуба шестерні циліндричній зубчастій передачі (б)

Знос оцінювався по зміні товщин зуба, вимірних в 10 точках профілю від ніжки до головки зуба. Становить певний інтерес знос в зоні полюса. Результати стендових випробувань показали, що на профілі зуба шестерні в процесі зношування утворюється виїмка, а на сполученому зубі колеса – виступ. Підвищений знос спостерігався на голівці зуба.

Література: 1. Гасанов М.І., Пермяков О.А., Шелковий О.М., Ключко О.О., Набока О.В., Охрименко О.А. Функціональний аналіз процесу експлуатації і пов'язані з ними проблеми відновлення експлуатаційних властивостей крупномодульних зубчастих коліс / Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2020): матеріали тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 29–30 квітня 2020 р.): у 2-х т. / Національний університет «Чернігівська політехніка» [та ін.]; – Чернігів : ЧНТУ, 2020. – Т. 1. – С. 43–44. 2. Kovalov, V.D.; Vasilchenko, Y.V.; Klochko, A.A. & Gasanov, M.I.: Chapter 10: Technology of restoration of large gear boxes. In: Modern Manufacturing Processes and Systems, Vol.2: Fundamentals. Vrnjačka Banja (Serbia): SaTCIP Publisher Ltd. & Belgrade (Serbia): Faculty of Information Technology and Engineering (FITI), 2020, pp. 223–246. ISBN 978-86-6075-070-1. 3. Беловол А.В., Гасанов М.І., Ключко О.О., Набока О.В., Скоркин А.О., Шелковой О.М. Імітаційне моделювання в задачах машинобудівного виробництва: навч. пос. / за ред. О.М.Шелкового. Харків: НТУ «ХПІ», 2019. 500 с. ISBN 978-617-05-0284-1.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ СТРУКТУРИ І ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ ЗУБООБРОБКИ КРУПНОМОДУЛЬНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС ПІСЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ

¹Гасанов М.І., ²Равская Н.С., ³Мироненко Є.В.

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

³ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Задачі моделювання процесів оптимального управління параметрами точності, якості і продуктивності зубообробки крупногабаритних зубчастих коліс пропонується вирішувати методами впливу з урахуванням специфічних умов формоутворення зубчастих коліс [1, 2].

Аналіз причин виходу з ладу зношених і відновлюваних крупногабаритних зубчастих коліс показав, що в 90 % руйнування крупногабаритних зубчастих коліс починається з поверхневого шару через появу мікротріщин, абразивного зносу, викришування активних поверхонь зубів, відшаровування поверхневого шару зубів, прогресуючого заїдання, пластичних деформацій зубів [3].

При зубофрезеруванні евольвентної поверхні зубчастого колеса переміщення ріжучого леза інструмента з початкового положення в кінцеве положення під дією керуючих впливів може бути здійснено за різними траєкторіями в рамках техніко–економічних обмежень. Кожній траєкторії відповідає певне значення критерію оптимальності. Геометрія проекрованої передачі визначається параметрами початкового контуру інструмента і його зміщеннями при нарізанні коліс передачі. Тому при проектуванні, перш за все, слід задати початковий виробляючий контур інструменту і вибрати розрахункові зміщення. Якщо циліндричне зубчасте колесо нарізається рейковим інструментом, то верстатне зачеплення розглядають в торцевій площині, перпендикулярній осі зубчастого колеса. Таке зачеплення є зачепленням рейкового початкового виробляючого контуру з колесом, що нарізується.

Задача оптимального управління процесом зубообробки крупномодульних зубчастих коліс диференційно апроксимується на два етапи: перший пов'язаний з обґрунтуванням вибору значень параметрів режиму різання, що задовольняють заданому критерію якості, параметрів формування товщини зрізаного шару (глибини різання); другий передбачає управління режимами різання з метою підтримки оптимального значення показника критерію якості в умовах дії на процес збурюючих впливів.

Для управління параметрами зубообробки зношених і відновлених крупногабаритних зубчастих коліс з урахуванням режимів різання, розрахункових параметрів ріжучого леза, радіуса округлення різальної крайки, розрахункових параметрів коефіцієнта усадки стружки в I блоці, розрахункових зусиль різання і пластичних деформацій в зоні обробки, розрахунку залишкових напруг і глибини наклепу, температур, швидкостей зносу різальних крайок зуба фрези в зоні обробки в II блоці і розрахунку стану параметрів шорсткості обробленої поверхні зношених і відновлених крупногабаритних зубчастих коліс розроблений алгоритм багатокритеріальної оптимізації формоутворення зношених і відновлених крупногабаритних зубчастих коліс.

У тому випадку, коли основними показниками оцінки режимів різання є забезпечення точності обробки та якості поверхневого шару, як критерій оцінки процесу використовують коефіцієнт функціонального формування поверхневого шару – K_p .

Період стійкості (T) інструменту визначається глибиною різання t , подачею S_0 , швидкістю V і радіусом округлення різальної крайки зубів фрези ρ , тобто параметрами режиму різання і умовами формування з урахуванням параметра функціонального формування поверхневого шару при зубофрезеруванні

$K_p = f\left(\frac{a}{\rho}, R_z, t_m(k), H, \mu_0, \sigma_0, h, H, \mu\right)$ і оброблюваності матеріалу C_v .

Враховуючи, що зустрічне зубофрезерування нестабільне через переривчастого характеру різання, товщини зрізаного шару (a_i), що постійно змінюється, зі зміною кута ковзання ($\Psi_{ков}$) товщина шару, що знімається, виходить змінною по перетину зрізу [4].

Товщина шару, що зрізається після

$$a_i = S_z \cdot \sin \psi_{ков} \cdot \sin \varphi, \quad (1)$$

де S_z – подача на зуб; φ – кут профілю зуба фрези в нормальному перерізі

Мінімальні значення кутів ковзання без мастильно–охолоджуючої рідини (МОР):

$$\Psi_{ков} = \arcsin \frac{0,5 \cdot \rho}{S_z \cdot \sin \varphi}. \quad (2)$$

Мінімальні значення кутів ковзання із застосуванням МОР:

$$\Psi_{ков} = \arcsin \frac{0,31 \cdot \rho}{S_z \cdot \sin \varphi}. \quad (3)$$

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження дозволяють визначити оптимальні кути ковзання $\Psi_{ков}$, при яких забезпечуються стабільність процесу зубофрезерування, необхідні умови по стійкості інструмента і якість оброблюваної поверхні по відношенню до найбільшого куту контакту зуба фрези Ψ_{max} з оброблюваним зубчастими виробом при найвищій продуктивності.

Література: 1. Гасанов М.И., Клочко А.А., Черкашина Г.И., Перминов Е.В Групповые маршрутные технологические процессы восстановления крупногабаритных зубчатых колес на основе имитационного моделирования с учетом прогрессирующих видов износа // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: зб.наук. пр. – Краматорськ : ДДМА, 2018. – Вип. 42. – С. 28–36. 2. Гасанов М.И., Пермяков О.А.1, Шелковий О.М., Клочко О.О., Набока О.В., Охрименко О.А. Функціональний аналіз процесу експлуатації і пов'язані з ними проблеми відновлення експлуатаційних властивостей крупномодульних зубчастих коліс / Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2020): матеріали тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 29–30 квітня 2020 р.): у 2-х т. / Національний університет «Чернігівська політехніка» [та ін.]; – Чернігів : ЧНТУ, 2020. – Т. 1. – С. 43–44. 3. Kovalov, V.D.; Vasilchenko, Y.V.; Klochko, A.A. & Gasanov, M.I.: Chapter 10: Technology of restoration of large gear boxes. In: Modern Manufacturing Processes and Systems, Vol.2: Fundamentals. Vrnjačka Banja (Serbia): SaTCIP Publisher Ltd. & Belgrade (Serbia): Faculty of Information Technology and Engineering (FITI), 2020, pp. 223–246. 4. Беловол А.В., Гасанов М.И., Клочко О.О., Набока О.В., Скоркин А.О., Шелковой О.М. Імітаційне моделювання в задачах машинобудівного виробництва: навч. пос. / за ред. О.М.Шелкового. Харків: НТУ «ХПИ», 2019. 500 с. ISBN 978-617-05-0284-1.

ПОЛІФУНКЦІОНАЛЬНИЙ КОМПОЗИЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ РІЖУЧИХ ТА ЕЛЕКТРОДНИХ ЗАСТОСУВАНЬ

¹Геворкян Е. С., ²Гуцаленко Ю. Г., ¹Морозова О. М.
(¹УкрГУЖТ, ²НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна)

Отримано і запатентовано [1] новий композиційний матеріал з відмінним поєднанням фізико-механічних характеристик для застосувань в умовах з функціональними викликами зносостійкості та міцності, зокрема в ріжучих застосуваннях при зніманні підвищених припусків, типових для багатьох технологій механічної обробки в важкому машинобудуванні.

Основою нового матеріалу є карбід кремнію (SiC), відомий як абразив, за твердістю поступливий тільки алмазу, карбиду бору і корунду. Отриманий за раніш відомою технологією гарячого пресування або просочення кремнієм його карбід зазнає в процесі традиційного відтворення температури нагріву 1700-2000°C та в результаті має невисоку міцність, тріщиностійкість і низьку електропровідність, що у багатьох випадках утрудняє його використання.

Задачу отримання високоякісного композиційного керамічного матеріалу на основі карбиду кремнію, з наслідуванням високої твердості та одержанням високої електропровідності, теплопровідності та термічної стійкості вдалося вирішити за рахунок введення до складу оксиду міді CuO та етилсилікату, у наступному співвідношенні компонентів, мас. %: CuO 15-30, етилсилікат 5-10 SiC 60-80. При цьому спікання проводиться при температурі 1400-1450°C, до того як може утворюватися рідка фаза, що і забезпечує отримання якісного міцного матеріалу високої функціональності.

У таблиці 1 наведено характеристики продукту, якій отримано послідовно змішуванням у вібраційному млині субмікронного порошку SiC (60 мас. %) з CuO (30 мас. %), перетиранням через сито після додання етилсилікату (10 мас. %), пресуванням під тиском 80-100 МПа і спіканням при температурі 1400°C протягом часу.

Таблиця 1 – Характеристики композиту, мас. %, SiC-CuO-етилсилікат: 60-30-10

Межа міцності на вигін, МПа	600-800	Питомий електричний опір, Ом см	8-10
Тріщиностійкість, МПа м ^{1/2}	6-8	Діелектрична проникність	6,5-7,5
Твердість, НРА	90-92	Термо-ЕРС щодо міді, мкВ/К	300
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/м·К	20-30	Температурний коефіцієнт лінійного розширення, К ⁻¹	(4-7)·10 ⁻⁶

Отриманий матеріал має термічну і окислювальну стійкість, високу твердість, електро- і теплопровідність, здатен до високотемпературного застосування, зокрема як електрод для контактного зварювання або ріжучий.

Література: 1. Геворкян, Е. С. Композиційний матеріал на основі карбиду кремнію (SiC) з високими фізико-механічними властивостями: патент № 122724 Україна: МПК C04B 35/565 (2006.01) / Е. С. Геворкян, Р. В. Вовк, Ю. Г. Гуцаленко, С. М. Камчатна. – № а 2018 12636; заявл. 19.12.2018; опубл. 28.12.2020. Бюл. № 24.

ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ТОЦЕВОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ

Гузенко В.С., Мироненко Є.В., Гончаренко О.О., Властов П.А.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

В сучасному важкому машинобудуванні спостерігається тенденція суттєвого підвищення швидкостей різання при рахунок використання нових інструментальних матеріалів зі зносостійкими покриттями, що приводить до збільшення вібрацій та зниженню продуктивності при чорновому торцевому фрезеруванні великогабаритних деталей.

Метою роботи є підвищення ефективності процесу чорнового фрезерування фрезами великих розмірів. В тих випадках, якщо фреза використовується для різноманітних умов обробки можливо вести розрахунки для динамічних характеристик систем УС $W(\omega) = Const$ для всіх ω . Фізична модель виникнення та розвиток сталої форми автоколиваний при торцевому фрезеруванню:

- врізання зуба фрези в заготовку виводить з рівноваги технологічну систему и приводить к зміни товщини зрізу « a »;

- присутність відставання-зміни сили різання від зміни товщини зрізу « a » переводять виникаючі власні затухаючі коливання в незатухаючі автоколивання, де енергію, підтримуючу їх, створює змінююча синхронно, но звинута по фазі сила різання;

- через якийсь час настане рівновага між енергією збудження, яка поступає в систему и енергією, яка розсіється при коливаннях, встановлюється визначених рівень автоколиваний. Їх рівень пов'язаний з збігом однієї з власних частот технологічної системи з частотою збуджуючих факторів.

Автоколивання чинять значний вплив на всі параметри процесу різання, і першу чергу на силу різання, яка залежить від зовнішнього та внутрішнього тертя процесу різання. Так пульсуючі навантаження, створюючи малі амплітуди коливань (~ 10 мкм), полегшують пластичне деформування матеріалу в зоні стружкоутворення, послаблюють адгезійне схопленням, знижують силу и коефіцієнт тертя на контактних поверхнях.

Математичний опис процесу різання передаточної функції $W_{np} = \frac{K_p}{T_p p + 1}$

припускає визначення розрахунковим шляхом параметрів K_p и T_p .

При багатолезовій обробці поняття коефіцієнт різання K_p и постійна часу стружкоутворення T_p в звичайному смислі застосовується до кожного різального леза окремо. Оскільки динамічна характеристика різання прямопропорціональна силі різання, та ще має місце затримання сили різання зі збільшенням товщини зрізу по експоненціальному закону с постійною часу стружкоутворення T_p , можливо за рахунок ступінчастого поділу зрізу керувати інтенсивністю коливального процесу для підвищення ефективності обробки деталей важкого машинобудування.

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ШЛІФУВАННЯ КОЛІС ЗАЧЕПЛЕНЬ З ОПУКЛО-УВІГНУТИМ КОНТАКТОМ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ЗУБІВ

Гуцаленко Ю.Г., Мироненко О.Л., Третяк Т.Є.
(НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна)

Форма профілю бічної поверхні зубів суттєво впливає на прийнятне навантаження і коефіцієнт перекриття передачі, поряд з точністю визначає плавність і шум її роботи, відповідно функціональну довговічність і рівень біобезпеки. Різноманіття форм бічній поверхні зубів після заготівельного виробництва коліс потребує остаточну обробку шліфуванням, що враховує специфіку зубчастих зачеплень. Експлуатаційна якість зубчастої передачі більш чутлива до геометричної технологічної спадковості формоутворення в роботі великогабаритних зубчастих коліс у важкому машинобудуванні, особливо з неевольвентними профілями зубів, які потенційно забезпечують підвищену навантажувальну функціональність, зокрема опукло-увігнутого контакту.

Запропоновано пристрій для шліфування зубчастих коліс з опуклим (увігнутим) профілем бічної поверхні зубів методом обкату інструментом у вигляді корпусу з розміщеними в ньому опорними, натяжним і приводним роликками і замкнутою абразивною стрічкою, що охоплює їх і утворює рейковий вихідний профіль у взаємодії з опорними роликками, забезпечений додатковими опорними роликками, встановленими уздовж рейкового вихідного профілю з внутрішньої сторони замкнутої абразивної стрічки і підпруженими щодо неї з можливістю обмеженого вихідним профілем зміщення в нормальному щодо стрічки напрямку при її відхиленні від вихідного профілю під дією оброблюваних зубчастих коліс, включає виконані в корпусі інструменту нормально проекції утвореного опорними, натяжним і приводним роликками рейкового вихідного профілю формоутворення евольвентних зубчастих коліс напрямні для налагоджувального установочного переміщення осей додаткових роликків у внутрішнє (зовнішнє) цьому профілю сторону, установлення осей додаткових роликків в напрямних таким чином, що їх зміщення в нормальному щодо стрічки напрямку під дією оброблюваних зубчастих коліс обмежується вихідним профілем заданого налагодженням неевольвентного формоутворення.

Конструкція пристрою додатково містить датчики і блок автоматичного моніторингу контакту додаткових опорних роликків із замкнутою абразивною стрічкою, моніторинг включається з настанням першого контакту і відключає привід стрічки в рух зі швидкістю різання після одноразової обкатки оброблюваного зубчастого колеса без контакту додаткових напрямних роликків з нею.

Конструкція пристрою дозволяє обробляти зубчасті колеса з закритими з двох сторін вінцями, що розширює діапазон його використання.

Розробка спирається на попередній досвід стрічкових пристроїв для шліфування зубчастих коліс з української спільної конструкторської практики Харківського політехнічного інституту (Б. О. Перепелиця) і Заводу ім. В. О. Малишева (М. Е. Тернюк), а також МГТУ «СТАНКІН».

ПРИСТРІЙ АВАРІЙНОЇ ФІКСАЦІЇ ПІДЙОМНИХ КАНАТІВ

Дорохов М.Ю., Вовненко О.Є.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Для мінімізації збитку або повного запобігання аварій, які можуть виникати в процесі експлуатації мостових кранів, останні оснащуються достатньою кількістю запобіжних пристроїв.

Під час аналізу технічного оснащення мостових кранів, які використовуються в технологічних ланцюгах металургійних підприємств, встановлено:

- середній термін експлуатації мостових кранів складає близько 35-40 років. У зв'язку з цим такі крани мають застарілу комплектацію механізму підйому, яка ускладнює роботу в аварійному режимі;

- переважна більшість мостових кранів не мають аварійних пристроїв, що підвищують безпеку крана і запобігають аварійні ситуації. Винятком є крани, застосовувані в атомній промисловості, завдяки більш жорстким вимогам безпеки.

Таким чином, модернізація і оснащення аварійними пристроями кранів, які знаходяться в експлуатації, є перспективною внаслідок малих інвестицій при значному підвищенні надійності роботи.

Одним із варіантів для модернізації пропонується внесення змін в конструкцію поліспасти головного підйому із впровадження в нього аварійного пристрою фіксації вантажопідйомних канатів, який при обриві однієї з гілок каната гарантує повну автоматичну фіксацію вантажу.

В процесі роботи крана пристрій аварійної фіксації вантажопідйомних канатів знаходиться в відкритому положенні, коли шток електрогідравлічних штовхачів втягнутий, притискні колодки підняті над жолобами обвідних блоків. Безконтактні датчики реєструють швидкість руху всіх гілок канатів і передають інформацію системі управління краном, де дані датчиків порівнюються з програмно заданими. При відхиленні швидкості руху канатів на встановлену величину, яка відповідає аварійної ситуації, наприклад в разі обриву каната або відмові гальм механізму, модуль обробки сигналів датчиків і управління натискним механізмом видає сигнал на включення електрогідравлічних штовхачів, а система управління краном відключає двигуни механізму підйому і видає машиністу крана сигнал «аварія механізму підйому». Наслідком є переміщення балки з колодками, які фіксують канат в жолобах обвідних блоків.

Треба відзначити, що при спрацьовуванні пристрою аварійної фіксації канатів досягається одночасне припинення руху і зупинка всіх гілок канатів, що підвищує безпеку роботи крана.

Наступним кроком може бути аналіз ситуації та вибір варіантів для безпечного опускання вантажу.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕДІНКИ ВАНТАЖУ ПРИ ПОВОРОТІ БАШТОВОГО КРАНА

Дорохов М.Ю., Єрмакова С.О., Шевцов Є.О.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Баштові крани є найбільш поширеними серед будівельних кранів, які виконують завдання механізації вантажно-розвантажувальних робіт на будівництві. Однак їх аварійність становить до 40% від загальної кількості аварій стрілових вантажопідйомних кранів. Падіння баштових кранів відбувається навіть при дотриманні всіх правил експлуатації й вимог безпеки. Розвиток і подальший удосконалення баштових кранів у наш час неможливо без дослідження навантажень та їх впливу на стійкість при різних умовах експлуатації. Стійкість кранів залежить від досить великої кількості істотних факторів, таких як вітрове навантаження, маса піднімального вантажу, динамічні навантаження, маса консольно розташованих складових (стріла, противага й стрілове обладнання).

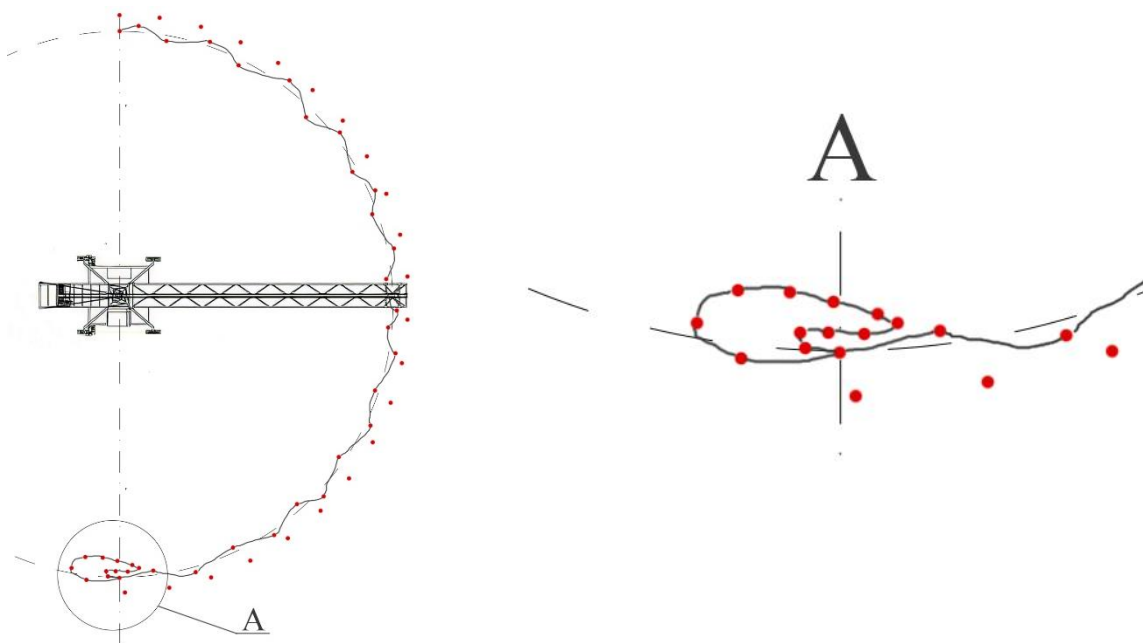


Рис. 1. Траєкторія розгойдування вантажу при повороті баштового крана

Усі перераховані фактори впливають насамперед на розгойдування вантажу при повороті крана, що досить суттєво знижує точність позиціонування вантажу й підвищує ризик виникнення аварійної ситуації. Як видно з рисунка, амплітуда розгойдування вантажу досягає максимуму в момент його гальмування (вид А).

Таким чином, дослідження напрямків зменшення розгойдування вантажу при роботі механізмів баштового крана є актуальною задачею.

ПОРІВНЯННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ МОНІТОРИНГУ ІДЕНТИЧНОСТІ РОБОЧИХ ЦИКЛІВ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРІВ

¹Єнікєєв О.Ф., ¹Захаренков Д.Ю., ²Абрамська І.Б.
(¹ДДМА, м. Краматорськ, Україна, ²УкрДУЗТ, м. Харків, Україна)

Вступ. При встановленні ідентичності індикаторних діаграм циліндрів ДГ ЗТД-1 запропоновано використати сигнал флуктуацій швидкості обертання колінчастого валу. Відсутність алгоритмічного забезпечення моніторингу робочих циклів визначає актуальність науково-прикладної задачі.

Постановка завдання. Розробити прикладне програмне забезпечення для моніторингу робочих циклів ДГ ЗТД-1 на основі опрацювання даних непрямих вимірювань.

Основні результати. Для отримання вхідної інформації використано сигнал флуктуацій швидкості обертання. Первинний перетворювач встановлено біля першого циліндру й за умови врахування тертя та коливань між масами крутильну схему силового агрегату подано у вигляді механічної системи, яка має чотири ступені волі. Динаміку обертання циліндрових мас колінчастого валу описано системою лінійних диференційних рівнянь такого вигляду:

$$J_i \varphi_i''(t) + \beta \varphi_i'(t) - e^{-1} [\varphi_{i+1}(t) - \varphi_i(t)] + e^{-1} [\varphi_i(t) - \varphi_{i-1}(t)] = M_i(t), \quad (1)$$

де $i=1, 2, \dots, 4$; e – податливість зв'язків між масами; $\varphi_i(t)$ – кут закрутки маси; $M_i(t)$ – крутний момент, який діє в i -тому коліні валу, без урахування середнього значення; J_i – момент інерції маси; β – тертя.

Для узагальнення результатів досліджень за допомогою теорем теорії подібності систему диференційних рівнянь (1) приведено до безрозмірного вигляду. Перетворення за Лапласом при нульових початкових умовах надає системі наступного вигляду:

$$(J_i p^2 + p + 2) \varphi_i(p) - \varphi_{i+1}(p) - \varphi_{i-1}(p) = M_i(p). \quad (2)$$

Після перетворень система рівнянь (2) набуває наступного вигляду

$$\varphi_1(p) = \sum_{j=1}^3 \frac{\Delta_j}{\Delta} M_j(p) = \sum_{j=1}^3 W_j M_j(p), \quad (3)$$

де $\varphi_1(p)$ – перетворення за Лапласом частото-модульованого сигналу швидкості обертання першої маси, Δ, Δ_j – головний та усі визначники системи рівнянь, W_j – передавальні функції, які встановлюють інформаційні зв'язки між крутними моментами окремих циліндрів та сигналом флуктуацій швидкості обертання першої маси. Визначники системи отримано за допомогою програмного середовища Mathcad.

Розрахунок ЛАФЧХ трактів «циліндри-колінчастий вал» виконано із використанням можливостей програмного середовища Matlab. В результаті аналізування ЛАФЧХ зроблено висновок про те, що вони мають точку перетину та у смузі частот 9 – 50 Гц спостерігаються переколювання. Отримано корені чисельників та знаменників передавальних функцій. Встановлення

інформаційних зв'язків між крутними моментами циліндрів і сигналом флуктуацій швидкості обертання першої маси також проведено на основі використання топографічного правила теорії сигнальних графів при визначенні виразів передавальних функцій. Встановлено їхні особливі точки. Отримано задовільний збіг при аналізуванні результатів розрахунків обох методів. Також встановлено, що друга методика визначення виразів для передавальних функцій має менший обсяг ручної праці.

Алгоритмічне забезпечення моніторингу ідентичності робочих циклів ДГ 3ТД-1 побудовано на розрахунку величин коефіцієнтів D_i циліндрів. Для цього розв'язується система алгебраїчних рівнянь такого вигляду:

$$BD = \varphi_1 - \varphi_{1,0}, \quad (4)$$

де B – матриця, коефіцієнти якої визначаються на основі передавальних функцій та крутних моментів циліндрів в залежності від обраного методу розрахунку; D – вектор-стовпець коефіцієнтів; φ_1 – вектор-стовпець сигналу флуктуацій першої маси; $\varphi_{1,0}$ – вектор-стовпець сигналу флуктуацій першої маси, за відсутності подачі палива у циліндри.

Кількість рівнянь в системі (4) визначається збіжністю отриманих рішень при досягненні заданої невизначеності розрахунку D_i із урахуванням дії на сигнал вимірювальної інформації випадкових завад. Кількість інтервалів дискретизації сигналу флуктуацій першої маси обрано із використанням теореми Котельникова. Проведено комп'ютерне моделювання впливів випадкових завад на невизначеність розрахунку коефіцієнтів D_i .

При часовому поданні вимірювальної інформації система алгебраїчних рівнянь (4) є баланс між значеннями сигналу флуктуацій першої маси у конкретні моменти часу та відповідною сумою розрахункових внесків кожного циліндру. Додаток до суми визначається добутком коефіцієнтів D_i на відповідну вагову функцію внеску циліндру до сигналу флуктуацій. Ця функція розраховується заздалегідь як інтервал згортки між крутним моментом окремого циліндра та відповідною передавальною функцією. Для цього алгоритмічне забезпечення моніторингу робочих циклів ДГ 3ТД-1 реалізує відповідні обчислювальні процедури.

Висновок. У якості детермінованої математичної моделі кінематичної схеми ДГ 3ТД-1 запропоновано механічну систему із чотирма ступенями волі. Рухи циліндрових мас колінчастого валу описано системою лінійних диференційних рівнянь за умови врахування тертя, для розв'язання якої використано перетворення Лапласа за нульових початкових умов. Розроблено методики отримання передавальних функцій крутних моментів циліндрів на першу масу колінчастого валу на основі використання визначників та топографічного правила теорії сигнальних графів. Розроблено інформаційну технологію моніторингу ідентичності робочих циклів ДГ для частотного подання сигналу вимірювальної інформації. Використано метод найменших квадратів при мінімізації нев'язання перевизначеної системи алгебраїчних рівнянь.

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЙ ПОТУЖНИХ ГІДРАВЛІЧНИХ ІМПУЛЬСНИХ МЕХАНІЗМІВ ГАЙКОВЕРТІВ

Єрфорт Ю.О.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Машини ударно-обертальної дії (МУОД) знайшли широке застосування в якості різьбозавертальних машин (гайковертів) свердлильних, різенарізальних і ін. пристроїв. Основний вузол (МУОД) - ударно-обертальний механізм - створює значний виграш в піковій потужності шляхом перетворення безперервного обертання на вході в ударні імпульси на виході механізму.

Використання МУОД при виконанні складальних, монтажних і ремонтних робіт дозволяє значно підвищити їх якість і продуктивність праці. Однак, разом з перевагами, механічні ударні механізми мають цілу низку недоліків, серед яких в першу чергу необхідно назвати їх невисоку надійність і довговічність (ресурс до першого ремонту складає 10-40 годин роботи гайковертів), високий рівень шуму і вібрацій при роботі.

Для усунення недоліків МУОД, замість механізмів ударної дії пропонується використовувати гідравлічні імпульсні механізми (ГІМ).

У гідравлічному імпульсному механізмі взаємодія ударника і ковадла здійснюється через гідравлічну середу, що призводить до зменшення рівня напружень деталей ковадла і ударника.

Метою досліджень є вивчення динаміки гідравлічних імпульсних механізмів гайковертів великої потужності ударно-обертальної дії. У даній роботі поставлена задача: виконати аналіз особливостей існуючих конструкцій ударно-обертальних механізмів гайковертів.

У технічній літературі міститься опис наступних типів конструкцій гідравлічних імпульсних механізмів, що розрізняються за характером динамічного ущільнення рідини в момент удару:

- а) конструкції ГІМ лопаточного типу з лопаткою, що переміщається при роботі перпендикулярно або уздовж осі гайковерта;
- б) гідравлічні імпульсні механізми з ущільненнями відцентрового типу;
- в) гідравлічні імпульсні механізми кулачкового типу з кулачками, що переміщуються при роботі перпендикулярно або уздовж осі гайковерта.

Перші два типи (а, б) конструкцій гідравлічних імпульсних механізмів призначені в основному для гайковертів з невеликою енергією одиничного удару (до 26 Дж). Як правило, це частоударні механізми, у яких відсутній зворотний зв'язок по швидкості і взаємному положенню ударника і ковадла перед ударом.

Для гайковертів великої енергії одиничного імпульсу (більше 100 Дж) найбільш перспективними є конструкції ГІМ кулачкового типу з кулачками, що переміщуються при роботі механізму перпендикулярно або уздовж осі гайковерта.

Відмінною особливістю цих гайковертів є те, що вони, як правило, рідкоімпульсні і мають зворотний зв'язок по швидкості і взаємному положенню ударника і ковадла перед ударом. У всіх відомих конструкціях кулачки розташовані в ударнику або жорстко пов'язані з ним, а шпindel гайковерта виконується спільно з ковадлом і гідравлічною камерою. Ударник гайковерта має необмежений кут розгону. Вихід кулачків в симетричні сегментні кільцеві порожнини забезпечує механізм управління ударом, що спрацьовує при заданій кутовій швидкості ударника і певному відносному положенні ковадла і ударника.

Якщо в раніше проведених дослідженнях ГІМ лопаточного типу момент інерції ковадла не мав істотного впливу на динаміку механізму і їм нехтували, то при аналізі рідкоімпульсних гайковертів з гідравлічними ударними механізмами кулачкового типу, необхідність врахування моменту інерції ковадла очевидна.

Необхідні також дослідження впливу моменту інерції ковадла на ККД механізму і визначення оптимального співвідношення інерційних характеристик ударника і ковадла. Необхідно відзначити, що конструкції ГІМ кулачкового типу до теперішнього часу розроблені на рівні авторських свідоцтв і патентів.

Висновки: Аналіз існуючих конструкцій гідравлічних ударних механізмів і попередніх досліджень дозволяє зробити наступні висновки.

Для потужних гайковертів з енергією одиничного імпульсу більше 100 Дж найбільш перспективними є конструкції ГІМ кулачкового типу з кулачками, що переміщуються при роботі механізму перпендикулярно або уздовж осі гайковерта.

Для розробки конструкцій потужних гідравлічних імпульсних механізмів гайковертів необхідно, в першу чергу, провести дослідження динаміки ГІМ кулачкового типу в яких проаналізувати вплив основних параметрів цих механізмів на ефективність процесу затягування різьбового кріплення (РК) і отримати теоретично обґрунтовані рекомендації для вибору оптимальних конструкторсько-технологічних та енерго-силових параметрів гідравлічних імпульсних механізмів гайковертів.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ІНДИВІДУАЛЬНИХ ОРТЕЗІВ СТОПИ ДЛЯ ХОДІННЯ (ІНДИВІДУАЛЬНИХ ОРТОПЕДИЧНИХ УСТІЛОК)

Залога О.О., Залога В.О.

(Сумський державний університет, м. Суми, Україна)

Технічні питання, пов'язані з виготовленням даної продукції мають дуже великий вплив на очікувані результати.

Основними проблемами в будь-якій з технологій виготовлення індивідуальних ортезів (устілок) від найстарших до найсучасніших залишаються: якість та точність вхідних даних; правильність призначення; точність виготовлення.

Технології виготовлення індивідуальних ортезів розвивалися еволюційним шляхом. Найвигіднішим та простим способом виготовлення індивідуальних устілок, як і устілок масового виробництва, став ливарний метод, що використовується від початку ХХ сторіччя й до тепер. Ця технологія виготовлення є однією з найпростіших, але вона потребує виготовлення гіпсової моделі стопи має суттєві недоліки: незручність для клієнта, особливо при виготовленні гіпсової форми стопи; низьку якість вхідних даних, що зумовлено двома факторами: по-перше, в разі виготовлення гіпсової форми стопи, ця форма робиться по стопі в ненавантаженому стані (у «висячому» положенні), а різниця в параметрах стопи з навантаженням та без навантаження може сягати 2 см і більше; по-друге – на етапі обробки гіпсової моделі для доведення її до «ідеального» (необхідного) стану суттєвий вплив має людський фактор - рівень знань та вмінь спеціаліста (виробника форми), так як він повинен володіти ґрунтовними знаннями в ортопедії, біомеханіці та добрими навичками скульптора; складнощі в зберіганні «бази даних» клієнтів (зліпків та форм).

Саме тому у теперішній час дана технологія є найменш розповсюдженою, але все ще використовується, в тому числі й в Україні.

З появою нових матеріалів в 50-х роках минулого сторіччя та можливістю швидкої їх обробки широкого розвитку набула технологія виготовлення індивідуальних ортезів стопи шляхом термоформування, яка у теперішній час є найпоширенішою в Україні, так як дозволяє значно скорочувати час виготовлення устілок і не потребує великих капіталовкладень. Разом з тим ця технологія також має і суттєві недоліки: як і в попередній технології суттєвий вплив має людський фактор – спеціаліст має володіти ґрунтовними знаннями в ортопедії, біомеханіці та добрими навичками скульптора; дуже короткий термін експлуатації устілок – як правило, не більше чотирьох місяців: форма устілки починає змінюватись вже з перших днів використання, в результаті чого можна стверджувати, що ця технологія майже не дає бажаного результату, так як

виготовлені цим методом устілки потребують постійної необхідної підтримки чи коригування; можливості коригування форми та положення стопи дуже обмежені.

Істотного поштовху для подальшого розвитку технологій виготовлення ортопедичних ортезів надав розвиток комп'ютерних технологій та впровадження їх в промисловість. Вже з 80-х років минулого сторіччя почали використовувати технології CAD / CAM і для виробництва індивідуальних ортезів стопи, у тому числі методом фрезерування.

Всі сучасні технології виробництва індивідуальних ортезів стопи є саме CAD / CAM, але відрізняються між собою видом обладнання, що застосовується для отримання вхідних даних, CAD системами та варіантами безпосередньої матеріалізації ортезів. Саме ці технології є найсучаснішими та вже найпоширенішими в багатьох країнах світу і за ними майбутнє.

Всі можливі технології виготовлення ортезів з використанням CAD / CAM систем можна класифікувати за трьома показниками (рис. 1):

- вид обладнання, що використовується для отримання вхідних даних – форми та розмірів стопи;
- особливості та можливості використовуваних CAD систем;
- безпосередньо технологія виготовлення ортезів.



Рис. 1. Базова класифікація технологій виготовлення з використанням CAD/CAM технологій

На сьогодні, використовуються три види обладнання для отримання **вхідних даних** для виготовлення індивідуальних ортезів стопи для ходіння:

- подометричні килимки або доріжки з тензодатчиками. Точність даного розподілення залежить від кількості таких датчиків, так, як і якість будь-якого фото залежить від кількості пікселів;
- цифрові плантарні подографічні 2D сканери, що використовують світлову технологію для захоплення форми стопи. Принцип їх роботи полягає в

комп'ютерній обробці зображень стопи, зроблених під навантаженням, що базується на визначенні градієнту фотографій (відтінків) і, в залежності, від цього різним частинам стопи (саме за відтінками на фото) комп'ютером призначається висота. Тобто можливості реального визначення висоти склепінь в даному обладнанні немає, хоча, на відміну від подометричних килимків та доріжок, тут вже є можливість точно визначити довжину та ширину стопи;

- цифрові плантарні подографічні 3D сканери, що використовують лазерну технологію для вимірювання параметрів стопи. Головною відмінністю даного обладнання від попереднього є використання лазерного далекоміру для визначення розмірів та параметрів стопи. Ця технологія дозволяє отримати високоточну та якісну тривимірну модель стопи під навантаженням. На сьогодні це найточніше та найкраще обладнання для отримання вхідних даних для моделювання та виготовлення індивідуальних ортезів стопи.

Що стосується *комп'ютерних систем* для моделювання індивідуальних ортопедичних ортезів (CAD систем), на сьогодні багато компаній на ринку пропонують такого роду продукт, та їх умовно можна розділити на два типи:

- перший умовний тип систем було створено задля можливості використання їх медиками, що володіють знаннями з ортопедії та біомеханіки, без додаткових специфічних знань з тривимірного комп'ютерного моделювання. Такі системи оснащуються вбудованим САМ –модулем, тобто системою, що готує керуючу програму для верстата. Така система є дуже уніфікованою, що не дає змогу вносити коригування в керуючу програму для покращення якості обробленої поверхні ортезів, зменшення часу обробки чи пакетного виготовлення одразу декількох пар та можливостей використання іншого обладнання, окрім того, що йде в комплекті до таких систем.

- системи, що було розроблено для моделювання складних поверхонь та деталей машинобудівної та аерокосмічної галузей, а потім адаптовано під побудову моделей ортезів стопи. Вони розширюють можливості внесення коригувань та дозволяють побудувати модель ортезу різної складності з внесенням абсолютно будь-яких коригувань, елементів та форм, необхідних лікарю для досягнення очікуваних результатів. Крім того, вони дають можливість створення зон розвантаження в будь-якому необхідному місці стопи, не обмежуючись тими, під які виготовляються заготовки.

Таким чином, ці системи принципово відрізняються алгоритмом побудови моделей, необхідністю володіння додатковими спеціальними знаннями та навичками для користування ними та можливістю передачі моделей до САМ систем для подальшого виготовлення індивідуальних ортезів.

Якщо ж розглядати безпосередньо методи виготовлення ортезів з використання CAD / САМ систем, то на сьогоднішній день використовуються обробка різанням та адитивні технології.

ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И РАЦИОНАЛЬНЫЙ ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МОТАЛКИ ГОРЯЧЕЙ ПОЛОСЫ

¹Зданевич С.В., ²Зданевич С.С.

(¹ДГАЭУ, г. Днепр, Украина, ²НМетАУ, г. Днепр, Украина)

Производители листового проката широко используют на непрерывных широкополосных станах технологию получения рулонов из горячекатаной полосы толщиной менее 2 мм. Смотка особотонкой горячекатаной полосы в рулон предъявляет повышенные требования к эксплуатационной (по условию виброустойчивости) и технологической надежности существующих сматывающих машинных агрегатов.

Особенностью моталок горячей полосы является наличие при смотке технологической упругой связи (полосы) между тянущими роликами и механизмом формирования рулона, включающим барабан и формирующие ролики моталки, а также переменность массы звена «барабан - рулон» при формировании рулона. При этом жесткость сматываемой полосы влияет на характер колебательных процессов в крутильных электромеханических системах приводов барабана, тянущих и формирующих роликов, а также изгибной системе барабана и колебаниях рычажной системы механизма формирования рулона.

В существующих механизмах формирования рулона моталок при смотке тонких полос для получения качественных рулонов предусмотрен отвод формирующих роликов после образования первых витков. При формообразовании рулона без участия формирующих роликов возникают условия для изменения величины натяжения участка полосы между тянущими роликами и барабаном за счет изгибных и крутильных колебаний барабана, что сказывается на качестве смотки и является причиной нестабильной характеристики намотки (по межвитковому давлению) и, в ряде случаев, приводит к телескопичности рулона.

Задачи снижения и предупреждения колебаний барабана могут решаться: выбором рациональных режимов смотки (скорость, натяжение полосы); повышением изгибной и крутильной жесткости барабана, а также конструкционного демпфирования колебаний (выбор типа, размеров и расположения подшипниковых опорных узлов барабана).

Для четырехроликовой барабанной моталки, механизм формирования рулона представлен трибомеханической моделью (рис.1, а) с нестационарной технологической связью (полосой), где изгибная жесткость c_1 консольного вала барабана; жесткость c_2 полосы на участке АВ; приведенные жесткости $c_{\phi i}$ упругого поля механизма формирования рулона; угловая координата ψ_i положения формирующих роликов (i – номер ролика); масса m_6 барабана и масса m_p рулона; приведенная масса m_{ki} кассеты с формирующим роликом; коэффициент k неупругого сопротивления; угловая скорость ω барабана; сила

F_T сухого трения между тянущими роликами и полосой; постоянная нормальная сила N , действующая со стороны тянущего ролика на полосу; обобщенная сила Q_1 ; угол α подачи полосы; угол β смещения осей верхнего и нижнего тянущих роликов; сила Q_2 сопротивления движению полосы по рольгангу; траектория (рис.1, б) центра (т. М) масс системы «барабан – рулон»; неуравновешенная сила P инерции (рис.1, в) системы «барабан – рулон» с периодом $T_j \neq \text{const}$ вынуждающего воздействия. Крутильная система (рис. 1, г, д) привода барабана, где приведенные моменты инерции: I_1 ротора двигателя и деталей трансмиссии; I_2 барабана и рулона; приведенные крутильные жесткости: c_{12} трансмиссии; c_{23} упругого участка L полосы (продольная жесткость c_{Π} полосы в проводке на участке AB); момент M_1 электродвигателя; момент M_c упругопластического изгиба полосы и от сил сопротивления в опорах барабана; углы φ_1 и φ_2 поворота масс, приведенная угловая координата φ_3 и скорость V_3 подачи полосы тянущими роликами.

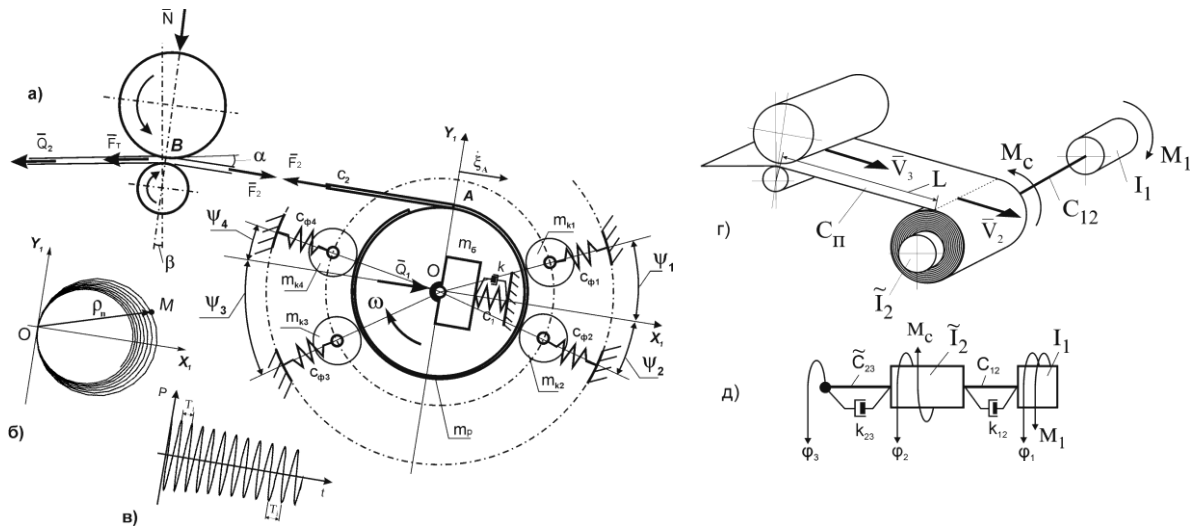


Рис. 1. Трибомеханическая модель (а) механизма формирования рулона моталки; траектория центра масс системы “барабан-рулон” (б); неуравновешенная сила $P(t)$ инерции системы (в); крутильная система (г) и эквивалентная динамическая модель (д) привода барабана

При имитационном моделировании сложная трибомеханическая модель (рис.1) механизма формирования рулона, исследовался по частям в двух зависимых подсистемах, соответствующих изгибной системе барабана с нестационарной связью и крутильной системе привода барабана.

Разработанные имитационные модели позволяют выполнить динамический анализ, выбор параметров и рациональное проектирование механизма формирования рулона моталок горячей полосы с учетом переменности масс и упругой технологической связи с нестационарной характеристикой. По результатам имитационного моделирования получены режимы нагружения барабана и элементов привода, выполнен их динамический расчет и параметрический синтез по условию вибрационной надежности, для обеспечения заданного натяжения полосы при смотке.

ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ В УМОВАХ ДРІБНОСЕРІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА

Калафатова Л.П., Харківський Р.Д.
(ДонНТУ, м. Покровськ, Україна)

Важливим завданням сучасного машинобудування є випуск конкурентоспроможної продукції за рахунок автоматизація виробництва. Особливо це стосується операцій механічної обробки деталей типу тіл обертання, насамперед, валів, вал-шестерень, гільз, муфт тощо, доля яких у продукції, що випускається, є значною. Раціонально розроблений технологічний процес (ТП) визначально впливає на собівартість обробки, яку можна пов'язати з рівнем штучного часу, витрат на обладнання та інструмент, які для виробництв різного типу – від серійного до масового суттєво різняться, але не завжди враховуються. Тому запропоновано підхід до вирішення завдання розробки раціональних ТП обробки деталей названого типу для конкретних умов обробки, що є актуальним.

Попередню оцінку ефективності ТП можна зробити за рівнем штучного часу, який приходить на обробку однієї деталі. Враховуючі кількість операцій, з яких складається ТП обробки конкретної деталі, і те, що обробка відбувається на сучасних верстатах з ЧПК, сумарні витрати часу $T_{шт}$ будуть дорівнювати

$$T_{шт} = \sum T_{шт i},$$

де $T_{шт i}$ - штучний час виконання проміжних операцій.

В свою чергу, $T_{шт i}$ можна представити у вигляді

$$T_{шт i} = T_{ца i} + T_{ді} \cdot k_{ді},$$

де $T_{ца i}$ – час циклу автоматичної роботи верстата за програмою;

$T_{ді}$ - ручний допоміжний час, який наперед за все включає витрати часу на переміщення, установку і знімання деталі;

$k_{ді}$ - коефіцієнт ручного допоміжного часу в залежності від партії оброблюваних деталей.

Встановлено, що для умов неавтоматизованого дрібносерійного виробництва, доля якого в сучасному машинобудуванні досягає 60%, лише 30% часу циклу обробки деталі займає безпосередньо її механічна обробка, а 70% - це час виконання холостих операцій. Тому з метою підвищення продуктивності дрібносерійного виробництва при побудові структури технологічного обладнання доцільно надати перевагу принципу концентрації операцій. Це можна зробити за рахунок використання сучасних багатоцільових верстатів з ЧПК - «обробних центрів», які дозволяють суміщати різноманітні операції на одному верстаті при мінімумі установок, зменшенні числа використаних верстатів і робочих площ.

МОЖЛИВОСТІ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ НА ПЕРЕБІГ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ ПРИ ЧОРНОВОМУ ТОЧІННІ ДЕТАЛЕЙ НА ВАЖКИХ ВЕРСТАТАХ ЗА СХЕМОЮ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

Калініченко В. В.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Процеси чорнової токарної обробки деталей на важких верстатах належать до високоенергомістких, тому наукове обґрунтування та практична реалізація перспективних способів зниження енерговитрат у технологічній системі для цих процесів є і залишатиметься вкрай важливою задачею.

У роботі [1] автором були систематизовані шляхи підвищення енергоефективності процесів механічної обробки. Одним з таких шляхів є зниження витрат енергії на перебіг фізичних процесів у зоні різання, що реалізується за рахунок забезпечення енергоефективних умов обробки і не потребує модернізації верстатних приводів і пов'язаних з цим суттєвих фінансових витрат. Енергоефективні умови механічної обробки можуть бути забезпечені, зокрема, за рахунок полегшення пластичної деформації оброблюваного матеріалу при введенні до нього додаткової енергії [1].

У якості перспективного способу зниження енерговитрат у зоні різання при чорновій токарній обробці сталевих деталей на важких верстатах може бути запропоновано точіння за схемою електромеханічної обробки (ЕМО). Фізичні основи та принципова схема ЕМО наведені у роботі [2]. При точінні за схемою ЕМО за рахунок нагрівання оброблюваної сталі при проходженні електричного струму високої сили при низькій напрузі відбувається суттєве знеміцнення сталі, що спричиняє зниження сил різання, а відтак, і питомої енергомісткості різання. За даними роботи [3], при обробці деталей важкого машинобудування за схемою ЕМО зниження сил різання становить 25...40 %, що дає усі підстави очікувати на суттєве зниження питомих енерговитрат у зоні різання при практичному використанні даної схеми обробки.

Спосіб точіння за схемою ЕМО відрізняється простотою реалізації. Установка для ЕМО, якою дооснащується верстат, може бути виготовлена на базі зварювального трансформатора. Діапазон режимів ЕМО, що може бути використаний при чорновому точінні сталевих деталей на важких верстатах: сила електричного струму $I = 100...200$ А, електрична напруга $U = 6...12$ В.

Література: 1. Калініченко, В. В. Сучасний стан та шляхи вирішення проблеми енергоефективності процесів механічної обробки / В. В. Калініченко // Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції 21–24 грудня 2020 року / за заг. ред. В. Д. Ковальова. – Краматорськ : ДДМА, 2020. – С. 35. 2. Аскинази, Б. М. Упрочнение и восстановление деталей машин электромеханической обработкой / Б. М. Аскинази. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1989. – 200 с. 3. Гавриш, А. П. Технологическое обеспечение точности обработки деталей тяжелого машиностроения электротехнологическими методами / А. П. Гавриш, Т. В. Кухтик, С. Г. Онищук, И. А. Шевченко, Т. А. Соломко // Надежность режущего инструмента и оптимизация технологических систем. Сб. статей. В 2-х т. Т. 1 / Предс. редсовета Г. Л. Хаэт. – Краматорск : ДГМА, 1997. – С. 245–249.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЗБІРНИХ ТОКАРНИХ РІЗЦІВ НА БАЗІ ВПРОВАДЖЕННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ МЕХАТРОННИХ ВЕРСТАТІВ-АВТОМАТІВ

Калініченко В. В., Мельник М. С.
(ДДМА, м. Краматорськ. Україна)

Збірні токарні різці становлять значну питому частку продукції сучасного інструментального виробництва. Ускладнення конструкцій збірних токарних різців, підвищення вимог до точності їхніх деталей зумовлюють актуальність проблеми вдосконалення технологічних процесів виробництва деталей різців, в межах якої мають знайти пріоритетне вирішення наступні технологічні задачі:

- забезпечення необхідних високих показників точності розмірів, форми та взаємного розташування поверхонь посадочних місць у вузлах кріплення різальних пластин при обробці тримачів різців;
- подолання технологічних труднощів у обробці дрібних деталей збірних різців, малі розміри яких ускладнюють закріплення деталей перед обробкою та механічну обробку поверхонь, розташованих з різних боків деталі;
- зменшення допоміжного часу на обробку деталей збірних різців за рахунок суміщення технологічних переходів та операцій на основі принципів багатоінструментальної обробки та використання прогресивного технологічного оснащення;
- скорочення номенклатури верстатного обладнання для механічної обробки заданих деталей збірних різців.

Перераховані технологічні задачі можуть бути вирішені на базі розробки та впровадження спеціальних мехатронних верстатів-автоматів [1–3]. Згідно з принципами технології масового виробництва для кожної деталі кожної окремої конструкції різця розробляється свій спеціальний мехатронний верстат-автомат, важливою вимогою до якого є виконання повного циклу механічної обробки деталі на одній робочій позиції [1], що забезпечить скорочення використовуваної номенклатури обладнання. З урахуванням специфіки конструкції та технології обробки конкретної деталі відповідний верстат може мати багатошпиндельне компонування з оснащенням кожного шпинделю окремим інструментом, пристрої автоматичної подачі заготовки, поворотні пристосування для орієнтації заготовки відносно інструменту [2, 3].

Література: 1. Калініченко, В. В. Перспективи використання мехатронних верстатів у виробництві деталей збірного різального інструменту / В. В. Калініченко, М. А. Вашков // Інформатика, управління та штучний інтелект. Тези сьомої міжнародної науково-технічної конференції. – Харків : НТУ «ХПІ», 2020. – С. 27. 2. Калініченко, В. В. Мехатронний верстатний комплекс для обробки тримача збірного токарного різця / В. В. Калініченко, М. С. Мельник, В. А. Рибкін // Інформатика, управління та штучний інтелект. Тези шостої міжнародної науково-технічної конференції. – Харків : НТУ «ХПІ», 2019. – С. 47. 3. Калініченко, В. В. Мехатронний верстат для обробки деталі «гайка» вузла кріплення різальної пластини збірного токарного різця / В. В. Калініченко, М. С. Мельник, Є. Д. Корнілов // Інформатика, управління та штучний інтелект. Тези шостої міжнародної науково-технічної конференції. – Харків : НТУ «ХПІ», 2019. – С. 45.

РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ ШТАМПІВ З ДИФЕРЕНЦІЙНИМ ЗАТИСКОМ ПРОКАТУ

Карнаух С.Г., Бахтін І.Д. (ст. гр. ПТМ 18-1)

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Розділення прокату на мірні заготовки є самою затребуваною операцією в машинобудівному виробництві, тому що результатом цієї операції є отримання заготовок, як для подальшої обробки металів тиском, так і обробки різанням. Тому актуальність завдання підвищення ефективності розділових операцій не викликає сумнівів, оскільки безпосередньо впливає на собівартість готового виробу. Аналіз відомих схем поділу прокату відрізкою зсувом з активним поперечним затиском показав, що найбільш перспективною є схема відрізки з «диференційним затиском». Комплексні дослідження безвідхідних способів поділу сортового прокату широко проводилися на території країн колишнього СРСР: «Мосстанкин», «ЭНИКМАШ», «Воронежский ПО по выпуску тяжелых механических прессов» (ВСКБКМ), «Донпрессмаш», Харківський авіаційний, Кишинівський політехнічний, Донецький фізико-технічний інститути, так і за кордоном: Англія, Німеччина, Японія й ін. За цей час накопичений великий обсяг відомостей про природу, механізми й критеріях руйнування. У розвиток цієї науки внесли істотний вклад учені: К. Kessler, F. Keller, T. Nakagava, В. Т. Мещерін, С. С. Соловцов, В. М. Фінкель і багато інші [1,2].

Мета роботи – розробка й дослідження штампів з диференційним затиском для відрізки сортового прокату зсувом.

На кафедрі основ проектування машин (ОПМ) Донбаської державної машинобудівної академії (ДДМА) розроблені, досліджені й впроваджені у виробництво різні конструкції штампів з диференційним затиском для відрізки прокату діаметром до 50 мм (рис. 1, а) [3]. По своїм техніко-економічних показникам ці штампи перевищують сучасні зразки аналогічного штампового оснащення. При цьому, у процесі поділу у вертикальній площині забезпечується незмінне положення осі прокату. Виключається передача сили на затиск через прокат. Конструкція штампа забезпечує його високу жорсткість і відносно невеликі габаритні розміри.

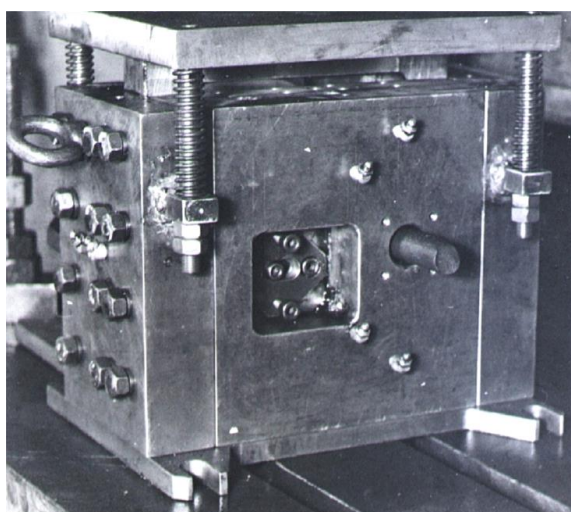
На основі аналізу математичної моделі штампа з диференційним затиском установлені ефективні кути передачі зусилля на затиск і відріжку прокату між деталями штампа. Аналіз отриманих залежностей $R_6 = f(\alpha)$ та $R_6 = f(\beta)$ показує, що при кутах передачі сили на затиск і відріжку прокату: $\alpha = 27^\circ$; $\beta = 33^\circ$, сила з боку буфера має мінімальне значення $R_6 \approx 10$ кН при потрібній силі преса $F_{пр} \approx 300$ кН. Зменшення кута β недоцільно внаслідок значного збільшення вертикального ходу преса, що визначає більші габаритні розміри штампа. При цьому мінімальне значення сили R_6 обумовлює мінімальні габаритні розміри буфера. Для зменшення потрібної сили преса $F_{пр}$ необхідно зменшити коефіцієнт тертя ковзання, за рахунок використання антифрикційних матеріалів на контактних поверхнях і забезпечення гарних умов змащення.

Результати проведених експериментів підтверджують адекватність математичної моделі. Значення сили на повзуні преса, отриманої експериментально, на 5% більше теоретичної. Це пов'язане з тим, що для теоретичних розрахунків матеріал прокату вибирався з бази сталей Deform 3D, який максимально наближений по механічних властивостях до сталі 40Х, але все-таки відрізняється від неї. Крім того, необхідно більш точно враховувати значення коефіцієнта тертя на контактних поверхнях деталей штампа.

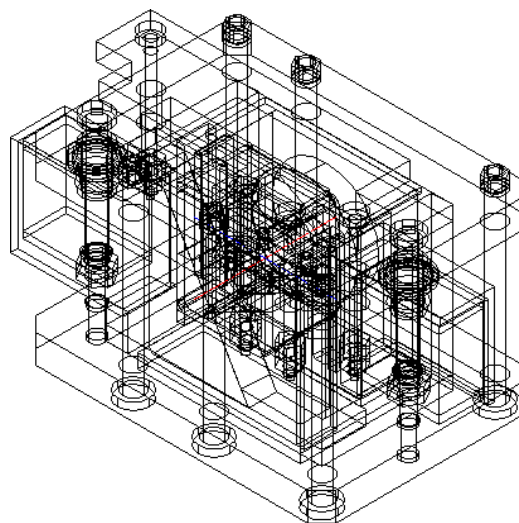
Результати впровадження штампа на Одеському ЧАО «Будгідравлика» показують, що: штампи працездатні й надійні в експлуатації; якість відрізаних заготовок відповідає показникам якості заготовок, відрізаних на сучасному аналогічному устаткуванні.

Сформульовані рекомендації щодо проектування штампів для відрізки сортового прокату зсувом з диференційним затиском (конструкції ДДМА).

Розроблена система «САПР – ШТАМП ДЗ» на основі параметричної моделі штампу конструкції ДДМА, яка має практичну цінність і може бути використана для автоматизованої розробки конструкторської документації штампів з диференційним затиском для відрізки сортового прокату будь-якого розміру (рис. 1,б). Це дозволяє не тільки скоротити строки проектування, але й створювати штапове оснащення з диференційним затиском для конкретного діапазону діаметрів прокату, що розділяється.



а



б

Рис. 1. Штмп з диференційним затиском конструкції ДДМА

References: 1. Karnaukh, S., Markov, O., Aliieva, L., Kukhar, V. (2020). Designing and researching of the equipment for cutting by breaking of rolled stock. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 109. Issue 9-12. 2457-2464. <https://doi.org/10.1007/s00170-020-05824-7>.

2. Карнаух С.Г. Совершенствование безотходных способов разделения сортового проката и оборудования для получения заготовок высокого качества : монография, Краматорск: ДГМА, 2010. – 196 с.

3. Пат. 25552 А Україна, МКИ В23Д23/00. Штмп для відрізки прокату з диференційованим затиском / Роганов Л.Л., Тарасов О.Ф., Карнаух С.Г. – Заявл. 3.06.97, Опубл. 30.10.98. – 4 с.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГАЕЧНЫХ МЕТЧИКОВ ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ Р6М5 ОБРАБОТКОЙ В ИМПУЛЬСНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Кинденко Н. И.

(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Причины отказов инструментов чаще всего связаны не с их поломкой, а с утратой ими своей первоначальной поверхностной конфигурации вследствие износа, сколов, смятия, растрескивания, т.е. в связи с разрушением или деформацией тонких поверхностных слоёв металла.

Одно из основных направлений физической технологии упрочнения это магнитная обработка инструмента. Эффективность способа магнитной обработки зависит от целого ряда факторов, относящихся как к условиям воздействия на инструмент магнитным полем, так и к условиям, в которых этот инструмент эксплуатируется [1].

Целью работы является рассмотрение изменения надежности гаечных метчиков, изготовленных из быстрорежущей стали Р6М5 и обработанных в импульсном магнитном поле.

Первопричиной улучшения эксплуатационных характеристик осевого инструмента, подвергнутого магнитной обработке, является изменение свойств инструментального материала. Оно происходит за счёт магнитострикционного упрочнения быстрорежущей стали, что выражается в повышении её теплостойкости [2].

Установлено, что воздействие импульсных магнитных полей на гаечные метчики из быстрорежущей стали Р6М5 является эффективным только при определённых (оптимальных) режимах магнитной обработки (напряженности магнитного поля, времени обработки инструмента и времени выдержки после обработки).

Полученные экспериментальные данные позволяют сделать вывод о том, что увеличение надежности гаечных метчиков из быстрорежущей стали Р6М5 после магнитной обработки происходит в результате того, что быстрорежущая сталь претерпевает объёмное упрочнение, дисперсионное твердение, становится более однородной по структуре и улучшает свои физико-механические свойства.

Литература: 1. Кинденко Н.И. Магнитострикционное упрочнение и магнитно-дисперсионное твердение быстрорежущих сталей в импульсных магнитных полях [Электронный ресурс] // Научный вестник Донбасской государственной машиностроительной академии [Электронный ресурс]. - Краматорск, 2017. - № 2 (23Е). - С. 31-35. - режим доступа: [http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/science_vesnik/%E2%84%962\(23%D0%95\)_2017/article/8.pdf](http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/science_vesnik/%E2%84%962(23%D0%95)_2017/article/8.pdf). 2. Кинденко Н.И. Механизм изнашивания и работоспособность инструмента, изготовленного из быстрорежущей стали и упрочненного методом ОИМП [Электронный ресурс] // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії [Електронний ресурс]. - Краматорськ, 2018. - № 2 (44). - С. 120-124. - режим доступа: [http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/ddma/Herald_2\(44\)_2018/article/24.pdf](http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/ddma/Herald_2(44)_2018/article/24.pdf).

СПОСОБ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА ОИМП ПРИ УПРОЧНЕНИИ ИНСТРУМЕНТА ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ Р6М5

Кинденко Н. И., Зубрицкий З.В. (гр. КМСІТ-20-1т)
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Положительное проявление эффекта импульсной магнитной обработки бывает далеко не одинаковым. Эффективность обработки зависит от её режима, определяемого напряженностью магнитного поля.

Для оценки влияния обработки инструмента из быстрорежущей стали Р6М5 в импульсном магнитном поле на изменение его стойкости, нужно провести специальные исследования, которые несут значительные материальные затраты.

Целью работы является подтверждение эффекта упрочнения инструмента из быстрорежущей стали Р6М5 после обработки в импульсном магнитном поле при помощи ускоренного метода определения стойкости.

С практической точки зрения основными требованиями к средствам контроля являются оперативность и доступность их использования в соответствии с высокой чувствительностью и воспроизводимостью. Этим требованиям удовлетворяет предложенный способ сравнительной оценки эффективности упрочняющих технологий, который реализуется на приборе ЭХО-1.

В его основу положена схема трения двух скрещенных цилиндров, позволяющая обеспечить высокую воспроизводимость начальных условий контактного взаимодействия.

Были изготовлены из быстрорежущей стали Р6М5 (индентор) и стали 45 (контртело) специальные образцы, представляющие собой цилиндры длиной $L=80$ мм и диаметром $D=8$ мм, имеющие по обоим торцам центровые отверстия. Рабочие поверхности образцов не имели дефектов.

По соотношению средних диаметров отпечатков, полученных на контртеле после и до обработки, определяется её эффективность.

Полученные экспериментальные данные позволяют сделать вывод о том, что использование способа сравнительной оценки эффективности технологии упрочнения является простым и эффективным способом предварительного определения повышения стойкости инструмента из быстрорежущей стали Р6М5 и наиболее оптимальных режимов магнитной обработки.

Литература: 1. Овчаренко А.Г. Комбинированная магнитно-импульсная обработка режущего инструмента/ А.Г.Овчаренко, А.Ю.Козлюк, М.О.Курепин// Технология машиностроения. - М., 2010. -9. -С.26-29.

2. Кинденко Н. И. Повышение надежности быстрорежущего инструмента, подвергнутого комплексному упрочнению // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. - Краматорськ, 2011. - № 2 (23). - С. 168-173

АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЗАВАНТАЖЕННЯ МЕТАЛОРІЗАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

Клименко Г.П., Зоз М.В. (КМСІТ 19-1т)
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Автоматизація процесу збору даних про роботу металорізального обладнання пов'язана із застосуванням сучасних інформаційних систем. Інформаційні системи можна розглядати як людино-машинну систему з автоматизованою технологією одержання результатної інформації, необхідної для інформаційного обслуговування. За допомогою інформаційних систем забезпечується багатоваріантність розрахунків, приймаються раціональні управлінські рішення, в тому числі в режимі реального часу, організується комплексний облік, досягаються достовірність та оперативність одержуваної і використовуваної в управлінні інформації.

Метою роботи є підвищення ефективності роботи металорізального обладнання шляхом автоматизації контролю його завантаження.

Для створення програмного забезпечення контролю завантаження металорізального обладнання розроблена діаграма варіантів використання. Мета побудови діаграми - це документування функціональних вимог до системи в загальному вигляді, тому вони повинні бути гранично прості.

В основу розробки покладена реляційна модель даних, запропонована співробітниками фірми ІВМ Едгаром Коддом і заснована на понятті відношення.

Відношення – це безліч елементів, які називаються кортежами. Наочною формою подання відношення є звична для людського сприйняття двовимірні таблиця (рис. 1).

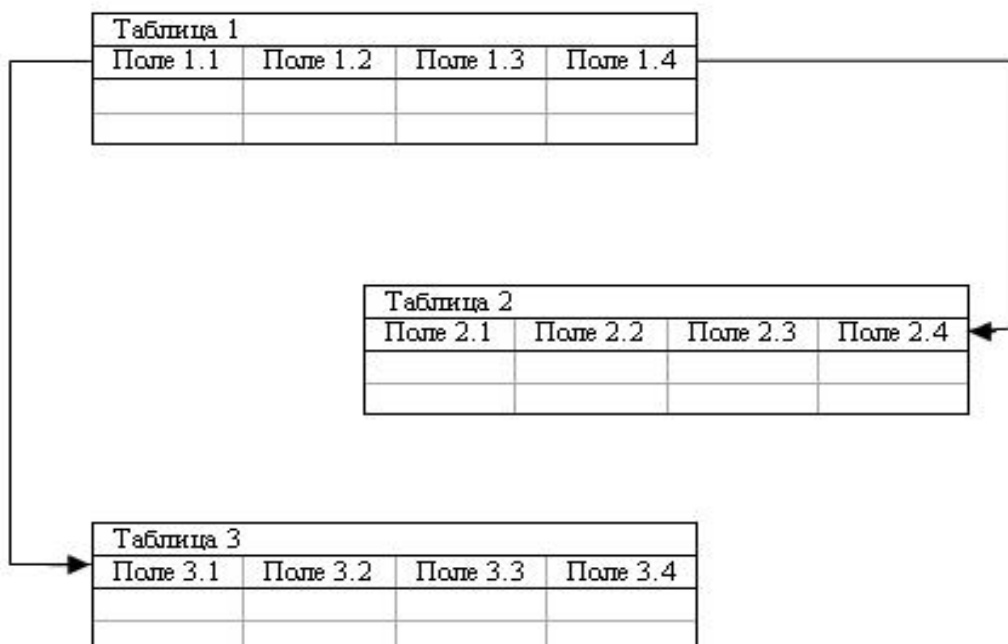


Рис.1. Реляційна модель даних

Розроблено модель бази даних (БД), де всі дані про завантаження верстатів організовані з метою адекватного відображення і задоволення інформаційних потреб користувачів.

Розроблений програмний продукт забезпечує можливість виконання функцій: завантажувати вихідні дані, виконувати запити вхідних даних, зберігати результати кожного разу після виклику процедури, генерувати вихідні дані. Для можливості виконання запитів, поставлених до бази даних, передбачається з'єднання таблиць, а також перегляд і вибір даних однієї таблиці з іншої, синхронізація навігації по записах схема зв'язків між таблицями.

Для реалізації поставлених функцій програми розроблений графічний інтерфейс (рис.2), в якому користувач може вибирати команди, запускати завдання і розглядати списки файлів, вказуючи на піктограми або пункти в списках меню, показаних на екрані.

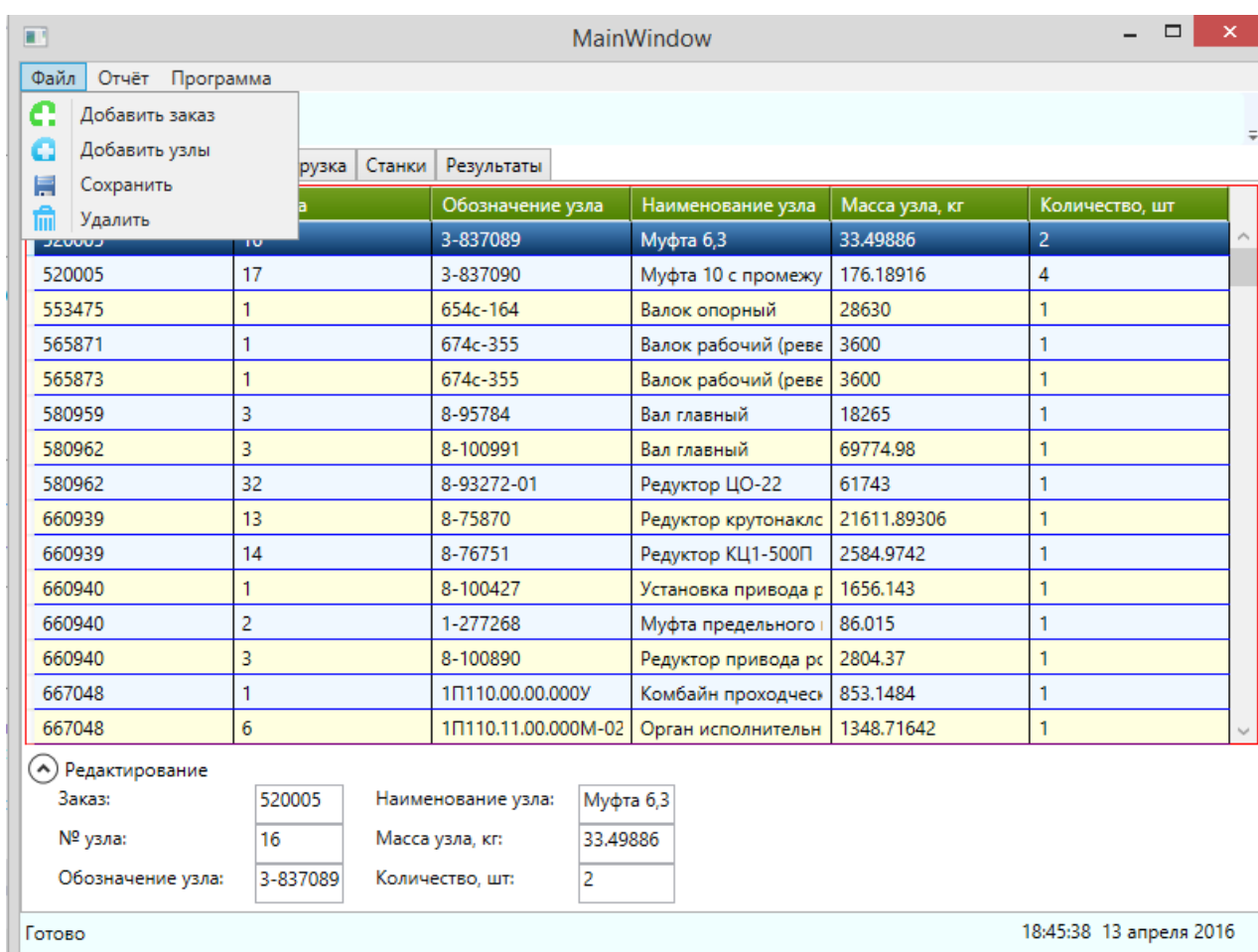


Рис. 2. Приклад призначеного для користувача інтерфейсу

Таким чином, розроблені функціональні частини системи контролю завантаження металорізального обладнання, яка включає діаграму варіантів використання, модель бази даних, а також програмне забезпечення.

РОЗРОБКА САПР ТП ДЛЯ ВАЖКИХ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТІВ

Клименко Г.П., Залятов А.Ф.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Одною з найвідповідальніших частин технологічної підготовки обробки деталей на важких верстатах є автоматизація вибору раціональних конструкцій різальних інструментів. Особливості роботи цих інструментів пов'язані з великою кількістю факторів, які впливають на їх роботу, велике розсіювання параметрів обробки деталей на важких верстатах. Це потребує комплексного підходу до автоматизації визначення раціональних параметрів різальних інструментів, зокрема, типу конструкції збірних різців, товщини пластини твердого сплаву, яка впливає на експлуатаційну міцність важковантажного інструменту.

Метою роботи є підвищення ефективності обробки деталей на важких верстатах шляхом автоматизації визначення раціональних конструкцій збірних різців і режимів різання.

Різноманіття варіантів конструкції збірних інструментів ускладнює завдання обґрунтування ефективності використання конкретного конструктивного рішення. Для розробки рекомендацій щодо вибору конструкції інструменту використовувалися порівняльні лабораторні та експлуатаційні випробування з використанням методів руйнуючої подачі, тривалих випробувань, експертних оцінок. В результаті розроблена система таблиць, в яких наведені рекомендації кращого вибору конструкції інструменту в залежності від умов їх експлуатації і режими різання, які вперше пов'язані з конкретною конструкцією інструмента. Однак використання цих рекомендацій вимагає досить високої кваліфікації технолога при прийнятті рішень, ускладнює пошук необхідної інформації. Для реалізації САПР ТП розроблений блок вибору інструменту і режимів різання з використанням ЕОМ.

Для автоматизації технологічної підготовки механообробки розроблена програма у вільному середовищі розробки додатків SharpDeveloper на мову C#. У разі, якщо варіант вибору один він відбувається автоматично. На кожному етапі вибору вхідних даних відповідним змінним присвоюється певні значення.

За допомогою програми COSMOS програми SolidWorks визначені області полумки пластини і розподілу напружень, що виникають в ній при різних значеннях складової сили різання P_z .

На підставі проведених досліджень міцності обґрунтовані раціональні конструктивні параметри збірних різців, зокрема, товщина пластини, що забезпечує підвищення ефективності обробки деталей твердосплавним інструментом. Розроблено програми для вибору конструкції інструменту і режимів різання в вільному середовищі розробки додатків SharpDeveloper на мові C#, застосування яких дозволить автоматизувати вибір раціональної конструкції збірного різця і для нього - режимів обробки деталей на важких верстатах. Застосування додатки COSMOS програми SolidWorks дозволило визначити розподілу напружень в конструкції інструменту.

ЯКІСТЬ КОНСТРУКЦІЙ ЗБІРНИХ РІЗЦІВ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ПРОФІЛЮ КОЛІСНИХ ПАР

Клименко Г.П., Полупан І.І., Сиволап М.С. (КМСІТ 20-1маг(н))

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Кількісна оцінка якості конструкцій різального інструменту з використанням кваліметричного підходу проводилася для різців збірної конструкції загального призначення. Подальший розвиток кваліметрії отримали дослідження щодо процесу експлуатації різального інструменту. Однак, збірні різці для відновлення профілю колісних пар мають свої конструктивні особливості, які необхідно враховувати при визначенні ефективності конструкції і її якості.

Метою цієї роботи є розробка ієрархічної системи властивостей, які складають якість збірних різців для відновлення профілю колісних пар, для кількісної оцінки ефективності нових конструкцій.

Застосовуючи кваліметричний підхід до оцінки якості конструкції збірних різців, була розроблена ієрархічна система властивостей, які складають якість інструменту для обробки колісних пар.

У зазначеній системі рівень якості збірного різального інструменту для обробки колісних пар враховує такі властивості: властивості на стадії проектування; властивості на стадії виготовлення; властивості на стадії експлуатації.

Кожна з цих властивостей характеризується властивостями нижчого рівня. Так властивості на стадії проектування включають в себе:

- міцність конструкції, яка характеризується міцністю ріжучої пластини, міцністю корпусу, міцністю елементів кріплення;
- жорсткість конструкції, яка характеризується жорсткістю кріплення пластини, жорсткістю елементів кріплення;
- надійність конструкції, яка характеризується безвідмовністю, довговічністю, ремонтпридатністю.

Аналогічно властивості на стадії виготовлення включають в себе:

- технологічність, яка характеризується матеріаломісткістю, трудомісткістю, потребою в обладнанні;
- точність, яка характеризується дотриманням допусків, відхиленням форми поверхонь.

І, нарешті, властивості на стадії експлуатації включають в себе:

- динамічні характеристики, які характеризуються амплітудою і частотою коливань;

- експлуатаційну міцність, яка характеризується напрацюванням на відмову, яка руйнує подачею;
- надійність експлуатації, яка характеризується середнім періодом стійкості, коефіцієнтом готовності, ресурсом.

Вагомість кожного властивості обчислювалася за формулою:

$$B_i = \frac{R_i}{\sum_1^8 R_i}$$

Рівень якості конструкції визначався за формулою:

$$Y_i = \sum_{j=1}^n K_i^j \cdot B_i^j ,$$

де K_i^j - оцінка комплексного i -го властивості на j -му рівні розгляду; B_i^j - вагомість i -го властивості на j -му рівні розгляду.

Кваліметричний підхід до кількісної оцінки якості конструкцій збірних різців для обробки колісних пар дозволив визначити рівень якості Y_i конструкції на підставі експертних оцінок і результатів експериментальних досліджень.

Таким чином, $Y_{2\text{чаш}} \succ Y_{1\text{чаш}}$, $Y_{2\text{тан}} \succ Y_{1\text{тан}}$.

Розрахунками підтверджено, що рівень якості удосконалених конструкцій збірного чашкового різця і збірного різця з тангенціальним кріпленням пластини вище рівня якості базових конструкцій в 1,2 і 1,7 рази відповідно.

УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ІНСТРУМЕНТУ ПРИ ОБРОБЦІ ДЕТАЛЕЙ НА ВАЖКИХ ВЕРСТАТАХ

Клименко Г.П., Сорокіна Т.О., Мороз К.О. (КМСІТ 20-1маг(н))

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Рішення задач підвищення ефективності металообробки, впровадження ресурсозберігаючих технологій, підвищення якості і конкурентоздатності продукції особливо важливе при використанні різальних інструментів на важких верстатах великої вартості. Саме це визначає необхідність скорочення часу їх простоїв і організації раціональної експлуатації інструменту. Велике розсіювання параметрів обробки на важких верстатах, різноманіття чинників, що впливають на процес експлуатації, потребують комплексного підходу до визначення керуючих параметрів процесу експлуатації інструменту, методика

якого потребує розробки.

Мета роботи. Підвищення ефективності використання різального інструменту на важких верстатах шляхом розробки системи управління якістю процесу його експлуатації, визначення раціональних регламентів експлуатації і розробки загальномашинобудівних нормативів різання.

Методологічною основою роботи є системний підхід до вивчення процесу експлуатації інструменту, його умов і особливостей, закономірностей процесів.

Теоретичні дослідження базуються на основних положеннях кваліметрії, теорій надійності, досліджень операцій, прийняття рішень, імовірності і математичної статистики.

Дослідження надійності інструменту обмежувалося експлуатаційними випробуваннями їхньої безвідмовності. Застосування інструментів збірних конструкцій потребує розробки нових математичних моделей з урахуванням комплексних показників надійності. Видатки різального інструменту розраховуються без урахування імовірнісного характеру його експлуатації, без урахування конструкції інструменту і режимів різання. Статистичні дослідження параметрів обробки деталей на важких верстатах дозволили встановити найбільш поширені умови експлуатації інструменту. У роботі показано, що 70% операцій, що виконуються на чорнових важких токарних верстатах, складає повздовжнє обточування деталей твёрдосплавним інструментом. Всі параметри експлуатації інструменту на важких верстатах мають велике розсіювання, що підтверджує необхідність розгляду стохастичного характеру процесу експлуатації інструменту.

На основі використання принципів міжнародного стандарту ISO 9000: 2000 створена модель системи якості процесу експлуатації інструментів на важких верстатах. При побудові структури системи експлуатація інструменту вперше розглядається як сукупність процесів: організаційного, керування ресурсами, обслуговування технологічної системи, підготовчо-інформаційного, процесу обробки деталей і забезпечення зворотнього зв'язку (оцінки, аналізу, удосконалення).

Під раціональною експлуатацією різального інструмента розуміється такий процес його використання, при якому, поряд із високою продуктивністю і мінімальними витратами, досягається можливо менший видаток інструменту при заданому рівні його надійності і психофізичного навантаження на верстатника.

Для кількісної оцінки якості процесу експлуатації використано кваліметричний підхід. Розроблена ієрархічна структура властивостей, що складають якість експлуатації інструменту, містить властивості призначення, що характеризуються цільовими функціями для багатокритеріальної оптимізації якості процесу експлуатації різального інструменту. Вони являють собою вектор критеріїв керування якістю процесу (цифра позначає рівень розгляду)

$$U^{-1} = (U_1^3, U_2^3, U_3^3, U_4^3, U_5^3).$$

Статистичні дослідження якості експлуатації інструментів використовувалися на основі інформаційного банку даних, що нараховує більше 5000 випадків обробки деталей на важких верстатах, які зібрані на заводах різних галузей машинобудування.

Для теоретичних досліджень якості експлуатації розроблені методика і програмне забезпечення для ЕОМ із використанням теорії кваліметрії, а також методики експертної оцінки якості експлуатації інструменту.

Для вибору конструкції інструменту з інформаційного банку конструкцій запропоновано використовувати методику кластерного аналізу

При формуванні кластерів використана агломеративна ієрархічна кластер-процедура. Конструкції інструментів із банку об'єднуються в класи, які характеризуються областю регламентів їх раціональної експлуатації.

Експлуатаційні і лабораторні випробування проводилися твердосплавними інструментами марок ВК8, Т5К10, Т15К6 із зносостійкими покриттями, із вібраційною обробкою та іонною імплантацією. Для контролю якості покриттів використовувався метод акустичної емісії. Для оцінки механічних властивостей досліджуваних сталей (45, 40Х, ШХ15СГ, 12Х18Н9Т, 9ХС) проводилися механічні випробування зразків.

Розроблена модель системи керування процесом експлуатації інструменту вперше дозволила системно розглянути структуру та взаємозв'язки усіх складових частин процесу. Кваліметричний підхід до процесу експлуатації інструменту дав змогу розробити методи кількісної оцінки якості процесу та обґрунтувати структуру підготовчо-інформаційної підсистеми. Результати досліджень використані при розробці загально машинобудівних нормативів різання на важких верстатах.

ПОКРИТТЯ ДЛЯ РІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ З КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ КУБІЧНОГО НІТРИДУ БОРУ

Клименко С.А., Копейкіна М.Ю., Манохін А.С.
(ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України, м. Київ, Україна)

Аналіз сучасного стану технологій механічної обробки показує, що подальше вдосконалення різальних інструментів з полікристалічних композитів на основі кубічного нітриду бору (РсВN) [1] багато у чому пов'язане з розробкою і застосуванням захисних покриттів, принцип роботи яких характеризується складним комплексом трибологічних і механохімічних ефектів, які обумовлюють здатність покриттів зберігати цілісність і властивості під дією високих температур і контактних напружень, що в першу чергу пов'язано з управлінням їх структурою [2].

Найбільш перспективними, з точки зору застосування на різальних інструментах з РсВN, є нанокompозитні покриття. Це обумовлюються поєднанням високих значень фізико-механічних властивостей, стійкості до окислення і дисоціації хімічних сполук, що входять до їх складу, внаслідок особливостей структури нанокompозитних плівок. На теперішній час, найбільш поширені нанокompозитні структури двох видів: – нітридна нанорозмірна фаза, впроваджена в межкристалічне середовище (*nc*-MeN/межкристалічна фаза); – зерна одного матеріалу утворюють дві фази з різною кристалографічною орієнтацією або суміш нанозерен різних матеріалів. Найбільше поширення отримав перший спосіб, коли покриття формуються з нанозерен нітридів перехідних металів з аморфною межкристалічною фазою-матрицею з TiB_2 , Si_3N_4 , ВN та інших нітридів неметалів, що утворюють ковалентні зв'язки.

При оптимальній концентрації α -фази, яка формує матрицю, подавляється ріст зерен нітриду перехідного металу, що, відповідно до закону Холла-Петча, призводить до збільшення твердості композиту.

Крихке руйнування покриття на етапі прироблення інструменту є характерним для умов навантаження при точінні загартованих сталей. Оцінка значень навантажень показує, що нормальні і дотичні контактні напруження при обробці стали високої твердості досягають значень до 2500 і 1100 МПа відповідно [3]. Знизити величину навантажень можна, якщо конструкція покриття буде включати верхній шар покриття, що виконує функції прироблення. Вимогою до такого прошарку є поєднання пластичності і міцності, при тому що твердість його може бути істотно нижче, ніж твердість основного робочого шару покриття. Можна припустити, що матеріал шару прироблення повинен мати аморфно-кристалічну низькомодульну структуру (α -ВN, α - Si_3N_4 або α - TiB_2), що дозволить йому виконувати роль твердого змащення. Подібна конструкція покриття знижує ймовірність його крихкого сколювання в області, прилеглої до різальної кромки, що істотно подовжує період стійкості інструменту в умовах високого термобаричного навантаження.

Нанокompозитні системи типу *nc*MeN/ α -фаза характеризуються підвищеною термостійкістю. Границя термостійкості покриття *nc*-TiN/ α - Si_3N_4 ,

нанесеного на кремнієву підкладку, сягає 1100 °С, що становить 63% від температури дисоціації Si_3N_4 . Таке підвищення граничної температури обумовлено відсутністю реакції окислення на межі поділу незмішуваних стехіометричних фаз TiN і Si_3N_4 .

Інший механізм підвищення стійкості інструменту, призначеного для роботи в високошвидкісному (і, отже, високотемпературному) діапазоні умов оброблення, реалізується при використанні самоадаптивних покриттів. Основна ідея полягає не в запобіганні окислення матеріалу покриття, а в використанні цього явища для управління параметрами контактної взаємодії в зоні різання і зниження коефіцієнта тертя і, отже, термобаричного навантаження в зоні контакту. Подібні покриття в процесі різання окислюються, утворюючи поліоксидну вторинну структуру (трибоплівку), що грає роль твердого змащення.

Ще одним підходом до підвищення стійкості інструменту, в якому явно проявляється ідея використання покриття як проміжного середовища, що надає прямий вплив на параметри процесу різання, є введення до складу покриття компонентів, які є інгібіторами хімічної взаємодії в зоні контактної взаємодії інструментального композиту з оброблюваним матеріалом. Пригнічуючи хімічно обумовлений механізм зношування ріжучого інструменту, такі покриття збільшують стійкість інструменту з PcBN при високошвидкісному різанні або при обробленні конструкційних сплавів, компоненти яких виявляють високу хімічну активність в парі з PcBN .

На основі великої кількості досліджень механізму впливу різних покриттів на закономірності зношування інструментів з PcBN , можна виділити кілька взаємопов'язаних підходів, результати досліджень за якими може бути базою обґрунтування вимог до матеріалів при створенні різних перспективних систем покриттів: – вибір структурних складових покриття, які в процесі оброблення різанням на повітрі забезпечують створення на робочих поверхнях інструменту високотемпературних поліоксидних трибоплівок, що грають роль твердого змащення, що ефективно знижує інтенсивність зношування інструменту; – введення до складу покриття сполук, що є інгібіторами реакцій хімічної взаємодії, що дозволяє зрушити початок активної хімічної взаємодії в зоні обробки в діапазон більш високих швидкостей різання; – зниження коефіцієнта тертя і контактних навантажень на ділянках контакту за рахунок твердих мастил і шарів прироблення у складі покриття; – забезпечення необхідного структурного стану (аморфно-кристалічного або наноструктурованого) у покритті.

Література: 1. Инструменты из сверхтвердых материалов / Под. ред. Н.В. Новикова и С.А. Клименко. – М. : Машиностроение, 2014. – 608 с.; 2. Promising types of coatings for PcBN tools / A.S. Manokhin, S.A. Klimentko, S.An. Klimentko, V.M. Beresnev // J. of Superhard Mat. – 2018. – Vol. 40, № 6. – P. 424–431.; 3. Контактные напряжения на передней поверхности инструментов, оснащенных композитами на основе кубического нитрида бора, при точении закаленной стали / С.А. Клименко, С.Ан. Клименко, А.С. Манохин и др. // Журнал инженерных наук. – 2017. – № 1. – С. F8–F14.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ КРУПНОМОДУЛЬНЫХ ШЕВРОННЫХ КОЛЕС

Клочко А.А., Заковоротный А.Ю., Анцыферова О.А., Камчатная-Степанова Е.В.

(НТУ «ХПИ», м. Харків, Україна)

Зубонарезной инструмент для лезвийной обработки закалённых крупномодульных шевронных колес применяется как предварительная операция для уменьшения припуска под зубошлифование. [1,2].

Впервые на мировом рынке были представлены червячные твердосплавные фрезы фирмы “Azumi” (Ацуми) Япония (рис. 1) [3]. Фрезы предназначены для обработки закалённых шевронных колёс с модулем зубьев $m=2-25$ мм. У фрез до $m=12$ мм режущие элементы выполнены в виде трапециевидальных твердосплавных пластин, напаянных на винтовые выступы корпуса, а у фрез $m=12-25$ мм на винтовые выступы напаяны полоски твёрдого сплава.

Отличительной особенностью фрез является наличие отрицательного угла наклона режущих кромок $\lambda = -30^\circ$, что обеспечивает инструментам условия косоугольного резания, повышает их стойкость и улучшает качество обработки зубьев шевронных колёс. К недостаткам конструкции следует отнести то, что профиль её зубьев криволинейный, и это затрудняет процесс шлифовки профиля и обеспечение необходимой точности инструмента. Большие размеры твердосплавных пластин усложняют процесс напайки и заточки зубьев. Фрезы обрабатывают только боковые поверхности закалённых зубьев, поэтому черновое нарезание зубьев под закалку осуществляется червячными фрезами с модифицированным профилем зубьев – с “протуберанцем”.

Заточка фрез фирмы “Azumi” производится высокопрочными алмазными шлифовальными кругами на специальном заточном станке, имеющем устройство глубокого шлифования.

Фрезы различной конструкции разработаны фирмой “Fette” (Фетте) ФРГ. Первоначально были представлены фрезы сборной конструкции $m=5-20$ мм (Рис. 2) со вставными зубчатыми рейками, на передних гранях которых напаяны твердосплавные пластинки трапециевидальной формы. В дальнейшем фирмой предложены более совершенные фрезы, оснащённые твердосплавными неперетачиваемыми поворотными пластинками [4].

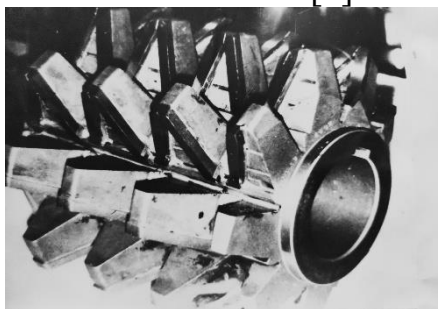
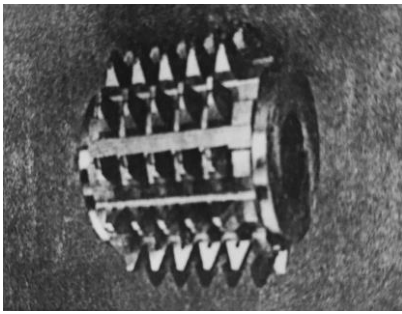
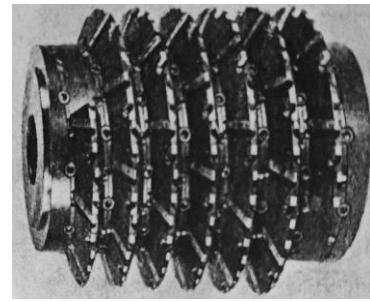


Рис.1. Червячная твердосплавная фреза $m=20$ мм фирмы “Azumi” (Япония).



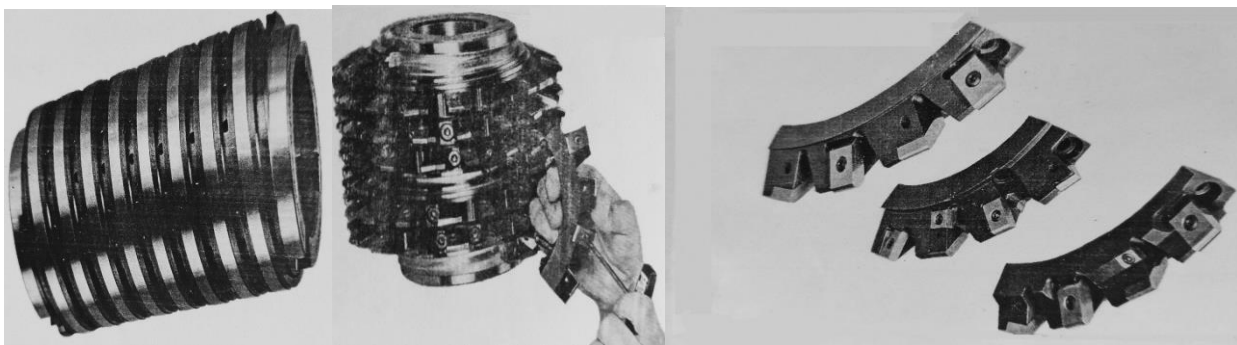
а)



б)

Рис. 2. Червячные фрезы фирмы “Fette” (ФРГ) с напаянными твердосплавными пластинами
а) – модуль $m=10$ мм; б) – модуль $m=16$ мм

Фреза такой конструкции (Рис. 3) состоит из корпуса с винтовой базирующей канавкой, на котором закреплены несколько зубчатых сегментов так же винтовой формы. На боковых поверхностях сегментов и вершинах в квадратных гнёздах расположены твердосплавные неперетачиваемые пластинки 4-х гранной формы. Фрезы могут быть как однозаходными, так и многозаходными, и применяются для черновой и чистовой обработки закалённых и незакалённых колёс. Несмотря на прогрессивность конструкции, изготовление такой фрезы отличается значительной трудоёмкостью при обеспечении необходимой точности инструмента.



а)

б)

в)

Рис. 3. Червячная твердосплавная фреза сборной конструкции фирмы “Fette” $m=12$ мм [4]:
а) – фреза в сборе; б) – корпус фрезы с винтовой канавкой; в) – зубчатые сектора с неперетачиваемыми поворотными пластинками

Традиционно стандартные конструкции червячных фрез, где размеры режущих кромок инструмента зависят от размеров модуля обрабатываемых зубьев колеса, не позволяют увеличить количество режущих элементов и, таким образом, снизить нагрузки на режущие кромки. Конструктивные недостатки стандартных червячных фрез особенно проявляются при желании оснастить фрезу твердым сплавом. Из-за больших размеров режущих кромок усложняются процесс напайки зубьев твердым сплавом, заточки зубьев, обеспечение точности инструмента и др.

Между тем, анализы схемы резания зубьев червячной фрезы при получистовом и чистовом зубофрезеровании показывает, что в этом случае нет необходимости выполнять режущие кромки инструмента соизмерительными с размерами обрабатываемых зубьев шевронных колес, т.к. не всей длинной кромки участвуют в резании.

Литература: 1. Заковоротний О.Ю., Клочко О.О., Старченко О.П., Камчатна-Степанова К.В. Анциферова О.О. Підвищення точності, якості та продуктивності обробки крупногабаритних евольвентних шліцьових поверхонь. Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції 04 – 07 липня 2019 року / Під заг. ред. В. Д. Ковальова. – Краматорськ: ДДМА, 2019. – С. 36 – 37. 2. Kovalov, V.D.; Vasilchenko, Y.V.; Klochko, A.A. & Gasanov, M.I.: Chapter 10: Technology of restoration of large gear boxes. In: Modern Manufacturing Processes and Systems, Vol. 2: Fundamentals. Vrnjačka Banja (Serbia): SaTCIP Publisher Ltd. & Belgrade (Serbia): Faculty of Information Technology and Engineering (FITI), 2020, pp. 223–246. ISBN 978-86-6075-070-1. 3. Беловол А.В., Гасанов М.І., Клочко О.О., Набока О.В., Скоркин А.О., Шелковой О.М. Імітаційне моделювання в задачах машинобудівного виробництва: навч. пос. / за ред. О.М.Шелкового. Харків: НТУ «ХПИ», 2019. 500 с. ISBN 978-617-05-0284-1.

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ ЕВОЛЬВЕНТНИХ ШЛІЦЬОВИХ З'ЄДНАННЯ З МОДИФІКОВАНИМ ПРОФІЛЕМ ВУГІЛЬНИХ ОЧИСНИХ КОМБАЙНІВ

**¹Клочко О.О., ²Рябченко С.А., ³Ковальчук О.М., ³Нежибовський В.В.,
³Бережний Р.А., ³Шилков О.О.**

(¹НТУ «ХПИ», м. Харків, Україна, ²Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН, м. Київ, Україна, ³Corum Svet Shakhtyora, м. Харків, Україна)

Основним завданням при моделюванні технологічних процесів механічної обробки шліцьових поверхонь є забезпечення отримання готового виробу в межах норм стандарту ГОСТ6033-80 за призначеним ступенем точності виготовлення з мінімальною затратою матеріалу і праці, тобто мінімальними трудомісткістю і собівартістю. Розробка технології обробки залежить від конструкції шліцьового з'єднання, його зовнішньої форми, вихідного контура і форма зубів шліцьових з'єднань, технічних умов на виготовлення програми випуску [1].

Загальна технологія обробки високоточних евольвентних шліцьових з'єднань (ЕШЗ) з модифікованим профілем практично не залежить від послідовності виконання технологічних операцій, але залежить від

застосовуваного інструменту та способів контролю ЕШЗ залежно від вида центрування. Також допускається застосовувати поєднання профілів зубів вала і втулки з різною формою дна западини.

Найбільший вплив на структуру операцій в технологічному процесі мають рівень точності і шорсткість поверхні зубів, вид термічної обробки. Підвищена точність викликає додаткові фінішні операції по обробці базових поверхонь заготовки, профілів зубів, а також впливає на режим обробки, якість технологічного оснащення і ріжучого інструменту [1, 2].

Застосування системи ЧПУ для управління зубофрезерування дозволяє будувати гнучкі виробничі модулі з автоматичним переналагодженням, що включає в себе зміну інструменту, оснастки, заготовки та перебудову всіх внутрішніх зв'язків за параметрами обробки. Шліцьові вали обробляють на верстатах з горизонтальним розташуванням осі заготовки, які оснащують люнетами, а також головками для кріплення пальцевих фрез.

Залежно від призначення і розмірів оброблюваної деталі застосовують черв'ячні фрези (ГОСТ9324-80) наступних класів точності: АА, А, В і використовуються для нарізування шліцьових поверхонь 6-9 ступенів точності.

У машинобудуванні твердосплавні черв'ячні фрези знаходять все більш широке застосування, головним чином для нарізування шліцьових валів твердістю близько НВ 300. Застосовують збірні фрези з ромбовидними різцями марки Т15К6.

Порівняльні випробування твердосплавних фрез і фрез зі швидкорізальної сталі Р6М5К5 показали, що продуктивність обробки перших і число заготовок, оброблених одним комплектом цих фрез, в кілька разів більше, ніж продуктивність і число заготовок, оброблених фрезами зі швидкорізальної сталі.

Режими різання черв'ячними фрезами зазвичай призначають виходячи з мінімальних витрат на зубообробку. При цьому за основу беруть значення стійкості і зносу фрези по задній поверхні.

Для фрез, що працюють без осьового переміщення, стійкість T беруть для періоду між двома повторними заточками. Стійкість фрез, що працюють з автоматичними переміщеннями на малу відстань, нормативами не встановлюється.

Режими різання раціонально визначати в такій послідовності: вибирають число робочих ходів і подачу, визначають швидкість різання, перевіряють потужність різання і період стійкості фрези, визначають основний час t_0 .

У загальному випадку профільна модифікація зуба колеса створюється профілем рейки фрези, виконаним у вигляді двох прямолінійних ділянок, кожен з яких формує на зубі колеса відповідну евольвенту: основна ділянка рейки – евольвенту робочого профілю та ділянка протуберанця – евольвенту

піднутріння (рис. 1). Тому черв'ячні фрези проектують на основі синтезу основної рейки як для отримання раціонального за формою і величиною припуску під наступну чистову обробку зубчастого вінця, так і для створення заданої кресленням колеса модифікації профілю.

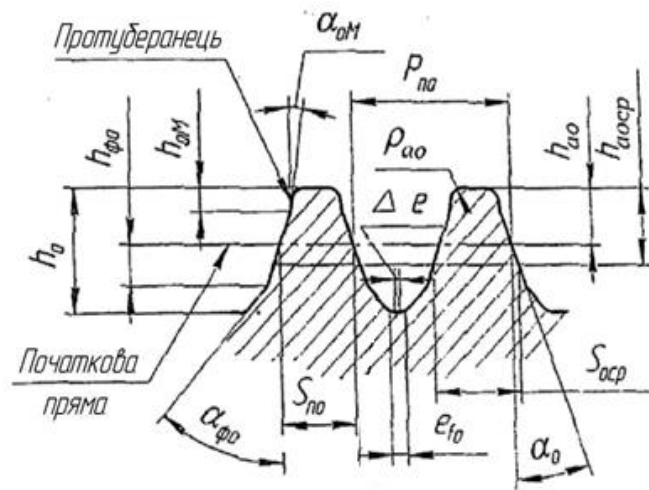


Рис. 1. Параметри модифікації профілю зубів черв'ячної фрези з протуберанцем

Перед початком розрахунків необхідно ввести додаткові вихідні параметри оброблюваних зубів: f_r – розмір фаски зуба в радіальному напрямку; f_a – розмір фаски зуба в діаметральному напрямку.

Чорнова обробка внутрішніх шліцьових поверхонь виконується методом зубодовбання. Зубодовбання – основний спосіб обробки внутрішніх зубів шліцьових поверхонь.

Зубодовбальні верстати випускають в основному з вертикальною віссю заготовки; в верстатах середнього розміру (з відвідним столом) міжосьова відстань змінюється переміщенням інструментальної бабки, в великогабаритних стайках – переміщенням столу.

Випускають верстати, оснащені системами ЧПУ, які пов'язують всі рухи виконавчих органів верстата. Ці верстати характеризуються високою якістю і високою продуктивністю обробки.

Зуборізні довбачі по конструктивно-технологічним ознаками діляться на дискові, чашкові, втулкові і хвостові та виготовляються трьох класів точності: класу АА – дискові і чашкові довбачі з d_0 від 75 до 200 мм; класів А і В – дискові, чашкові та хвостові довбачі з d_0 від 25 до 200 мм.

Рекомендоване призначення довбачі: класу АА – для поверхонь 6-го ступеня точності; класу А – для поверхонь 7-го ступеня точності; класу В – для поверхонь 8-й ступеня точності. Твердість ріжучої частини долбляків на передній грані повинна бути в межах HRC, 62-65.

Для нарізання великогабаритних внутрішніх шліцьових поверхонь застосовуються дискові прямозубі довбачі з модифікованим профілем.

В загальному випадку, профільна модифікація зубів колеса при зубодовбанні створюється модифікованим зубом довбача (рис. 2), виконаним у вигляді двох евольвентних ділянок з різними профільними кутами вихідного контуру. Контакт різальних кромek з оброблюваним профілем зуба здійснюється за трьома парам ліній зачеплення, які перетинаються в полюсі. Ділянки профілю довбача – основна евольвента і евольвента протуберанця – формують на зубі колеса відповідно евольвентні ділянки – робочого профілю і піднутріння.

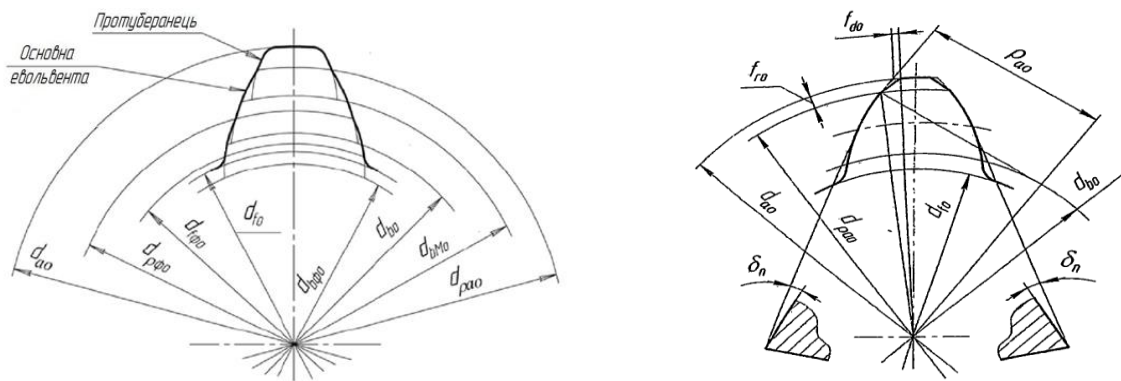


Рис. 2. Параметри модифікації профілю довбача

Для виконання розрахунку параметрів профільної модифікації довбачів профільні кути $\alpha_{сф}$, α_M та інші параметри евольвенти піднутріння колеса визначають так само як і при розрахунку черв'ячних фрез. Такі довбачі мають найбільше застосування і менш дорогі порівняно з вартістю довбачів інших конструкцій. Критерієм придатності стандартного долбяка для нарізування даного колеса є відсутність підрізання зубів, зрізання кромek біля головок зубів, інтерференції з перехідними поверхнями зуба і перевищення допустимого радіального зазору в передачі.

Зазвичай встановлюються два види допусків ширини западини втулки і товщини зуба вала. Елементи шліцьових з'єднань контролюють комплексними або поелементно калібрами для внутрішніх і зовнішніх шліців.

Література:

1. Підвищення точності, якості та продуктивності обробки шліцьових поверхонь / О.О. Клочко, О.П. Старченко // Труды Двадцать девятой международной конференции «Новые технологии и в машиностроении» (2-8 сентября 2019 г., Коблево). – Харьков: НАКУ «ХАИ». – 2019. – С.5.
2. Клочко О.О., Анциферова О.О., Камчатна-Степанова К.В., Старченко Є.П. Управління технологічним процесом обробки великогабаритних ЕШЗ з модифікованим профілем / Інформатика, управління та штучний інтелект. Тези сьомої міжнародної науково-технічної конференції. – Харків: НТУ "ХПІ", 2020. – С.33.

СИЛОВОЕ ПОЛЕ РЕЗАНИЯ ЧЕРВЯЧНОЙ ФРЕЗЫ С ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СХЕМОЙ ОБРАБОТКИ ШЕВРОННЫХ КОЛЕС

¹Ковалев В.Д., ¹Васильченко Я.В., ¹Шаповалов М.В., ²Пермяков А.А.,
²Камчатная-Степанова Е.В.

(¹ДГМА, г. Краматорск, Украина, ²НТУ «ХПИ», г. Харьков, Украина)

Процесс резания червячной фрезой с отдельной схемой формообразования, такие как неравномерность загрузки и стойкость зубьев фрезы, путь резания и характер распределения износа зубьев, неравномерность процесса резания, динамические нагрузки при встречном зубофрезеровании исследуются с помощью контактных полей резания фрезы и заготовки [1, 2].

Силевое поле резания *ABCD* (рис. 1) правого корпуса фрезы при встречном фрезеровании прямозубого колеса, построенное специально разработанным графическим способом, представляет собой развертку на плоскость обработанной поверхности зуба колеса со следами на ней профилирующих точек зубьев инструмента. Зубья, число которых сокращено для ясности графического построения, пронумерованы в порядке их вступления в резание по линии зацепления.

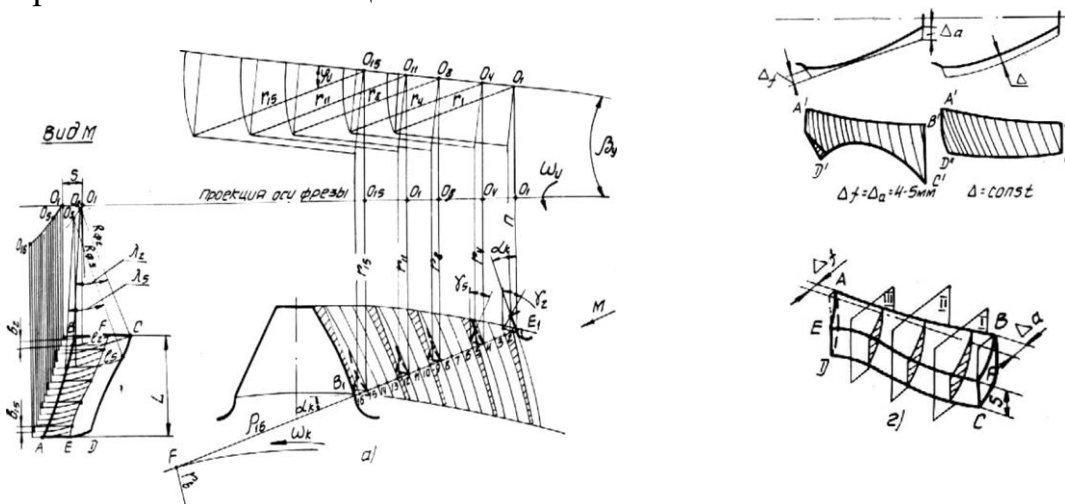


Рис. 1. Силевое поле резания правого корпуса червячной фрезы с отдельной схемой резания: а - графический способ построения контактного поля; б, в - форма контактного поля в зависимости от характера распределения припуска; г - объем металла, срезаемый за один оборот корпуса фрезы

Графическое построение контактного поля и дальнейший вывод формул длин срезаемых слоев основаны на приближенном определении проекций дуг контакта l_i каждого из зубьев фрезы с припуском как отрезков прямых (рис. 1), при повороте фрезы от зуба к зубу на угол $\varphi_i = \frac{360^\circ}{Z_\phi}$. Погрешность определения параметров по предлагаемым формулам не превышает 1%, что вполне приемлемо для практических выводов.

Кривая *CD* основание контактного поля - геометрическое место точек выхода зубьев инструмента из припуска Δ , имеющего неравномерный характер распределения вдоль эвольвентной поверхности зуба после черновой прорезки

впадин специальными дисковыми фрезами.

Ширина срезаемого слоя равна сумме переменных по длине рабочих участков a_i и b_i кромки (рис. 2, б) и постоянных по длине рабочих участков c и d (рис. 2, а). Таким образом, ширина стружек, срезаемых зубьями правозаходной фрезы, определяется по формулам:

для левого корпуса:

$$b_{i_n} = a_i + d = \left[r_b \left(\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \frac{\psi}{2} \right) - \frac{P_b}{z_\phi} (i-1) \right] \operatorname{tg} (\psi - \mu) + d; \quad (1)$$

для правого корпуса:

$$b_{i_n} = b_i + c = \left[r_b \left(\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \frac{\psi}{2} \right) - \frac{P_b}{z_\phi} (i-1) \right] \operatorname{tg} (\mu) + c; \quad (2)$$

Для левозаходной фрезы формулы (1) и (2) меняются местами.

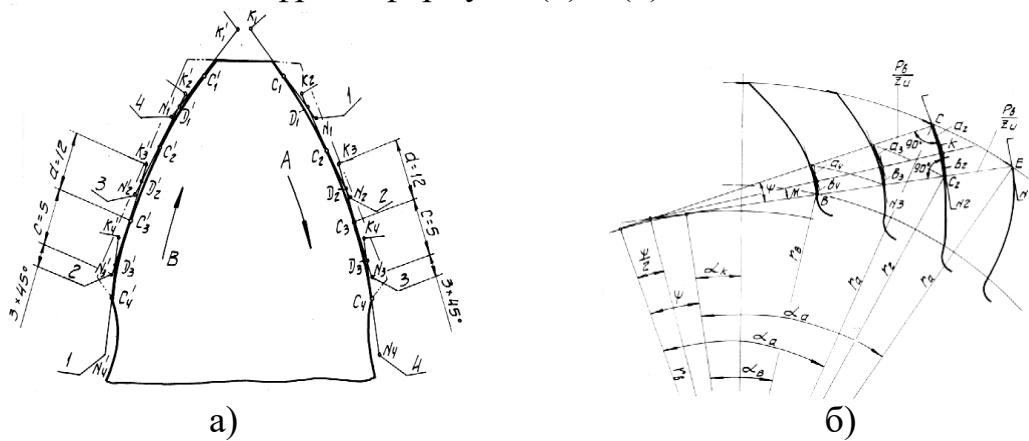


Рис. 2. Определение ширины срезаемых слоев:

а – схема последовательного наложения кромок фрезы на профиль зубьев колеса;

б – рабочие участки кромок, расположенные выше (b_i) и ниже (a_i) точек профилирования

На (рис. 3, б, г) показаны недеформированные слои, срезаемые зубьями обеих корпусов правозаходной фрезы с отдельной схемой формообразования.

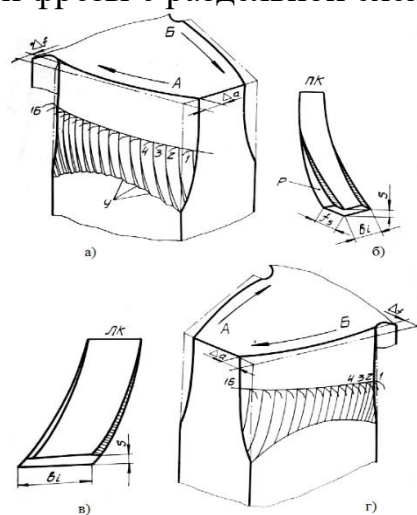


Рис. 3. Форма слоев, срезаемых зубьями правозаходной фрезы с отдельной схемой формообразования: а - образование уступов (У) при работе правого корпуса; б - форма слоя, срезаемого зубьями правого корпуса; в - схема обработки поверхности зуба левым корпусом; г - форма слоя, срезаемого зубьями левого корпуса

Обработка правой боковой поверхности зуба колеса (рис. 2, а) и (рис. 3, а) правым корпусом фрезы (ПК) осуществляется в направлении по стрелке А от

головки зуба к ножке. Зубья корпуса, из-за сравнительно небольшой длины участков кромок C (рис. 2, a) и отсутствия перекрытия резов на выходе из припуска, образуют уступы y . При последующих резах через один оборот колеса на срезаемых слоях (рис. 3, b) образуются выступы P . Эти выступы, служащие как бы ребрами жесткости, затрудняют процесс деформирования металла слоев, что может способствовать повышению температуры резания.

Зубья левого корпуса (рис. 3, b), вступающие в резание по стрелке B , не образуют уступов на выходе из припуска. Перекрытие резов не нарушается, т.к. участки кромок d (см. рис. 2, a) имеют в 2,5 раза большую длину, чем участки C . Поэтому слои, срезаемые зубьями левого корпуса более благоприятны по форме, чем у правого корпуса. Форма срезаемых слоев, как известно, оказывает влияние на температуру резания.

Для более полного понимания процесса обработки зубьев червячной фрезой необходимо изучить, как выполняется работа резания каждым из ее зубьев в контактном поле резания, т.е. установить характер врезания зубьев фрезы в металл заготовки. Известно, что характер врезания зубьев червячной фрезы оказывает заметное влияние, как на стойкость инструмента, так и на качество обработанной поверхности. Анализ процесса врезания зубьев выполняется при рассмотрении траектории движения какой-либо точки режущей кромки каждого из них в кинематике взаимных движений инструмента и заготовки.

Литература: 1. Технологическое обеспечение эксплуатационных параметров цилиндрических зубчатых передач при аппроксимативном решении контактно-гидродинамических задач смазки // В.Д. Ковалев, Ю.В. Тимофеев, А.Н. Шелковой, А.А. Ключко, Д.А. Кравченко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Технології в машинобудуванні. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 4 (1113). – С. 11–19. – Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2079-004X. 2. Технологические процессы формирования поверхностного слоя зубчатых колес тяжелых токарных станков с ЧПУ / А.А. Ключко, Е.В. Мироненко, О.А. Анциферова., Л.А. Макастрова., В.Е. Киреев // Надежность инструмента и оптимизация технологических систем : сб. науч. тр. – Краматорск : ДГМА, 2015. – Вып. 37. – С. 105–112. 3. Заковоротний О.Ю., Ключко О.О., Старченко О.П., Камчатна-Степанова К.В. Анциферова О.О Підвищення точності, якості та продуктивності обробки крупногабаритних евольвентних шліцьових поверхонь. Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції 04 – 07 липня 2019 року / Під заг. ред. В. Д. Ковальова. – Краматорськ: ДДМА, 2019. – С. 36 – 37. 4. Kovalov, V.D.; Vasilchenko, Y.V.; Klochko, A.A. & Gasanov, M.I.: Chapter 10: Technology of restoration of large gear boxes. In: Modern Manufacturing Processes and Systems, Vol. 2: Fundamentals. Vrnjačka Banja (Serbia): SaTCIP Publisher Ltd. & Belgrade (Serbia): Faculty of Information Technology and Engineering (FITI), 2020, pp. 223–246. ISBN 978-86-6075-070-1. 5. Беловол А.В., Гасанов М.І., Ключко О.О., Набока О.В., Скоркин А.О., Шелковой О.М. Імітаційне моделювання в задачах машинобудівного виробництва: навч. пос. / за ред. О.М.Шелкового. Харків: НТУ «ХПІ», 2019. 500 с. ISBN 978-617-05-0284-1. 6. Гасанов М.І., Пермьяков О.А., Шелковий О.М., Ключко О.О., Набока О.В., Охрименко О.А. Функціональний аналіз процесу експлуатації і пов'язані з ними проблеми відновлення експлуатаційних властивостей крупномодульних зубчастих коліс / Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2020): матеріали тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів , 29–30 квітня 2020 р.): у 2-х т. / Національний університет «Чернігівська політехніка» [та ін.]; – Чернігів : ЧНТУ, 2020. – Т. 1. – С. 43 –44

РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДВОХДВИГУННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ТЕЛІЖКИ МОСТОВОГО КРАНУ

Коваленко В.А., Разживін О.В.

(ДДМА ,м. Краматорськ, Україна)

Актуальність. Відмінною особливістю сучасних кранових електроприводів є використання для двохдвигуного приводу теліжки з асинхронними електродвигунами.

Пускові режими багатопровідних електроприводів передбачають певну послідовність включення електродвигунів приводу та їх взаємне регулювання швидкості з метою виключення перекосу теліжки при її руху. В даний час ця послідовність встановлена емпірично і не враховує особливості експлуатації крану в металургійному виробництві, фактори впливу зовнішнього середовища, ступінь завантаження і ін. Для оптимальної адаптації режиму пуску та переміщення вантажу до роботи в заданих умовах необхідно створити математичну модель, яка дозволить дослідити процес формування пускових навантажень в приводах і тяговому органі [1].

Розробка автоматизованої системи управління забезпечить:

- процес транспортування вантажу,
- оператора крану комплексної і достовірною інформацією про хід технологічного процесу в зручній для сприйняття формі,
- скорочення часу пошуку та усунення несправностей, поліпшить умови праці та підвищення культури виробництва.

У зв'язку з цим розробка механізмів регулювання пускових режимів багатодвигуного електроприводу металургійних мостових кранів, а також алгоритмів управління є актуальною науково-технічною задачею.

Ціль проведеного дослідження є зниження енерговитрат та підвищення ефективності процесу транспортування вантажів шляхом впровадження автоматизованої системи керування двохдвигуним електроприводом теліжки мостового крана.

Для приводу мостових кранів широко використовуються частотно-регульовані асинхронні електродвигуни.

Проектований електропривод складається з наступних структурних елементів:

- двох частотна регульованих електродвигунів АД1 і АД2 приводу пар коліс теліжки;
- частотних перетворювачів напруги живлення (ЧП);
- двох приводних ланцюгів, які є механічною частиною і приводять в безпосередній рух теліжку;
- регуляторів швидкості обертання ротора приводних електродвигунів (РШ);
- датчиків кутової частоти обертання ротора приводних електродвигунів

(ДШ).

При розробці математичної моделі тяговий орган з вантажем представлений як зосереджена маса, а його пружно-дисипативні властивості розглядаються в лінійній постановці. Динамічна розрахункова схема приводу, що враховує пружні дисипативні властивості приводу і тягового органу, а також можливі зазори

З урахуванням прийнятих припущень динаміка механічної частини двохприводного електроприводу в формі Лапласа описується наступною системою рівнянь (1) [3]:

$$\begin{cases} \frac{1}{J_1}(M_1 - M_{12} - \beta_{12}(\omega_1 - \omega_2)) = \omega_1 p, \\ \frac{1}{J_2}(M_{12} - M_{23} + \beta_{12}(\omega_1 - \omega_2) - \beta_{23}(\omega_2 - \omega_3) - M_c) = \omega_2 p, \\ \frac{1}{J_3}(M_3 + M_{23} + \beta_{23}(\omega_2 - \omega_3)) = \omega_3 p, \\ M_{12} = \frac{c_{12}}{p}(\varphi_1 - \varphi_2), \\ M_{23} = \frac{c_{23}}{p}(\varphi_2 - \varphi_3). \end{cases} \quad (1)$$

де φ_i , ω_i – відповідно, кути повороту і кутові швидкості i -ої маси, M_c – момент сил опору руху тягового органу, β_{12} , β_{23} – коефіцієнти опору руху, відповідно, робочої і холостої вітки тягового органу, $M_{12} = c_{12}(\varphi_1 - \varphi_2)$, $M_{23} = c_{23}(\varphi_2 - \varphi_3)$ - пружний момент.

В системі рівнянь (1) моменти інерції окремих ланок приведені до частоті обертання двигуна. Параметри ротора асинхронного двигуна для кожної з частот обертання приведені до статора двигуна.

На підставі системи рівнянь (1) розроблено математичну модель механічної (незмінної) частини приводу теліжки мостового металургійного крану. Реалізація моделі здійснена за допомогою МПП Matlab

Література: 1. Герман-Галкин С.Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. Учебное пособие. — СПб.: Корона-Век, 2008. — 368 с. — ISBN 978-5-903383-39-9. 2. Скребокковые конвейеры нового технического уровня. Андреев Г.В., Косарев И.В., Лелека И.Т., Довженко В.И. // Уголь Украины.-2003.ЛГ°9.-С. 36-38. 3. Кондрахин В.Г., Косарев В.В., Стадник Н.И., Косарев И.В. Экспериментальные исследования распределения нагрузки между приводами скребоккового конвейера с двухскоростными асинхронными электродвигателями // Наукові праці Донецького національного технічного університету, вип.113, Серія: Електромеханічна. - Донецьк: ДонНТУ.- 2006.- С. 131-138. 4. Войтех А.А., Попович А. Н. Моделирование переходных процессов в полюсопереключаемых асинхронных двигателях. - Киев : Наук, думка, 1989 - 152 с. 5. Кондрахин В.П., Борисенко В.Ф., Мельник А.А., Косарев В.В., Стадник Н.И., Косарев И.В. Моделирование пусковых режимов двухдвигательного привода на базе двухскоростных асинхронных электродвигателей // Наукові праці Донецького національного технічного університету, вип.99,- Донецьк: ДонНТУ- 2005.- С. 104- 110.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВАЖКИХ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТІВ ЗА РАХУНОК АДАПТИВНОГО ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ РІЗАННЯ

Ковальов В.Д., Антоненко Я.С., Кметь І.А.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Важке машинобудування є важливою складовою частиною промислового та експортного потенціалу України. Значна частина деталей важких машин виготовляється на важких токарних верстатах, тому підвищення їх ефективності є актуальною задачею.

Підвищення ефективності роботи важких токарних верстатів можна здійснити за рахунок реалізації оптимального процесу різання в реальному часі.

Підвищення продуктивності та точності обробки при автоматичному управлінні досягається методами адаптивного керування. Існуючий рівень розвитку електронних, обчислювальних систем дозволяє створювати мехатронні вузли для реалізації адаптивного керування важким токарним верстатом. Це дозволить підвищити продуктивність та точність технологічної системи.

Для реалізації поставленої мети, потрібно вирішити наступні завдання:

1. Проаналізувати складові процесу різання на важкому токарному верстаті;
2. Вивчити вплив збуджуючих факторів різання, на показники якості деталі, та процесу обробки;
3. Створити моделі для управління режимами різання на важкому токарному верстаті, в реальному часі;
4. Розробити закон оптимального управління, за показниками сили різання, температури, вібраціями, для реалізації на програмованому логічному контролері системи ЧПК, та систему датчиків.
5. Впровадити розроблені системи на існуючих зразках важкого металооброблювального обладнання, та провести натурні експериментальні дослідження.

Підсумком роботи є можливість впровадження системи адаптивного оптимального управління процесом різання, у виробництво, при розробці нового, та модернізації існуючого важкого верстатного обладнання.

Література:

1. Клименко Г. П. Управление процессом эксплуатации инструмента при обработке деталей на тяжелых станках / Г. П. Клименко, О. В. Суботин // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : збірник наукових праць. – Краматорськ : ДДМА, 2015. – Вип. № 37. – С. 88–92.
2. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем : справочник-учебник в 3-х т. Т. 1. Проектирование станков / А. С. Проников, О. И. Аверьянов, Ю. С. Аполлонов и др.; под общ. ред. А. С. Проникова. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана : Машиностроение, 1994. – 444 с.
3. Грановский Г. И. Резание металлов / Г. И. Грановский, В. Г. Грановский. – М. : Высшая школа, 1985. – 304 с.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ВАЖКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ РОБОТИ ВЕРСТАТІВ З ЧПУ

Ковальов В.Д., Васильченко Я.В., Антоненко Я.С., Щербакова А.Ю.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Сучасне приладобудування покликане забезпечувати народне господарство ефективними засобами і системами управління на основі широкого використання досягнень науки. У сучасному виробництві більша частина деталей складної форми виготовляється переважно обробкою різанням, причому забезпечується висока точність, а також продуктивність.

Основними факторами, які впливають на вихідні показники процесу різання, є пружні деформації технологічної системи, яка знаходиться під силовим впливом, які впливають на стійкість процесу різання.

У вартості продукції важкого машинобудування значну частину складають витрати на обробку різанням деталей, переважна кількість яких – це обертання. Обробка таких деталей виконується на важких токарних верстатах. Тому дуже важливо забезпечити їх режими роботи з максимальною продуктивністю та забезпеченням високої якості виготовлення. Для технологічної системи важкого токарного верстата необхідна реалізація оптимальних режимів роботи, у зв'язку з тим, що витрати на обладнання, інструмент, оснащення, енергію та інше є значними. Сучасний стан комп'ютерної техніки математичного забезпечення, рівня експериментальних робіт дозволяє реалізувати нові підходи до встановлення оптимальних режимів різання при зміні зовнішніх збурюючих факторів та реалізувати цей режим в кожен момент часу в автоматичному режимі без участі оператора.

Одним з важливих напрямків підвищення якості обробки при різанні в автоматизованому виробництві є адаптивне керування процесом різання. Тому розробка нових адаптивних систем є необхідним кроком для збільшення обсягів виробництва та мінімізації випуску бракованої продукції.

В роботі проаналізовано методи та засоби адаптивного керування, розглянута класифікація систем адаптивного керування, розглянуті види зношення та проаналізовані методи його контролю. На основі даної інформації було прийняте рішення про створення двопараметричної системи адаптивного керування процесом обробки деталей приладів. Створено математичну модель та структурну схему роботи системи, складено алгоритм функціонування. Розроблено програмне забезпечення для розрахунку зношення різального інструменту по задній поверхні. Проведено експериментальні дослідження залежності вибраних параметрів від зношення.

Результати роботи можуть використовуватися приладобудівними підприємствами для покращення якості та надійності обробки та зменшення відсотку бракованої продукції.

КРИТЕРІЇ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУР І ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ ОБРОБКИ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ ЗАДАНІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

¹Ковальов В.Д., ¹Васильченко Я.В., ¹Шаповалов М.В., ²Анциферова О.О.
(¹ДДМА, м. Краматорськ, Україна, ²НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна)

Критеріями формування структур поверхневого шару зубчастих коліс є параметри, що забезпечують задані експлуатаційні властивості зубчастих передач. Одним з таких параметрів є коефіцієнт тертя, який визначає здатність поверхневих шарів циліндричних зубчастих коліс чинити опір взаємному опору при дії контактних навантажень. Коефіцієнт тертя впливає на надійність, довговічність роботи і міцність зубчастих пар.

Зі сформованим поданням про процес контактування зубчастих коліс, одним з його результатів є утворення рівноважної шорсткості, яка не залежить від вихідної і визначається тільки умовами тертя. При досягненні рівноважної шорсткості контактні переміщення стабілізуються, коефіцієнт тертя і інтенсивність зносу стають мінімальними, що можливо при реалізації пружного контакту взаємодіючих циліндричних зубчастих коліс.

Однак, несуча здатність поверхонь контактуючих циліндричних зубчастих коліс, їх коефіцієнт тертя і інтенсивність зносу при терті ковзання, поряд з шорсткістю, визначаються макровідхиленням. Досягнення рівноважної шорсткості, що залежить тільки від умов тертя, можливо після тривалого процесу роботи контактуючих циліндричних зубчастих коліс, будуть стабілізовані всі параметри стану поверхневого шару, що характеризують їх несучу здатність, коефіцієнт тертя і зносостійкість.

Таким чином, результати досліджень коефіцієнта тертя і зносостійкості контактуючих циліндричних зубчастих коліс показали, що вони визначаються геометричними параметрами; ступенем зміцнення; поверхневими залишковими напруженнями; механічними властивостями матеріалів контактуючих поверхонь, а також умовами їх роботи. Це вказує на широкі можливості технологічного забезпечення параметрів поверхневого шару циліндричних зубчастих коліс в підвищенні зносостійкості.

СИСТЕМА АДАПТИВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ НА ВАЖКИХ ГЛИБОКОРОЗТОЧУВАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ

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

При обробці деталей на важких металообробних верстатах в цілому, і на глибокорозточувальних верстатах зокрема, постає питання раціонального використання матеріальних ресурсів та засобів виробництва, з врахуванням нестабільного характеру різання, що потребує застосування адаптивних систем управління.

Системи адаптивного керування важких верстатів являють собою комплекс, що складається з верстату, інструментальної системи, системи адаптивного управління з комплектами вимірювальних та діагностичних засобів, математичної моделі функціонування технологічної системи.

Регулювання процесу обробки за допомогою адаптивної системи полягає в тому, щоб відштовхуючись від первинних параметрів та прийнятого метода обробки, змінювати керуючі параметри шляхом застосування адаптивного керування на глибокорозточувальному верстаті, та отримати в результаті необхідні технологічні параметри (якість поверхні, точність, продуктивність обробки, економічність та інші необхідні параметри), безпосередньо в процесі обробки. Та досягти при цьому економію машинного часу, поліпшення якості обробки, та додержання необхідної точності оброблюваної деталі.

Економія машинного часу досягається за рахунок зменшення або виключення повторних робочих ходів, необхідних для досягнення точності, що вимагається та шорсткості поверхні оброблюваного отвору, при глибокому розточуванні.

Елементи системи адаптивного керування можуть бути інтегровані в конструкцію верстата при його проектуванні, або в уже існуючий верстат при модернізації. Компонування відповідальних вузлів не потребує суттєвих змін, та цілком задовольняє основним вимогам при інтеграції до них елементів адаптивного керування.

Система адаптивного керування, що може бути встановлена на глибокорозточувальному верстаті, дозволить мінімізувати вплив температурних коливань на точність обробки, в системі: верстат, пристосування, інструмент, деталь.

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ ПЕРСОНАЛУ

Кондратенко О.О., Зоз А.В.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Важливість людського чинника у забезпеченні успішності підприємства є загально визнаним фактом у зарубіжній та вітчизняній науці і практиці господарювання.

Метою роботи є актуалізація питань, пов'язаних з вибором дієвих методів оцінки персоналу.

Обстеження компаній провідних країн світу показало, що оцінка працівників справляє сильний вплив на їх мотивацію та ставлення до безпосереднього керівництва: такі працівники частіше вважають своїх керівників компетентними, стверджують, що вони турботливо ставляться до підлеглих і вдало справляються із управлінською функцією [1].

Найбільшу полеміку серед дослідників викликає визначення того як класифікувати параметри, знання, критерії, що підлягають оцінці. А.Сосновий і А.Гун пропонують поділити їх на професійні, особистісні та управлінські, І.Петрова визначає 3 блоки оціночних знань – потенціал працівника, особистісні якості та професійні компетенції, а Є. Толпенко розглядає оцінку працівника у трьох площинах – результати діяльності, професійні якості, особистісні якості [2]. Можна помітити, що спільним для усіх точок зору є врахування професійних та особистісних характеристик працівників при проведенні оцінки.

Визначення кількості параметрів для проведення оцінки та розподіл їх за групами не применшує значення вибору найбільш дієвого методу оцінювання, адже від цього залежить досягнення кінцевої мети оцінювання – покращення фінансово-економічних показників діяльності підприємства. Усю сукупність методів оцінювання співробітників можна розподілити на традиційні (біографічний метод, метод заданої бальної оцінки, ранжування, метод попарних порівнянь, метод еталону та ін.) та нетрадиційні (ассесмент-центр, 360 градусів, оцінювання за КРІ індикаторами, оцінювання в робочій групі та ін.) [3].

На сучасному етапі розвитку економіки, коли відбуваються зміни форм та методів ведення бізнесу, продовжує зростати потреба в творчих особистостях, в розвиненому мисленні працівників, в умінні оцінювати, раціоналізувати. Тому найбільш дієвим і актуальним є компетентнісний підхід, який набув широкої популярності у 80-х роках ХХ століття, і сьогодні широко використовується в зарубіжному та вітчизняному бізнесі.

Література: 1. Петрова Т. Професійний розвиток працівників: проблеми стимулювання персоналу та заінтересованості роботодавців. Україна : аспекти праці. 2014. № 2. С. 26-34.

2. Толпенко Е. Оценка персонала: критерии, баллы, рейтинги. Управление персоналом. 2014. № 12. С. 106-109.

3. Балабанова Л. В. Управление персоналом: підручник для студ. вищ. навч. закл. Київ: ЦУЛ, 2019. 468 с.

ЗНИЖЕННЯ КРИХКОСТІ БОРИДНИХ ШАРІВ КОМПЛЕКСНОЮ ХІМІКО-ТЕРМІЧНОЮ ОБРОБКОЮ ДЕТАЛЕЙ ЗІ СТАЛЕЙ

Костик К.О.

(НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна)

Одним з ефективних способів зниження крихкості боридних шарів є формування шарів з композиційною структурою. Для утворення композиційної структури дифузійного шару пропонується сформувати, крім боридів, декілька додаткових фаз, які розташовані в шарі довільно або впорядковано.

Для цього зразки зі сталі 38Х2МЮА зміцнювали комплексною хіміко-термічною обробкою, а саме, здійснювали борування після цементації або нітроцементації. Склад середовища для цементації: деревне вугілля з активаторами (вуглекислий барій і кальцинована сода в кількості 10–40 % від маси вугілля). Склад середовища для нітроцементації: карбамід $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ (95 %) та активатор NaF (5 %). Склад суміші для борування: аморфний бор 65–85 мас. %, тетрафтороборат калію 5–10 мас. %, нітрид бору 5–20 мас. %, доломіт 5–15 мас. %. Склад суміші для борування: аморфний бор 65–85 мас. %, тетрафтороборат калію 5–10 мас. %, нітрид бору 5–20 мас. %, доломіт 5–15 мас. %. Після борування проводили гартування від температури ХТО з наступним низьким відпуском для часткового зняття внутрішніх напружень [1-3].

Аналіз мікроструктур показав, що після різних режимів поверхневого зміцнення сталі, можна стверджувати, що комплексна хіміко-термічна обробка приводить до формування композиційної структури сталі з подрібненням боридів у прошарку, дисперсність яких збільшується з підвищенням температури дифузійного насичення.

Встановлено, що шар боридів витісняє вуглець, який знаходився у прошарку, зміцненого методом цементації (нітроцементації), вглиб сталі. За рахунок попередньої зміцнюючої обробки методом цементації (нітроцементації) відбувається формування боридних голок з заокругленими краями та подальшим їх подрібненням вглиб дифузійного шару, що пов'язано з наявністю великої кількості карбідів (нітридів, карбонітридів) у поверхневому шарі, які не дають змогу зростати голкам боридів у напрямку, перпендикулярному до поверхні зразків за рахунок їх великої щільності. Подрібнення та закруглення боридних голок має позитивний вплив на подальшу експлуатацію виробу тим самим, що дає можливість усунути концентратори напружень та локальні зони, які можуть бути причиною появи тріщини при наявності гострих голок та знижує поверхневу крихкість завдяки формуванню подрібненої композиційної структури.

Література: 1. Kostyk K. Development of innovative method of steel surface hardening by a combined chemical-thermal treatment // EUREKA : Physics and Engineering. 2016. № 6. P. 46–52. DOI : <http://dx.doi.org/10.21303/2461-4262.2016.00220>. 2. Костик К. О. Поверхнє двошарове зміцнення сталі при послідовному насиченні вуглецем та бором в порошкових макро-та нанодисперсних середовищах // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : зб. наук. пр. / Нац. техн. ун-т «ХПІ». Харків, 2016. № 42(1214). С. 54–63. DOI : <http://dx.doi.org/10.20998/2413-4295.2016.42.09>. 3. Костик К. О. Зміцнення поверхні інструменту зі сталі 38Х2МЮА комплексною хіміко-термічною обробкою сталі // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. пр. / Нац. техн. ун-т «ХПІ». Харків, 2015. № 39(1148). С. 26–33.

ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ НАПЛАВЛЕНОГО МЕТАЛУ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ПРЕСОВОГО ІНСТРУМЕНТУ

¹Кошевий А.Д., ²Кошева А.А., ¹Голуб Д.М., ¹Жаріков С.В.

(¹ДДМА, м. Краматорськ, Україна, ²ПрАТ «НКМЗ», м. Краматорськ, Україна)

Склад наплавленого металу для відновлення пресового інструменту повинен забезпечувати необхідну зносостійкість, розгаростійкість та напружено-деформаційну стійкість, які можна розглядати як параметри оптимізації для оцінки працездатності інструменту.

Запропонований порошковий дріт ПП-40Х12ГВ4ФТ порівнювали з відомими штамповими сталями і наплавочними матеріалами. Данні по зносостійкості наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Зносостійкість штампових сталей і наплавочних матеріалів

Марки сталей та наплавочних матеріалів	Втрата маси, мг	Зносостійкість
5ХНВ	3,99	2,03
5ХЗНЗМФС	3,42	2,37
ПП-3Х2В8	1,87	4,33
ПП-20ХВ10Н4ФТО	1,74	4,66
ПП-0Х6Н8М7С	2,14	3,78
Електроди УОНІ-13/40Х10В5МФ	1,68	4,83
Дріт 40Х12ГВ4ФТ	1,59	5,1

Усі зразки наплавленого металу перед випробуванням піддавали повному циклу термічної обробки для отримання необхідної твердості 45-50 НРС.

Випробування показали, що найбільшу зносостійкість показали зразки, наплавленні електродами марки УОНІ-13/40Х10В5МФ, а також порошковими дротами марок П-3Х2В8 та ПП-20ХВ10Н4ФТО. Зносостійкість цих наплавочних матеріалів близька до зносостійкості досліджуваного металу, наплавленого порошковим дротом 40Х12ГВ4ФТ.

Другою дослідженою характеристикою була розгаростійкість. Дані, приведені в табл.2, показують, що найбільшу розгаростійкість з досліджених матеріалів показали зразки, наплавлені електродами УОНІ-13/40Х10В5МФ, а значно меншу – порошкові дроти ПП-3Х2В8 та ПП-20ХВ10Н4ФТО, що мають у своєму складі високу кількість вольфраму, який згідно з попередніми дослідженнями знижує розгаростійкість.

Наступними дослідженим фактором, який також впливає на працездатність інструменту гарячого деформування було визначення впливу остаточно-напруженого стану. Для визначення цього критерію, який проводився безпосередньо на робочому інструменті (втулка пресу), досліджено вплив самозахисного порошкового дроту різних марок, приведених у табл. 3.

Таблиця 2 – Розгаростійкість наплавлених робочих втулок пресів

Марка наплавлених матеріалів	Розгаростійкість
ПП-3Х2В8	950
ПП-20ХВ10Н4ФТО	900
ПП-0Х6Н8М7С	850
Електроди УОНІ-13/40Х10В5МФ	1000
ПП-40Х12ГВ4ФТ, дослідний	1500

Таблиця 3 – Залишкові напруги в наплавлених робочих втулках пресів

Марка порошкового дроту	Остаточна напруга δ_{θ}^{max} , МПа
ПП-3Х2В8	$2,04 \cdot 10^3$
ПП-20ХВ10Н4ФТО	$2,16 \cdot 10^3$
ПП-0Х6Н8М7С	$2,19 \cdot 10^3$
Дріт 40Х12ГВ4ФТ	$1,85 \cdot 10^3$

Із використаних для експерименту самозахисних порошкових дротів найменшу залишкову напругу продемонстрував дріт ПП-3Х2В8, який був взятий за критерій з яким порівнювали данні досліджуваного дроту.

Проведені дослідження показали, що за рахунок попереднього підігріву від кімнатної температури до 873 К можна знизити напруженість в напавленому металі з 1900 до 1300 МПа. Встановлено також, що попередній підігрів до 723К практично повністю виключає появу гарячих тріщин в напавленому металі робочої втулки.

В ході проведених досліджень, розрахунків та порівнянь з іншими напавочними матеріалами, був визначений склад напавленого металу, який задовольнив вимогам зносостійкості, розгаростійкості та внутрішніх напружень в пресовому інструменті на рівні, %: С = 0,65-0,75; Cr = 11,5-12,5; W = 3,5-4,0; Mn = 0,65-0,75; Si = 0,27-0,34; V = 0,17-0,25; Ti = 0,17-0,25.

Приведений склад напавленого металу після проведення термообробки має дрібнозернисту структуру та зберігає твердість на рівні 46-50 HRC.

Запропонований склад напавленого металу відповідає типу 40Х12ГВ4ФТ і може бути використаний як основа для подальшої розробки самозахисного порошкового дроту для напавлення пресового інструменту.

Встановлено, що на підвищення зносостійкості у значній мірі впливають карбідоутворюючі елементи вольфрам та хром. На підвищення розгаростійкості позитивно впливають зменшення складу вуглецю, хрому, вольфраму в металі, а також зменшення остаточної напруги. Встановлено, що величина внутрішніх напружень в напавленому пресовому інструменті залежить від зміни теплопровідності напавленого металу, його прокалюваності та міцності, з підвищенням яких остаточні напруження підвищуються. Для подальших досліджень при відновлюванні пресового інструменту гарячого деформування металу запропоновано склад металу, %: С = 0,35-0,4; Cr = 11,5-12,5; W = 3,5-4,0; Mn = 0,65-0,75; Si = 0,27-0,35; V = 0,17-0,25; Ti = 0,17-0,25.

ЕЛЕКТРОДИ ДЛЯ РЕМОНТНОГО ЗВАРЮВАННЯ МЕТАЛУРГІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ

Кущій А.М., Коробов В.О.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

На машинобудівних підприємствах з розвинутою інфраструктурою виготовлення металоконструкцій проблема підвищення продуктивності і якості дугового зварювання вирішується використанням автоматичних та напівавтоматичних методів зварювання, пов'язаних з використанням високопродуктивного дорогого устаткування [1]. Але для підприємств металургійної галузі та організацій, що займаються ремонтом деталей машин і металоконструкцій, що вийшли з ладу, такий підхід економічно і технічно недоцільний. Ручне дугове зварювання через свою простоту та універсальність залишається одним з поширених способів виготовлення металоконструкцій при виконанні прихваток, накладанні криволінійних і коротких швів в важкодоступних місцях, в умовах монтажу.

При зварюванні металоконструкцій з низьколегованих і середньовуглецевих сталей застосовуються електроди з фтористо-кальцієвим покриттям, наприклад, УОНИ-13/55, УОНИ-13/45 [2]. Разом з позитивними якостями електроди цього типу мають і суттєві недоліки. Для забезпечення рівномірності плавлення електродного сердечника і покриття доцільно використовувати ефект екзотермічних реакцій. Результати розрахунків термічності окалини і її складових при протіканні реакції взаємодії з алюмінієвим порошком показали, що при невеликій різниці при тепловиділенні, при використанні прокатної окалини замість окалини від ковальсько-пресового виробництва відновлюється більшу кількість заліза, що позитивно позначається не тільки на рівномірності плавлення електродного покриття і стрижня, а й на якості наплавленого металу і дозволяє вибрати в якості основних компонентів для протікання екзотермічної реакції окалину від прокатного виробництва і алюмінієвий порошок.

Оптимізація параметрів плавлення здійснювалася за допомогою програмної системи Statistica. Запропоновано статистичну модель, аналіз якої показує, що при товщині покриття 1,6 мм на сторону і співвідношенні окалини до алюмінієвого порошку 3:1 оптимальним є зміст екзотермічної суміші в кількості 35 ... 40%. При таких параметрах коефіцієнт втрат електродного металу має найменше значення, а коефіцієнт наплавлення відповідає заданому значенню при розрахунку оптимального змісту екзотермічної суміші.

Література:

1. Власов А. Ф. Применение экзотермических смесей при ручной дуговой сварке и электрошлаковых процессах / А. Ф. Власов, Н. А. Макаренко, А. М. Кущій // Сварочное производство. - №8. – 2016. – С.7-14
2. Власов А. Ф. Повышение производительности ручной дуговой наплавки изделий, работающих при высоких температурах / А. Ф. Власов, Н. А. Макаренко, А. М. Кущій, В. П. Куликов // Весник ДГМА. – №2(41). – 2017. – С.93-99.

МОДЕЛЬ ТОЧНОСТІ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПАРАЛЕЛЬНОЇ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ

Луців І.В., Волошин В.Н.

(ТНТУ, м. Тернопіль, Україна)

Одним із способів підвищення продуктивності токарної обробки є паралельна токарна обробка двома інструментами однієї або декількох поверхонь [1]. Ефективність паралельної токарної обробки поверхонь при спільній частоті обертання шпинделя значною мірою буде залежати від похибок, які виникають в процесі цієї обробки. А вони залежать від геометричних та кінематичних похибок, похибок, викликаних пружними переміщеннями формоутворюючої системи верстата та ін. Тому розробка моделі вихідної точності металорізальних систем для паралельної токарної обробки, в структуру якої входить модель їх формоутворюючої системи [2], є актуальною науковою проблемою.

Метою роботи є розробка моделі вихідної точності металорізальних систем для паралельної токарної обробки, які мають паралельну структуру формоутворюючої системи.

Основою для виявлення взаємозв'язків між параметрами точності формоутворюючої системи верстата і оброблених поверхонь є варіаційний метод розрахунку точності [3]. Формоутворююча система токарного верстата з ЧПК із верхнім і нижнім розташуванням револьверних супортів (рис. 1) [2] забезпечує паралельну обробку однієї або двох поверхонь, які розташовані на одній заготовці, що служить нульовою ланкою формоутворюючої системи.

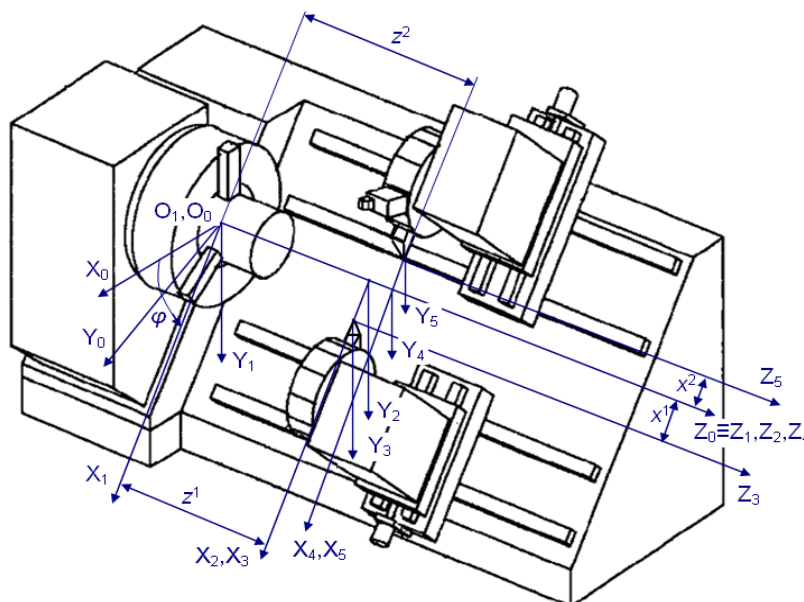


Рис. 1. Формоутворююча система одношпindelного токарного верстата з ЧПК для паралельної токарної обробки

Побудову функції формоутворення розглянуто як формальну операцію встановлення зв'язку між системами координат заготовки і інструментів.

Функція формоутворення для формоутворюючої системи паралельної дії буде мати вигляд [2]:

$$\begin{cases} \overline{r_{01}} = A_{01}^6(\varphi) \cdot A_{12}^3(z^1) \cdot A_{23}^1(x^1) \cdot \overline{r_{31}}, \\ \overline{r_{02}} = A_{01}^6(\varphi) \cdot A_{12}^3(z^2) \cdot A_{23}^1(x^2) \cdot \overline{r_{32}}, \end{cases} \quad (1)$$

де $\overline{r_{31}}, \overline{r_{32}}$ – радіус-вектори точок першого та другого різця відповідно; $\overline{r_{01}}, \overline{r_{02}}$ – радіус-вектори точок першого та другого різця в системі координат заготовки; $A_{01}^6(\varphi)$ – матриця повороту навколо осі Z ; $A_{12}^3(z^1), A_{12}^3(z^2)$ – матриці переміщень вздовж осі Z ; $A_{23}^1(x^1), A_{23}^1(x^2)$ – матриці переміщень вздовж осі X .

Використовуючи модель функції формоутворення отримано векторний баланс точності одношпindelного токарного верстата з ЧПК для паралельної токарної обробки:

$$\begin{cases} \Delta \overline{r_{01}} = (\varepsilon_0 A_{01}^6(\varphi) A_{12}^3(z^1) A_{23}^1(x^1) + A_{01}^6(\varphi) \varepsilon_1 A_{12}^3(z^1) A_{23}^1(x^1) + \\ + A_{01}^6(\varphi) A_{12}^3(z^1) \varepsilon_2 A_{23}^1(x^1) + A_{01}^6(\varphi) A_{12}^3(z^1) A_{23}^1(x^1) \varepsilon_3) \cdot \overline{r_{31}} \\ \Delta \overline{r_{02}} = (\varepsilon_0 A_{01}^6(\varphi) A_{12}^3(z^2) A_{23}^1(x^2) + A_{01}^6(\varphi) \varepsilon_1 A_{12}^3(z^2) A_{23}^1(x^2) + \\ + A_{01}^6(\varphi) A_{12}^3(z^2) \varepsilon_2 A_{23}^1(x^2) + A_{01}^6(\varphi) A_{12}^3(z^2) A_{23}^1(x^2) \varepsilon_3) \cdot \overline{r_{32}} \end{cases} \quad (2)$$

де $\varepsilon_i (i=0,1,2,3)$ – матриця повної похибки положення i -ї ланки формоутворюючої системи.

Елементами матриці повної похибки положення i -ї ланки формоутворюючої системи є: $\delta_{xi}, \delta_{yi}, \delta_{zi}$ – лінійні похибки положення системи S_i вздовж осей X_i, Y_i, Z_i відповідно; $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$ – кутові похибки положення тієї ж системи відносно осей X_i, Y_i, Z_i відповідно [3]. Лінійні і кутові похибки положення i -ї ланки формоутворюючої системи складаються із геометричних і кінематичних похибок, та похибок, викликаних пружними переміщеннями. Методика визначення цих похибок приведена у роботі [3]. Точність оброблених поверхонь заготовки при паралельній токарній обробці можна оцінити через нормальні відхилення Δr_{n01} та Δr_{n02} , що є проекцією векторів похибок (2) на нормалі до оброблюваних поверхонь.

Розглянутий у даній роботі підхід розрахунку точності металорізальних систем для паралельної токарної обробки дозволяє виконати математичне моделювання точності обробки різних поверхонь деталі з врахуванням геометричних і кінематичних похибок ланок формоутворюючої системи, та похибок, викликаних їх пружними переміщеннями.

Література: 1. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах: монографія/ [Кузнєцов Ю.М., Луців І.В., Шевченко О.В., Волошин В.Н.]. – К.: – Тернопіль: Терно-граф, 2011. – 692 с. 2. Lutsiv I. Shape forming system model of lathes two-carriage tool systems/ I. Lutsiv, V. Voloshyn, V. Buhovets // Scientific journal of the Ternopil national technical university. – 2018 – №3 (91) – pp. 80-87. 3. Решетов Д.Н. Точность металлорежущих станков/ Д.Н. Решетов, В.Т. Портман. – М.: Машиностроение, 1986. – 336с.

РЕГУЛЮВАННЯ ФОРМУВАННЯ НАПЛАВЛЕНОГО ВАЛИКА ПРИ ПЛАЗМА-МІГ ПРОЦЕСІ

Макаренко Н.О., Колесников О.В., Письменний О.С., Серобаба С.В.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

При виготовленні, зміцненні, відновленні штампового інструменту, призначеного для холодного штампування, пропонується (замість наплавлення модульованим струмом) використовувати плазма-МІГ процес. Експериментально встановлено, що при розробці технології плазма-МІГ наплавлення, виборі робочих режимів необхідно враховувати силовий вплив плазмово-газового потоку, який впливає на формування наплавленого валика при даному процесі.

Метою роботи є удосконалення конструкції комбінованого плазмотрону і розроблення спрощеної схеми живлення електричним струмом і методу управління процесом наплавлення.

За допомогою розробленої методики вимірювання силового впливу плазмово-газового потоку враховані сили Лоренца, що діють в зоні зварювання і наплавлення, які беруть участь в перемішуванні металу ванни і в перерозподілі струму по перетину ванни, що необхідно враховувати при розробці технології наплавлення штампів. У теперішній час для експериментального визначення основних силових характеристик дуги застосовують манометричний та ваговий методи [1,2]. Для здійснення уточненої методики вимірювання силового впливу дуги запропоновано: не вираховувати з сумарного впливу дуги величину, виміряну в експерименті з коротким замиканням, а безпосередньо сам експеримент (з коротким замиканням електроду на ртутну або іншу ванну) не проводити; виключити вплив зусиль, що виникають в струмопідвідному кабелі при проходженні через нього струму, на результат зважування. Було розроблено відповідний пристрій для вимірювання силового впливу зварювальної дуги на ванну розплавленого металу. Проведені випробування показали доцільність застосування плазма-МІГ наплавлення для зміцнення або відновлення інструменту холодної обрізки. Застосування даного процесу забезпечує підвищення стійкості штампів (в порівнянні зі штампами, виготовленими з сталей У8А, У10 за базовою технологією) в 2,5 рази, а стійкість штампів, наплавлених модульованим струмом, на 20%. Експериментально встановлено, що при розробці технології плазма-МІГ наплавлення, виборі робочих режимів необхідно враховувати силовий вплив плазмово-газового потоку, що впливає на формування наплавленого валика при даному процесі.

Література:

1. Наплавка штампов холодной штамповки порошковой проволокой ПП-АН140 / В. А. Антонов, И. А. Кондратьев, П. В. Гладкий, Н.Н. Фортунатова // Автоматическая сварка. – 2019. - № 5. – С. 48-52. 2. Воропай Н.М. Илющенко В.М. Гибридные процессы дуговой и плазменной сварки // Сварщик. – 2003.– №2(30). – С. 22-27.

ВИЗНАЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ НАПЛАВЛЕНОГО ВАЛИКА

¹Макаренко Н.О., ²Пліс С.Г.

(¹ДДМА, м. Краматорськ, Україна; ²ПрАТ «НКМЗ», м. Краматорськ, Україна)

При зварюванні і наплавленні міді необхідно враховувати специфічні властивості цього металу, з яких головними є висока теплопровідність, велика текучість і значна активність металу при взаємодії з киснем і воднем в розплавленому стані. Внаслідок високої теплопровідності міді (майже в 6 разів більшою, ніж у сталі) для зварювання плавленням необхідно застосовувати джерела нагріву з великою тепловою потужністю, а також підвищену (в порівнянні зі сталлю) погонну енергію. Такими джерелами є плазмове зварювання і наплавлення [1,2]. Раніше для цих цілей найчастіше застосовувалося газове зварювання ацетилено-кисневим полум'ям з використанням в якості присадки звичайного мідного дроту, що не давало необхідних позитивних результатів, так як наплавлений валик виходив пористим, схильним до утворення тріщин.

Метою роботи є визначення особливостей формування наплавленого валика.

Продукти горіння ацетилену не забезпечують повну ізоляцію зварювальної ванни від атмосфери і наплавлений валик збагачується розчиненим закисом міді. Тому зварювальна ванна потребує розкислення, що дуже подовжує технологічний процес [2]. Обрано (в результат попередніх досліджень) для наплавлення мідних сплавів процес плазма-МІГ наплавлення із застосуванням порошкового дроту. Але, не дивлячись на всі його переваги [1,2], процес досі не знайшов широкого застосування при наплавленні міді і її сплавів, так як взагалі раніше не займалися вирішенням питань розробки порошкових дротів, що враховують особливості цього процесу нанесення покриття [1,2] на основі міді. Проведено основні дослідження техніко-технологічних характеристик наплавлювальних матеріалів з метою оптимізації складу порошкових дротів. Встановлено, що введення до складу шихти порошкового дроту графіту в кількості 2..4% перешкоджає попаданню в мідь кисню, що покращує її електропровідність, перешкоджає утворенню тріщин при наплавленні. Встановлено, що оптимальний вміст борфторіда міді в шихті становить 10...14%. Крім того, виявлено, що при введення до складу шихти порошкового дроту 2...5% оксалату кальцію зменшується вміст фосфору і сірки в наплавленого металу.

Література:

1. Макаренко Н.А. Плазменная наплавка с аксиальной подачей порошковой проволоки. // Автоматическая сварка. – 1998 – №12. – С.52-53. 2. Корниенко А.Н., Макаренко Н.А., Кондрашов К.А. Исследование эффективности нагрева изделия при плазма-МИГ наплавке // Труды V Международной научно-технической конференции «Проблемы сварки, металлургии и родственных технологий». – Тбилиси: GWA. – 2020. – С. 104-108.

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОДНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ДУГОВОГО НАПЛАВЛЕННЯ ЗНОШЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Малигін С.О., Кассов В.Д.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Наплавлення порошковими електродами є одним з ефективних ресурсозберігаючих методів регенерації конструктивних розмірів та зміцнення нанесенням спеціальних сплавів, які характеризуються високим опором зношуванню та забезпечують тривале збереження оптимальної геометрії робочого органу. Відповідність регламентаціям експлуатаційної надійності наплавленого металу, здатності протистояти різним видам зношування, дотримання принципів взаємозамінності та економічної доцільності здебільшого визначається якістю порошкового електроду та наплавленого ним металу. Проте одна зі стійких тенденцій виробництва порошкових електродів полягає в тому, що їх відсортуння як у виробника, так і споживачем є наслідком невідповідності їх зварювально-технологічних властивостей вимогам, що пред'являються. Порошкові електроди відрізняються конструкцію, призначенням, складом, але мають багато спільних технологічних операцій у виготовленні компонентів сердечнику, формування оболонки. Для обраних умов кожен з цих електродів при напавленні забезпечує одержання металу в наплавленому шарі з необхідними експлуатаційними властивостями. Найбільші відмінності мають порошкові електроди у продуктивності їх виробництва та проведенні операцій наплавлення, можливостях використання компонентів у складі сердечнику. Форма перетину електродних матеріалів є близькою до таких відомих геометричних фігур, як коло, прямокутник, які виконуються з різними конструктивними змінами. Найбільшу відмінність в конструкціях оболонки мають електродні матеріали круглого перетину – порошкові дроти. Відомо, що конструктивне виконання дроту може змінити умови захисту дугового проміжку від взаємодії з повітрям. Впливи газоподібних продуктів дисоціації для різних конструкцій порошкових дротів, при інших рівних умовах, неоднакові. При напавленні порошковим дротом трубчатої конструкції капля витісняється на бокову поверхню електродного дроту, а внутрішня порожнина оболонки сполучається з атмосферою, й газоподібні продукти дисоціації виходять назовні. Ускладнення перетину забезпечує зміну умов масопереносу електродного металу, збільшує долю участі сердечника в утворенні каплі, при цьому відбувається вирівнювання швидкостей плавлення сердечника і оболонки. Однак, з ускладненням конструкції електродного матеріалу глибина проплавлення і ширина шва збільшуються, а посилення шва зменшується. Це приводить до збільшення долі основного металу в напавленні, а також до утворення більших деформації в деталі. До недоліків електродних матеріалів складного перетину слід віднести й труднощі їх виготовлення через збільшення опору деформації стрічки, а також зменшення коефіцієнту заповнення.

Існуючі способи виробництва електродних матеріалів можна розділити на два основні етапи: підготовка шихтової суміші компонентів сердечника та формування порошкового електроду в процесі протяжки на стані. По способу протяжки електродних матеріалів вони поділяються здебільшого на два процеси: волочіння (для порошкових дротів) та прокатка (для порошкових стрічок). Хоча ці два процеси відрізняються один від одного, проте мають багато спільного. Протяжка порошкового електроду на стані відбувається шляхом профілювання металевої стрічки необхідної форми, засипання й дозування суміші компонентів в оболонку, забезпечення необхідного замкового з'єднання оболонки та ущільнення сердечника. Волочіння забезпечує високу продуктивність процесу виробництва електродних матеріалів, дозволяє виготовляти конструкції оболонки різної складності, в широких межах варіювати кількість переділів. Вказані переваги приводять до зниження собівартості виробництва таких електродних матеріалів. Проте при волочінні не можна в складі шихти використовувати частки з розмірами більше діаметра дроту або близькі до цього параметру через те, що відбувається велика витяжка металу оболонки й спостерігаються обриви. Обмеження розмірів часток знижує номенклатуру виробництва електродних матеріалів. При волочінні не завжди можна домогтися необхідного ущільнення сердечнику в оболонці. Особливо це є характерним при вмісті в сердечнику часток твердих і більших розмірів порівняно з частками інших компонентів. Виготовлення електродних матеріалів з профілюванням металевої стрічки шляхом прокатки крізь систему формуючих роликів та ущільнення сердечнику при спільному обтиску з оболонкою у двовалковій кліті дозволяє усунути деякі недоліки, властиві процесу волочіння. При прокатці у складі сердечника не обмежується розмір часток компонентів. Розмір часток визначається глибиною профіля металевої стрічки – оболонки електродного матеріалу, причому ущільнення можливо забезпечити за один прохід, не викликаючи зміни товщини металу оболонки та його витяжку. Виготовляти можна електродні матеріали більших розмірів порівняно з порошковими дротами, сягати більших коефіцієнтів заповнення, а, отже, одержувати електродні матеріали, що забезпечують високу продуктивність процесів наплавлення. Таким чином, розробники прагнуть до розробки високопродуктивних та якісних електродних матеріалів, до розширення інтервалів легування наплавленого шару в процесі наплавлення. При виробництві електродних матеріалів слід забезпечити ущільнення сердечника, щоб він не висипався з оболонки при плавленні, однак при цьому не можна застосовувати силові навантаження, які забезпечуються для досягнення компактного матеріалу, оскільки необхідно враховувати міцнісні характеристики металу оболонки і компонентів сердечника. Особливо це є актуальним при виготовленні електродних матеріалів для наплавлення композиційних сплавів. Оскільки технологія виробництва електродних матеріалів істотно впливає на їх зварювально-технологічні властивості, формування та складу шлаків, на хімічний склад та механічні властивості наплавленого металу, то це вимагає обґрунтованих режимів прокатки та наявних технічних прийомів.

ВЛИЯНИЕ НАНОСЛОЙНЫХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ИЗНАШИВАНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ, ОСНАЩЕННЫХ PсVN

¹Манохин А. С., ¹Клименко С. А., ²Береснев В. М., ³Столбовой В. А.,
¹Клименко С. Ан., ¹Мельничук Ю.А.

(¹Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев, Украина, ²Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина, ³Институт физики твердого тела, материаловедения и технологий Национального научного центра "Харьковский физико-технический институт")

Исследование посвящено анализу результатов тестирования износа инструментов, оснащенных PсVN с нанослойным PVD-покрытием, в условиях чистового резания материалов высокой твердости с целью выбора наиболее перспективного состава покрытия и оценки его влияния на кинетику износа инструмента.

Рассмотрено влияние защитных PVD-покрытий различного химического состава на интенсивность изнашивания режущих инструментов, оснащенных поликристаллическими сверхтвердыми материалами (ПСТМ) на основе кубического нитрида бора (КНБ). Покрытие с нанослойной структурой наносили на режущие пластины из сверхтвердых композитов группы ВН вакуумно-дуговым методом на установке Булат-6. Предварительные тесты, проведенные в условиях, характерных для чистовой обработки закаленной стали, продемонстрировали высокую эффективность покрытий, содержащих нитриды Ti, Zr, Cr. Установлено, что наиболее эффективным является покрытие состава (TiAlSiY)N/CrN. Результаты рентгенофазового анализа свидетельствует, что многослойное покрытие (TiAlSiY)N/CrN характеризуется двухфазным состоянием с развитием преимущественной ориентации с осью (111), перпендикулярной плоскости роста слоев (TiAlSiY)N и CrN покрытия. Твердость покрытия, измеряемая нанотвердомером Micron-gamma с пирамидой Берковича при нагрузке 50 г, равна $31,4 \pm 1,2$ ГПа, модуль Юнга - 356 ± 17 ГПа.

Исследование кинетики изнашивания инструментов показывает, что в условиях тестовых испытаний покрытия существенно снижает интенсивность износа инструментов по задней поверхности - фаска износа hz инструментов, оснащенных модифицированными режущими пластинами, в среднем меньше в 2,3 раза. Увеличение скорости резки от 100 до 150 м/мин обуславливает существенный рост интенсивности износа инструментов с PсVN. Однако для инструментов с покрытиями этот эффект значительно менее значим, что свидетельствует о высокой термостойкостью покрытия (TiAlSiY)N/CrN. В то же время существенных различий в шероховатости поверхностей, обработанных инструментами с композитами без покрытия и с покрытием, в условиях испытаний не выявлено. Результаты исследований также свидетельствуют, что покрытие не снижает интенсивность износа

инструмента, оснащенного ПНТМ группы ВН, при обработке материалов, содержащих в своей структуре значительное количество карбидной фазы.

В качестве выводов можно отметить, что в ходе тестирования инструментов с PcBN с различными вакуумно-дуговыми покрытиями, содержащих нитриды Ti, Mo, Zr, Cr, в условиях чистового точения закаленной стали показано, что наиболее эффективным является покрытие (TiAlSiY)N/CrN.

При обработке стали ХВГ 52-54 HRC покрытия (TiAlSiY)N/CrN существенно снижает интенсивность износа инструментов по задней поверхности - за 24 мин суммарного времени резки максимальное значение hz в модифицированного инструмента в 2,3 раза меньше.

В условиях твердого точения покрытия, содержащие Mo₂N, не влияют на стойкость инструмента уже при скоростях резания выше 100 м/мин, что связано с низкой температурной стойкостью этих нитридов.

Обработка высокотвердых материалов (BK15, P6M5), в структуре которых содержится значительное количество абразивных частиц, инструментами с исследованными покрытиями показала, что их применение не было эффективным.

THE EFFECT OF NANOLAYERED PROTECTIVE COATINGS ON THE WEAR RATE OF PcBN CUTTING TOOLS

¹A. S. Manokhin, ¹S. A. Klimenko, ²V. M. Beresnev, ³V. A. Stolbovoy,

¹S. An. Klimenko, ¹Yu. A. Mel'niichuk

(¹Bakul Institute for Superhard Materials, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 04074 Ukraine, ²Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, 61022 Ukraine Institute of Solid State Physics, Materials Science, and Technology, ³National Science Center Kharkiv Institute of Physics and Technology, Kharkiv, 61108 Ukraine)

Abstract

During testing of tools with PcBN with various vacuum-arc coatings containing Ti, Mo, Zr, and Cr nitrides under conditions of finish turning of hardened steel, we proved that (TiAlSiY)N/CrN is the most effective coating. When processing steel KhVG 52-54 HRC, a (TiAlSiY)N/CrN coating significantly decreases the intensity of tool wear along the flank surface: for 24 min of total cutting time the maximum value of hz in the modified tool is 2.3 times smaller. Under conditions of hard turning, coatings containing Mo₂N do not affect tool life even at cutting speeds above 100 m/min, which is associated with the low temperature stability of these nitrides. The processing of highly hard materials, the structure of which contains a significant amount of abrasive particles, with tools with the investigated coatings showed that their application was ineffective.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ КУВАННЯ КРУПНОГАБАРИТНИХ ПУСТОТІЛИХ ЗАГОТОВОК

Марков О.Є., Панов В.В., Іванова Ю.О., Хващинський А.С.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Одним з напрямків удосконалення техпроцесу виготовлення крупногабаритних конусних кілець зі східчастим профілем є використання пустотілих східчастих заготовок (злитків) і одержання поковки, яка повторює форму деталі. Пустотілі злитки дозволяють знизити трудомісткість кування крупногабаритних кілець і знизити витрати металу за рахунок відсутності операцій прошивання отвору, що також дозволить виключити перерізання волокнистої будови металу й зменшити витрати металу при механічній обробці.

Метою роботи є зниження витрат металу й розширення технологічних можливостей при куванні конусних пустотілих заготовок на основі розробки нових технологічних процесів розкочування кілець зі східчастою поверхнею.

Для проведення експериментів виготовлялися свинцеві зразки в масштабі 1:40 до натурної поковки. Для розкочування був виготовлений східчастий бойок.

Для макроструктурних досліджень були проведені експерименти на сталевих зразках.

Аналіз експериментальних даних утворення конусності поковки від відносного ступеня деформації уступу дозволив установити (рис. 1, а), що для відносного діаметра заготовки $D_y/d_{cp} = 2,05$ збільшення відносного ступеня деформації з боку уступу приводить до збільшення конусності. Збільшення конусності пов'язане з інтенсивним збільшенням отвору уступу $d_{п.у}$ під час розкочування. Зниження конусності для заготовки з відносними діаметрами виступів 2,5 при ступені обтиснення $\varepsilon < 0,26$ пов'язане з куванням на першому проході в процесі розкочування виступу кільця, у цьому випадку уступ не деформується. Отже, діаметр виступу починає збільшуватися, а діаметр уступу не міняється. Утворюється конічне кільце з діаметром виступу ($D_B/d_{cp} = 2,5, \varepsilon = 0,08$). Зростання конусності для заготовки з відносним діаметром виступу 2,0 пов'язане з інтенсивним збільшенням діаметра отвору уступу, що пояснюється більшим плином металу в тангенціальному напрямку при обтисненні тонкої стінки.

Важливий результат має зміна співвідношення діаметрів отвору виступу й уступу в процесі розкочування, яке дозволяє встановити якісну та кількісну зміну діаметрів на торцях заготовки при постійній довжині заготовки. Аналізуючи зміну співвідношень діаметрів отвору поковки виступу й уступу $d_{п.в}/d_{п.у}$ від ступеня деформації ε_y (рис. 1, б) для відносного діаметра уступу $D_y/d_{cp} = 2,05$ можна відзначити, що зі збільшенням ступеня деформування ε_y співвідношення діаметрів отвору поковки зменшується. Крапка, відзначена окружністю на кривій 1, відповідає відсутності конусності. У відзначеній крапці зазначені діаметри

збігаються ($d_{п.в} = d_{п.у}$) і при подальшому деформуванні діаметр отвору уступу збільшується інтенсивніше, чим виступу, і співвідношення торцевих діаметрів отвору поковки $d_{п.в}/d_{п.у}$ стає менше 1,0 ($d_{п.в} < d_{п.у}$).

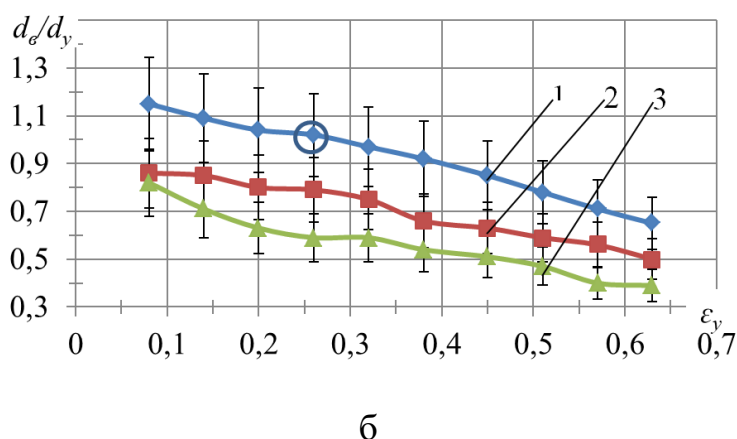
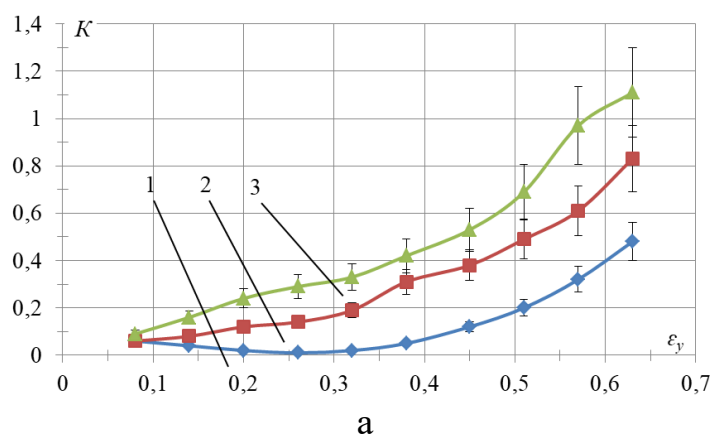


Рис. 1. а) Зміна конусності (K) від відносного ступеня деформації уступу (ϵ_y) для заготовок з $D_y/d_{cp} = 2,05$; 1 – $D_B/d_{cp} = 2,50$; 2 – $D_B/d_{cp} = 2,40$; 3 – $D_B/d_{cp} = 2,30$;
 б) Зміна співвідношення діаметрів отвору $d_{п.в}/d_{п.у}$ від відносного ступеня деформації виступу ϵ_B для заготовок з $D_y/d_{cp} = 2,05$; 1 – $D_B/d_{cp} = 2,5$; 2 – $D_B/d_{cp} = 2,4$; 3 – $D_B/d_{cp} = 2,3$.

Висновки: Аналіз отриманих результатів дозволив установити, що нова технологія кування приводить до того, що волокна металу стискаються в уступі їх щільність більше, чим у виступі. Напрямок волокна повторює східчастий профіль поковки, що буде виключати перерізання структури металу, як це відбувається при механічній обробці згідно з базовою технологією.

Література:

1. Markov O.E. Development of Energy-saving Technological Process of Shafts Forging Weighting More Than 100 Tons without Ingot Upsetting / O.E. Markov, M.V. Oleshko, V.I. Mishina // Metallurgical and Mining Industry [Online]. – 2011. – Vol. 3(7). – Pp. 87-90. – Mode of access: <http://www.metaljournal.com.ua/assets/Uploads/attachments/87Markov.pdf>
2. Development of a new process for forging plates using intensive plastic deformation / O.E. Markov, A.V. Perig, M.A. Markova, V.N. Zlygoriev // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2016. – Vol. 4, no. 83. – Pp. 2159-2174. – Mode of access: <http://doi.org/10.1007/s00170-015-8217-5>

СУЩНОСТЬ АНТИКРИЗИСНОЙ ПРОГРАММЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

¹Маслак О.И., ²Орлова Т.А., ²Маслак М.В.

(¹Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского; г. Кременчуг, Украина, ²НТУ «ХПИ», г. Харьков, Украина)

Процесс вывода предприятия из кризисного состояния должно происходить не хаотично и бессистемно, он должен быть организован и скоординирован. Понимание этих аксиоматических истин обуславливает целесообразность определения основных документов, разрабатываться в процессе антикризисного управления предприятием. Основными документами, которые должны разрабатываться на предприятии, оказалось в кризисном состоянии, есть антикризисная программа и план антикризисных мероприятий.

Антикризисная программа - это специальным образом подготовленный внутренний документ, в котором систематизировано излагается перечень основных мероприятий, который планируется осуществить в пределах предприятия, его структурных подразделений и функциональных служб достижения поставленной цели - вывод предприятия из кризисного состояния. Антикризисная программа разрабатывается на основании проведенной диагностики финансового состояния и угрозы банкротства предприятия, последствий возникновения ситуации банкротства, оценки возможностей предприятия по локализации кризиса. Необходимо обсудить и согласовать антикризисную программу с владельцами предприятия, поскольку отдельные меры по восстановлению платежеспособности могут задевать их интересы, не отвечать стратегическому видению перспектив развития предприятия.

Внутренняя структура антикризисной программы не требует формализации, поскольку будет определяться стадией кризиса и сутью мероприятий, включаемых в ее состав. Антикризисная программа и план антикризисных мероприятий должны удовлетворять следующим требованиям:

- быть подчиненными стратегическим интересам предприятия и привлекательными для владельца, руководства, персонала предприятия. Быть привлекательными для внешних инвесторов и обеспечивать привлечение внешних средств, необходимых для ее осуществления;
- устанавливать цели, которые количественно измеряются и могут контролироваться, а также конкретизировать задачи в разрезе структурных подразделений и функциональных служб предприятия;
- предусматривать содержательные последствия предлагаемых мер, возможные сроки их получения.

Разработана таким образом антикризисная программа при необходимости становится необходимой основой для подготовки других производных специальных плановых документов, имеющих узкое функциональное назначение, в том числе бизнес-плана финансового оздоровления и плана санации.

ТОЧНІСТЬ ВИГОТОВЛЕННЯ КОНІЧНИХ ЗАМКОВИХ НАРІЗЕЙ 3-30

Медвідь Ю.В., Онисько О.Р.

(¹Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
м. Івано-Франківськ, Україна)

До групи конічних нарізей у нафтогазовому і водяному бурінні відносять шість різновидів за їхньою формою, які відрізняються в основному кроком, величиною конусності та висотою вихідного трикутника. Проте найменші конічні замкові нарізи (форма VI) згідно до стандарту API 7 виробляють із іншою формою впадини, крок яких зменшено до розміру 4,2 мм, висоту вихідного трикутника – до 3,66 мм, а конусність до 1:8. Діаметр найменшої замкової нарізи 3-30 – 30,2 мм.

За таких розмірів вкрай важливим чинником точності точіння нарізи виступає точність налаштування інструмента у цілому і зокрема – тангенціальне зміщення нарізевого різця. Такий вид відхилу виявляється особливо впливовим на точність профілю конічних замкових нарізей форми VI.

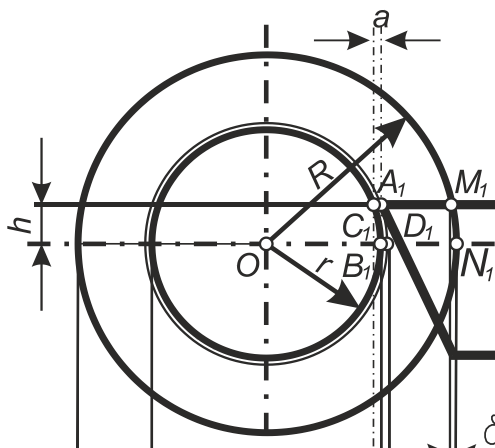


Рис.1. Схема утворення тангенціального відхилу нарізевого різця

Модель нарізеточіння прийнято як процес утворення конволтної гвинтової поверхні, яка властиво є найбільш технологічно близькою до реального процесу нарізеточіння [1, 2]. Теоретично - розрахункові дослідження показують, що у разі досягнення тангенціального відхилу вершини різця h (рис.1) величини 250-300 мкм профільний кут нарізи може сягнути значення $30,4^{\circ}30,5^{\circ}$, що фактично вичерпує заданий стандартом допуск.

Література: 1. Онисько О. Р. Аналітичне дослідження руху точки різальної кромки різьбового різця у процесі формоутворення конічної гвинтової нарізи на трубах нафтогазового сортаменту. *Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу*. Івано-Франківськ, 2016. № 1(40). С.50–56.

2. Онисько О. Р., Медвідь Ю. В. Деякі аспекти точності у технологічному процесі виготовлення конічних замкових нарізей. *Обладнання і технології сучасного машинобудування*: зб. наук. праць Всеукр. наук.-техні. конф., 11–12 трав. 2017 р. Тернопіль, С. 131–132.

ТЕРМІЧНО-ЕЛЕКТРОКОНТАКТНИЙ 3D ДРУК СТАЛЕВИХ ВИРОБІВ

Мельник М.С., Зарівний В.В. (КМСІТ 19-1 маг(н))
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Класичні методи обробки недосить ефективні в умовах одиничного та дрібносерійного виробництва, при виготовленні деталей малих розмірів та складної форми, та при прототипуванні. Крім того класичні методи обробки характеризуються наявністю великої кількості відходів. В деяких галузях вихід готової продукції складає 30% від використаного, при виробництві, матеріалу. А наприклад у авіаційній промисловості до 90% матеріалу потрапляє у відходи. Тому адитивні методи виробництва потребують розвитку і впровадження у виробництво.

Але висока вартість сучасних верстатів та розхідного матеріалу для них не дозволяє масово впроваджувати їх у виробництво.

Запропонована конструкція використовує сталевий дріт для зварювальних автоматів в якості розхідного матеріалу який як найменш в 30-40 разів дешевший ніж металеві порошки які є основним матеріалом в існуючих верстатах. Вміст вуглецю в зварювальному дроті може досягати 0,3% (наприклад марка СВ30ХГСА) і при друці в захисному середовищі аргону, вуглекислого газу або у вакуумі з подальшою термічною чи хіміко-термічною обробкою дозволить отримувати деталі з середньо-вуглецевої і легованої сталі придатні для використання в відповідальних виробках машинобудуванні. Також верстат на інших температурних режимах дозволить здійснювати друк латунним та бронзовим дротом що декілька розширить область застосування.

Мехатронна частина верстата що пропонується схожа з конструкцією 3D принтерів для друку пластиком та легких фрезерних верстатів з ЧПК. Платформа побудови розташовується на станині та є статичною, має на собі засоби фіксації основи деталі і при необхідності може мати додаткові засоби підігріву деталі. Привод координатного переміщення друкуючої головки по трьом осям представляє собою супорт, що переміщується у вертикальному напрямку по рейковим напрямним та в середині якого мається прямокутний отвір для друкуючої головки. З обох сторін отвору розташовані рейкові напрямні по котрим переміщується каретка поперечного переміщення по якій в свою чергу по рейковій напрямній переміщується каретка с друкуючими головками в поздовжньому напрямку. Усі лінійні переміщення здійснюються за допомогою крокових двигунів та кульково-гвинтових передач. Супорт не зазнає великих навантажень та несе тільки власну вагу і може не мати додаткових датчиків лінійного положення в своїй конструкції. Подача дроту до екструдера здійснюється за допомогою обертання декількох рифлених роликів розташованих з різних сторін до котрих дріт притискається гладкими роликами за допомогою пружин в свою чергу ролики розташовані в отворах спеціальних конічних направляючих трубок які забезпечують подачу дроту в необхідному

напрямку. Для підведення струму до дроту до входу в екструдер мається щітки. Також можуть знадобитись додаткові охолоджуючі пристрої для проволки і друкуючої головки.

Друк здійснюється на попередньо підготовану металеву основу, яка після закінчення друку відокремлюється від виробу механічним способом. В процесі друку дріт подається до друкуючої головки в якій він підігрівається до температури плавлення, після чого витискається нерозплавленою частиною самого дроту через сопло. Матеріал сопла обраний з урахуванням коефіцієнтів теплового розширення матеріалів і є хімічно нейтральним для розплаву сталі та не викликає її насичення вуглецем. Для більш надійного зчеплення матеріалу дроту з матеріалом основи та попереднім вже надрукованим шаром, через дріт та основу додатково пропускається електричний струм, котрий викликає додаткове локальне розігрівання матеріалу основи і перегрівання розплавленої частини дроту що забезпечує гарантоване зварювання шарів металу.

Для збільшення продуктивності верстата пропонується встановити декілька друкуючих головок з різними соплами. Для чистових контурів з малим отвором сопла, для чорнового заповнення вже надрукованого контуру з великим отвором сопла. Чорнових друкуючих головок може бути більше ніж чистових.

Для друку нависаючих елементів необхідно розробити додаткову друкуючу головку з шнековим екструдером для подачі підтримуючого матеріалу. Пропонується використовувати глину що використовується для друку кераміки, Це також дасть змогу друкувати керамічні об'єкти що може розширити сферу застосування верстата. Також можна припустити що як і при друці пластиком буде можливість друкувати виступаючі елементи з кутом до 45° без використання допоміжних областей підтримок.

Для визначення потужності, необхідної для розігріву екструдера до робочої температури та для додаткового підігріву деталі в місці контакту розплавленого дроту з основою або попереднім шаром було проведено термічне моделювання з використанням програмного пакету SolidWorks Simulation. В процесі моделювання встановлено практичну прийнятність визначених режимів, а також необхідність програмного керування струмом підігріву для запобігання руйнуванню тонких місць у вже надрукованих шарах виробу.

Для перевірки запропонованої технології друку сталлю було виготовлено експериментальний зразок екструзійної головки з нагрівачем опору. В процесі випробування вдалося здійснити гарантоване плавлення сталеві проволки і її екструзію навіть без додаткового підігріву електричним струмом, але для практичного застосування конструкція потребує вдосконалення.

Запропонований верстат може знайти застосування при виготовлення заготовок складної форми, в умовах одиничного та дрібносерійного виробництва. З використанням подальшої хіміко-термічної обробки також буде можливо виготовлення деталей від яких вимагається висока поверхнева твердість при в'язкій серцевині які працюють під дією ударних навантажень.

ОСОБЛИВОСТІ НАУКОВО ОБҐРУНТОВАНОГО ВИБОРУ ТВЕРДОГО СПЛАВУ З ПОКРИТТЯМ ДЛЯ ЧОРНОВОЇ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ВАЖКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

Мироненко Є. В., Калініченко В. В.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Сучасні процеси механічної обробки деталей важкого машинобудування передбачають використання високопродуктивного та надійного інструменту, оснащеного різальними пластинами з прогресивних марок інструментальних матеріалів, що в змозі забезпечити високі показники працездатності інструменту у реальних виробничих умовах. Так, при токарній обробці деталей на вітчизняних заводах важкого машинобудування все частіше використовують різці з твердосплавними різальними пластинами з покриттям, причому сфера використання таких різців розширюється і на чорнову обробку [1]. Відтак, набувають вагомого практичного значення дослідження можливості ефективного використання різних марок твердих сплавів з покриттям при чорновій токарній обробці деталей важкого машинобудування у реальних виробничих умовах.

Окремі відомості про результати випробувань різців з твердосплавними різальними пластинами з покриттям при чорновому точінні деталей важкого машинобудування наведені у попередніх роботах співавторів [1, 2]. Згідно з ними, у загальній структурі відмов різців у даних умовах експлуатації значну частку становлять відмови з причин крихкого та пластичного руйнування різальних пластин. Тому у даному контексті до характеристик твердого сплаву з покриттям, крім вимоги забезпечення високої зносостійкості, висувуються і вимоги ефективного стримування розвитку явищ, що спричиняють крихке руйнування та пластичну деформацію різальної пластини. У роботах [1, 2] систематизовані основні з цих явищ. Зокрема, це викришування різальних кромek внаслідок розвитку у твердому сплаві мікротріщин, зумовлених температурними коливаннями при чорновій обробці, пластична деформація різальної пластини внаслідок спільної дії на пластину високих температур та контактних навантажень при значних величинах подач. У контексті стримування цих явищ важливого значення набуває науково обґрунтований вибір використовуваного твердого сплаву, що має характеризуватися міцною основою (бажано – з наявністю градієнтної зони), раціональною товщиною покриття, низькою дефектністю та сприятливим співвідношенням характеристик твердості та пластичності матеріалів шарів покриття [1].

Література: 1. Мироненко, Є. Специфіка використання твердосплавних різальних пластин з покриттям при чорновій та напівчистовій токарній обробці деталей важкого машинобудування / Є. Мироненко, В. Калініченко, В. Хорошайло, Д. Гузенко // Різання та інструмент в технологічних системах : Міжнар. наук.-техн. зб. – Харків : НТУ «ХП», 2019. – Вип. 91. – С. 169–181. 2. Соловьев, В. В. Применение пластин с покрытиями при черновом точении на тяжелых токарных станках / В. В. Соловьев, Е. В. Мироненко, В. С. Гузенко // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования – № 3. – 2010. – С. 54–58.

МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ДЛЯ УМОВ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА

Молчанов В.Ф.

(ДДТУ, м. Кам'янське, Україна)

Сучасне машинобудівне виробництво передбачає підвищення точності, надійності і довговічності при випуску машинобудівної продукція для народного господарства. У зв'язку з цим, необхідно істотно підвищувати точність і надійність металорізального обладнання та устаткування.

Питання підвищення точності і надійності металорізального обладнання та устаткування можна вирішувати автоматизацією виробничих процесів. Для цього широко впроваджуються програмно-керовані верстати, гнучкі виробничі системи, роторні лінії, автоматичні дільниці і заводи. В умовах автоматизованого виробництва задана точність має бути забезпечена самою технологічною системою. Проблема забезпечення точності - одна з найбільш складних. Для її вирішення необхідна розробка спеціальних апаратурних засобів і систем управління технологічними операціями, створення нових підходів до аналізу процесів утворення поверхонь.

Теоретичні дослідження по вивченню впливу окремих вхідних змінних і параметрів технологічної системи на процеси, що протікають при механічній обробці, дозволяють на стадії проектування операцій заздалегідь розрахувати очікувану точність і намітити методи її забезпечення.

Для умов автоматизованого виробництва постають два основні завдання:

- а - настроювання технологічної системи на забезпечення заданих розмірів;
- б - підстроювання системи з метою отримання заданих параметрів точності впродовж досить тривалого проміжку часу.

При рішенні першої задачі забезпечується точність взаємного розташування виконавчих механізмів верстата, заготовки, інструменту і пристосувань. На даний час застосовуються наступні методи настроювання верстатів: статичне настроювання, настроювання по пробних заготовках за допомогою робочого калібру і настроювання за допомогою універсального мірного інструменту по пробних заготовках [1].

Статичне настроювання виконується на нерухомому верстаті. Положення різальних інструментів відносно верстата вивіряється за допомогою калібрів, які розташовують на місці оброблюваної деталі. Для компенсації динамічних похибок настановні калібри виготовляють з поправкою. Розрахунковий розмір обчислюють по залежності

$$L_{роз} = L_{дет} + \Delta_{нопр},$$

де $L_{дет}$ - розмір деталі, який має бути отриманий після обробки; $\Delta_{нопр}$ - поправка, що враховує динамічні похибки, що виникають в процесі обробки.

При настроюванні технологічної системи за допомогою робочого калібру, робиться регулювання взаємного розташування виконавчих механізмів верстата і інструменту, обробка пробної деталі, перевірка точності за допомогою калібру, яким користуються надалі при обробці виробу. Розглянутий метод

настроювання не можна вважати оптимальним, оскільки він не забезпечує необхідне розташування первинного настроєного розміру по відношенню до поля допуску обробленої поверхні. При настроюванні системи за допомогою універсальних мірних інструментів спочатку виконується статичне настроювання верстата, потім проводиться пробна обробка однієї або декількох заготовок, вимірюється розмір обробленої поверхні, вводиться корекція у взаємне положення заготовки і інструменту. Настроювання системи за допомогою універсальних мірних інструментів забезпечує оптимальне розташування настроєного розміру відносно поля допуску на оброблену поверхню.

Під впливом різних процесів, що відбуваються в самій технологічній системі, таких як спрацювання інструменту, нагрів елементів верстата, зміна сил різання, відбувається зміна розмірів оброблених поверхонь партії деталей. Поле розсіювання розмірів зміщується в поле допуску, одночасно може змінюватися і середньоквадратичне відхилення розмірів.

Для забезпечення заданої точності в технологічній системі потрібне підстроювання, яке може здійснюватися після обробки партії заготовок, або після обробки кожної заготовки.

При другому методі забезпечується стабілізація розмірів виробів. Для його здійснення потрібна відповідна система числового програмного керування.

Другий метод підстроювання може бути здійснений при обробці деталей на верстатах з ЧПК з системами управління, оснащених датчиками контролю розміру. При обробці на верстатах-автоматах, для реалізації методу окрім датчика контролю розміру в системі керування необхідно мати арифметико-логічне пристосування.

З метою прискорення процесу настроювання технологічної системи широко застосовують настроювання інструментів і інструментальних блоків поза верстатом з наступним внесенням корекцій положення інструменту з урахуванням динамічних похибок, що виникають при обробці.

Для підвищення точності обробки на чистових і доводних операціях розроблені системи автоматичного керування точністю і системи активного контролю, а саме: стабілізації швидкості різання при торцевій обробці; стабілізації потужності різання; стабілізації температури різання; управління пружними деформаціями при різанні; оптимізації управління токарної, фрезерної, шліфувальної обробки [2].

При створенні таких систем виконується ідентифікація технологічних операцій, формулюються умови оптимального керування, розробляється апаратне оформлення системи. Застосування систем автоматичного управління дозволяє підвищити точність отримання розмірів в 1,3-1,6 разу, форми поверхонь в 1,5 - 2 рази; взаємного розташування поверхонь в 1,4-1,8 разу.

Література: 1. Маталин А.А. Технология машиностроения: учебник для вузов/ А.А. Маталин. – Санкт-Петербург: Лань, 2010. – 512 с. 2. Папарев Н.К. Автоматизация типовых технологических процесов металлообработки/ Н.К. Папарев. – Киев; Одесса: Вища школа, 1984. – 312 с.

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ ВИДАЛЕННЯ ЗАДИРОК, СКРУГЛЕННЯ І ПОЛІРУВАННЯ ГОСТРИХ КРОМОК ПРИ ВІБРАЦІЙНІЙ ОЗДОБЛЮВАЛЬНО-ЗАЧИЩУВАЛЬНІЙ ОБРОБЦІ ДЕТАЛЕЙ

¹Міщик А.В., ²Федорович В.О.

(¹Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Сєвєродонецьк, Україна, ²НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна)

Фізична сутність технологічних процесів вібраційного видалення задирок, скруглення і полірування гострих кромок може бути представлена наступним чином. Основою процесу видалення задирок, скруглення і полірування гострих кромок є мікрорізання, супроводжуване зйомом найдрібніших частинок металу, його оксидів і тонким пластичним деформуванням поверхневого шару оброблюваної деталі.

Перші два процеси видалення задирок і скруглення гострих кромок супроводжуються переважно мікрорізанням зі зйомом найдрібніших частинок металу. Полірування кромок може здійснюватися, як мікрорізанням, так і зйомом окислів металу і тонким пластичним деформуванням. У зв'язку з цим для процесів видалення задирок і скруглення гострих кромок обов'язковим є застосування робочих середовищ, що мають необхідні різальні та царапаючі властивості. Таки властивості має абразивна кришка та інші види абразивних матеріалів.

Для полірування гострих кромок крім дрібнозернистих абразивів можуть бути застосовані м'які поліруючі матеріали у вигляді металевих тіл, які здійснюють полірування кромок шляхом пластичного деформування поверхневого шару оброблюваної деталі.

Можливість видалення задирок і скруглення гострих кромок забезпечується особливостями процесу віброобробки, тобто властивістю плинності робочого середовища під дією коливань і його інтенсивною циркуляцією. Перше, забезпечує безперервну «течу» гранул робочого середовища, проникнення їх в отвори, пази та контакт гранул з усіма елементами робочої поверхні оброблюваної деталі. Друге, створює умови «течі» робочого середовища і різну орієнтацію оброблюваних деталей щодо руху потоків середовища. І перша, і друга умови викликають відносно тертя оброблюваних деталей і гранул робочого середовища.

Встановлено, що задирки та гострі кромки утворюються в місцях переходу одних елементів поверхні в інші, а також в місцях перетину площин і криволінійних елементів, на виступах і кромках, що створює передумови для більшого взаємного тертя і більш інтенсивної обробки. Таким чином, кромки, виступи та задирки піддаються найбільш інтенсивному впливу гранул робочого середовища.

Підвищення інтенсивності видалення задирок та скруглення гострих кромок також пояснюється зменшенням площі контакту гранул з оброблюваною поверхнею і збільшенням питомого тиску, а також глибини проникнення абразивних зерен в матеріал оброблюваної деталі.

На перебіг процесів видалення задирок, скруглення і полірування гострих кромок впливають режими обробки, механічні властивості оброблюваного матеріалу, характеристика і розмір гранул робочого середовища, кількісний і якісний склад використовуваного хімічно-активного розчину. Вплив цих параметрів має аналогічний характер з основними залежностями властивими процесу зйому металу.

При обробці крихких матеріалів видалення задирок відбувається шляхом обламування в початковий період крихких гребінців і подальшого зрізання найдрібніших частинок металу абразивними зернами. Видалення задирок на деталях з відносно крихких матеріалів має деяку схожість з процесом видалення облою на литих і штампованих заготовках.

При обробці в'язких і пластичних матеріалів обламування і зрізання задирок утруднено. Грубі задирки згинаються і рідше обламуються. Вигнутий задирок притискається до поверхні деталі та подальше його видалення відбувається шляхом мікрорізання. Тривалість процесу значно зростає, виникає порушення геометричних розмірів і форми інших елементів поверхні оброблюваної деталі. Для усунення цього явища необхідно контролювати роботу різального інструменту і виконувати його зміну і загострення.

Задирки, які утворюються при нормальних умовах різання, мають товщину не більше 0,3 мм. Видалення таких задирок при обробці деталей з пластичних і в'язких матеріалів відбувається більш інтенсивно. Внаслідок меншої товщини біля основи відбувається підрізання задирки, після чого інша його частина відділяється, а на місці задирки відбувається скруглення кромки.

Процес скруглення кромки і невеликих задирок відбувається головним чином внаслідок послідовного видалення найдрібніших частинок металу, величина яких зменшується в міру скруглення кромки і після деякого періоду стає постійною. Внаслідок того, що в основі процесу скруглення кромки переважаючим є мікрорізання, як робоче середовище вибирається абразивна кришка необхідної зернистості, яка визначається характеристикою оброблюваного матеріалу і технічними вимогами, що пред'являються до деталей кінцевим результатом обробки.

Для полірування кромки як правило застосовують неабразивні робочі середовища, наприклад, металеві тіла з нержавіючої сталі, деревинну або текстолітову кришку, повстяні або шкіряні пижі з додаванням поліруючих паст і суспензій.

Процес скруглення кромки і невеликих задирок відбувається в результаті послідовного видалення найдрібніших частинок металу величина яких зменшується в міру скруглення кромки і після деякого періоду стає постійною. Процес скруглення кромки має деяку аналогію з процесом зменшення шорсткості поверхні при віброабразивному шліфуванні. Інтенсивність протікання процесу видалення задирок і скруглення кромки залежить від тих же технологічних параметрів, що і зйом металу. Наявність хімічних речовин в розчині сприяє прискоренню процесів мікрорізання і пружнопластичного деформування, що формують операції видалення задирок і полірування гострих кромки при вібраційній оздоблювально-зачищувальній обробці деталей.

ОБГРУНТУВАННЯ УМОВ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ШЛІФУВАННЯ ЗА ТЕМПЕРАТУРНИМ КРИТЕРІЄМ

Новіков Ф. В.

(¹Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, м. Харків, Україна)

При шліфуванні температура різання є основним обмежуючим чинником підвищення продуктивності обробки. Тому важливо теоретично обґрунтувати шляхи підвищення продуктивності при плоскому шліфуванні, виходячи із залежності для визначення температури шліфування θ [1]:

$$\theta = \sigma \cdot t \cdot \sqrt{\frac{V_{\text{дет}}}{c \cdot \rho \cdot \lambda}} \cdot \sqrt{\frac{2}{t \cdot R_{\text{кр}}}}, \quad (1)$$

де σ – умовне напруження різання, Н/м²; t – глибина шліфування, м; $V_{\text{дет}}$ – швидкість деталі, м/с; $R_{\text{кр}}$ – радіус круга, м; c – питома теплоємність матеріалу, Дж/(кг·К); ρ – щільність матеріалу, кг/м³; λ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу, Вт/(м·К).

Виходячи із залежності (1), домогтися збільшення продуктивності обробки $Q = B \cdot V_{\text{дет}} \cdot t$ (де B – ширина шліфування, м) для заданого значення θ можна за рахунок застосування багатопрохідного шліфування, що припускає збільшення $V_{\text{дет}}$ й зменшення t . Отже, застосування багатопрохідного шліфування більш ефективно порівняно із глибинним шліфуванням. Однак при цьому виникає завдання визначення граничної швидкості деталі $V_{\text{дет}}$, тому що відповідно до залежності (1), вона може збільшуватися нескінченно, а глибина шліфування t , навпаки, зменшуватися до нуля.

Найбільш суттєвим обмеженням збільшення швидкості деталі $V_{\text{дет}}$ при шліфуванні є кількість проходів круга n , оскільки з їх збільшенням зростає допоміжний час обробки, пов'язаний з реверсуванням стола верстата. Виходячи із цього, проведено аналіз штучного часу обробки $T_{\text{шт}}$, рівного сумі основного $T_{\text{осн}}$ й допоміжного $T_{\text{дон}}$ часу обробки на операції плоского шліфування:

$$T_{\text{шт}} = \frac{L_{\text{піз}}}{c \cdot \rho \cdot \lambda} \cdot \left(\frac{\Pi}{\theta}\right)^2 \cdot \left(\frac{2}{n \cdot \Pi \cdot R_{\text{кр}}}\right)^{0,5} + n \cdot \tau_{\text{дон}}, \quad (2)$$

де $t = \Pi / n$; Π – величина припуску, м; $\tau_{\text{осн}} = L_{\text{піз}} / V_{\text{дет}}$ – основний час обробки за один прохід круга, с; $L_{\text{піз}}$ – довжину ходу стола верстата, м; $\tau_{\text{дон}}$ – допоміжний час обробки, затрачуваний на реверсування стола верстата в межах одного проходу круга, с.

Із залежності (2) випливає, що має місце мінімум функції $T_{шт}$ від n , який виконується за умови: $\tau_{дон} = 0,5 \cdot \tau_{осн}$. Із урахуванням залежності $\tau_{осн} = L_{різ} / V_{дет}$ маємо:

$$V_{дет} = \frac{L_{різ}}{2 \cdot \tau_{дон}}. \quad (3)$$

У процесі плоского шліфування параметр $L_{різ}$ змінюється незначно, як правило, до 0,5 м. Наприклад, за умови $\tau_{дон} = 0,5$ с – зі швидкість деталі $V_{дет} = 30$ м/хв. Якщо допоміжний час обробки $\tau_{дон}$ більше, то швидкість деталі $V_{дет}$ зменшиться. На практиці в процесі плоского шліфуванні $V_{дет}$ в основному не перевищує 30 м/хв.

В умовах обробки деталі невеликої довжини, наприклад, для $L_{різ} = 0,05$ м, швидкість деталі $V_{дет}$ за умови $\tau_{дон} = 0,5$ с дорівнює $V_{дет} = 3$ м/хв, що фактично відповідає умовам глибинного шліфування. Глибина шліфування t встановлюється на основі залежності (1). Таким чином показано, що швидкість деталі $V_{дет}$ суттєво обмежена допоміжним часом обробки $\tau_{дон}$.

В узагальненому вигляді умови підвищення продуктивності обробки на основі отриманих теоретичних рішень показані на рис. 1.

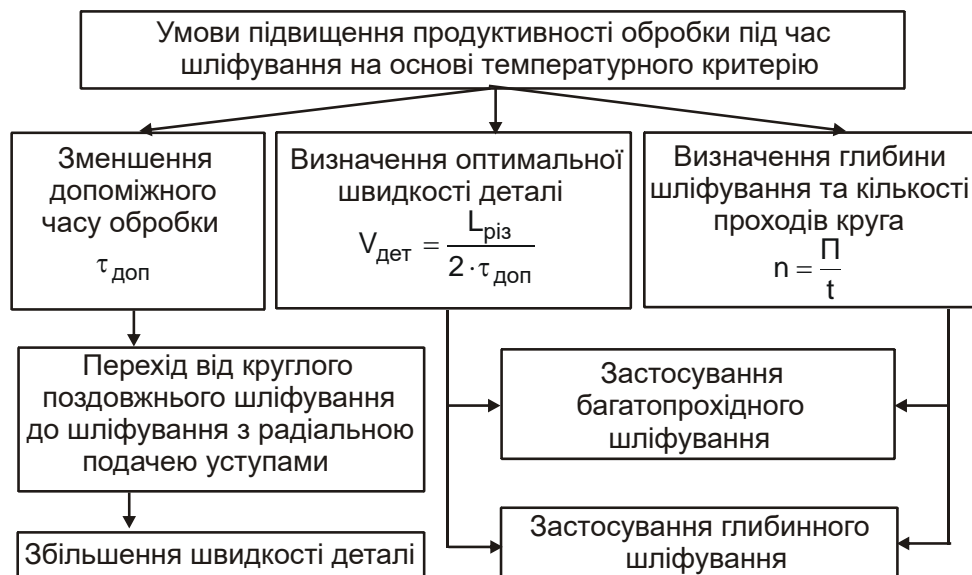


Рис. 1. Структурна схема умов підвищення продуктивності обробки в процесі шліфування за температурним критерієм

Вони дозволяють, по-перше, по-новому підійти до визначення оптимальних параметрів режиму шліфування, а по-друге, обґрунтувати умови вибору цілком конкретних значень параметрів режиму шліфування, реалізованих на практиці.

Література: 1. Новиков Ф. В. Основы математического моделирования технологических процессов механической обработки: монография / Ф. В. Новиков. – Днепр : ЛИРА, 2018. – 400 с. 2. Новиков Ф. В. Оптимальные решения в технологии машиностроения : монография / Новиков Ф. В., Жовтобрюх В. А., Шкурупий В. Г. – Днепр : ЛИРА, 2018. – 424 с.

СУЧАСНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ТА ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ ОБРОБКИ ЗУБЧАСТИХ РЕЙОК

Охріменко О.А., Юрчишин О.Я.

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

У машинобудуванні відомі два методи формоутворення зубів рейок: метод копіювання, при якому профіль зуба інструмента або його проекція представляє точну копію профілю западини зуба нарізається рейки і метод центроїдного обкатування, при якому центроїда інструменту і нарізати рейки обкатується без ковзання. Профіль нарізуючих зубів виходить як огинає різних положень різальних крайок інструменту.

Відповідно до існуючих методами використовуються наступні види зуборізних інструментів для нарізування зубів прямозубих і косозубих рейок за методом копіювання: дискові затиловані фрези або набір фрез, фрези гостро заточені дискові збірні, зуборізні головки; інструменти для обробки прямозубих, а також косозубих рейок за методом центроїдного обкатування [1, 2].

При обробці зубів рейок методом копіювання на рейко-фрезерних верстатах-напівавтоматах схема формоутворення зубів рейок включає обертання дискової фрези, за допомогою якої створюється необхідна швидкість різання щодо закріпленої на столі верстата заготовки. Фреза здійснює рух подачі уздовж оброблюваної западини зубів рейок. Після обробки однієї западини фреза повертається у вихідне положення, і обробляється рейка зі столом переміщається на один крок.

Конструкцією рейкофрезерних верстатів передбачено застосування дискових фрез діаметром 180-380 мм з певним числом ріжучих ножів, що визначає несприятливі умови різання через низький коефіцієнта перекриття, рівного 1-2 (в зоні або зонах різання знаходиться тільки один або два зуба фрези). З метою підвищення продуктивності процесу обробки в ланцюг головного приводу подачі інструменту встановлюють адаптивні системи управління, які дозволяють контролювати швидкість переміщення ланки по раніше заданою програмою.

Рейкофрезерні верстати вітчизняного виробництва мод. КУ-30, КУ-304, ЛГ-60Ф3, ЕЗ-167, 5412, 5413, 5414 мають в основному однакову принципово кінематичну схему і компоновку вузлів верстата. Привід обертання дискової фрези і подачі фрезерної головки здійснюється від синхронного електродвигуна змінного струму; розподіл, переміщення столу з рейкою від іншого електродвигуна через механізм розподілу і гітару настройки переміщення на необхідний крок. Переміщення фрезерної головки вертикальне. На верстаті передбачено тільки зустрічну фрезерування.

Зарубіжні фірми випускають рейкофрезерні верстати з автоматичним циклом управління, в яких гармонійно поєднуються сучасні досягнення гідравліки і електроніки.

У верстатах мод. UZFM-V, UZFM-300H фірми Donau (ФРН), L79 фірми Kesel (ФРН) гідравлічне рух подачі санчат фрези регулюється безсхідчасто від

0 до 400 мм / хв. Фрезерна головка нахилиється вправо на 30 ° і вліво на 45°. Передбачено і попутне фрезерування. Необхідний крок задається багатопозиційним перемикачем. Коробчаста форма станини забезпечує високу жорсткість верстата. Для рейкофрезерних верстатів нормальної і посиленої конструкції потужність головного двигуна відповідно 2,2 і 3 кВт, найбільший хід фрези 300 мм, число обертів шпинделя 27-178 і 22-136 об / хв, діаметр фрези 105-165, 125-250 мм, максимальна довжина нарізати рейки 1750 мм.

При фрезеруванні по маятниковому циклу (довжина виробу до 800 мм) дві заготовки фіксуються одна за одною - це дає можливість, не перериваючи робочій процес, вкласти в пристрій нову заготовку.

Для обробки торцевих поверхонь зубів рейок і видалення задирок застосовуються верстати мод. ZA800X8 фірми Modul, що працюють пальцевою фрезою зі спеціальним пристосуванням. Найбільший модуль 9 мм, діаметр фрези до 26 мм, довжина рейки до 800 мм. [108]. У той же час, рейкофрезерні верстати, оснащені дисковими фрезами, не мають регламентованих рекомендацій за вибором і призначенням параметрів фрез та технологічних умов виробництва.

Рейкошлифувальні верстати мод. МШ-147, МШ-245, японської фірми Moto kubo мод. ML-R1000, німецьких фірм Каар SZ850, SZ851, SZ1650, SZ1651, SZ2850, і Niles ZSTZ-630C3 працюють за методом одиничного поділу конічним колом з подачею охолоджуючого масла для шліфування під тиском з орієнтацією на профіль, але на 80-90% знижується продуктивність обробки в порівнянні з рейкофрезеруванням і залежить від технологічних припусків під остаточну операцію. Вузькі дрібномодульні рейки доцільно виготовляти на різьбошлифувальних верстатах з закріпленням рейок в спеціальному барабані по 6-10шт. як частина гвинтової поверхні.

Верстати мод. КСЗ-Р77 і ЕЗ-9А забезпечують 7-ю ступінь точності по ГОСТ10242-81 з довблям класу точності АА. Верстати компактні, прості в обслуговуванні, зручні в налаштуванні. На рейкодовбальному верстаті мод. VR72.В / 1 фірми Sykes (Англія) нарізаються прямозубі і косозубі рейки в умовах серійного і великосерійного виробництва.

При застосуванні спеціальних довбляків на верстаті можна обробляти профілі, які неможливо отримати іншими способами. Верстат призначений для довбання як модульних, так і діаметральних пітчих рейок.

Для нарізки косозубих рейок потрібні спеціальні напрямні і гільзи з відповідними косозубими довблями.

Література: 1. Юрчишин О.Я. Семінська Н.В, Охрименко О.А., Пермяков О.А., Ключко О.О. Математична модель поверхні зубчатої рейки при описі процесів формоутворення поверхневого шару і стану базових поверхонь. Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції 21 – 24 грудня 2020 року / За заг. ред. В. Д. Ковальова. – Краматорськ: ДДМА, 2020. – С. 103. ISBN 978-966-379-959-9. 2. Ключко О.О., Юрчишин О.Я., Сапон С.П. Структура моделі технологічної спадковості при обробці високоточних зубчастих рейок / Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2020): матеріали тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів , 29–30 квітня 2020 р.): у 2-х т. / Національний університет «Чернігівська політехніка» [та ін.]; – Чернігів : ЧНТУ, 2020. – Т. 1.. – С. 42.

ВИСОКОШВИДКІСНЕ ШЛІФУВАННЯ ВІДШАРУВАННЯМ

Пасько М.М., Показаньєва С.Л.

(ВСП «КФК ПТБ ДДМА», м. Краматорськ, Україна)

Високошвидкісне шліфування відшаруванням - це спосіб обробки шліфувальним кругом зі зняттям металу (кірки), комбінує оригінальні властивості: високу швидкість різання, застосування вузьких суперабразивів, верстатів з системою ЧПК, яка керує площею контакту круга. Даний спосіб обробки дозволяє видалити шар стружки за один прохід, що досягається кутовими настройками інструменту - шліфувального круга, по аналогії з точінням, результативність якого визначається геометрією інструменту. Шліфування відшаруванням, як відомо, було розроблено в Німеччині в 1990-х роках, є конкурентом твердого точіння і досить широко поширене за кордоном.

Традиційний спосіб круглого шліфування, що дозволяє видалити весь припуск за кілька проходів, і шліфування відшаруванням розрізняються аналогічно маятникового і глибинного шліфування при плоскому, профільному шліфуванні. Відмінною особливістю даного способу обробки є використання вузьких шліфувальних кругів шириною в межах 5 мм. У порівнянні з круглим зовнішнім шліфуванням, при якому профіль шліфувального круга відповідає контуру заготовки, при шліфуванні вузьким колом можливе виготовлення різних контурів заготовки одним профілем шліфувального круга.

Метою роботи є розгляд прогресивного методу обробку деталей машин.

В роботі були розглянуті наступні питання:

- Призначення та використання методу обробки деталей високошвидкісним шліфуванням;
- Види зовнішнього високошвидкісного шліфування;
- Основні вимоги до шліфувальних верстатів. Характеристики верстатів для високошвидкісного шліфування;
- Особливості шпиндельних вузлів для високошвидкісного шліфування відшаруванням;
- Абразивний інструмент для високошвидкісного шліфування відшаруванням;
- Особливості подачі охолоджуючої рідини при точковому шліфуванні.

Висновок по роботі:

При використанні високошвидкісного шліфування відшаруванням досягається висока продуктивність і якість обробки завдяки застосуванню високошвидкісних шліфувальних верстатів, які хоч і дорогі самі по собі, проте знижують капітальні вкладення за рахунок використання безлічі операцій, включаючи шліфування, токарної обробки та полірування, а також використанню суперабразивів і кутових параметрів абразивного круга.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБРОБКИ ВАЖЕЛЯ БУКСОВОГО ВУЗЛА ПРИ ВДОСКОНАЛЕННІ СТРУКТУРИ ТА ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

¹Пермяков О.А., ²Калантиря С.Г.

(¹НТУ «ХПІ», м.Харків, Україна, ²ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод», м. Кременчук, Україна)

Буксові вузли разом з колісними парами є надзвичайно відповідальними елементами ходових частин вагонів. Кожна, часом незначна, їх несправність може привести до відмови в роботі і загрожує безпеці руху поїздів. Буксовим вузлом називається пристрій з підшипниками, що забезпечує трансформацію обертального руху колісної пари в поступальне переміщення вагона, з мінімальним опором (рис. 1).

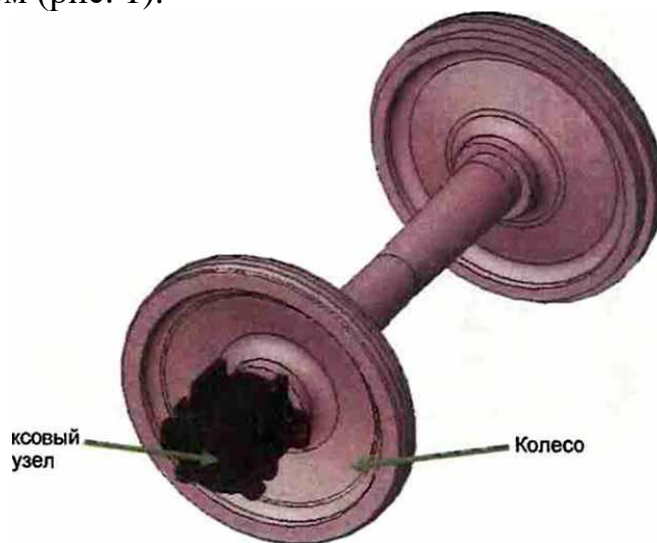


Рис.1. 3D модель колісної пари з буксовим вузлом

Буксовий вузол встановлюється на шийку осі і являє собою досить герметичну конструкцію з верхніми припливами і бічними обмежувачами для взаємодії з бічної рамою візка. Буксовий вузол неподдресорен і жорстко сприймає динамічні навантаження від рейкового шляху, що виникають при русі вагона. Крім постійно діючих навантажень від маси бруття, буксовий вузол зазнає значних ударів при проходженні коліс по стиках рейок, від поштовхів під час гальмування поїзда або наїзду коліс на «башмак» при розпуску вагонів з гірки, від дії відцентрової сили при проходженні кривих ділянок колії та ін.

Корпус букси призначений для розміщення елементів буксового вузла і мастила, а його конструкція визначається схемою спирання рами візка на буксових вузол.

Предметом дослідження є визначення закономірностей технологічного процесу обробки важеля буксового вузла, що забезпечать необхідну якість підвищення продуктивності та зниження трудомісткості обробки.

Література: 1. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х т. Т.2./ Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Сулова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. - 5-е изд. исправл. - М.: Машиностроение, 2003г. - 944с.

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ОБРОБКИ РАМИ ВІЗКА ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА НА ВЕРСТАТАХ З ЧПК

¹Пермяков О.А., ²Локтіонов Д.В.

(¹НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна, ²ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод», м. Кременчук, Україна)

Одним з важливих вузлів пасажирського вагона, який відповідає за переміщення вагона по залізничних коліях і забезпечує безпеку експлуатації вагона і комфорт пасажирів є ходові частини. Під кузова пасажирських вагонів підкочують двовісні візки з двоступеневою системою ресорного підвішування (надбуксове і центральне коліскове). Візки пасажирських вагонів (рис.1) по конструкції різноманітні, але всі вони складаються із наступних частин: рами, двох колісних пар із буксами, що мають місця для встановлення термодатчиків, гальмових дисків, буксового підвішування з гідравлічними гасниками коливань і важелями, центрального пневматичного підвішування з гідравлічними гасниками вертикальних, горизонтальних коливань та коливань виляння, надресорної балки, гальмівного обладнання з автоматичним стоянковим гальмом, торсіонного пристрою, датчиків протиюзового пристрою та СКНБ, механізму приводу візка з центральною рамою, привідним упором, тягами та балансиrom.

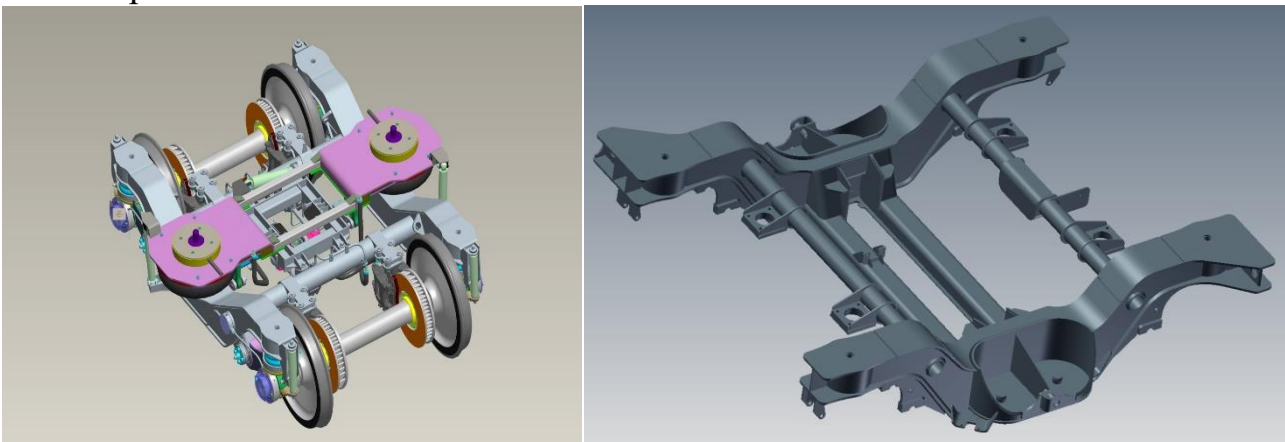


Рис.1. 3D моделі візка пасажирського вагону та його рами

Створення та використання нових технологічних процесів, методів механічної обробки, обладнання та інструментів дозволять суттєво підвищити ефективність виготовлення відповідальних вузлів та деталей візка пасажирського вагону. З огляду на тенденції розвитку швидкісного руху, виконання робіт з виготовлення рам пасажирських вагонів в даний час вимагає високої точності механічної обробки та потребує використання верстатів з ЧПК. Відсутність практичних рекомендацій для вирішення актуального науково-технічного завдання забезпечення якості та зниження трудомісткості операцій механічної обробки рам пасажирських вагонів вимагає проведення комплексу теоретичних і експериментальних досліджень.

Література: 1. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х т. Т.2./ Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Сулова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. - 5-е изд. исправл. - М.: Машиностроение, 2003г. - 944с.

ПІДВИЩЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЇ ВИКЛАДАЧІВ ІНЖЕНЕРНИХ ЗВО ДЛЯ ІНДУСТРІЇ 4.0

Подлесний С.В., Єрфорт Ю.О.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Інженерна освіта сьогодні активно включена в загальноосвітні процеси розвитку постіндустріального суспільства в умовах четвертої промислової революції і цифрової економіки. Разом з тим проблеми сучасної інженерної освіти отримують сьогодні фундаментальний соціально-політичний і гуманітарний вимір. Домінуючими стають ідеї служіння освіти цілям стійкого і динамічного суспільства. В умовах глобалізації розвиваються мережеві технології, формується мережеве суспільство. Людина вчиться вимірювати і моделювати реальний світ. Виробництво все більше орієнтується на індивідуальні вимоги замовників, відбувається розширення співпраці людей і технологій. Індустріальна революція і становлення цифрової економіки вимагають актуалізації системи освіти, в тому числі вищої, в нових умовах. Причому підготовка інженерів нового покоління потребує трансформації в пріоритетному порядку.

Система української традиційної освіти має високий потенціал для підготовки креативних фахівців. Індустрії 4.0 потрібен фахівець, який володіє системним інжинірингом, інформаційними і когнітивними технологіями, проектним управлінням, який має глибокі знання в області математики, фізики, хімії, механіки, матеріалознавства, прикладної математики, фізико-хімічної гідродинаміки, системного аналізу, моделювання складних систем, синергетики, теорій самоорганізації, операцій, прийняття рішень і т.п.

Для успішної реалізації цілей і завдань індустрії 4.0 необхідні фундаменталізація освіти, подолання перешкод, що склалися на шляху підвищення рівня цифровізації інженерної освіти (брак фінансування; небажання і непрофесіоналізм частини професорсько-викладацького складу, вада цифрових знань; консерватизм мислення викладачів), створення умов для реалізації принципів підготовки інженерних кадрів для цифрової економіки. Важливу роль в інженерній діяльності та інженерній освіті грає інженерна педагогіка, предметом якої є інженерна освіта як розвиток досвіду інженерної діяльності.

Педагогічна підготовка викладачів технічних університетів є метою роботи Міжнародного товариства з інженерної педагогіки - Internationale Gesellschaft für Ingenieurpädagogik (IGIP), організованого в 1972 р. [1]. Товариством проводяться щорічні міжнародні конференції. Природно, що на останній конференції найактуальнішою темою, що проходить червоною ниткою через більшість доповідей, виявилось обговорення особливостей раптового переходу на дистанційне навчання в зв'язку з пандемією. Разом з тим розглядалися і традиційні теми: відсутність у викладачів інженерних дисциплін професійної педагогічної освіти і, відповідно, дефіцит психолого-педагогічних компетенцій.

Найбільш очевидною зміною сучасних викликів і розвитку напрямків інженерної педагогіки, характеру педагогічної діяльності в ХХІ ст. стало

інтерактивне навчання, особливо - проведення навчання у співпраці. Ця форма навчання передбачає співпрацю студентів між собою в малих групах (наприклад, при виконанні спільного проекту), а також тісну взаємодію викладача і студента, що, безумовно, є одним з ефективних методів викладання. Воно актуальне в зв'язку з розвитком Болонського процесу, де просуваються ідеї студентоцентрованого навчання. Відповідно, викладачі повинні навчатися організації командної роботи зі студентами. Одним з напрямів розвитку інтерактивного навчання є гейміфікація навчального процесу. У тому числі - використання цього прийому при дистанційному навчанні. Традиційне і звичне для українських інженерних ЗВО включення в навчальний процес курсового проектування модернізувалося в деяких університетах різних країн в проблемний метод навчання або проектно-організований метод навчання (PBL), в котрих він вважається основним. У більшості випадків мова йде про роботу в команді. Ми згодні з тими, хто вважає, що PBL ефективний лише в тих випадках, коли вдається встановити тісний зв'язок з замовником проектів.

International Association of Online-Engineering (IAOE) - Міжнародна асоціація онлайн-інжинірингу вважає, що одні з найбільш важливих змін в планах підготовки викладачів інженерних дисциплін повинні бути пов'язані з використанням інформаційних і комунікаційних технологій (ІКТ), а також e-Learning - електронного навчання. Реєстри платформ для дистанційного навчання ведуть такі великі міжнародні організації, як Commonwealth of Learning (COL), Всесвітній банк, ЮНЕСКО. Сьогодні активно обговорюється цифрова трансформація в освіті, а також переваги і недоліки різних платформ дистанційного навчання, їх можливості для оцінки навчальних досягнень і еволюції навчальних досягнень при переході на дистанційне навчання. Пандемічна криза загострила проблеми дистанційного навчання і змусила звернути на них увагу.

Аналіз викладання і організації віддаленого навчання виявив труднощі, що виникають при тотальному переході на дистанційний формат: значне підвищення навантаження на викладачів внаслідок постійного зв'язку з учнями і підготовки адекватних для дистанційного формату навчальних матеріалів; скорочення можливостей надання студентам індивідуальних консультацій; неможливість здійснення регулярного контролю знань учнів в звичних формах, що призводить до зниження якості освіти; недостатні навички роботи деяких викладачів на платформах дистанційного навчання, у зв'язку з чим багато хто обмежується взаємодією зі студентами через електронну пошту або месенджери; відсутність у деяких студентів і викладачів необхідного обладнання і надійного інтернет-зв'язку для дистанційного навчання; слабка ефективність дистанційного навчання при виконанні практичних робіт і творчих завдань.

Для подолання труднощів, що виникли необхідне навчання викладачів сучасним комп'ютерним технологіям (наприклад, «хмарним»), вивчення і поширення міжнародного досвіду використання популярних відкритих освітніх ресурсів, навчання основам кібербезпеки, а також розробка методик командної роботи і оцінювання навчальних досягнень на віддаленому доступі.

Література: 1. <http://www.igip.org/>

ГІДРОСТРУМІННА ОБРОБКА (РІЗКА)

Показаньєва С.Л., Пасько М.М.

(ВСП «КФК ППТБ ДДМА», м. Краматорськ, Україна)

Гідрострумінне різання (ГСР) засновано на впливі на матеріал заготовки надзвукового водяного струменя високого тиску, кінетична енергія якої, перетворюючись в енергію деформації, викликає локальне руйнування заготовки без її нагрівання. Цей метод використовується як в чистому вигляді, так і у вигляді абразивноструйного різання.

Метою роботи є розгляд прогресивного методу обробки деталей машин.

Для ефективного процесу різання необхідно високий тиск рідини на вході в голівку 200-400 МПа. Насос високого тиску подає струмінь води в самоналагоджувану ріжучу голівку установки, керовану від системи ЧПК. Горловина сопла, як правило, має діаметр 0,3-0,5 мм, швидкість води в ній сягає 1200 м/с.

Гідрострумінне різання є ефективним, гнучким, екологічно чистим і енергозберігаючим методом розмірної обробки. Вона дозволяє на одному верстаті обробляти найрізноманітніші матеріали - від м'яких і пластичних до жорстких і твердих: чорні і кольорові метали, кераміку, графіт, скловолокно, композитні матеріали, пластик і багато інших, в тому числі вибухонебезпечні.

Основні переваги в порівнянні з традиційними методами різання (механічної, плазмою, лазером, газовим пальником) полягають у наступному:

- кромки матеріалу не піддаються термічній навантаженні, не утворюються оксиди і окалина;
- забезпечується висока якість крайок;
- реалізується висока точність, виключає подальшу механічну обробку;
- ріжуться пакети, що складаються з декількох шарів різних матеріалів;
- ріжуться різні композиційні матеріали, так як ні створюється розривів в їх структурі;
- обробляються матеріали з хвилястою поверхнею і при складних контурах;
- відсутні пил і газу;
- забезпечується повна вибухо-та пожежобезпечність різку;
- здійснюється невелика ширина різку;
- створиться низьке тангенціальне зусилля різання на деталь (заготовка не затискається);
- реалізується висока швидкість різання будь-яких матеріалів.

Недоліки гідроабразивного різання: відведення площині різку від нормалі при великих товщинах матеріалу; в початковій точці врізки утворюється кратер до 4-6 мм; висока вартість витратних матеріалів (спеціальний кварцовий пісок коштує 0,4 євро / кг) при питомій витраті до 0,3 кг / хв, постійний приплив води.

ЕНЕРГООЩАДНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ЦИЛІНДРІВ ІЗ НЕІРЖАВІЮЧИХ АУСТЕНІТНИХ СТАЛЕЙ КОМБІНОВАНИМ ІНСТРУМЕНТОМ

¹Посвятенко Е.К., ¹Посвятенко Н.І., ²Будяк Р.В.
(¹НТУ, м. Київ, Україна, ²ВНАУ, м. Вінниця, Україна)

У важкому, хімічному, медичному, харчовому машинобудуванні застосовуються циліндри із неіржавіючих жаро- та корозійностійких аустенітних сталей. Важливою складовою таких циліндрів є гільза, заготовкою для якої служить серійний трубний прокат. Як правило, труби стандартизовано по зовнішньому діаметру D ($\pm 1\% D$) та товщині стінки t $[(+12\% - 15\%)t]$. В результаті діаметр отвору d може коливатись у діапазоні 1 – 3 мм. Це вимагає трудомістких чорнових операцій розточування або зенкерування. Ще однією проблемою виготовлення деталей із аустенітних сталей є надзвичайно низька оброблюваність різанням останніх. Усе це не вирішено у останніх дослідженнях і публікаціях.

Таким чином, загальною проблемою, на яку націлено дане дослідження є поліпшення обробки аустенітних неіржавіючих сталей, а завданням – створення високопродуктивного енергоощадного процесу отримання точних і якісних отворів у трубчастих деталях із таких сталей.

В результаті лабораторних досліджень та виробничих випробувань авторами розроблено наступний високопродуктивний енергоощадний процес виготовлення гільз циліндрів із неіржавіючих аустенітних сталей. На першій (чорновій) операції обробки отвору застосовується об'ємне деформуюче протягування твердосплавними елементами (кільцями) із сплавів ВК15 чи ВК 20, що поєднують високу твердість (зносостійкість) і міцність. При цьому некрутлість отвору трубної заготовки знижується до 0,05 – 0,1 мм. Крім того, холодна пластична деформація дозволяє підвищити початкову твердість поверхневого шару заготовки у 1,5 – 2,5 рази, що, як показали дослідження [1], суттєво підвищує оброблюваність сталі різанням. На наступній операції застосовується різальне протягування інструментом із серійних швидкорізальних сталей, наприклад із сталі марки Р6М5. Основна функція цієї операції – видалення дефектного шару заготовки металургійного походження (окисні плівки, несучільність, пори тощо). Практика показала, що для цього достатньо знаття припуску на сторону 0,15 – 0,20 мм. Різальна частина протяжки виконується за схемою змінного різання, а стружкові канавки – видовженої форми. Попереднє холодне пластичне деформування аустенітної

сталі дозволяє підвищити коефіцієнт вміщуваності 1/К стружки у канавках протяжки до 0,4 – 0,65, тобто на 50 – 75% порівняно з протягуванням незміщеної сталі.

Першу і другу операції можна виконувати одним комбінованим інструментом – деформуюче-різальною протяжкою, застосовуючи при цьому рідке мастило АСМ-1, що розроблено у Інституті надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля [2]. Склад такого мастила убезпечує зону обробки від адгезійних явищ.

І нарешті, як фінішну операцію слід рекомендувати розкочування роликів або кульковим інструментом з натягом 0,002 – 0,005 мм і подачею 5 – 10 мм/об. Застосування описаного процесу ліквідує хвилястість поверхні отвору шляхом зміни головних рухів протягування і розкочування на $\pi/2$. При цьому досягається шорсткість поверхні за параметром Ra 0,2 – 0,4 мкм, а точність по кривизні твірної – 0,2 мм на погонний метр деталі. Некруглість отвору залежить від його діаметру і точності інструменту і знаходиться в межах до 0,01 – 0,02 мм [3].

Висновок. Розроблений енергоощадний процес виготовлення гільз циліндрів, який засновано на використанні деформуючого і різального протягування, а також розкочування, слід рекомендувати для серійного і масового виробництва гільз діаметром 30 – 80 мм довжиною 300 – 1200 мм, що виготовляються із аустенітних сталей системи "Cr – Ni – Ti". Перспективною така технологія є і для інших марок аустенітних сталей.

Література:

1. Интегрированные процессы обработки материалов резанием: учебник / А.И. Грабченко, В.А. Залого, Ю.Н. Внуков и др.; под общ. ред. А.И. Грабченко и В.А. Залого. – Сумы: Университетская книга, 2017. – 451 с.
2. Інженерія деталей, оброблених протягуванням: монографія / Е.К. Посвятенко, Я.Б. Немировський, С.Є. Шейкін, І.В. Шепеленко, О.В. Чернявський. – Кропивницький: видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 466 с.
3. Будяк Р.В. Вдосконалення процесу механічної обробки гільз гідроциліндрів комбінованим протягуванням: автореф. канд. техн. наук. – Кіровоград, 2014. – 20 с.

ЗАСТОСУВАННЯ ХВИЛЬОВИХ ЛАНЦЮГОВИХ ПЕРЕДАЧ У ПРИВОДАХ ГІРНИЧИХ МАШИН

¹Сегін В.В., ²Крупко В.Г.

(¹Новокраматорський машинобудівний завод, м. Краматорськ, Україна,

²ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

На сучасному етапі машинобудування, підйомно-транспортні, будівельні та землерийні машини повинні бути орієнтовані на підвищення технічного рівня, зниження енергоємності та металоємності, підвищення працездатності та забезпечення ефективної експлуатації машин. Все це необхідне в умовах розробки обладнання для виконання спеціальних технічних та технологічних операцій зміни і розширення функціонального призначення машин і механізмів. Гірничі машини виконують різноманітні технологічні операції, що включають як безперервний рух робочих та несучих органів так і рух зі змінними швидкостями, циклічний та пульсуючий рухи. Забезпечити такий спектр пересування виконавчих елементів машин можна як за допомогою сучасних систем керування приводами виконавчих механізмів так і застосуванням таких приводів і виконавчих механізмів, які включають хвильові ланцюгові передачі, що можуть забезпечити як безперервний рух робочих органів так і рух зі змінними швидкостями та пульсуючим рухом.

Метою даної роботи є дослідження перспективи застосування хвильових ланцюгових передач для приводів виконавчих механізмів гірничих машин.

В галузі землерийних машин завданнями по зменшенню енергоємності процесу руйнування ґрунтів займалися А.М. Холодов, В.А. Ветров, Л.А. Хмара. Одним із сучасних напрямків по зниженню енергоємності процесу копання ґрунтів вважається застосування динамічного руйнування, яке дозволяє на 30...40% підвищити ефективність роботи землерийних машин [1].

Сутність принципу роботи хвильової ланцюгової передачі пояснюється на рис. 1.а. Приклад механізму, що забезпечує пульсуючий рух гнучкого елемента представлено на рис. 1б

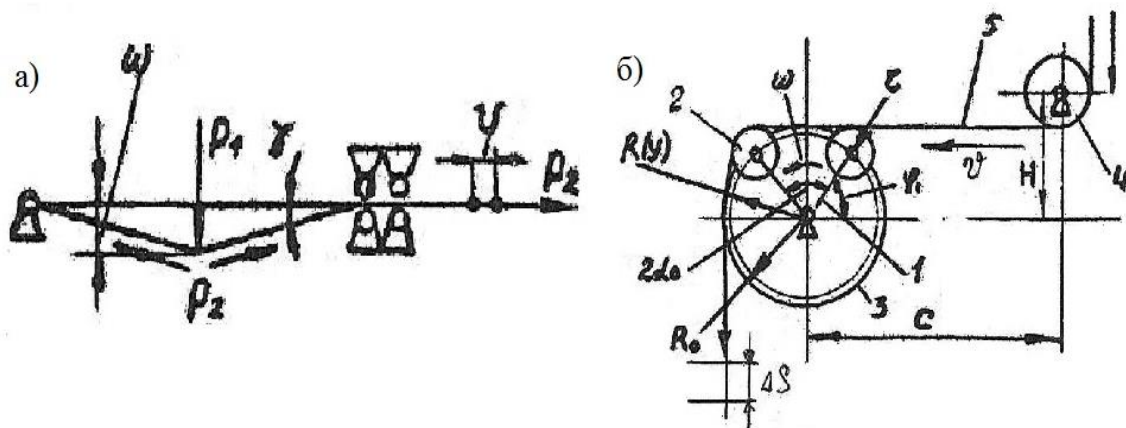


Рис. 1. Принципова схема хвильової ланцюгової передачі:

а – схема деформування гнучкого елемента;

б – структурна схема плоского типу

Характерною особливістю ланцюгових передач являється перетворення поперечного руху гнучкого елемента (каната, ланцюга, стрічки) в повздовжнє зміщення, що дозволяє при малих кутах (γ) відхилення, наприклад, канату (рис.1), отримати значні величини передатного співвідношення[2].

Саме пульсуючий рух, який забезпечує руйнування ґрунту зі зменшеними енергозатратами представлено у механізмі натиску кар'єрного екскаватора і механізму тяги ковша драглайна. Комбінований тип приводу ґрунтований на застосуванні хвильової ланцюгової передачі, яка надає процесу копання динамічний тип руйнування за рахунок додаткових пульсуючих навантажень на ґрунт, що розробляється, а також за рахунок зменшення вірогідності зупинок у разі зіткнення робочого органу (ковша) з міцнішою породою[1].

Також перспективою застосування хвильових ланцюгових передач є включення таких приводів до складу стрічкових, ковшових конвеєрів та елеваторів. Такі приводи можуть застосовуватися як додатковий механізм для розвантаження злежаних або в'язких вантажів, у тому разі, коли відставання породи від транспортуючої стрічки або ковша не здійснюється у повній мірі. В такому випадку, у місці розвантаження додатково вмикається привод для генерування пульсуючого руху, який надає стрічці або ковшу додаткову динамічну складову. При надходженні породи до місця розвантаження пульсуючий рух допомагає вивільнити стрічку або ковш від вантажу.

Розглянувши принцип роботи та конструкцію хвильових ланцюгових передач для забезпечення пульсуючого руху, можна дійти висновку, що перспектива застосування таких приводів у виконавчих механізмах гірничих машин є дуже великою, адже такі приводи допомагають полегшити виконання технологічних операцій. У випадку застосування даних приводів для землерійних машин (одноківшевих механічних лопат, драглайнів) пришвидшується наповнення ковша за рахунок додаткової динамічної складової на ґрунт та міцну породу. Таким чином пульсуючий рух зменшує енергоємність процесу копання та наповнення ковша. У випадку застосування таких приводів у транспортуючій техніці, спрощується вивільнення ковша від вантажу та злежаної або в'язкої породи, скорочується цикл розвантаження та в свою чергу зменшується енергоємність процесу транспортування вантажу.

Напрямок подальших досліджень є аналіз енергоємності процесу копання ґрунту із застосуванням пульсуючого руху для землерійних машин, перспективи застосування хвильових ланцюгових передач у приводах виконавчих механізмів підйомно-транспортних та будівельних машин, формування оптимальних параметрів хвильової ланцюгової передачі для різних схем виконавчих механізмів технологічних машин.

Література: 1. Крупко В.Г., Кучер Н.О. Хвильові ланцюгові передачі у приводах землерійних машин. Вестник ХНАДУ: сб. научных трудов.. Вып.73.Харьков, 2016. С 184-189.

2. Сегін В.В., Крупко В.Г. Перспективи застосування хвильових передач в приводах виконавчих механізмів технологічних машин. КНУ: матеріали міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених і студентів. Кривий Ріг, 2021. С 292-295.

3. Степанов Е.А., Крупко В.Г., Рябошапка Г.А., Ворошилов А.В. Механизм подачи горной машины.1094961. Бюл.изобрет №20, 1984.

ВИСОКОПРОДУКТИВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВНУТРІШНЬОГО ШЛІФУВАННЯ

Сергєєв О. С.

(НТУ «ХП», м. Харків, Україна)

Одним із ефективних шляхів підвищення якості обробки внутрішніх поверхонь циліндрів є застосування схеми внутрішнього шліфування, за якою вісь обертання шліфувального круга встановлюють перпендикулярно осі обертання оброблюваного отвору циліндра (рис. 1). Обробку здійснюють м'яким повстяним (фетровим) кругом з наклеєним шаром абразивного порошку 63С 20П [1]. Це дозволяє збільшити площу контакту круга з оброблюваною деталлю та значно зменшити параметр шорсткості обробленої поверхні Ra до значення 0,04 мкм без збільшення трудомісткості та зменшення продуктивності обробки. Домогтися такого значного результату при звичайному внутрішньому шліфуванні абразивними і алмазними кругами неможливо. Ефект обробки досягається за рахунок збільшення кількості одночасно працюючих зерен круга. Крім того, шліфування здійснюють після попереднього розточування отвору без переустановлення деталі, тобто без зміни баз, що значно підвищує точність обробки. Для цього індивідуальний привід шліфувального круга встановлюють на токарний верстат і до нього підключають електродвигун.

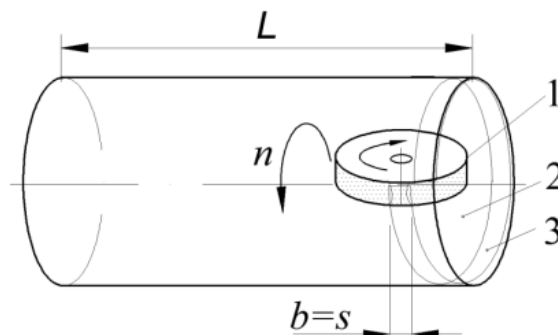


Рис. 1. Схема обробки отвору циліндра абразивним інструментом:

- 1 – повстяний круг з наклеєним абразивним порошком; 2 – оброблюваний циліндр; 3 – шліфована смуга; b – ширина зони контакту; s – подача; n – частота обертання деталі; L – довжина деталі

В процесі шліфування оброблювані риси направлені перпендикулярно рискам, що утворюються в процесі розточування. Це дозволяє забезпечити формування оброблених рисок за напрямом, що співпадає з напрямом руху поршня в обробленому пневмо- чи гідроциліндрі. В результаті повністю зникає необхідність проходження періоду подрібтки поршня з циліндром на малих обертах, наприклад, двигуна внутрішнього згорання, компресора, насоса та ін. Поршні (штоки) в процесі роботи не піддаються підвищеному зносу, як це має місце після застосування традиційної схеми внутрішнього шліфування.

Проведені експериментальні дослідження показали, що за один робочий повздовжній хід шліфувального круга діаметр оброблюваного отвору

збільшується на 2 ... 4 мкм (режим обробки: швидкість різання $V = 750$ м/хв (12 м/с); поздовжня подача $S = 2$ мм/об; частота обертання заготовки 50 хв⁻¹; фактична глибина шліфування $t_{факт} = 2$ мкм). Це відповідає згладжуванню оброблювальних рисок, які утворилися після розточування. Параметр шорсткості поверхні $Ra = 1,25$ мкм, а після другого робочого ходу – $Ra = 0,63$ мкм. Подальша обробка, тобто наступний робочий хід, здійснювався з нанесенням на периферію повстяного круга пасти ГОІ, в результаті чого отримана дзеркальна поверхня.

Для подальшого підвищення ефективності внутрішнього шліфування запропоновано використовувати конструкцію шліфувальної головки з двома абразивними кругами (рис. 2). Це дозволяє ще значніше збільшити кількість одночасно працюючих зерен круга і зменшити параметр шорсткості обробленої поверхні Ra при суттєвому збільшенні продуктивності обробки. Для розрахунку оптимальних умов обробки при шліфуванні розроблено математичну модель визначення параметрів шорсткості обробленої поверхні на основі теорії імовірності [1, 2].

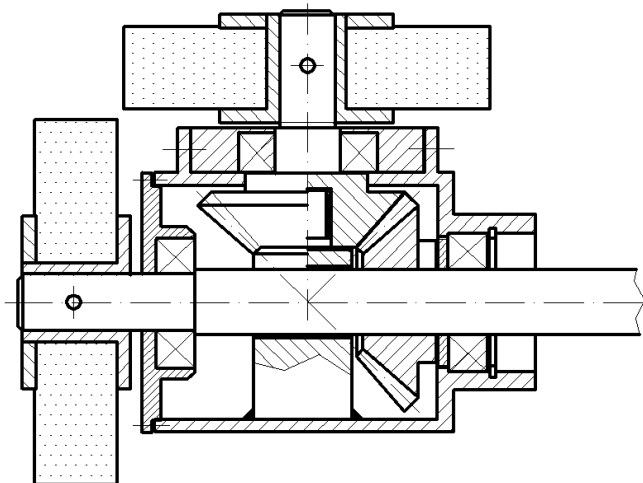


Рис. 2. Конструкція шліфувальної головки з двома абразивними кругами

Запропоновані технологія внутрішнього шліфування і пристрій були застосовані при виготовленні пневмоциліндрів (діаметром отвору 195 мм, довжиною 400 мм). В якості заготовки використовувалася труба – прокат 210, сталь 20. Вісім пневмоциліндрів з ущільненнями поршнів гумовими кільцями були встановлені на автоматичній лінії ампулірування лікарських засобів, де вони працюють без ремонту протягом декількох років. При цьому стиснене повітря (0,4 МПа), перед подачею в пневмоциліндр, проходить підготовку у вигляді підмішування в нього масляного туману.

Література: 1. Сергеев А. С. Обоснование эффективности применения абразивной обработки для уменьшения шероховатости поверхности / А. С. Сергеев // Вісник Національного технічного університету «ХП» Серія: Технології в машинобудуванні: зб. наук. пр. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». Харків :НТУ «ХП», 2020. – № 1 (1) 2020. – С. 19–23. 2. Сергеев О. С. Теоретичний аналіз технологічних можливостей зменшення шорсткості поверхні при абразивній обробці / О. С. Сергеев, О. О. Анділахай // Вісник Приазовського державного технічного університету: зб. наук. праць. Вип. 39. – Маріуполь: ДВНЗ «Приазов. держ. техн. ун-т», 2019. – С 86–93.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОЕЛЕМЕНТНИХ СИСТЕМ БАЛІСТИЧНОГО ЗАХИСТУ НА ОСНОВІ СТАТИСТИЧНОЇ ОЦІНКИ ІМОВІРНОСТІ УРАЖЕННЯ БРОНЬОВАНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

¹Сорока О. Б., ¹Шабетя О. А., ¹Родічев Ю. М., ²Ковальов В. Д.,
²Васильченко Я. В.

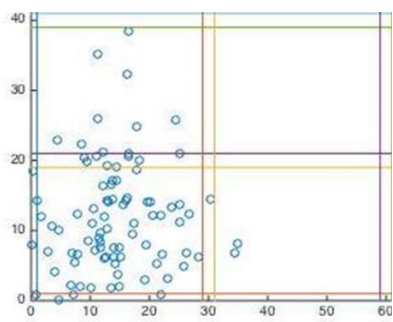
(¹ІІМіц імені Г. С. Писаренка НАНУ, м. Київ, Україна, ²ДДМА, м. Краматорськ,
Україна)

Багатоелементні системи балістичного захисту військової техніки, споруд та укріплень на основі броньованих елементів з металевої та керамічної броні, кулестійкого багатошарового скла широко застосовуються в умовах локальних військових дій. Їх перевагами є можливість гнучкої зміни рівня захисту відповідно до технічних вимог до окремих частин об'єктів, зменшення імовірності уражень окремих елементів та спрощення заміни пошкоджених елементів. Ефективність такого захисту залежить від оптимальності вибору розмірів бронеелементів, урахування закономірностей їх пошкоджуваності, стійкості при багатократному ударному навантаженні. Принциповою відмінністю елементів прозорої броні є значно більші розміри пошкодження та наявність зон віддаленої деградації механічного стану багатошарового скла. В Інституті проблем міцності імені Г. С. Писаренка НАН України спільно з ДДМА розроблено перспективні багатоелементні системи оперативного захисту об'єктів від уражень зі стрілецької зброї.

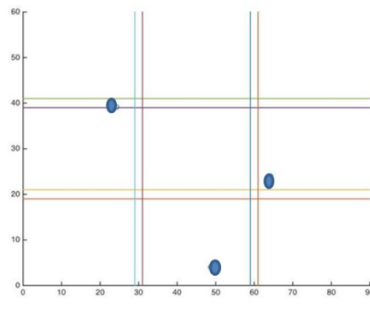
Метою роботи є підвищення ефективності багатоелементних систем балістичного захисту шляхом вибору розмірів елементів прозорої броні з урахуванням закономірностей влучень при балістичних впливах зі стрілецької зброї.

Для досягнення поставленої мети використано розроблені нами алгоритми та програмні продукти, які базуються на методах математичної статистики до аналізу влучень при балістичних впливах із застосуванням стрілецької зброї на основі характеру їх розсіювання з урахуванням помилок та різних умов ведення стрільби. Це дозволяє візуалізувати попадання в систему захисту чергами і серіями та визначити імовірності ураження зі стрілецької зброї бронезахисту з урахуванням дистанції, умов стрільби та різниці в розсіюванні перших та наступних куль черги, а також імовірності одночасного ураження заданої площі різною кількістю пострілів. На рис.1 представлено результати оцінки ураження системи з 9 елементів зі 100 м на ходу з АК74 одиночними пострілами (а) та з урахуванням різниці в розсіюванні перших та наступних куль черги при прицілюванні в центр (б, в). Аналогічний аналіз проведено для уражень з автоматів АК-47 та АКМ.

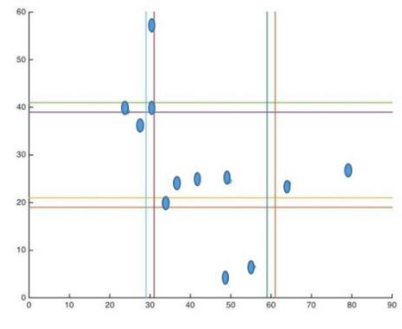
На основі отриманих результатів визначені конструкції, розміри та вага елементів прозорої броні для захисту від уражень ударниками, що відповідають класам стійкості СК3...СК5 за ДСТУ 4546:2006 (EN 1063:1999) з урахуванням дистанції обстрілу. На рис. 2 представлено макет багатоелементної системи



а)



б)

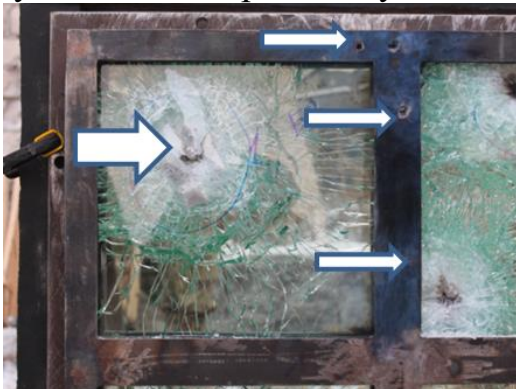


в)

бронювання, що складається з чотирьох блоків товщиною 42 мм (СКЗ за ДСТУ 4546:2006) та комбінованого протикульного обрамлення з конструкційної сталі, яка посилена на лицьовій поверхні накладкою броньованої сталі.

Рис.1. Результати чисельного експерименту, що моделює стрільбу на ходу з АК74 з відстані 100м у багатоелементну систему захисту: а) розсіювання 100 одиничних пострілів при прицілюванні у лівий нижній куль, б) один з результатів ураження системи захисту короткою чергою з трьох пострілів урахуванням розсіювання наступних куль; в) результати ураження серією: п'ять черг по 3 постріли

З метою врахування реальних умов збільшено відстань стрільби до 100 м (стрільба лежачи з упору). Місця ураження носять випадковий характер. Для випробувань в якості засобу ураження застосовано кулю БЗ (автомат АКМ). Вибір засобу ураження відповідає класу стійкості СК5, що перевищує клас стійкості захисного скла за ДСТУ. З 16 пострілів з відстані 100 м в макет влучило 11, в тому числі 6 куль в захисне скло та 5 в раму, один з пострілів в раму з частковим рикошетуванням в скло.



а)



б)

Рис.2 Ураження макету багатоелементної системи захисту кулею БЗ: а) б) елементи системи.

Показано, що за реальних умов, коли збільшується відстань та зменшується швидкість балістичного впливу і суттєво підвищується розсіяння місць влучення, статистична імовірність ураження малорозмірних блоків прозорої броні двома, а надто трьома пострілами зменшується порівняно з великорозмірними елементами. Це дає можливість оптимізувати структуру захисного скління для зменшення товщини елементів, підвищення оптичної прозорості та зменшення ваги багатоелементних систем прозорого бронювання.

ПРОСТОРОВЕ ТРАНСПОРТУВАННЯ БАЛКИ НА БІФІЛЯРНОМУ КРІПЛЕННІ

Стадник О.М.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Робота присвячена дослідженню механічної системи «кран – балка». Більшість цехів машинобудівних заводів обладнані мостовими кранами, які пристосовані для переміщення габаритних вантажів. Для цього використовується траверса, а кріпиться вантаж за допомогою двох тросів. Якщо їх довжина однакова то ця схема зводиться до біфілярного кріплення. Навіть при прямолінійному поступальному транспортуванні траверси виникають розгойдування вантажа вздовж та поперек руху, а також крутильні коливання. Як вони зв'язані, або ні, які амплітуди та частоти здійснюються в системі, які частоти генеруються за рахунок інших, чи відбуваються допустимі навантаження тросів, а також відповідають робота машин та механізмів умовам праці, техніки безпеки та екології. Для відповіді на ці питання буде досліджена динаміка 4-х DOF моделі механічної системи «траверса – балка» з застосуванням біфілярного кріплення.

Аналіз наукових публікацій показує, що динаміка транспортування балки двома мостовими кранами не повністю врахована в наявних роботах. Це підтверджує актуальність та промислове значення даного дослідження.

Метою даного дослідження є динамічний опис просторового транспортування екстра-важких вантажів мостовим краном з біфілярним кріпленням балки АВ. Вивчається 4-х DOF механічна система «балка АВ - канати АЕ і ВД, довжина яких однакова, - рухомий візок DE у подальшому траверса».

Предметом даного дослідження є вивчення малих коливань екстра-важких вантажів, викликаних рухом мостового крана DE з траверсою, який переносить балку АВ у просторі за допомогою біфілярного кріплення.

Основною новизною даного дослідження є впровадження нової математичної 4-х DOF моделі механічної системи «траверса – балка» з подальшим динамічним аналізом малих коливань системи і чисельної оцінки руху системи у першому наближенні.

Механічна модель показана на рисунку 1. Динамічні рівняння для руху механічної системи отримані за допомогою використання рівнянь Лагранжа другого роду. На рисунку 1 позначені наступні параметри механічної системи: прискорення сили тяжіння – g ; m_1 – маса поступально рухаючихся крана з траверсою ED; m_2 – маса балки АВ; l – довжина канатів АЕ та ВД; $2a$ – довжина балки АВ.

Основою для складання рівнянь Лагранжа другого роду є кінетична і потенціальна енергії системи. Для них отримані відповідні вирази, які після спрощень мають вигляд:

$$T = \left(\frac{1}{2}\right) \cdot m_1 \cdot \left(\frac{dx_1}{dt}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\right) \cdot m_2 \left(\left(\frac{dx_1}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \frac{m_2 a^2}{6} \left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 \right)$$
$$\Pi = m_2 g \cdot (x^2 + y^2 + a^2 \theta^2) / (2l).$$

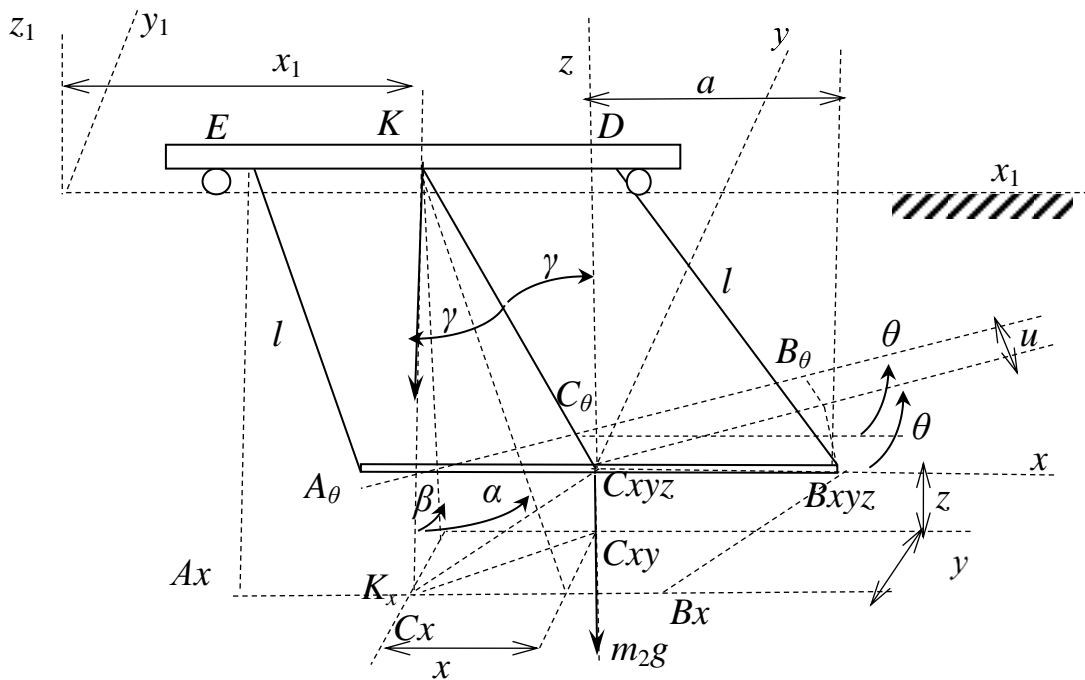


Рис. 1. Обчислювальна схема транспортування балки АВ траверсою DE з застосуванням біфілярного кріплення

Після скорочень

$$\left(\frac{d^2 x_1}{dt^2}\right) + \frac{m_2}{m_1 + m_2} \cdot \left(\frac{d^2 x}{dt^2}\right) = 0. \quad (1)$$

$$\left(\frac{d^2 x_1}{dt^2} + \frac{d^2 x}{dt^2}\right) = -g \frac{x}{l}. \quad (2)$$

$$\left(\frac{d^2 y}{dt^2}\right) = -g \frac{y}{l}. \quad (3)$$

$$\left(\frac{d^2 \theta}{dt^2}\right) = -3g \frac{\theta}{l}. \quad (4)$$

Отримали чотири рівняння Лагранжа другого роду (1)-(4) два з яких пов'язані між собою, два останніх не залежать один від одного.

Закони малих відносних рухів мають коливальний характер з неоднаковими частотами:

$$k_1 = \sqrt{\frac{(m_1 + m_2)g}{m_2 l}}, \quad k_2 = \sqrt{\frac{g}{l}}, \quad k_3 = \sqrt{\frac{3g}{l}}.$$

Отримані результати будуть використані в подальшому вивченні системи для зменшення амплітуди коливань балки методом керованого руху краном.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО АЛМАЗНОГО ШЛИФОВАНИЯ НА УДЕЛЬНЫЙ РАСХОД КРУГА

Стрельчук Р.М.

(НТУ «ХПИ» г. Харьков, Украина)

Для получения функциональной зависимости удельного расхода алмазного круга q_m от технологических режимов обработки и параметров алмазосодержащего слоя инструмента был использован метод планирования экспериментов [1]. На основе проведенного качественного анализа и результатов предварительных экспериментов при построении математической модели в качестве факторов были выбраны: K – концентрация алмазов в круге; Z – зернистость алмазных кругов, мкм; V_k – скорость шлифовального круга, м/с; t – глубина шлифования, мм; V_n – скорость изделия, м/мин. В результате математической обработки данных были определены коэффициенты уравнения регрессии. Адекватность модели проверялась по критерию Фишера F . Найденное значение F сравнивалось с табличным значением F_T [2]. Расчетное значение критерия оказалось меньше табличного при 95 %-ном уровне значимости, следовательно, полученное уравнение является адекватным.

Таким образом, функциональная зависимость, полученная из уравнения регрессии, имеет вид:

$$q_m = \frac{t^{0,56} V_n^{0,44}}{K^{0,27} Z^{0,74} V_k^{0,24}} \quad (1)$$

Экспериментальные исследования проводились на базе станка модели 3Д642Е. При выборе модели шлифовального станка 3Д642Е, прежде всего, определялась возможность изготовления на нем деталей с необходимыми размерами, формой и качеством обрабатываемых поверхностей. Перечисленным возможностям соответствует шлифовальный станок модели 3Д642Е. Дополнительная энергия в зону резания вводилась от генератора импульсов НО 6506, преобразующего переменный ток напряжением 380В в униполярный импульсный ток. Регулирование напряжения, амплитуды разрядного тока, частота и скважности проводилось от генератора импульсов.

Применялась торцовая схема шлифования, которая осуществлялась чашечными кругами конической формы 12А2-45° 150×10×3×32 на связке М1-01 с алмазными зернами АС6 с зернистостью 160/125 и концентрацией 4. Перед экспериментами алмазные круги предварительно правились и прирабатывались в течении 5-10 минут. В качестве обрабатываемого материала детали использовались твердосплавные пластины ВК6 с размерами 14×14×5 мм. Твердый сплав марки ВК6 был выбран в качестве обрабатываемого материала в связи с тем, что он относится к сверхтвердым и труднообрабатываемым

материалам. Процесс электроэрозионного шлифования особенно эффективен при обработке сверхтвердых и труднообрабатываемых материалах.

На рис. 1-2 представлены графические зависимости удельного расхода от технологических режимов шлифования. Увеличение глубины шлифования приводит к росту удельного расхода алмазов (рис. 1).

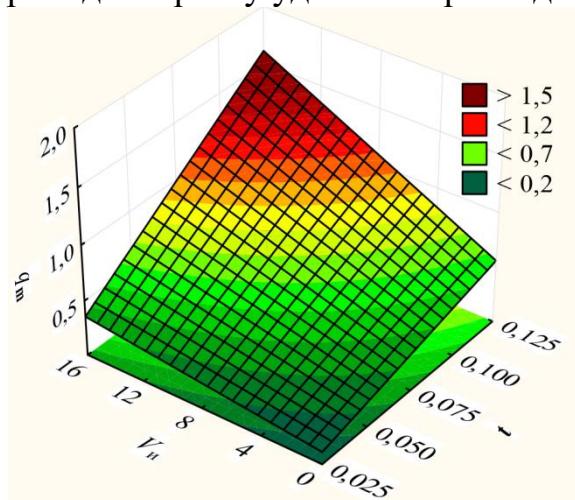


Рис. 1. Поверхность отклика $q_m - (V_w, t)$.
Условия расчета $K=4$ (100 %), $Z=120$
(100/80) мкм, $V_k=25$ м/с

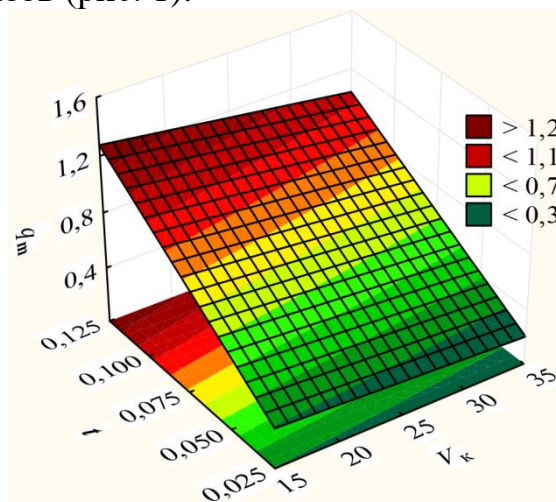


Рис. 2. Поверхность отклика $q_m - (V_w, t)$.
Условия расчета $K=4$ (100 %), $Z=120$
(100/80) мкм, $V_k=25$ м/с

Так как при этом увеличивается толщина слоя материала, снимаемого одним зерном. В то же время силы трения в зоне контакта круга с изделием меняются незначительно. Поэтому изменение скорости изделия оказывает меньшее влияние на удельный расход алмазов, чем изменение глубины шлифования [3]. Из графика, приведенного на рис. 2, видно, что с увеличением скорости шлифовального круга удельный расход алмазов уменьшается. Это можно объяснить уменьшением времени контакта круга с изделием, а также уменьшением размеров стружек, снимаемых алмазными зернами [4].

Исследовано влияние технологических режимов шлифования на удельный расход круга. В результате исследования получена функциональная зависимость удельного расхода алмазного круга q_m от технологических режимов обработки. Полученная зависимость позволяет рассчитать удельный расход алмазного круга q_m при шлифовании труднообрабатываемых материалов. Исследования влияния технологических режимов обработки повышают эффективность электроэрозионного алмазного шлифования. Эффективность процесса шлифования будет обеспечена требуемой точностью обработки и шероховатостью поверхности изделий из труднообрабатываемых материалов.

Литература: 1. Strel'chuk, P., Uzunyan, M.: The energy intensity analysis of the diamond-spark grinding of the WolKar nanostructural hard alloy, *Journal of Superhard Materials*. 32(1), 50-54 (2010). 2. Mylnikov, D., Efimov, A., Ivanov, V.: Measuring and optimization of energy transfer to the interelectrode gaps during the synthesis of nanoparticles in a spark discharge, *Aerosol Science and Technology*, 53:12, 1393-1403 (2019). 3. Uzunyan, M.: Diamond-spark grinding of hard alloys, NTU "KhPI", Kharkov (2003). 4. Kumar, A., Mandal, A., Dixit, A.: Quantitative analysis of bubble size and electrodes gap at different dielectric conditions in powder mixed EDM process. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 107, 3065–3075 (2020).

СПОСОБИ ТА ЗАСОБИ ВИЯВЛЕННЯ ВИТОКІВ ВОДИ

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

Широкий попит на постачання води загострює проблему виявлення витоків трубопроводів [1,2]. Витік відбувається в результаті старіння, погіршення трубопроводів або від надвисокого тиску. Традиційні методи виявлення витоків в основному покладаються на періодичні перевірки, що проводяться обслуговуючим персоналом, які потребують інтенсивної участі людини, але періодичний контроль не забезпечує моніторинг трубопроводу в режимі реального часу. Відповідно, витік буде виявлений з затримкою, яка призведе до великих економічних втрат і забруднення навколишнього середовища. Таким чином, розробка і впровадження організаційної політики контролю витоків є один з можливих шляхів зниження швидкості витоків.

Крім політики контролю витоків необхідно розробити модель регулювання в автоматичному режимі тиску в трубопроводі. Так як різкі перепади тиску є основною причиною поломок водонесної системи.

Для вивчення протікання і його локалізації використовуються різні способи. Існує два методи для виявлення витоків: апаратний і метод на базі розробки віртуальних моделей.

Апаратні способи виявлення та локалізації витоків засновані на спостереженні за трубопроводом за допомогою відповідного обладнання. Ці способи відрізняються чудовою чутливістю і дуже точні в пошуках місця локалізації. Але вони дуже дорогі і установка обладнання є важким завданням. В результаті їх використання обмежується місцями з високим потенціалом ризику, наприклад, поблизу річок або природоохоронних зон або в умовах, коли труба транспортує небезпечний матеріал [3].

Способи виявлення витоків на базі розробки віртуальних моделей засновані на моніторингу внутрішніх параметрів трубопроводу (тиск, температура, витрата). Як правило, ефективність цих способів залежить від невизначеностей, пов'язаних з характеристиками системи, умовами експлуатації і зібраними даними [4].

Для підвищення ефективності контролю витоків використовується комбінування апаратних способів і способу моделювання в реальному часі. Такі системи контролю мають можливість автоматичної обробки та передачі даних.

Література: 1. Study on New Methods of Improving the Accuracy of Leak Detection and Location of Natural Gas Pipeline. In Proceedings of International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation / S. Zhang, T. Gao, H. Xu, G. Hao, Z. Wang – Zhangjiajie, China, 11-12 April 2009 року; pp. 360-363. 2. Murvay, P. "A Survey on Gas Leak Prevention and Localization Techniques / P. Murvay, L. L. Silea – "Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol. 25, No 6, 2012pp. 966-973. 3. Geiger, G. "Leak detection and location-A Survey," / G. Geiger, T. Werner – in Proc. PSIG Annual Meeting, Bern, Switzerland, Oct. 2003 pp.1-11.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ МЕТАЛЕВИХ ЗРАЗКІВ ПІСЛЯ ОБРОБКИ МЕТОДОМ АЛЮМОТЕРМІЇ НА ВІДКРИТОМУ ПОВІТРІ

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

В машинобудуванні використовують багато методів, що забезпечують зміцнення робочої поверхні деталей машин [1]. В роботі [2] запропоновано спосіб зміцнення сталевих деталей, що полягає в насиченні поверхні оброблюваної деталі металами та композитними матеріалами у контейнерах у вакуумі методами алюмініотермії. В результаті збільшується мікротвердість поверхневого шару та зносостійкість.

Авторами даної роботи запропоновано отримувати зміцнений поверхневий шар сталеві деталі з насиченням хромом із використанням методу алюмотермії, який зніщується електричним імпульсом від електроду на відкритому повітрі.

Метою роботи є дослідження зносостійкості металевих зразків після обробки методом алюмотермії на відкритому повітрі.

Для дослідження зносостійкості запропоновано використати метод штучних баз [3]. Випробування на устаткуванні за методикою випробувань на машині тертя виконувалось за схемою «диск-колодка». В результаті проведених досліджень побудовані графічні залежності зносостійкості та інтенсивності зношування металевих зразків зі сталі 40ХН без зміцнення та після обробки методом алюмотермії (рис. 1).

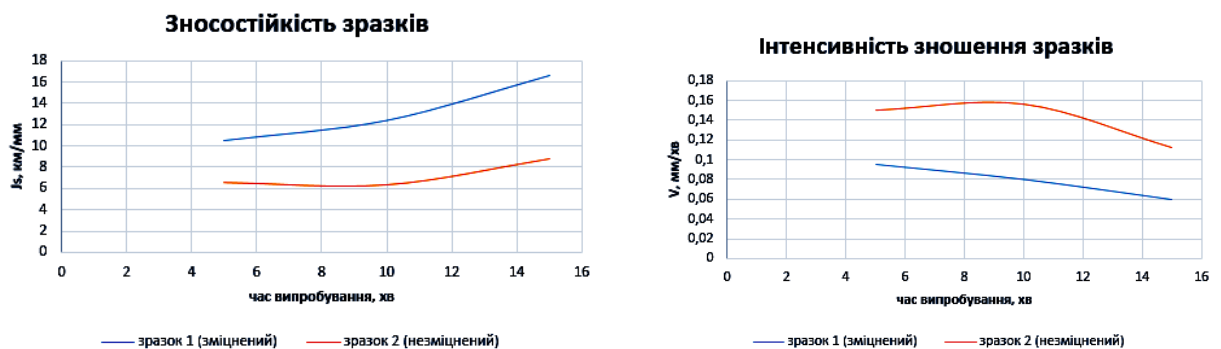


Рис. 1. Дослідження зносостійкості та інтенсивності зношення

Результати досліджень свідчать про те, зносостійкість після алюмотермії збільшується в 2 рази, інтенсивність зношення зменшується в 1,8 рази.

Література. 1. Сулов А.Г. Функционально-ориентированные технологии обработки рабочих поверхностей деталей машин / А.Г. Сулов // Известия МГТУ «МАМИ». - 2014. - №1(19). - С. 107-109. 2. Структурноупрочняемые самотермообрабатывающиеся СВС – Материалы / В. Ю. Костыря // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия : Стародубовские чтения. - 2011. - Вып. 58. - С. 333-350. - Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/smmsc_2011_58_53. 3. Ефремов Л. В., Тикалов А. В., Бреки А. Д. Ускоренные испытания стальных образцов на износостойкость методом искусственных баз // Изв. вузов. Приборостроение. 2016. – Т. 59. – № 8. – С. 671-676.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВНУТРІШНЬОФОРМОВОГО МОДИФІКУВАННЯ РІДКОГО ЧАВУНУ

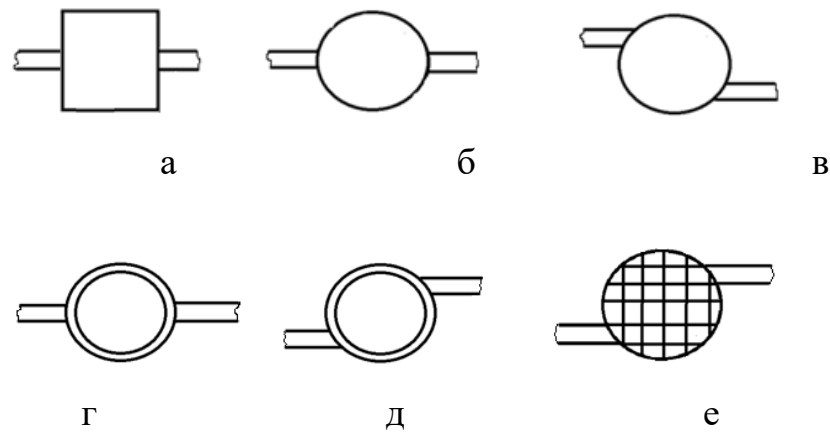
¹Фесенко А.М., ²Фесенко М.А., ¹Корсун В.А., ¹Махмудов Р.Р.

(¹ДДМА, м. Краматорськ, Україна

²Державний науково-дослідний інститут МВС України, м. Київ, Україна)

Модифікувальна обробка металевих розплавів є ефективним способом впливу на структуру і властивості литих виробів. В даний час розроблено і використовується на практиці цілий ряд методів модифікувальної обробки розплавів. Одним з найбільш простих, економічних, екологічних та ефективних є метод внутрішньоформової обробки розплаву в реакційній камері ливарної форми зернистими модифікувальними добавками (так званий IN-MOLD process), який знайшов широке застосування в першу чергу при виготовленні виливків з високоміцного чавуну з кулястим і вермикулярним графітом. Володіючи цілим рядом переваг перед іншими методами модифікування металевих розплавів IN-MOLD process є досить чутливим до багатьох факторів технологічного процесу литва і модифікувальної обробки, що вимагає ретельного відпрацювання і оптимізації технології при отриманні виливків конкретної номенклатури. Поряд з іншими факторами на ефективність модифікувальної обробки, ступінь засвоєння модифікувальних елементів, а, отже, на структуру і властивості модифікованого чавуну у виливках робить істотний вплив зернистість модифікувальної добавки і тип протокової реакційної камери в складі ливникової системи.

В роботі методом комп'ютерного моделювання з використанням пакета прикладних програм NovaFlow & Solid CV проведені модельні дослідження процесу внутрішньоформового модифікування розплаву чавуну зернистими модифікувальними добавками з діаметром частинок 0,01, 0,05; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5 і 5,0 мм при використанні кубічних, циліндричних і сферичних проміжних протокових реакційних камер з різним розташуванням підвідних і відвідних сполучних каналів (рис. 1).



а – кубічна з прямим підведенням металу; б – циліндрична з прямим підведенням металу; в – циліндрична з відцентровим підведенням металу; г – циліндрична з пінополістироловою оболонкою з прямим підведенням металу; д – циліндрична з пінополістироловою оболонкою з відцентровим підведенням металу; е – циліндрична з модифікатором, перемішаним з гранулами пінополістиролу, з відцентровим підведенням металу

Рис. 1. Схема протокових реакційних камер

В якості об'єкту модельних досліджень для комп'ютерних експериментів використовувалися виливки типу клинових проб з розміром 100×100 мм і товщиною біля основи 20 мм, що заливаються базовими розплавами сірого або білого чавуну при температурі 1450°C . З метою виключення впливу інших факторів, крім досліджуваних, при моделюванні експериментальні клинові проби розташовувалися в одній ливарній формі та заливалися розплавом через загальний стояк і шлаковловлювач, а також індивідуальні сполучні канали і проточні реакційні камерами різної конструкції для окремих виливків (рис. 2).

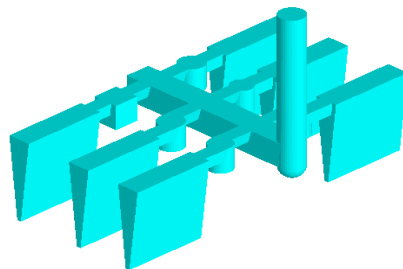


Рис. 2. Схема модельного виливку

На основі аналізу результатів комп'ютерних експериментів встановлені основні закономірності руху розплаву та переміщення твердих модифікувальних частинок в об'ємі реакційних камер і модельних виливків і визначені значення коефіцієнтів засвоєння добавок в залежності від досліджуваних факторів. Отримані результати модельних досліджень можуть бути використані при розробці оптимальних технологічних режимів внутрішньоформового модифікування розплавів чавунів при виготовленні конкретних виливків в разових ливарних формах.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ НА БАЗІ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Фоміченко І.П., Алаєва Т.Б.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

У сучасній економіці головним напрямком фінансово-економічної та виробничо-збутової поточної діяльності та перспективного розвитку кожного виробника стає підвищення конкурентоспроможності виробленого їм товару для закріплення його позицій на ринку з ціллю отримання найбільшого прибутку.

Кожен господарюючий суб'єкт може зберегти свою конкурентну перевагу за допомогою відмінних і відтворюваних видів спроможностей, їх унікальної комбінації, скерованої на досягнення синергії. До відтворюваних відносять такі можливості, які конкуренти можуть придбати або зробити і таким чином, самі по собі вони не можуть бути джерелом конкурентної переваги. Відмінні спроможності, як риси підприємства, не можуть бути скопійовані конкурентами, чи можуть бути перейняті, але з великими ускладненнями, будучи при цьому основою конкурентної переваги [1]. Можливості при цьому можуть бути різноманітними і мати особливості, наприклад, в наявності патентів, ексклюзивних ліцензій, сильних брендів, в лідерстві на ринку, командній праці. До чинників відмінної спроможності підприємства можна віднести опанування нових видів продукції, вихід на нові сегменти ринку, дотримання та підвищення рівня якості, впровадження та користування інноваціями. Для забезпечення конкурентоспроможності підприємства йому потрібна ефективно функціонуюча система управління інформацією будь-якого виду, яка основана на використанні інформаційно-комунікаційних технологій [2].

Система управління підприємством складається з вирішення взаємопов'язаних задач з цільовою орієнтацією на досягнення найбільшого економічного результату. Для створення ефективно діючої системи управління господарюючим суб'єктом на сучасній (інформаційній) стадії народногосподарського розвитку, який характеризується великим обсягом, інтенсивністю та різноспрямованістю інформації, необхідно створення корпоративної інформаційної системи (КІС).

Література:

1. Шнипко О. С. Національна конкурентоспроможність: сутність, проблеми, механізми реалізації / О. С. Шнипко. – К. : Наук. думка, 2003. – 334 с.
2. Бондаренко И.С. Конкурентоспособность страны и конкурентные преимущества: сущность, методы оценки / И.С. Бондаренко // Экономика промышленности. – 2007. – № 3 (38). – С. 25-31.

ПОЛІРУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ОПТОЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ

¹Філатов Ю.Д., ¹Сідорко В.І., ¹Ковальов С.В., ²Ковальов В.А., ²Юрчишин О.Я.
(¹ІНМ ім. В. М. Бакуля НАНУ, м. Київ, Україна,
²КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна)

При розробці новітніх технологій полірування прецизійних поверхонь деталей оптичних систем та електронної техніки надзвичайно важливо дослідити закономірності видалення частинок шламу з оброблюваної поверхні та вивчити механізм їх утворення. Наночастинки шламу утворюються в результаті збудження нормальних коливань молекул в оброблюваному матеріалі та полірувальному порошку, які взаємодіють внаслідок дії ван-дер-ваальсових сил, та резонансного переносу енергії, що залежать від мікроскопічних (реологічних властивостей дисперсної системи, частот власних коливань молекулярних фрагментів оброблюваного матеріалу та дисперсної фази полірувальної системи та їх діелектричних проникностей) [1] та макроскопічних (конструктивних розмірів, режимів обробки і настроювання верстату) [2] параметрів полірування.

Метою роботи є вивчення закономірностей впливу спектроскопічних та діелектричних властивостей оброблюваного матеріалу, дисперсної системи та полірувального порошку на продуктивність полірування та шорсткість оброблених поверхонь.

В результаті досліджень зформульовано критерії вибору дисперсних систем з мікро- та наночастинок полірувальних порошоків для полірування оптичних поверхонь, згідно з якими визначаються частоти власних коливань молекулярних фрагментів [3] та статичні діелектричні проникності [4] оброблюваного матеріалу, полірувального порошку та дисперсного середовища. На їх основі розроблено дослідний технологічний процес полірування оптичних поверхонь деталей оптоелектронної техніки з оптичного скла, радіотехнічного та астроситалів, кераміки на основі нітриду алюмінію, оптичних (кварц, сапфір) і напівпровідникових кристалів (нітрид галію, карбід кремнію, антимонід індію), що задовольняє вимогам світових стандартів. Аналіз показників процесу полірування деталей оптоелектронної техніки показав, що продуктивність їх полірування складає $(2,3-13,5) \cdot 10^{-13}$ м³/с (0,6–5,8 мкм/год.), а шорсткість полірованих поверхонь відповідає $Ra = (4,9-8,3)$ нм.

Література: 1. Філатов Ю. Д., Сідорко В.І., Ковальов С.В., Ковальов В.А. Вплив реологічних властивостей дисперсної системи на показники полірування оптичного скла та ситалів / Сверхтв. Материали, 2021, № 1. С. 83–93. 2. Філатов Ю.Д., Ковалев С.В., Юрчишин О.Я. Закономірності формообразования плоских поверхностей оптических деталей / Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Зб. наук. праць. Краматорськ, 2016, вип. № 38. С. 228–232. 3. Патент на корисну модель № 146176 Україна, МПК (2006.01) B24D 3/34, Спосіб полірування оптико-електронних деталей / Філатов Ю.Д., Сідорко В.І., Ковальов С.В., Гаращенко В.В., Ветров А.Г., № u202006330; Заявл. 30.09.2020; Опубл. 20.01.2021, Бюл. № 3. 4. Патент на корисну модель № 146575 Україна, МПК (2006.01) B24D 3/34, Спосіб полірування оптико-електронних елементів зі скла, ситалів та оптичних і напівпровідникових кристалів / Філатов Ю.Д., Сідорко В.І., Ковальов С.В., Гаращенко В.В., Ветров А.Г., № u202006328; Заявл. 30.09.2020; Опубл. 03.03.2021, Бюл. № 9.

РАЗРАБОТКА НОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ С КЛИНОШАРНИРНЫМ ПРИВОДОМ ДЛЯ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Чоста Н. В.

(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

В области разделительных операций используются традиционные технологии, реализуемые на известном серийном оборудовании – прессах и ножницах, поэтому прогресс возможен при условии применения новых приемов в технологиях с использованием нестандартных механизмов в машинах. Таким нестандартным исполнительным механизмом является клиношарнирный механизм с вогнутым клином.

Целью работы является повышение эффективности работы кузнечно-прессового оборудования для разделительных процессов на основе развития методик расчета и разработки новой конструкции исполнительного клиношарнирного механизма прессы.

На основании проведенных исследований обоснована целесообразность применения в прессах для реализации разделительных процессов обработки давлением клиношарнирного механизма с вогнутым клином (рис. 1, а), у которого график изменения силы нагружения 3 наиболее приближен к технологическому типовому графику изменения силы при разделении заготовок 4 (рис. 1, б).

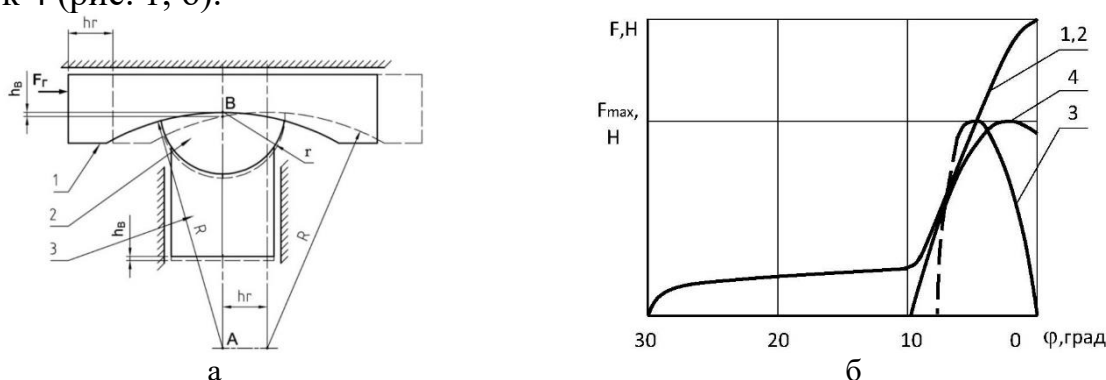


Рис. 1. Клиношарнирный механизм с вогнутым клином

Разработаны математические модели клиношарнирного механизма с вогнутым клином, представленного в виде двухползунного рычажного механизма, позволяющие выполнить его структурный, кинематический и динамический анализ. На основе анализа предложенных математических моделей выявлены зависимости и разработана методика расчетов геометрических, кинематических и силовых параметров прессов с клиношарнирным механизмом с вогнутым клином применительно к различным режимам разделительных процессов. Достоверность полученных результатов подтверждена расчетами, проведенными аналитическим и графоаналитическим методами.

Литература: 1. Совершенствование клиношарнирных механизмов прессов для разделительных процессов обработки давлением : монография / Л. Л. Роганов, Н. В. Чоста. – Краматорск: ДГМА, 2016. – 134 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ І ПРОЕКТУВАННЯ ЗУБЧАСТИХ МЕХАНІЗМІВ

Чоста Н. В., Артемов В. Ю. (ст. гр. ПМ-20-1т)

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

В останні роки спостерігається підвищений інтерес до використання програмного забезпечення при викладанні дисципліни «Теорія механізмів і машин», в тому числі і при вивченні зубчастих механізмів. Комп'ютерні програми допомагають студентам у візуальний спосіб зрозуміти основи як теоретичного матеріалу, так і матеріалу курсового проекту.

Мета роботи – розробка програмного комплексу для аналізу і синтезу зубчастих передаточних механізмів. Результатом наукової роботи є розробка оригінального програмного комплексу для дослідження і проектування зубчастих передаточних механізмів. Даний комплекс дозволяє: побудувати блокувальний контур для довільного сполучення чисел зубців (рис. 1); дослідити вплив коефіцієнта зміщення на профіль зубців; моделювати нарізання зубчастого колеса (рис. 2); моделювати рух зубчастої пари із зовнішніми й внутрішніми зубцями; побудувати картину евольвентного зачеплення із зображенням графіків питомого ковзання й питомого тиску; знаходити оптимальну схему планетарного механізму з умови мінімальних габаритних розмірів і максимального ККД; знаходити оптимальну комбінацію чисел зубців планетарного механізму з умови одержання мінімальних габаритних розмірів; дослідити залежність ККД від передаточного відношення для різних типів планетарного механізму; побудувати кінематичну схему планетарного механізму; побудувати плани лінійних і кутових швидкостей планетарного механізму тощо.

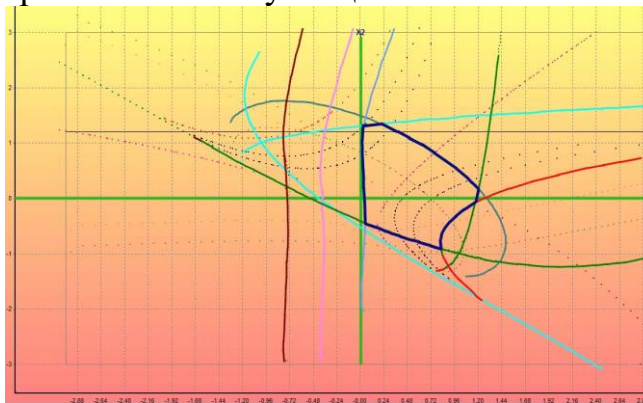


Рис. 1. Блокувальний контур

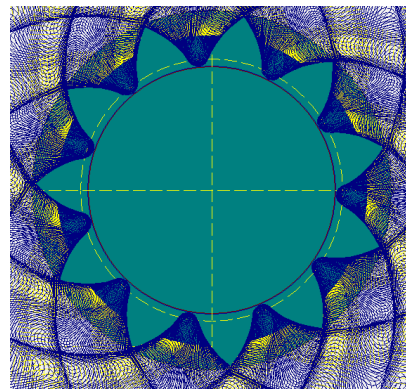


Рис. 2. Моделювання нарізання зубців

Робота з програмним комплексом проходить в інтерактивному режимі з можливістю контролю і візуалізацією усіх етапів розрахунків, що підвищує ефективність засвоєння студентами цього досить складного матеріалу з дисципліни ТММ. Результати роботи можуть бути реально впроваджені у виробництво, що тим чи іншим чином пов'язане з зубчастими передаточними механізмами.

Література: 1. Кіницький, Я. Т. Теорія механізмів і машин / Я. Т. Кіницький. – Київ : Наукова думка, 2002. – 660 с.

ЩОДО ПИТАННЯ ФОРМУВАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ДОКУМЕНТООБІГУ НА ПРОМИСЛОВОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

Шашко В.О., Трицава Л.В.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Машинобудування є найбільш наукомісткою та інтелектуальною галуззю промисловості України. У всі часи для винаходу та виробництва важких машин була необхідна сильна база, ефективна організація операційної системи.

Метою роботи є актуалізація питання важливості формування ефективної системи документообігу на промисловому підприємстві.

Питання організації виробництва розглядаються у безпосередньому зв'язку з внутрішньозаводським плануванням, а рішення, зафіксовані в планових завданнях, проводяться в життя за допомогою управління. Будь який менеджмент має справу з документами. Документ є засобом, що забезпечує реалізацію функцій управління – від планування до контролю. Ритмічна робота промислових, зокрема машинобудівних підприємств, можлива за умови прогресивної організації системи документообігу.

Великі промислові підприємства стикаються з проблемами оптимізації документообігу, пов'язаними з рівнем витрат - тимчасових, кадрових, фінансових, апаратних та інших ресурсів. У сучасних умовах виникає питання автоматизації діловодства на основі спеціальних програмних продуктів. Електронний документообіг робить роботу підприємства продуктивніше, але застосовувати його слід обдуманно.

Важливими економічними характеристиками, що визначають якість системи електронного документообігу підприємства є [1]:

- 1) ступінь задоволення запитів користувачів;
- 2) час виконання інформаційно значущих для користувача функціональних операцій.

В даний час позначилися два підходи до автоматизації діловодства [2]:

1) застосуванні універсальних технологій для вдосконалення виконання окремих видів ділових робіт у вигляді автоматизованих робочих місць (далі- АРМ): АРМ керівника, АРМ секретаря, АРМ бухгалтера, АРМ адміністратора-працівника, який керує організацією документообігу тощо. Такий підхід використовується в основному на дрібних і середніх підприємствах.

2) комплексне впровадження технологій в усі сфери діловодства. Застосовується, як правило, на великих підприємствах.

Література:

1. Пахомов Е.В., Хубаев Г.Н., Саак А.Э. Формирование информационного обеспечения для сравнительной оценки потребительского качества систем автоматизации делопроизводства. Известия ТРТУ. 2002. № 4 (27). С. 49-62.

2. Вайданич И.И. Экономическая целесообразность автоматизации делопроизводства на промышленном предприятии. Актуальные инновационные исследования: наука и практика. 2011. № 4. С. 15.

НАПРЯМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ НА МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ УКРАЇНИ (НА ПРИКЛАДІ ПрАТ «НКМЗ»)

Шубна О.В., Горобей А.О.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Зміни умов, форм і методів загострення конкурентної боротьби за ринки збуту вимагають пошуку інноваційних підходів до управління якістю продукції на машинобудівному підприємстві, які змогли б забезпечити істотне підвищення його конкурентоспроможності на ринку.

Метою роботи є розробка інноваційних напрямків вдосконалення системи управління якістю на одному з провідних машинобудівних підприємств України «Новокраматорському машинобудівному заводі».

Для успішної реалізації цих завдань пропонуємо на ПрАТ «НКМЗ» реалізувати сім кроків, спрямованих на розвиток системи менеджменту якості.

Перший крок: організація процедури вимірювань і аналізу рівнів дефектності, або рівнів невідповідностей у виробництві. Другий крок: аналіз і класифікація невідповідностей і їх причин. Третій крок: введення мотивації за зниження невідповідностей. Потрібно стимулювати персонал до зниження рівня невідповідностей, навіть якщо вони в початковий момент склали десятки відсотків. Четвертий крок: узгодження можливостей виробництва до вимог конструкторської та технологічної документації.

П'ятий крок: розробка централізованої програми поетапного зниження рівня невідповідностей на заводському рівні. На цьому етапі розробляється програма інженерних і техніко-економічних заходів щодо зниження рівнів невідповідностей в масштабах підприємства. Контроль за реалізацією програми здійснюється на основі календарного графіка зниження рівнів невідповідностей.

Шостий крок: побудова виробничих відносин між бригадами, цехами, виробництвами на основі ланцюжка «виробник (постачальник) - споживач», створення документованої системи якості, що відповідає стандартам ISO 9000.

Сьомий крок: створення системи роботи з зовнішніми постачальниками на основі стандартів на статистичний приймальний контроль на базі принципу розподілу пріоритетів.

Наступним етапом вдосконалення системи менеджменту якості ПрАТ «НКМЗ» має стати підвищення ефективності технічного контролю виготовлення продукції.

Література:

1. Безродна С.М. Управління якістю: навч. посіб. Чернівці: ПВКФ «Технодрук», 2017. 174 с.
2. Скляр М.О. Концептуальні основи управління витратами на якість на машинобудівних підприємствах *Вісник ЖДТУ*. Сер. Економіка, управління та адміністрування. 2019. № 4 (90). С. 47-52

МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ АБРАЗИВНОГО МАТЕРІАЛУ ПРИ ОБРОБЦІ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІБРАЦІЙ

Лещук Р.Я., Кобельник В.Р., Лещук М.Р., Петречко І.Р.

(Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя, Україна)

Питання динамічного впливу абразивного матеріалу на робочі поверхні при додатковому вібраційному впливі є актуальним завданням для обробки пустот в деталях машин, а також вибору оптимальних експлуатаційних параметрів для даної системи. При дослідженні даних процесів взаємодії частинок з робочими органами машинами можливе використання наближених моделей, де застосовують розв'язок контактної задачі Герца. Основною особливістю таких моделей є те, що вони розбивають складні фізичні процеси взаємодії тіл і їх переміщення на поетапні алгебро-логічні схеми, на основі яких зручно створювати алгоритми комп'ютерних програм для даного обчислення. Так розроблений алгоритм для розв'язку спрощеної задачі взаємодії тіла у вигляді кульки із робочою поверхнею. В його основі лежить те, що при контакті тіл виникає нормальна контактна сила, величина якої визначається згідно задачі Герца. Із врахуванням втрат енергії при деформуванні, контактна сила:

$$\vec{F}_h = \frac{k}{2} * u^{3/2} (1 + k_p + (1 - k_p) * th(-\lambda [\vec{V}_c * \vec{n}^*])) * \vec{n}^*, \quad (1)$$

де k - параметр моделі взаємодії, що враховує механічні властивості та геометрію тіл взаємодії; u - параметр жорсткого зближення; λ - параметр моделі, що згладжує криву навантаження в точці максимального зближення частинок, $\lambda = 10^3 - 10^4$; k_p - коефіцієнт, що враховує зменшення контактної сили при розходженні внаслідок втрати частини енергії.; \vec{V}_c - відносна векторна швидкість тіл, що зближуються; \vec{n}^* - одинична нормаль, котра має напрям від тіла, до якого наближується розглядувана частинка, до розглядуваної частинки.

Параметр жорсткого зближення для двох умовно сферичних частинок з радіусами R , R_1 визначиться $u = R_1 + R - f(x, y, z)$, де $f(x, y, z)$ - функція відстані між центрами мас сферичних частинок; x, y, z - координати центру мас розглядуваної частинки. Тоді:

$$f(x, y, z) = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2}, \quad (2)$$

де x_1, y_1, z_1 - координати центру мас частинки, з якою можливий удар розглядуваної частинки.

Одинична нормаль для двох сферичних тіл розраховується наступним чином:

$$\vec{n}^*(t) = \frac{\overrightarrow{(x - x_1, y - y_1, z - z_1)}}{|\overrightarrow{(x - x_1, y - y_1, z - z_1)}|} = \frac{\overrightarrow{(x - x_1, y - y_1, z - z_1)}}{|f(x, y, z)|}. \quad (3)$$

Рух тіла без контакту, де $u \leq 0$, також там же вказаний процес взаємодії частинки з плоскою поверхнею. У випадку, коли взаємодіють між собою сферичні частинки, розрахунок аналогічний, де параметр моделі взаємодії буде:

$$k = \frac{4}{3} * \frac{\sqrt{\frac{R * R_1}{R_1 + R}}}{\frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu^2}{E}}, \quad (4)$$

де μ_1, μ - коефіцієнти Пуансона відповідних матеріалів; E_1, E - модулі Юнга відповідних матеріалів.

Використавши моделі вільного руху тіл та їх взаємодії, побудована вібраційна модель взаємодії частинок, які знаходяться всередині порожнього тіла, яке складається з плоских поверхонь.

Робоче тіло робить коливні рухи у просторі. Зміну швидкості руху даного тіла описується такою залежністю:

$$v = \begin{cases} v_{\max} \sin[\omega t], \forall 0 \leq t < \frac{\pi}{2\omega}; \\ v_{\max}, \forall \frac{\pi}{2\omega} \leq t < \frac{\pi}{2\omega} + \tau; \\ v_{\max} \sin[\omega(t - \tau)], \forall \frac{\pi}{2\omega} + \tau \leq t < \frac{3\pi}{2\omega} + \tau; \\ -v_{\max}, \forall \frac{3\pi}{2\omega} + \tau \leq t < T - \frac{\pi}{2\omega}; \\ v_{\max} \sin[\omega(t - 2\tau)], \forall T - \frac{\pi}{2\omega} \leq t < T, \end{cases} \quad (5)$$

де v_{\max} - максимальна швидкість коливання полого тіла; ω - кутова швидкість при синусоїдальній зміні лінійної швидкості коливання; T - повний період циклу вібрування; $\tau = \frac{T - 2\pi / \omega}{2}$ - час руху полого тіла з постійною швидкістю;

t - приведений час руху порожнього тіла, $t = (t_1 + t_0) - T * trunc(\frac{t_1 + t_0}{T})$; $trunc$ - функція, котра відкидає дробову частину числового значення; t_1 - час руху моделі; t_0 - уявний час, який необхідний для проходження системи від нульової точки, де швидкість руху полого тіла рівна нулю і йде на зростання, до точки, від якої починають відлік по часу t_1 .

Розроблена математична модель дозволяє визначати траєкторії руху частинок при циклічних переміщеннях робочих поверхонь (зони обробки).

Відпрацювання імітаційної моделі показало, що вона із достатньою точністю описує переміщення абразивних частинок в потоці та дозволяє визначити такі параметри взаємодії частинок із оброблюваними поверхнями, як швидкість взаємодії, контактні сили, частоту та напрямок ударних взаємодій.

ЗМІСТ

<i>Karnaikh Sergii G.</i> Research of process of division of grade rolling on the measured blanks	5
<i>Абхари П. Б., Малій Х. В., Панібратченко Ю. А.</i> Зусилля розкриття полуматриць при процесі комбінованого видавлювання	6
<i>Абхари П.Б., Таган Л.В., Мерзлякова О.А.</i> Моделювання силового режиму процесу суміщеного видавлювання	7
<i>Алієва Л.І., Корденко М.Ю., Малій Х.В., Таган Л.В.</i> Розробка кінематичних модулів для процесів видавлювання прецизійних деталей	8
<i>Алієв І.С., Левченко В.М., Алієва Л.І., Картамишев О.Д.</i> Вплив величини кута нахилу фланця на питомий тиск при послідовному комбінованому поперечно-прямому видавлюванні з роздачею.....	10
<i>Артёмова С.В.</i> Сучасні технології зварювання при виготовленні і ремонті зварнолитих великогабаритних конструкцій	12
<i>Баркова С.О., Ткаченко В.О.</i> Краудсорсингові технології як інструмент інноваційного маркетингу	14
<i>Бережна О.В., Малигіна С.В.</i> Розробка програмного комплексу розрахунку технологічних параметрів процесу зміцнення робочих органів землерийної техніки	15
<i>Бившева Л.О., Зоріна Р.Р.</i> Напрями підвищення ефективності інвестиційної діяльності великих машинобудівних підприємств в умовах економічної кризи	16
<i>Болотіна Є.В.</i> Маркетингові дослідження в управлінні машинобудівними підприємствами.....	17
<i>Бурцева О.Є.</i> Маркетинг територій в системі соціально-економічного розвитку регіонів	18
<i>Бурцева О.Є., Афоніна С.</i> Формування інноваційно-інвестиційної привабливості постконфліктних територій	19
<i>Васильченко Я.В., Малигін М.О.</i> Опір втомі зварних базових деталей металообробних верстатів	20
<i>Виноградов Л.В., Антипов В.И., Колмаков А.Г., Банных И.О., Мухина Ю.Э., Баранов Е.Е., Хейфец М.Л.</i> Повышение служебных свойств низколегированной инструментальной стали ШХ15СГ	22
<i>Володченко В.В., Кочерова К.А.</i> Взаємозв'язок логістики та маркетингу при плануванні діяльності підприємства	24

Володченко В.В., Панькіна Г.М. Використання бізнес-моделі Canvas в створенні інноваційних проектів	26
Волошина О.О., Мірошниченко А.С. Сучасні проблеми вітчизняної машинобудівної галузі та перспективи їх вирішення	27
Воронцов Б.С., Бочарова І.А., Найчук Р.Ю. Підвищення продуктивності механічної обробки деталей методами імітаційного моделювання.....	28
Вірич С.О., Бабенко Д.Г. Автоматизація технологічного проектування у системі Fusion 360	30
Гавриш П.А. Підвищення втомної міцності коробчастих кранових металоконструкцій	31
Гасанов М.І., Клочко О.О., Шелковий О.М., Клименко Г.П. Комплексні параметри оцінки стану поверхонь відновлених крупномодульних зубчастих коліс	34
Гасанов М.І., Равская Н.С., Мироненко Є.В. Математична модель прогнозування структури і параметрів систем зубообробки крупномодульних зубчастих коліс після відновлення	36
Геворкян Е. С., Гуцаленко Ю. Г., Морозова О. М. Поліфункціональний композиційний матеріал для ріжучих та електродних застосувань	38
Гузенко В.С., Мироненко Є.В., Гончаренко О.О., Властов П.А. Питання підвищення ефективності процесу тоцевого фрезерування	39
Гуцаленко Ю.Г., Мироненко О.Л., Третяк Т.Є. Пристрій для шліфування коліс зачеплень з опукло-увігнутих контактом робочих поверхонь зубів	40
Дорохов М.Ю., Вовненко О.Є. Пристрій аварійної фіксації підйомних канатів	41
Дорохов М.Ю., Єрмакова С.О., Шевцов Є.О. Дослідження поведінки вантажу при повороті баштового крана	42
Єнікєєв О.Ф., Захаренков Д.Ю., Абрамська І.Б. Порівняння інформаційних технологій моніторингу ідентичності робочих циклів дизель-генераторів.....	43
Єрфорт Ю.О. Розробка конструкцій потужних гідравлічних імпульсних механізмів гайковертів	45
Залого О.О., Залого В.О. Аналіз технологій виробництва індивідуальних ортезів стопи для ходіння (індивідуальних ортопедичних устілок).....	47
Зданевич С.В., Зданевич С.С. Динамические модели и рациональный выбор параметров механической системы моталки горячей полосы.....	50

Калафатова Л.П., Харківський Р.Д. Особливості організації сучасних технологічних процесів механічної обробки деталей в умовах дрібносерійного виробництва	52
Калініченко В. В. Можливості зниження енерговитрат на перебіг процесу різання при чорновому точінні деталей на важких верстатах за схемою електромеханічної обробки	53
Калініченко В. В., Мельник М. С. Вдосконалення технології виготовлення деталей збірних токарних різців на базі впровадження спеціальних мехатронних верстатів-автоматів	54
Карнаух С.Г., Бахтін І.Д. (ст. гр. ПТМ 18-1). Розробка і дослідження штампів з диференційним затиском прокату	55
Кинденко Н. И. Повышение надежности гаечных метчиков из быстрорежущей стали Р6М5 обработкой в импульсном магнитном поле	57
Кинденко Н. И., Зубрицкий З.В. (гр. КМСІТ-20-1т). Способ сравнительной оценки эффективности метода ОИМП при упрочнении инструмента из быстрорежущей стали Р6М5	58
Клименко Г.П., Зоз М.В. (КМСІТ 19-1т) Автоматизація системи контролю завантаження металорізального обладнання.....	59
Клименко Г.П., Залятов А.Ф. Розробка САПР ТП для важких токарних верстатів.....	61
Клименко Г.П., Полунан І.І., Сиволап М.С. (КМСІТ 20-1маг(н)) Якість конструкцій збірних різців для відновлення профілю колісних пар	62
Клименко Г.П., Сорокіна Т.О., Мороз К.О. (КМСІТ 20-1маг(н)) Управління процесом експлуатації інструменту при обробці деталей на важких верстатах	63
Клименко С.А., Коцеїкіна М.Ю., Манохін А.С. Покриття для різальних інструментів з композитів на основі кубічного нітриду бору	66
Клочко А.А., Заковоротный А.Ю., Анцыферова О.А., Камчатная-Степанова Е.В. Анализ современных конструкций инструментов для нарезания крупномодульных шевронных колес	68
Клочко О.О., Рябченко С.А., Ковальчук О.М., Нежибовський В.В., Бережний Р.А., Шилков О.О. Моделювання технологічних процесів обробки евольвентних шліцьових з'єднання з модифікованим профілем вугільних очисних комбайнів	70
Ковалев В.Д., Васильченко Я.В., Шаповалов М.В., Пермяков А.А., Камчатная-Степанова Е.В. Силовое поле резания червячной фрезы с дифференциальной схемой обработки шевронных колес.....	74

Коваленко В.А., Разживін О.В. Розробка і дослідження системи керування двохдвигунного електроприводу теліжки мостового крану	77
Ковальов В.Д., Антоненко Я.С., Кметь І.А. Підвищення ефективності важких токарних верстатів за рахунок адаптивного оптимального управління процесом різання	79
Ковальов В.Д., Васильченко Я.В., Антоненко Я.С., Щербакова А.Ю. Підвищення ефективності процесу токарної обробки деталей важкого машинобудування шляхом оптимізації режимів роботи верстатів з ЧПУ	80
Ковальов В.Д., Васильченко Я.В., Шаповалов М.В., Анциферова О.О. Критерії формування структур і параметрів систем обробки, що забезпечують задані експлуатаційні властивості зубчастих коліс.....	81
Ковальов В.Д., Коваленко А.В., Нестеренко В.М. Система адаптивного регулювання процесу різання на важких глибокорозточувальних верстатах.....	82
Кондратенко О.О., Зоз А.В. Методичні підходи до оцінки персоналу	83
Костик К.О. Зниження крихкості боридних шарів комплексною хіміко-термічною обробкою деталей зі сталей.....	84
Кошевий А.Д., Кошева А.А., Голуб Д.М., Жаріков С.В. Оптимізація складу наплавленого металу для відновлення пресового інструменту	85
Кущій А.М., Коробов В.О. Електроди для ремонтного зварювання металургійного обладнання.....	87
Луців І.В., Волошин В.Н. Модель точності металорізальних систем для паралельної токарної обробки	88
Макаренко Н.О., Колесников О.В., Письменний О.С., Серобаба С.В. Регулювання формування наплавленого валика при плазма-міг процесі.....	90
Макаренко Н.О., Пліс С.Г. Визначення особливостей формування наплавленого валика	91
Малигін С.О., Кассов В.Д. Технологічні особливості виробництва електродних матеріалів для дугового наплавлення зношених поверхонь деталей машин.....	92
Манохин А. С., Клименко С. А., Береснев В. М., Столбовой В. А., Клименко С. Ан., Мельничук Ю.А. Влияние нанослойных защитных покрытий на интенсивность изнашивания инструментов, оснащенных РсВН	94
Марков О.Є., Панов В.В., Іванова Ю.О., Хващинський А.С. Моделювання процесу кування крупногабаритних пустотілих заготовок.....	96

<i>Маслак О.И, Орлова Т.А., Маслак М.В.</i> Суцність антикризисной програми підприємства	98
<i>Медвідь Ю.В., Онисько О.Р.</i> Точність виготовлення конічних замкових нарізей 3-30	99
<i>Мельник М.С., Зарівний В.В. (КМСІТ 19-1 маг(н))</i> Термічно-електроконтактний 3D друк сталевих виробів	100
<i>Мироненко Є. В., Калініченко В. В.</i> Особливості науково обґрунтованого вибору твердого сплаву з покриттям для чорнової токарної обробки деталей важкого машинобудування	102
<i>Молчанов В.Ф.</i> Методи забезпечення точності для умов автоматизованого виробництва	103
<i>Міцик А.В., Федорович В.О.</i> Особливості технологій видалення задирок, скруглення і полірування гострих кромки при вібраційній оздоблювально-зачищувальній обробці деталей	105
<i>Новіков Ф. В.</i> Обґрунтування умов підвищення продуктивності шліфування за температурним критерієм	107
<i>Охріменко О.А., Юрчишин О.Я.</i> Сучасне технологічне обладнання та інструмент для обробки зубчастих рейок	109
<i>Пасько М.М., Показаньєва С.Л.</i> Високошвидкісне шліфування відшаруванням	111
<i>Пермяков О.А., Калантиря С.Г.</i> Підвищення ефективності обробки важеля буксового вузла при вдосконаленні структури та параметрів технологічного процесу	112
<i>Пермяков О.А., Локтіонов Д.В.</i> Технологічне забезпечення якості обробки рами візка пасажирського вагона на верстатах з ЧПК	113
<i>Подлесний С.В., Єрфорт Ю.О.</i> Підвищення кваліфікації викладачів інженерних ЗВО для Індустрії 4.0	114
<i>Показаньєва С.Л., Пасько М.М.</i> Гідрострумінна обробка (різка)	116
<i>Посвятенко Е.К., Посвятенко Н.І., Будяк Р.В.</i> Енергоощадний процес виготовлення циліндрів із неіржавіючих аустенітних сталей комбінованим інструментом	117
<i>Сегін В.В., Крупко В.Г.</i> Застосування хвильових ланцюгових передач у приводах гнучких машин	119
<i>Сергєєв О. С.</i> Високопродуктивний технологічний процес внутрішнього шліфування	121

Сорока О. Б., Шабетя О. А., Родічев Ю. М., Ковальов В. Д., Васильченко Я. В. Підвищення ефективності багатоелементних систем балістичного захисту на основі статистичної оцінки імовірності ураження броньованих елементів.....	123
Стадник О.М. Просторове транспортування балки на біфілярному кріпленні	125
Стрельчук Р.М. Исследование влияния технологических режимов электроэрозионного алмазного шлифования на удельный расход круга.....	127
Суботін О.В., Кучеренко С.А. Способи та засоби виявлення витоків води ..	129
Тулупов В.І., Онишук С.Г. Дослідження зносостійкості металевих зразків після обробки методом алюмотермії на відкритому повітрі	130
Фесенко А.М., Фесенко М.А., Корсун В.А., Махмудов Р.Р. Комп'ютерне моделювання процесу внутрішньоформового модифікування рідкого чавуну	131
Фоміченко І.П., Алаєва Т.Б. Опідвищення ефективності систем управління підприємством на базі використання інформаційно-комунікаційних технологій	133
Філатов Ю.Д., Сідорко В.І., Ковальов С.В., Ковальов В.А., Юрчишин О.Я. Полірування деталей оптоелектронної техніки	134
Чоста Н. В. Разработка нового оборудования с клиношарнирным приводом для разделительных операций.....	135
Чоста Н. В., Артемов В. Ю. (ст. гр. ПМ-20-1т) Дослідження і проектування зубчастих механізмів	136
Шашко В.О., Трицава Л.В. Щодо питання формування ефективної системи документообігу на промисловому підприємстві.....	137
Шубна О.В., Горобей А.О. Напрями вдосконалення системи управління якістю на машинобудівних підприємствах України (на прикладі ПрАТ «НКМЗ»).....	138
Лещук Р.Я., Кобельник В.Р., Лещук М.Р., Петречко І.Р. Моделювання руху абразивного матеріалу при обробці з використанням вібрацій	139

Scientific publication

HEAVY ENGINEERING PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT

MATERIALS
of the XIX International
scientific and technical conference

Recommended for publication by the Scientific Council of DSEA,
minutes № 10 dated April 29, 2021

Signed print 26.05.2021
Conv.-printed sheets 5,81.
Circulation of 100 copies

Paper size 60×84 ¹/₁₆.
Accont.-publ. sheets 5,42.
Order № 24

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
XIX Міжнародної
науково-технічної конференції**

Рекомендовано до друку вченою радою ДДМА,
протокол № 10 від 29.04.2021

Підп. до друку 26.05.2021
Ум. друк. арк. 5,81.
Тираж 100 пр.

Формат 60×84^{1/16}.
Обл.-вид. арк. 5,42.
Зам. № 24

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