

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



**ВАЖКЕ МАШИНОБУДУВАННЯ.
ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ**

**МАТЕРІАЛИ
XV Міжнародної
науково-технічної конференції**

Краматорськ 2017

УДК 621.9

Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції 30 травня — 1 червня 2017 року / Під заг. ред. В. Д. Ковальова. — Краматорськ: ДДМА, 2017. — 108 с.

ISBN 978-966-379-796-0

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

МІЖНАРОДНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Голова

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

Члени програмного комітету:

Антонюк В.С.,	д.т.н., проф., НТУУ "КПІ"
Бондар Ю.Г.,	голова наглядової ради ПАТ "КЗВВ"
Грабченко А.І.,	д.т.н., проф., зав. каф. НТУ "ХПІ"
Дашич П.,	проф. ВТМІ, Трстенік, Сербія
Єфімов М.В.,	ген. директор ПАТ "ЕМСС"
Залога В.О.,	д.т.н., проф., зав. каф. СумДУ
Іларіонов Р.,	проф., проректор ТУГ, Болгарія
Калафатова Л.П.,	д.т.н., проф. ДонНТУ
Кассов В.Д.,	д.т.н., проф., зав. каф. ДДМА
Клименко Г.П.,	д.т.н., проф., зав. каф. ДДМА
Клименко С.А.,	д.т.н., проф., заст. директора ІНМ ім. В. Бакуля НАН України
Клочко О.О.,	д.т.н., проф., НТУ "ХПІ"
Луців І.В.,	д.т.н., проф., зав. каф. ТНТУ ім. І. Пулюя
Майборода В.С.,	д.т.н., проф., НТУУ "КПІ"
Мельничук П.П.,	д.т.н., проф. ректор ЖДТУ
Мироненко Є.В.,	д.т.н., проф., декан ДДМА
Павленко І.І.,	д.т.н., проф., зав. каф. КДТУ
Палашек О.Г.	головний конструктор ПАТ "КЗВВ"
Пасічник В.А.,	д.т.н., проф., зав. каф. КДТУ
Пермяков О.А.,	д.т.н., проф. НТУ "ХПІ"
Петраков Ю.В.,	д.т.н., проф., зав. каф. НТУУ "КПІ"
Равська Н.С.,	д.т.н., проф., НТУУ "КПІ"
Рібайн Ф.,	ген. директор "Heidenhain", Німеччина
Скальський Є.О.,	директор представництва Gertnergrouр в Україні
Сорока О.Б.,	д.т.н., ПІМ НАН України
Струтинський В.Б.,	д.т.н., проф., зав. каф. НТУУ "КПІ"
Суков Г.С.,	к.е.н., ген. директор ПАТ "НКМЗ"
Тонконогий В.М.,	д.т.н., проф., зав. каф. НТУ "ОНПУ"
Турчанін М.А.,	д.т.н., проф., проректор ДДМА
Христо К. Радєв,	д.т.н., ТУ "Софія", Болгарія

ISBN 978-966-379-796-0

© ДДМА 2017

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



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

MATERIALS
of the XV International
scientific and technical conference

Kramatorsk 2017

Heavy engineering. Problems and prospects of development : materials of the XIV International scientific and technical conference — May 30 — June 1, 2017 / under general edition of V. Kovalov, Doctor — Kramatorsk : DSEA, 2017. — 108 p.

ISBN 978-966-379-796-0

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

INTERNATIONAL PROGRAM COMMITTEE

Chairman

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

Members of program committee:

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

ЖИЗНЬ, ПОЛНАЯ ТРУДА И ВДОХНОВЕНИЯ

(к юбилею Натальи Сергеевны Равской)



«Талантливый человек талантлив во всем...»

Лион Фейхтвангер

В ряду выдающихся ученых инструментальной отрасли науки достойное место занимает соратница Петра Родионовича Родина, Заслуженный деятель науки и техники Украины, доктор технических наук, профессор Национального технического университета «КПИ им. Игоря Сикорского» **Равская Наталья Сергеевна.**

К своему учителю Наталья Сергеевна пришла уже добившись успехов в учебе, спорте и производственной деятельности, которая выделяла молодую женщину среди своих коллег неиссякаемой энергией, незаурядными организаторскими способностями, умением наилучшим образом решать трудные задачи. Будучи опытным педагогом, П.Р. Родин сразу распознал в своей будущей аспирантке, которая на заводе уже заведовала Отраслевой лабораторией, талантливую ученицу и реализатора всех своих идей, верную помощницу в развитии кафедры «Инструментальное производство», которая стала в Украине ведущей организацией в области инструментального производства, создания теоретических основ и приобретение практического опыта. Защитив в 1976 году кандидатскую диссертацию без отрыва от производства, посвященную исследованию применения безвольфрамовых твердых сплавов в механообработке, Наталья Сергеевна перешла на преподавательскую работу в КПИ, активно занялась научной и издательской деятельностью. Ее докторская диссертация, посвященная созданию метода

группового учета аргументов, в последствии послужила методической основой многих исследований, в т.ч. и наших аспирантов.

С 1996 г. Равская Н.С. заведует кафедрой «Инструментальное производство». Под ее руководством выполнен ряд работ по созданию и исследованию новых конструкций режущих инструментов. Трудно перечислить все сферы деятельности Натальи Сергеевны: оснащение оборудованием, приборами, компьютерами; ремонт дизайн помещений; повышение квалификации своих кадров, воспитание студентов, аспирантов, докторантов, профориентационная работа. Под ее руководством защищено около 40 докторских и кандидатских диссертаций (это только официальная статистика). Будучи председателем спецсовета по защите диссертаций, она постоянно оказывала методическую помощь всем соискателям. В настоящее время Наталья Сергеевна является главным специалистом в Украине в области инструментального производства, формообразования поверхностей при резании, продолжателем идей П.Р. Родина. За какие бы дела не взялась Наталья Сергеевна, все выполняется с большим вдохновением, качественно, в кратчайшие сроки, с государственным подходом. Ее отзывчивость, умение и желание прийти на помощь, добросердечность снискали любовь и уважение в нашем коллективе. Почетный профессор ДГМА, она всегда желанный гость в г. Краматорск. Много лет она была главным редактором нашего сборника научных статей, научным консультантом докторантов, членом комиссий по аккредитации специальности.

Оргкомитет сердечно поздравляет Наталью Сергеевну Равскую со знаменательной датой ее рождения! Пусть сбудутся все Ваши творческие планы! Счастья, здоровья, долголетия и любви! Признательности близких, коллег, учеников!

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ТЕОРІЇ НЕЧІТКИХ МНОЖИН ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОСТОРОВИХ СИСТЕМ ПРИВОДІВ

Струтинський С.В.

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

Просторові системи приводів з паралельними кінематичними зв'язками є основою прогресивного технологічного обладнання, зокрема промислових роботів та маніпуляторів. До технологічного обладнання такого типу висуваються жорсткі вимоги по забезпеченню динамічних характеристик. Дослідження динаміки просторових систем приводів являє собою складну задачу. Однією із причин цього є невизначеність (розмитість) динамічних процесів, що протікають в динамічних системах обладнання. Ефективним методом аналізу нечітко визначених процесів є застосування теорії нечітких множин. Динамічні властивості просторових систем приводів визначені при дії на систему просторових гармонічних навантажень орієнтованих у взаємно-перпендикулярних напрямках. Застосовано теоретичні та експериментальні методи досліджень нечітко визначених динамічних властивостей просторових систем. Теоретичні дослідження виконані шляхом математичного моделювання динамічних переміщень стола просторової системи приводів. При цьому враховані поперечні коливання кожного із приводів, як систем із розподіленою по довжині масою. Динамічні переміщення подані у вигляді полі гармонічних залежностей складові яких відповідають основним формам коливань приводів. Амплітуди та початкові фази складових полігармонічних залежностей мають нечітко визначені складові, які в процесі моделювання задані як випадкові величини з рівномірним законом розподілу. В результаті математичного моделювання встановлено, що проекції переміщення стола, як нечітко визначені величини, знаходяться в обмежених полосах і є близькими до синусоїдальних залежностей.

Даний висновок підтверджено експериментальними вимірами проведеними по дослідному зразку просторової системи приводів. Для вимірів переміщень стола використані високоточні триангуляційні лазерні вимірювачі відстані з робочим діапазоном 2 мм і точністю вимірів 0,2 мкм. Гармонічне навантаження на стіл змінювалось в діапазоні частот 10...150 Гц, що є характерним частотним діапазоном експлуатаційних навантажень на систему приводів.

В результаті математичного моделювання та експериментальних вимірів визначені траєкторії переміщення стола при дії гармонічного навантаження. По ним встановлено положення стола в часі через певні проміжки часу (0,5 мс). Одержана вибірка положення стола піддана статистичній обробці. Встановлені полігони частотей знаходження стола в даній області простору. Прийнято, що огинальні набору полігонів відповідають функціям приналежності нечітких множин, що описують «розмиті» значення траєкторій в околиці середніх положень. Одержані функції приналежності описані в полярних координатах двомірною функцією Гауса, яка визначає вірогідність знаходження стола в межах еліптичної полоси. Встановлено, що розмитість функції приналежності змінюється в залежності від полярного кута в 1,5...3 рази, а максимальне значення функції приналежності змінюється по куту на 10...30%. Для підвищення динамічної точності просторової системи приводів рекомендовано знизити інтенсивність коливань стола встановленням інерційних демпферів. При цьому досягається концентрування нечітких множин в 2...3 рази, а рівень динамічних похибок знижується до величини $\pm 2,5$ мкм.

ЕКСПРЕС-ОЦІНКА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ОБРАЗІВ КОНСТРУКЦІЙ МЕТАЛОРІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ НА ОСНОВІ КОМБІНАТОРНИХ МЕТОДІВ

Аносов В.Л.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Ефективність процесу проектування будь-якого технічного об'єкту багато в чому визначається на етапі попереднього генерування і відбору ідей. З урахуванням постійно зростаючих вимог до виробів потрібне постійне вдосконалення і заміна конструкцій. Первинні етапи процесу проектування найменш автоматизовані у зв'язку із слабкою формалізацією евристичних процедур, які застосовуються для створення нових технічних рішень.

Якість різального інструменту визначається сукупністю властивостей, що обумовлюють придатність інструменту до процесу різання із забезпеченням заданих форм, розмірів і шорсткості поверхонь деталі при певній продуктивності і матеріальних витратах. Якість інструменту, як промисловій продукції може бути представлено кількісним значенням комплексного критерію, склад якого може змінюватися залежно від виду інструменту і режиму його експлуатації. Кількісна оцінка у цьому випадку буде представлена як лінійна згортка добутоків вагомостей окремих критеріїв і оцінок конкретних альтернатив реалізацій цих критеріїв. Останні можуть бути визначені методами групової експертизи, або ж парних порівнянь.

Морфологічний аналіз і синтез є одними з широко вживаних комбінаторних методів оцінки існуючих і пошуку нових рішень. Варіантом використання методу морфологічного синтезу є алгоритми пошуку оптимальних структурних схем технічних рішень по заданим експертом бальним оцінкам даних ознак за допомогою послідовної максимізації на нерівномірних ґратах. Вказаний метод морфологічного синтезу, відрізняється тим, що максимум знаходиться не на цілочисельних ґратах значень ознак, а на ґратах з нерівномірним кроком. До того ж вимагається не один раз вирішити завдання максимізації, а послідовно видати усі точки деякого гіперпросторового паралелепіеду в порядку незростання цільової функції - прийнятого інтегрального критерію.

За допомогою морфологічного аналізу зроблена оцінка якості ряду відомих конструкцій торцевих касетних фрез, що дозволяє визначити оптимальні конструкції для заданих умов їх роботи з мінімальними витратами часу.

Розроблені алгоритми послідовної оптимізації лінійного функціонала на нерівномірній сітці n -мірної морфологічної таблиці, що підвищують ефективність пошуку оптимальних структурних схем технічних рішень. Здійснено проектування (розроблені структурно-функціональна та логічна моделі) і програмну реалізацію інформаційної системи, що використовує запропоновані алгоритми і задовольняє потребу в спеціалізованому прикладному програмному забезпеченні на початкових етапах проектування металорізального інструменту.

За допомогою запропонованої методики синтезовані нові функціональні образи конструкцій збірних торцевих фрез.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЦИКЛІЧНОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ МАТЕРІАЛІВ КЛАСИФІКАЦІЙНОЇ ГРУПИ ЛЕГОВАНИХ ХРОМИСТИХ СТАЛЕЙ

Барандич К.С., Вислоух С.П., Антонюк В.С.
(НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна)

Найбільш розповсюдженою і небезпечною причиною виходу з ладу деталей машин є втомне руйнування, що нерідко призводить до тяжких наслідків, оскільки виникає раптово. Однією з основних характеристик опору втомі деталей є циклічна довговічність, яка дозволяє визначити термін безвідмовної роботи. У зв'язку з тим, що на циклічну довговічність суттєво впливає стан поверхневого шару, і при цьому окремі характеристики поверхневого шару мають різний характер та ступінь впливу. Тому для визначення кількості циклів до руйнування варто використовувати математичні моделі циклічної довговічності деталей від режимів їх оброблення. На основі результатів експериментальних досліджень на втому розроблено математичну модель циклічної довговічності матеріалу сталь 40Х від режимів токарного оброблення та амплітудного напруження циклу [1].

В зв'язку з тим, що втомні випробування вимагають довготривалих досліджень, тому доцільно провести експерименти з використанням одного матеріалу класифікаційної групи в якості еталону, а їх результати адаптувати до інших матеріалів на основі комплексного порівняння властивостей досліджуваного і еталонного матеріалу.

Для цього розроблено спеціальну методику, що представлено в [2]. Початковими даними для реалізації даної методики є хімічний склад та фізико-механічні характеристики матеріалів класифікаційної групи. В результаті розв'язання задачі стиснення інформації шляхом багатовимірного факторного аналізу отримують латентні змінні, які з необхідною інформативністю характеризують матеріали даної групи. Кожний i -тий досліджуваний об'єкт (матеріал класифікаційної групи) $i = 1, 2, 3, \dots, m$, характеризується своїми параметрами (латентними змінними) K_{il} , $l = 1, 2, 3, \dots, k$. При цьому параметри об'єкту мають власний ваговий коефіцієнт D_{il} , що є вкладом l -ї властивості i -го об'єкта.

Тоді для порівнювального оцінювання об'єктів спочатку для кожного із них визначається допоміжний параметр K_{mil} як:

$$K_{mil} = 1 - \frac{K_{il} - K_{i\text{сеп}}}{K_{i\text{max}} - K_{i\text{min}}}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m, \quad l = 1, 2, 3, \dots, k, \quad (1)$$

де $K_{i\text{сеп}}$, $K_{i\text{max}}$, $K_{i\text{min}}$ – відповідно середнє, найбільше та найменше значення l -го параметра i -го об'єкта.

Після обчислення K_{mil} визначають для всіх досліджуваних об'єктів (матеріалів) коефіцієнти KD_i та сумарний ваговий коефіцієнт об'єктів SD_i за формулами:

$$KD_i = \sum_{l=1}^k K_{mil} D_{il} \quad (2)$$

та

$$SD_i = \sum_{l=1}^k D_{il} . \quad (3)$$

Коефіцієнт узагальнених властивостей кожного досліджуваного об'єкта K_{mi} визначається як:

$$K_{mi} = \frac{KD_i}{SD_i} . \quad (4)$$

Для порівняльної оцінки властивостей досліджуваних об'єктів з його переліку вибирають еталонний об'єкт. Відношення коефіцієнтів узагальнених властивостей досліджуваного та еталонного об'єктів вказує на відмінність їх параметрів.

У зв'язку з тим, що експериментальні дослідження виконувалися над зразками зі сталі 40Х, який в даному випадку можна вважати еталонним, то відносні коефіцієнти узагальнених характеристик конструкційних легованих хромистих сталей K_g матимуть значення, що представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Відносні коефіцієнти узагальнених характеристик матеріалів групи конструкційних легованих хромистих сталей.

Марка сталі	K_g
15Х	0,964301
15ХА	0,872758
20Х	0,942922
30Х	0,909953
30ХРА	0,77379
35Х	1,030537
38ХА	0,876676
40Х	1
45Х	0,659471
50Х	0,616456

Відповідно до визначених відносних коефіцієнтів, створена математична модель циклічної довговічності від режимів токарного оброблення для будь якого матеріалу класифікаційної групи легованих хромистих сталей, яка має такий вигляд:

$$N(S, V, \sigma) = K_g \cdot e^k \quad (5)$$

$$\text{де } k = 14.437 + 0.0048V + 13.006S - 13.19\sigma + 0.002VS - 0.002V\sigma - 5.941S\sigma + 0.0000004V^2 + 2.929S^2 + 3.013\sigma^2.$$

Наведена математична модель дозволяє визначити циклічну довговічність будь якого матеріалу класифікаційної групи легованих хромистих сталей з врахуванням реальних параметрів цього матеріалу (хімічного складу та фізико-механічних характеристик).

Література: 1. Барандич К.С. Вплив параметрів шорсткості оброблених поверхонь на характеристики опору втомі деталей / К.С. Барандич, С.П. Вислоух, О.І. Паткевич // Вісник ЧДТУ. – 2015. – № 1. – С.116–122. 2. Барандич К.С. Вибір раціональних режимів обробки конструкційних матеріалів / К.С. Барандич, С.П. Вислоух, О.В. Волошко // Процеси механічної обробки в машинобудуванні: Зб. наук. пр. – 2011. – Вип. 10. – с.64-72.

ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПО ОЦЕНИВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ДОКУМЕНТА И ПОИСКА ПО КРИТЕРИЯМ

Богданова Л.М., Завгородний В.А.

(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Быстрый рост количества информации в сети Internet, приводит к тому, что оперативно получать необходимые данные становится гораздо сложнее. Поэтому в современном мире очень актуальна задача автоматизированного анализа, обработки и реферирования разнообразных документов.

В этой области работали ученые: Артур Самуэль, Лун Эдмундсон, Д. Марк, Марвин Минский, Джеффри Хинтон. Большакова Е. И. рассматривает язык как знаковую систему, воплощенную в некотором тексте. Текст составлен из более мелких единиц, относящихся к разным уровням: уровень предложений (высказываний) – синтаксический уровень; уровень слов – морфологический уровень; уровень фонем – фонологический уровень. Уровни есть подсистемы общей системы естественного языка (ЕЯ), которые анализируют при распознавании текста программами. Наиболее разработанными являются модели морфологического анализа и синтеза. Модели синтаксиса еще не доведены до уровня эффективно работающих модулей. Еще менее формализованы модели уровня семантики.

Целью исследования является определение методов для автоматического анализа и обработки научно-технического текста для снижения времени и увеличения качества выходного документа на основе применения комбинированных статистических алгоритмов.

Разрабатываемая программа обработки ЕЯ-текстов – это система на базе разметки. Полнотекстовый информационный поиск документов в больших базах научно-технических документов проведем на основе их поисковых образов, под которыми понимается набор ключевых слов как основных смысловых вех текста. Предварительно разобьем текст на предложения, выделим ключевые слова по частоте повторения во всём документе. Определим процент количества ключевых слов. Вычислим вес значимости каждого предложения. Используя векторную модель текста, представим документ вектором своих ключевых слов. Используя машинные средства обучения подсчитаем баллы для оценки текстов, используя различные функции. Алгоритм проведения эксперимента исследования значимости научно-технических публикаций будет выполняться так: маркированные тексты будут вводиться для обучения в модуль учащегося, а немеченые тексты – для предсказания в модуль предсказателя. Модуль учащегося используется для создания модели обучения, а она затем используется в модуле прогнозирования для вычисления окончательной оценки текста. Принятая мера сходства и различия между образами документов рассчитывается на основе евклидова расстояния.

Выводы. Исследование применения комбинированных статистических алгоритмов для формирования рефератов и оценки релевантности научно-технических документов при дальнейшей программной реализации даст возможность их применения как инструмента поиска нужной информации в массиве накопленной НТИ.

ОБГРУНТУВАННЯ ТОРЦЕВОЇ СХЕМИ ОІМП ТВЕРДОСПЛАВНИХ ПЛАСТИН ДЛЯ ВАЖКИХ ВЕРСТАТІВ

Васильченко Я.В., Шаповалов М.В., Лобова К.В.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Задача підвищення стійкості різального інструменту для важких верстатів набуває все більшого значення у зв'язку зі збільшенням механічних, теплових та інших видів впливів на нього. Для цього розроблено велику кількість методів поверхневого зміцнення, заснованих на нанесенні покриттів або на основі фізико-хімічного модифікування поверхневого шару, спрямованих на підвищення твердості і зносостійкості. Значна частина з них – це методи обробки із застосуванням концентрованих потоків енергій, які в даний час поширені недостатньо широко (електронне, лазерне і магнітне зміцнення). Актуальність досліджень в цьому напрямку обумовлена складністю і недостатньою вивченістю механізмів і ефектів, які супроводжують процеси зміцнення поверхневих шарів виробів з наперед заданими властивостями в умовах високих швидкостей енергетичного впливу.

Зміцнення на основі методу обробки імпульсним магнітним (ОІМП) має низку переваг у порівнянні з методами на основі впливу інших видів енергій, зокрема: низька собівартість обробки, збереження геометрії оброблених деталей, відсутність витратних матеріалів, простота технологічного оснащення та екологічна чистота.

Для максимально ефективного зміцнення твердих сплавів ОІМП необхідно визначити індукцію імпульсного магнітного поля. Індукція імпульсного магнітного поля повинна дорівнювати індукції насичення кобальту (1,8 Т), так як кобальт є феромагнітним матеріалом в твердих сплавах. В області наближення до насичення відбувається не пружне зміщення кордонів доменів до напрямку зовнішнього поля. Повна орієнтація намагніченості доменів по полю відповідає технічному насиченню. Для отримання необхідної індукції імпульсного магнітного поля, достатньою для насичення кобальту при існуючих електричних параметрах установки для ОІМП, доцільно застосувати схему обробки з використанням концентратора магнітного поля.

Встановлено, що використовуючи схему обробки циліндричної поверхні ОІМП, неможливо досягти величини індукції імпульсного магнітного поля, необхідної для намагнічування кобальту до насичення, без збільшення електроємності установки. У зв'язку з цим запропоновано зменшити зону обробки, застосувавши торцеву схему.

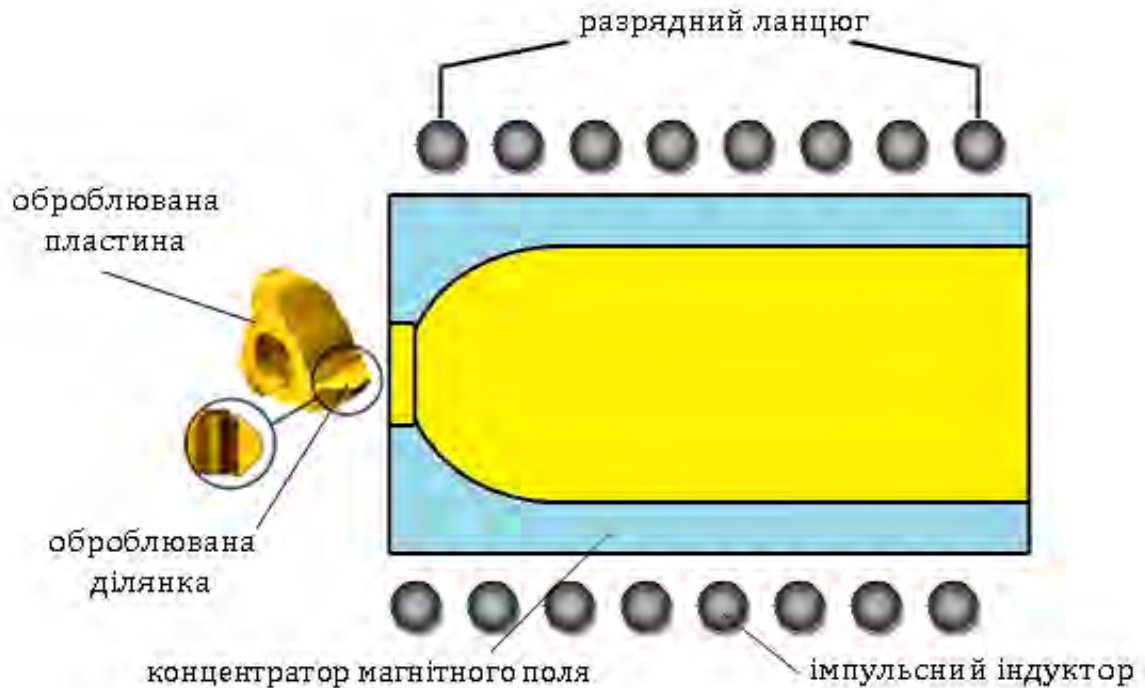


Рисунок 1 - Торцева схема обробки поверхні твердосплавних змінних багатогранних пластин

З рисунка 1 видно, що, використовуючи торцеву схему обробки поверхні зразка, можливе досягнення величини індукції імпульсного магнітного поля необхідної для намагнічування кобальту до насичення без збільшення електроємності установки. З'ясувати розподіл напружень між карбідною і металевою складовими твердого сплаву в зразках є досить важким завданням.

Основна причина полягає в тому, що головними складовими при розрахунку напружень є параметри елементарних осередків аналізованої фази, які для кобальту схильні до значного впливу домішкових атомів (утворення твердих розчинів). У зв'язку з цим розрахунок напружень проводили з використанням фази карбіду вольфраму. Пружні постійні карбіду вольфраму були прийняті умовно і узагальнено (для полікристалічного матеріалу). Аналіз напруг проводили за даними позиції піку карбіду вольфраму, отриманим шляхом прецизійної зйомки дифракційних картин з аналізованої площині зразка. Зроблено наближений розрахунок суми головних напружень в аналізованій площині зразка.

Побудова гістограм мікротвердості контрольного і після ОІМП зразків показало, що розподіл мікротвердості є в більшості випадків близьким до нормального закону розподілу. Відзначено збільшення мікротвердості зразків твердого сплаву Т15К6 після ОІМП на 1100 МПа.

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТИПА ПРИВОДА ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Вирич С.А., Верещага Т.С., Безелюк А.А.
(ДонНТУ, г. Покровск, Украина)

Промышленные роботы (ПР), широко используемые на предприятиях механической обработки, выполняют с электромеханическим, гидравлическим, пневматическим и комбинированным приводами. Приводы ПР включают в себя двигатель, систему управления, передаточные механизмы, тормозные устройства, датчики обратной связи и коммуникации. Коммуникации необходимы для передачи энергии к приводам и передачи сигналов управления, а также для выполнения обратной связи. Выбор типа привода определяется назначением ПР, его техническими характеристиками, в частности грузоподъемностью, конструктивными особенностями, условиями эксплуатации, видом системы управления. Привод промышленного робота должен иметь высокое быстродействие, минимально возможные габаритные размеры, высокую надежность, высокие энергетические показатели; обеспечивать точность позиционирования и возможность работы в режиме автоматического управления. Следует учесть, что привод работает в условиях сильно меняющейся нагрузки, что связано с изменением геометрии ПР в процессе работы, и под влиянием окружающей среды.

Условия работы ПР требуют учета динамики рабочих процессов и именно в этом случае наиболее наглядно проявляются преимущества гидропривода. Гидропривод применяют для промышленных роботов с грузоподъемностью свыше 10-20 кг. ПР с гидроприводами имеют универсальное применение, манипуляторы снабжаются шестью степенями подвижности вращательного и поступательного действия с точностью позиционирования до $\pm 0,5$ мм, объемами рабочих зон более 30 м³ при скорости линейного перемещения до 0,8...1200 мм/с. Гидропривод обладает высокой энергоемкостью, быстродействием, стабильностью скорости при изменяющейся нагрузке, малой инерционностью, высокой жесткостью статических нагрузочных характеристик за счет малой сжимаемости рабочей жидкости и высокой точностью позиционирования. При применении гидроприводов конструктивно просто решается задача защиты машины от перегрузок. Благодаря тому, что передача энергии производится по трубопроводам, гидросистемы обладают хорошими коммутационными качествами. Насосы и гидродвигатели этих систем имеют высокие коэффициенты полезного действия. Гидравлический привод имеет хорошую регулировочную способность, и его рационально использовать в ПР с позиционным и контурным режимом работы. При этом гидроприводы просты в изготовлении и эксплуатации.

Учитывая сказанное, в большинстве случаев перечисленные положительные свойства гидроприводов преобладают над рядом их недостатков: сложности конструкции, возможности утечек, высокой стоимости изготовления и эксплуатации, а также, необходимости охлаждения рабочей жидкости.

ВИМІРЮВАННЯ РАДІУСА ОКРУГЛЕННЯ ТВЕРДОСПЛАВНИХ ПЛАСТИН ВЗДОВЖ РІЗАЛЬНИХ КРОМОК

Вовк В.В., Плівак О.А., Яцук С.О.

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

Широке застосування високошвидкісного оброблення різання, яке характеризується малими товщинами зрізу, є однією з причин потреби дослідження саме мікрогеометрії різального інструменту, найважливішим параметром якої є округлення різальної кромки – фасонна поверхня стику передньої та задньої поверхонь різального клину інструменту. Адже механізми пластичного й крихкого руйнування у процесі стружкоутворення залежать, перш за все, від співвідношення товщини зрізуваного шару й радіусу округлення різальної кромки.

Порівняльний аналіз методів вимірювання радіуса округлення показав, що найбільш продуктивними й автоматизованими є оптичні безконтактні методи, проте прилади, які їх реалізують є дуже дорогими, що стримує їх широке застосування. Тому було запропоновано скористатися методом ощупування, який забезпечує необхідну точність, є неавтоматизованим, проте має невисоку вартість.

Метою роботи є автоматизація процесів вимірювання параметрів мікрогеометрії різальної кромки методом ощупування з переходом від вимірювання в одній площині до отримання тривимірної картини та розрахунків параметрів мікрогеометрії і їх зміни вздовж кромки.

Запропонований нами підхід дозволяє методом автоматизованого ощупування отримати на комп'ютері масиви точок, що описують передню, задню поверхні та поверхню різальної кромки в паралельних перерізах. В кожному з цих перерізів масив розділять на три частини, які апроксимуються геометричними примітивами, що описують сліди поверхонь в цих точках. Знайшовши уявну вершину леза, як лінію перетину двох прямих, що є слідами передньої та задньої поверхонь, визначаємо точки переходу цих слідів в криву, що описує округлення різальної кромки. Якщо співвідношення відстаней цих точок до уявної вершини (величина К-фактора) лежить в межах 0,95...1,05, то заокруглення описуємо дугою кола, інакше заокруглення описуємо частиною еліпса.

Для реалізації автоматизації вимірювань до мікрометричних гвинтів предметного столика мікроскопа, на який встановлюється зразок, було приєднано крокові двигуни. Вертикальна координата вимірювалась індуктивним датчиком лінійних переміщень, аналогове значення якого оцифровувалось АЦП. Розроблено програмне забезпечення яке дозволило автоматизувати не тільки процес ощупування поверхонь та отримання даних, а й визначення радіусу округлення різальних кромок та К-фактору вздовж кромки з 3D візуалізацією поверхні та виведенням результатів в вигляді графіків.

ЗАТИСКНІ МЕХАНІЗМИ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТІВ З АКТИВНОЮ КОРЕКЦІЄЮ ПОЛОЖЕННЯ ЗАГОТОВКИ ПІСЛЯ ЗАТИСКУ

Волошин В.Н., Грицишин І.І.

(ТНТУ ім. І.Пулюя, м. Тернопіль, Україна)

Встановлення деталі і інструменту та утримання їх в процесі обробки супроводжується комплексом фізичних явищ, серед яких: пружні відтискання в технологічній системі верстата; пружні та пластичні деформації деталей та стиків і порушення фізичних зв'язків між ними; динамічні, теплові та інші явища. Здатність затискних механізмів (ЗМ) токарних верстатів виконувати робочі функції при змінах умов роботи істотно залежить від властивостей їх адаптації до змінних факторів впливу. Тому забезпечення вимог точного базування та позиціювання заготовок та компенсація зміщень, викликаних силою різання в процесі обробки, шляхом створення принципово нових затискних пристроїв з елементами адаптроніки є актуальною науково-практичною задачею.

В результаті аналізу основних характеристик ЗМ токарних верстатів та процесів, які в них відбуваються, було виділено ряд груп ЗМ з адаптивними властивостями, серед яких важливе місце займає група ЗМ, що забезпечує керування точністю положення заготовки після її затиску. Вона об'єднує ЗМ, які забезпечують точне позиціювання заготовки після її затиску, а також ЗМ із компенсацією зміщень, викликаних змінами сили затиску та різання. Серед них велику перспективу мають ЗМ із активними елементами (активаторами) для забезпечення точного центрування оброблюваної деталі та корекції її положення після затиску за рахунок регулювання положення затискних елементів (або інших елементів) ЗМ.

З використанням системного підходу запропоновано концептуальні варіанти ЗМ з активними структурами на базі п'єзоелектричних приводів з метою подальшого їх синтезу та дослідження. Вони містять наступні підсистеми: безконтактної передачі даних та енергетичного потоку; керування затискним пристроєм, що зв'язане із системою керування верстатом; інтегрованих в затискний пристрій активаторів та трансляторів силового потоку.

Розглянуто схему роботи модуля позиціювання, інтегрованого у конструкцію токарного патрона, складовою якого є мультиплікатор переміщень. Визначено його коефіцієнт мультиплікації з врахуванням податливості ланок, що у нього входять. Отримано графічні залежності коефіцієнта мультиплікації переміщень в залежності від геометричних параметрів мультиплікатора переміщень, контактних деформацій в його стиках та податливості ланок. Аналіз залежностей коефіцієнта мультиплікації переміщень від контактних деформацій у стиках показав, що в місцях контакту елементів модуля позиціювання доцільно використовувати вставки із матеріалів, модуль пружності яких суттєво вищий, ніж у сталі (наприклад із твердих сплавів, кераміки чи інших аналогічних матеріалів).

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ СЛОЖНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Воронцов Б.С., Пасечник В.А.

(НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского», г. Киев, Украина)

itm@kpi.ua

Повышение наукоемкости отраслевых технологий, возможность использования системного подхода, тотальной компьютеризации и реализации потенциала CALS технологий (технологий, создаваемых на основе комплексного использования CAD/CAM/CAE/PDM систем с целью непрерывного информационного обеспечения жизненного цикла наукоемкой продукции) являются предпосылками создания интегрированных технологий, представляющих собой совокупность конструкторского, технологического и организационного обеспечения производства изделий [1].

Недостатком работ в направлении автоматизации процесса формообразования является отсутствие интерактивной функциональной связи между системами поверхностного моделирования одновременно двух и более сопряженных поверхностей, системой анализа эффективности процесса формообразования, механизма оперативного управления одновременно всеми системами с помощью интерактивного изменения геометрии поверхностей создаваемых деталей и структуры кинематических схем формообразования с одновременным визуальным анализом показателей процесса формообразования.

В работе излагается методика создание компьютерно-интегрированной системы формообразования поверхностей деталей при механической обработке, включающей элементы CAD/CAM/CAE – систем, функционально зависящих от общих интерактивно управляемых параметров с визуальной оценкой результатов процесса формообразования и оперативным изменением геометрии поверхностей деталей, инструментов и схемы формообразования.

В качестве управляющих параметров системы выбраны управляющие точки кривых Безье 3-го порядка, которые однозначно определяют геометрию поверхности создаваемой детали и инструментальной поверхности.

Система уравнений, используемая для построения графиков визуальной оценки процесса формообразования также однозначно зависит от управляющих параметров системы:

$$F_3(\lambda, \mu) = f_3(f_{31}, f_{32}, \dots, f_{3k}),$$

где $f_{31}(\lambda, \mu) = f_{31}(P, N, G)$, $f_{32}(\lambda, \mu) = f_{32}(P, N, G)$, ..., $f_{3k}(\lambda, \mu) = f_{3k}(P, N, G)$ функции, характеризующие процесс формообразования, которые однозначно зависят от управляющих параметров P, N, G .

На основе предложенной методики создана компьютерно-интегрированная система формообразования поверхностей деталей при механической обработке, включающая элементы CAD/CAM/CAE – систем, функционально зависящая от общих интерактивно управляемых параметров с визуальной оценкой результатов процесса формообразования и оперативным изменением геометрии поверхностей деталей, инструментов и схемы формообразования.

Разработанный алгоритм и программное обеспечение [2] позволяют снизить количество ошибок проектирования, сократить сроки технологической подготовки производства.

Литература: 1. Интегрированные процессы обработки материалов резанием: учебник для высш. учебн. заведений / А.И. Грабченко, В.А.Залого, Ю.Н. Внуков и др.; под общ. ред. А.И. Грабченко, В.А.Залого. – Сумы: Университетская книга, 2017. - 451 с. **2.** Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №70765. Комп'ютерна програма «SAIAT»/ Б.С. Воронцов, І.А. Бочарова, Д.О. Чаплинський. - №71355; заявл. 10.01.2017; опубл. 01.03.2017.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗОК ПРИ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС НАД КОЛЬЦЕВОЙ ВАННОЙ

Гейчук В.Н., Гаврушкевич А.Ю.

(НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского», г. Киев, Украина)

Одной из актуальных проблем при проектировании оборудования для магнитно-абразивной обработки (МАО) является отсутствие методик определения нагрузок на обрабатываемые детали, особенно при обработке деталей сложной формы в кольцевой ванне. Это обстоятельство не позволяет выполнять проектирование и конструирование роторных станков с рациональными инерционно-массовыми параметрами.

Большинство исследований в области МАО в кольцевой ванне посвящено технологическим вопросам, вопросам формирования порошкового магнитно-абразивного инструмента, кинематике процесса. Относительно небольшое количество работ посвящено исследованию триботехнических свойств магнитно-абразивных порошков и их влиянию на качество обработки деталей сложной формы. Только некоторые работы посвящены определению нагрузок для деталей простой формы.

По результатам анализа ранее выполненных исследований, посвященным формированию порошкового магнитно-абразивного инструмента, его триботехнических свойств и кинематики процесса обработки разработана методика определения нагрузок при магнитно-абразивной обработке цилиндрических зубчатых колес над кольцевой ванной.

Для расчетов использованы экспериментально определенные зависимости касательных напряжений на обрабатываемых поверхностях и между слоями магнитно-абразивного инструмента от магнитной индукции, размеров частиц порошка, скорости резания и от нормальных напряжений. Для определения силы лобового сопротивления на торец обрабатываемого сектора зубчатого колеса использовались результаты исследований движения тел в вязкоупругой и сыпучей средах, а также в магнитно-абразивном инструменте (МАИ) в кольцевой ванне. При этом учитывали только нормальную составляющую силы давления порошка на обрабатываемую торцевую поверхность от сил трения между слоями магнитно-абразивного инструмента на границе уплотненной зоны - касательные напряжения в значительной мере уравниваются из-за характера движения

Предложенная методика предназначена для расчета оценочных величин нагрузок на обрабатываемые заготовки. Полученные результаты свидетельствуют об адекватности методики, однако определение ее точности требует дополнительных исследований триботехнических свойств магнитно-абразивного инструмента в сторону более широкого и полного охвата фракций частиц и обрабатываемых материалов и в особенности экспериментальных исследований по прямому измерению сил сопротивления.

ГРАНИЧНА ВІДСТАНЬ ВІДДАЛЕННЯ ЕКВІДИСТАНТИ ВІД ЕПІЦИКЛОЇДИ В ЗАЧЕПЛЕННІ ГЕРОТОРНОЇ ПАРИ

Гнатюк А.О.

(ЦНТУ, м. Кропивницький, Україна)

Зачеплення героторної пари утворюють два колеса, одне з яких має профіль, окреслений еквідистантою до вкороченої епіциклоїди. Під час побудови даного профілю, особливу увагу слід приділити відстані віддалення еквідистанти від епіциклоїдальної кривої. Встановлено, що від даного параметру залежатиме правильність функціонування зачеплення [1].

Основними вхідними параметрами при проектуванні епіциклоїдальної передачі внутрішнього зачеплення є число зубців сателіту z_1 , ексцентриситет передачі e , радіус центрів цівок $R_{\text{цц}}$, радіус цівки $r_{\text{ц}}$. Фактичний робочий профіль сателіту є еквідистанта до вкороченої епіциклоїди, яка віддалена на відстані радіуса цівки $r_{\text{ц}}$. При виборі великих значень $r_{\text{ц}}$, на еквідистанті з'являються так звані "вироджені ділянки" [1], тобто порушуються умови гладкості кривої. Це ділянки кривої, в яких вона перетинає сама себе. В такому випадку профіль не може бути використаним для утворення робочого профілю сателіту. Тому, виникає необхідність визначення умов, при яких робочий профіль існує без "вироджених ділянок". Встановлено, що значення радіуса цівки впливає на появу "вироджених ділянок".

Очевидно, що епіциклоїдальна крива має певний мінімальний радіус кривизни ρ_{\min} . Якщо значення $r_{\text{ц}}$ прийняти більшим за ρ_{\min} , це призведе до появи самоперетину. Радіус кривизни визначається за формулою [1]:

$$\rho(\varphi) = \frac{(x'(\varphi)^2 - y'(\varphi)^2)^{3/2}}{x'(\varphi) \cdot y''(\varphi) - x''(\varphi) \cdot y'(\varphi)} \quad (1)$$

де $x'(\varphi)$, $y'(\varphi)$ і $x''(\varphi)$, $y''(\varphi)$ – перші і другі похідні від координат $x(\varphi)$ і $y(\varphi)$.

На даному етапі задача зводиться до визначення ρ_{\min} . Дослідивши функцію (1) на точки екстремуму, отримуємо значення параметру побудови $\varphi_{\text{м}}$, який відповідає значенню ρ_{\min} :

$$\varphi_{\text{м}} = \frac{z_2}{z_1} \arccos \left[\frac{R_{\text{цц}}^2 \cdot z_2 - 2 \cdot R_{\text{цц}}^2 - 2 \cdot e \cdot z_2^2 - e \cdot z_2}{e \cdot z_2 \cdot R_{\text{цц}} \cdot (z_2 + 1)} \right] \quad (2)$$

Максимально можлива відстань віддалення еквідистанти, при якій зберігатимуться умови гладкості буде визначатися як $r_{\text{ц}}^{\text{max}} = \rho(\varphi_{\text{м}})$.

Література: 1. Скібінський О.І. Визначення умов існування робочого профілю деталей позацентроїдних епіциклоїдальних цівкових передач внутрішнього зачеплення / Скібінський О.І., Гуцул В.І., Гнатюк А.О. // Збірник наукових праць КНТУ – Кіровоград, 2012, №1 (25) – с. 238-241.

ПРИЧИНЫ ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ ДЕФОРМИРУЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ПРЕССОВАНИИ МЕДНЫХ ЗАГОТОВОК

Гринь А.Г., Дудинский А.Д.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)
mf@dgma.donetsk.ua

Прессовый инструмент для изготовления труб и подобных изделий из сплавов на основе меди, работающий в экстремальных силовых и температурных условиях, обладает относительно невысокой стойкостью, что обуславливает необходимость увеличения материальных затрат на подготовку производства.

Целью данной работы является анализ износа и выбор оптимальных способов восстановления и повышения долговечности инструмента горячего деформирования сплавов на основе меди.

При разработке наплавочного материала для восстановления и упрочнения деформирующего инструмента необходимо обеспечить выполнение противоречивых требований: высокая стойкость при минимальных затратах.

Причины выхода из строя инструмента деформирования типа пресс-шайба, пуансон для выдавливания можно разделить следующим образом: износ, разрушение и смятие.

Прошивной пуансон представляет собой тело вращения сложного профиля. Габаритные размеры длина $L_{\max}=305\text{мм}$, $\varnothing_{\max}=106.5\text{мм}$. Пуансон состоит из цилиндрической и конической части особого профиля.

На рабочей поверхности, конической части пуансона, имеет место:

- смятие металла, как результат силового воздействия деформируемого металла при температуре $800\dots 900^{\circ}\text{C}$;
- следы осповидного износа с развитием сетки трещин;
- износ схватыванием, происходящий за счет сваривания трущихся пар по микронеровностям с последующим вырывом или микросрезом по сваренным участкам;
- окислительный износ, представляющий последовательное образование, разрушение и вынос окислов из контактной зоны;
- абразивный износ определяется воздействием твердых частиц некоторых продуктов износа - окислов, карбидов;

На основании проведенного анализа сформулированы основные требования, предъявляемые к наплавленному металлу для прессового инструмента горячего деформирования. Этот металл должен:

- иметь необходимую твердость при рабочих температурах;
- обладать высокой прочностью при достаточном уровне пластичности;
- хорошо противостоять образованию трещин при высоких термических напряжениях;
- хорошо сопротивляться износу при повышенных температурах.

Применение хрома в инструментальных сталях основывается на способности этого элемента хорошо растворяться, образуя прочные карбиды, повышать прочность ферритной составляющей стали, усталостной прочности и прокаливаемости, оказывать заметное влияние на дисперсность получаемых структур.

Теплостойкость и красностойкость в стали могут быть значительно повышены легированием вольфрамом.

В стали, содержащие вольфрам и хром, часто вводится ванадий. Промышленное значение ванадия, как легирующего элемента связано с его влиянием на закаливаемость и устойчивость стали против отпуска.

Повысить технологичность и эффективность, процесса упрочнения инструмента, обеспечив его долговечность можно применив наплавку по алюминированному слою.

ОСОБЕННОСТИ СВАРКИ ВЫСОКОПРОЧНОЙ СТАЛИ S690QL ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

¹Гринь А.Г., ²Трембач И.А., ²Трембач Б.А.
(¹ДГМА, ²ПАТ "НКМЗ", м. Краматорськ, Україна)
mf@dgma.donetsk.ua

В настоящее время применение высокопрочных сталей, например S690QL с механическими свойствами для толщины 4,0-53мм: $\sigma_B = 780-930$ МПа, $\sigma_T \geq 700$ МПа, $\delta \geq 14$ %), имеющих мартенситно-бейнитную структуру при изготовлении ответственных сварных конструкций в тяжелой промышленности взамен используемых низколегированных сталей (СтЗсп, 09Г2С, 10ХСНД, 09Г2ФБ) позволяет повысить технико-экономические характеристики выпускаемых машин. Последнее обусловлено уменьшением энергопотребления машин за счет снижения веса подвижных частей, так как повышенное значение допускаемых напряжений позволяет уменьшить толщину элементов конструкций.

Однако при изготовлении сварных конструкций из высокопрочных сталей возникает ряд трудностей, которые сдерживают их широкое применение: сравнительно высокая стоимость, склонность к образованию холодных трещин (требуется предварительный и сопутствующий подогрев), малый запас пластичности (необходимо улучшение культуры проектирования и технологии изготовления сварной конструкции).

Целью данной работы является рассмотрение особенности сварки высокопрочных сталей при изготовлении сварных металлических конструкций на примере стали S690QL.

Основными трудностями при сварке стали марки S690QL являются: предотвращение образования холодных (закалочных и водородных) трещин в зоне термического влияния и обеспечение равнопрочности металла шва основному металлу.

Первая проблема решается путем предварительного и сопутствующего подогрева (как правило, температура подогрева не превышает 150-200 °С). При этом температура между проходами должна быть не более 250 °С. Важным фактором является выбор режимов сварки, которые будут определять уровень тепловложения, следовательно, время пребывания в интервале температур от 500 до 800 °С, которое должно составлять 10-25 с.

Вторая проблема решается за счет выбора сварочного материала соответствующего химического состава и механических свойств с основным металлом.

В качестве способа сварки предлагается использовать способ механизированной сварки, который является широко распространенным, высокопроизводительным и универсальным. Для сварки стали марки S690QL можно рекомендовать три варианта выбора сварочной проволоки в зависимости от требуемого уровня прочности металла шва.

По первому варианту для сварки используется проволока с уровнем механических свойств ниже, чем для основного металла. В этом случае, возможно применение проволоки марки NiMo 1-IG, которая обеспечивает следующие механические свойства металла шва: $\sigma_B = 700$ МПа, $\sigma_T = 620$ МПа, $\delta = 23$ %.

По второму варианту используется проволока с уровнем механических свойств, равном уровню свойств для основного металла. В данном случае рекомендуется применять проволоку марки X 70-IG, которая обеспечивает следующие механические свойства металла шва: $\sigma_B = 900$ МПа, $\sigma_T = 800$ МПа, $\delta = 19$ %.

По третьему варианту для сварки используется проволока с уровнем механических свойств выше, чем для основного металла. В этом случае возможно применять проволоку марки X 90-IG, которая обеспечивает следующие механические свойства металла шва: $\sigma_B = 960$ МПа, $\sigma_T = 915$ МПа, $\delta = 20$ %.

Таким образом, можно выделить три варианта выбора сварочной проволоки для сварки высокопрочной стали S690QL, окончательный выбор которой определяться, прежде всего, техническими требованиями к сварному соединению.

АНАЛІЗ ЧИННИКІВ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ДО ГІДРОАБРАЗИВНОГО ЗНОСУ СУЧАСНИХ ЕКОНОМНОЛЕГОВАНИХ МАТЕРІАЛІВ

¹Гринь О.Г. ²Трембач Б.О.

(¹ДГМА, ²ПАТ "НКМЗ", м. Краматорськ, Україна)

mf@dgma.donetsk.ua

Гідро-абразивний знос або абразивно-ерозійний знос обумовлені взаємодією твердих мінеральних часток, які переміщуються в потоці рідини, з робочою поверхнею деталей механізмів відноситься до трибокорозійних систем. Процес гідродинамічного зносу знаходяться під впливом ряду зовнішніх і внутрішніх факторів, які умовно можна розділити на 3 групи:

- умови удару (кут атаки, швидкість зіткнення частинок), характеристики несучого середовища і частинок суміші (розмір часток, форми частинок, твердість частинок, міцність частинок породи на стискання);
- виду несучого середовища, хімічної активності середовища, кількість частинок і розподіл у потоці несучої середовища);
- характеристики матеріалу, що піддається зносу (фізико-механічних характеристик і мікроструктури).

За своєю природою процеси знеміцнення логічно поділяються на види:

1) *Механічне знеміцнення* відбувається в результаті пружної та пластичної деформації матеріалу, що призводить до руйнування поверхневого шару (мікрорізання, відриву, втомного та полідеформаційного руйнування).

2) *Теплове знеміцнення* обумовлений переходом пружної деформації в місцях кожного одиничного контакту у теплоту, що може призводити до виникнення напружень через утворення в них нерівномірних теплових полів, зміну мікроструктури поверхневих шарів, а також зменшення міцності металу внаслідок температурного розм'ягчення.

3) *Корозійне знеміцнення* полягає в хімічній або електрохімічній реакції між матеріалом (металом) і навколишнім середовищем, що призводить до руйнування матеріалу та погіршення його властивостей (стандарт ASTM G15-99).

Для деталей робочих органів промивочних машин характерним є достатній рівень тепловідводу, тому вирішальну роль у руйнуванні їх поверхонь будуть відігравати опір механічному та корозійному знеміцненню. Синергія корозії і стирання може посилювати швидкість видалення матеріалу і може бути джерелом додаткових дефектів, які потенційно можуть впливати на механічні властивості поверхні що зношується. При достатньому рівні механічних властивостей сталі (мікротвердості та пластичних властивостей матриці та мікротвердості зміцнюючої фази, та її кількості), важливим чинником будуть слугувати характеристики та властивості оксидної плівки.

Такий шар оксидів може швидко зношуватися в умовах абразивного зносу, оголюючи нові поверхні, оскільки йому притаманна мала товщина. Зростання товщини цих шарів оксиду приводить до зниження пластичності, що веде до втрати у результаті відколів при дії абразиву. Оксидний шар також повинен бути добре зчепленим з основою, щоб чинити опір абразивному зносу. За аналогію з вимогами до зміцнюючої фази мікротвердість шару оксидної плівки повинна співвідноситися з твердістю абразиву на рівні $M_{Ho} / H_a \geq 1,2$.

Оптимізація співвідношення абразивного зносу і корозії, з метою збільшення синергетичного ефекту і мінімізації абразивно-корозійні втрати ваги, може бути достеменним шляхом для розробки матеріалів для спротиву гідро-абразивному зносу. Як відомо комплексне введення легуючих елементів, що одноманітно впливають на окремі властивості металу є більш ефективним, в порівнянні з їх окремим додаванням. Тому значний інтерес має спільний вплив Cr з Cu або Al на корозійну складову в умовах гідро-абразивного та абразивно-ерозійного зносу, визначення їх співвідношення, а також механічних властивостей та характеристик оксидної плівки, що утворюється.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ЧЕРНОВОГО ТОРЦЕВОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ

Гузенко В.С., Сытник М.Ю., Денщик К.В.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

При торцевом фрезеровании на тяжелых станках на виброустойчивость процесса резания существенное влияние оказывает глубина фрезерования. Одним из путей повышения производительности чернового торцевого фрезерования является увеличение сечения срезаемого слоя за счет изменения традиционного распределения этого слоя между зубьями. В данной работе рассматривается задача повышения производительности за счет снижения уровня колебаний путем использования конструкций фрез с деления среза по ширине.

Экспериментально было установлено, что переменные составляющие силы резания в большей степени, чем постоянные составляющие, реагируют на изменение элементов режимов резания. Увеличение глубины резания t (1 мм до 4 мм) приводит к увеличению тангенциальной составляющей в 2,7 раза, вертикальной – в 1,6 раза, радиальной составляющей – в 2,5 раза. Увеличение подачи на зуб S_z (0,1 мм/зуб. до 0,315 мм/зуб.) значительно влияет только на тангенциальную составляющую – она увеличивается в $\sim 1,7$ раза. Увеличение скорости V (от 73 м/мин до 230 м/мин) незначительно влияет на составляющие сил резания.

Автоколебания оказывают значительное влияние на все параметры процесса резания и в первую очередь на силу резания, которая зависит от сечения срезаемого слоя, условий пластического деформирования материала, то есть внешнего и внутреннего трения процесса резания. Так пульсирующие нагрузки, создающие малые амплитуды колебаний (~ 10 мкм), облегчают пластическое деформирование материала в зоне стружкообразования, ослабляют адгезионное сцепление a , следовательно, силу и коэффициент трения на контактных поверхностях.

Динамическая характеристика процесса резания прямопропорциональна силе резания a также имеет место запаздывание силы резания с увеличением толщины среза по экспоненциальному закону с постоянной времени стружкообразования T_p . На основании расчета динамической жесткости процесса резания при торцевом фрезеровании крупными сборными фрезами с учетом нелинейных упругих элементов разработан метод управления интенсивностью автоколебательного процесса посредством деления среза по ширине на каждом зубе, что обеспечивает как изменение толщины среза на отдельных участках зуба, так и изменение глубины резания отдельными зубьями.

За счет прерывистой режущей кромки уменьшается интенсивность напряжений и деформаций, повышается энергоэффективность процесса торцевого фрезерования и сказывается на уменьшении составляющих силы резания, что позволяет управлять автоколебательным процессом.

ЛОКАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ ИЗ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИХ РАСШИРЕННОЙ АДАПТАЦИИ К АЛМАЗНО-ИСКРОВОМУ ШЛИФОВАНИЮ

Гуцаленко Ю. Г., Севидова Е. К.

(НТУ «ХПИ», г. Харьков, Украина)

В традиционных подходах к организационно-техническому обеспечению операций алмазно-искрового шлифования (АИШ) подводом в зону обработки дополнительной энергии в форме электрических разрядов, как в специальном станкостроении, так и при специальной модернизации универсального оборудования его потребителями, предусматривается барьерная корпусу станка электроизоляция инструментального шпинделя.

Впервые в известной отечественной и зарубежной практике шлифовальный инструмент рассматривается как объект барьерных технических решений, обеспечивающих нетокопроводность его контакту с посадочным местом на шпинделе станка, в выполнении научно-исследовательской тематики НТУ «ХПИ». Для этого предлагается электроизоляционная поверхностная инженерия установочно-контактных поверхностей металлического корпуса инструмента, т. е. в общем случае полного решения задачи – цилиндрической посадочного отверстия и примыкающих к ней торцевых, с перекрытием зон контакта в по ним в радиальных направлениях с использованием соответственно локальных диэлектрических покрытий, например, универсальных и специально разработанных улучшенных на эпоксидной основе (на стальные корпуса) или методом микродугового оксидирования (на алюминиевые корпуса). Токосвод на рабочую поверхность инструмента осуществляется посредством обычного щеточного контакта через свободные от электроизоляционного покрытия поверхности его металлического корпуса или непосредственно алмазно-металлическую композицию рабочей части шлифовального круга.

Разработанные технические решения конструкции и технологии производства усовершенствованных алмазных шлифовальных кругов запатентованы.

Выводы: Разрабатываемый в НТУ «ХПИ» конструктивно-технологический подход к проектированию и производству алмазных шлифовальных кругов с локальной электроизоляцией для их расширенной адаптации к АИШ не требует передела шпиндельного узла универсального станка его потребителем или производителем. Это особенно важно для расширения технологических возможностей универсальных шлифовальных станков включением в станочную систему источника-генератора технологического тока и обеспечением токосвода в зону резания в условиях механообрабатывающих производств, так как адаптированный к АИШ инструмент не требует передела шпиндельного узла универсального станка с вмешательством в его формообразующую точность, обеспеченную в станкостроительной промышленности.

МОДЕЛЮВАННЯ СТАТИЧНИХ І ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРУЖНОЇ СИСТЕМИ «ШПИНДЕЛЬНИЙ ВУЗОЛ»

Данильченко Ю.М.

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

На даний час в пружно-деформаційних моделях шпиндельних вузлів враховують наявність шпинделя на опорах, корпуса та закріпленого в шпинделі інструменту (заготовки) [1]. Для побудови таких моделей найчастіше використовують метод скінченних елементів (МСЕ). Використання МСЕ дозволяє отримати найбільш точні результати моделювання статичних і динамічних характеристик пружної системи «шпиндельний вузол», але процедура створення таких моделей характеризується значною складністю і трудомісткістю.

Серед інших способів опису пружної системи шпиндельного вузла слід відмітити використання методу початкових параметрів в матричному формулюванні, більш відомого як метод перехідних матриць (МПМ). В основі цього методу лежить розв'язок задачі про власні згинальні коливання балкового елемента постійного перетину з рівномірно розподіленою масою. Основною перевагою МПМ порівняно з МСЕ є простота розрахункової моделі при забезпеченні достатньо високої точності обчислення.

Найпростіша розрахункова модель шпиндельного вузла, складена з використанням МПМ, являє собою пружну ступінчасту балку, встановлену на нерухомій основі на пружно-дисипативних опорах. Ця модель використовується для обчислення як динамічних, так і статичних характеристик шпиндельного вузла.

При моделюванні характеристик шпиндельного вузла як пружної системи, що складається з декількох взаємопов'язаних підсистем, МПМ використовується для визначення коефіцієнтів впливу підсистем, виокремленнях із системи шляхом її декомпозиції [2]. Але розроблені схеми декомпозиції придатні лише для проведення моделювання динамічних характеристик.

В роботі обґрунтовано необхідність та розроблено алгоритм застосування різних схем декомпозиції пружної системи «шпиндельний вузол» для моделювання її статичних і динамічних характеристик. На основі прийнятих схем декомпозиції розроблена узагальнена математична модель пружної системи «шпиндельний вузол».

На прикладі шліфувальної головки із інструментальною оправкою проведено моделювання власних частот системи, форм коливань підсистем та їх пружних ліній при статичному навантаженні.

Література: 1. Abele E. Machine Tool Spindle Units /Abele E., Altintas Y., Brecher C. // CIRP Annals-Manufacturing Technology, Vol. 59, No. 2, 2010. – pp.781-802. 2. Данильченко Ю.М. Исследование динамических характеристик механической системы «шпиндельный узел» /Данильченко Ю.М., Дорожко А.О., Петришин А.И. // Вестник МГТУ «Станкин» № 1 (28), 2014. – С. 81-91.

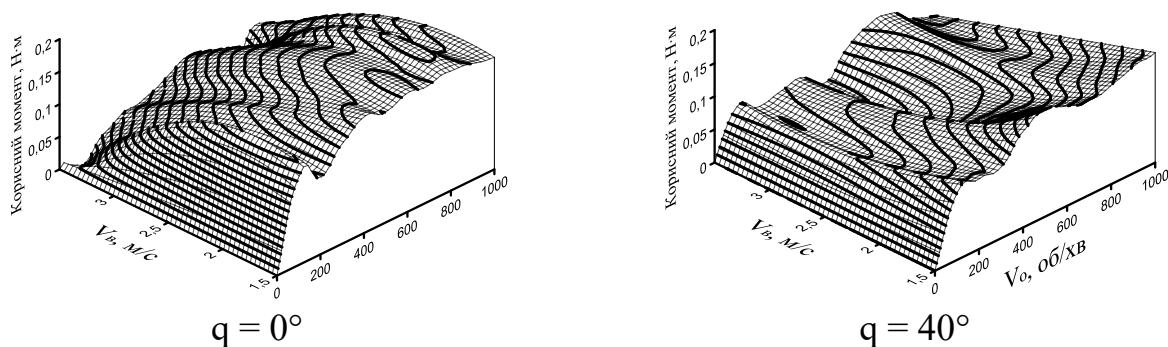
ВПЛИВ УМОВ МАГНІТНО-АБРАЗИВНОГО ОБРОБЛЕННЯ НА КОРИСНИЙ МОМЕНТ НА ВАЛУ ШПИНДЕЛЯ ПРИ ОБРОБЛЕННІ ТВЕРДОСПЛАВНИХ ПЛАСТИН

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

При магнітно-абразивному обробленні (МАІ) твердосплавних пластин в умовах великих магнітних робочих зон найбільший вплив на процес оброблення спричиняють динамічні сили взаємодії магнітно-абразивного інструменту (МАІ) з оброблюваними поверхнями. Сили з якими МАІ взаємодіє з поверхнями опосередковано можна визначити по корисному моменту на валу двигуна шпинделя, який розташований колінеарно до осі обертання оправки з розташованою на ній пластинкою.

Виконано оброблення пластини типу PNMA120408 з твердого сплаву марки Т5К10 порошком ДЧ фракції 0,8 мм в сухому стані. Індукція магнітного поля в порожній робочій зоні - 0,175 Тл. Кут нахилу оправки відносно площини робочої зони 45° , а кут повороту проекції осі оправки відносно дотичної до робочої зони φ був рівний 0° та 40° . Швидкість руху оправки вздовж кільцевої робочої зони V_b складала 1,5, 2,5 та 3,5 м/с, а швидкість обертання оправки навколо власної осі V_o змінювалась від 0 до 1000 об/хв з дискретністю 100 об/хв.

За результатами експериментальних досліджень, наведених на рисунку, чітко встановлено, що при $\varphi = 0^\circ$ величини корисних моментів на валу шпинделя більші ніж при $\varphi = 40^\circ$.



При збільшенні V_o моменти теж збільшуються, для $\varphi = 0^\circ$ вони досягають величини 0,14 - 0,18 Н·м, а для $\varphi = 40^\circ$ - 0,1 - 0,16 Н·м. Така різниця виникає через різну величину площі контакту поверхонь з МАІ у напрямку вектора руху V_b . Встановлено, що для $\varphi = 0^\circ$ при V_b більше 3 м/с моменти знижуються, що пояснюється "викиданням" МАІ з робочої зони за рахунок значного динамічного навантаження. Для $\varphi = 40^\circ$ такої поведінки не спостерігається, бо при таких умовах розташування пластин в робочій зоні значно знижується витіснення МАІ з робочої зони. Таким чином встановлено, що на сили оброблення при МАІ впливають швидкості, умови установки пластин та поведінка МАІ, особливо відновлення його властивостей в робочій зоні.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ВОПРОС ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КРИВОШИПНО-РЫЧАЖНОГО ШАГАЮЩЕГО ХОДА НА ДРАГЛАЙНАХ

Держинская О.В.

(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Экономическая эффективность применения различных систем ходового оборудования определяется, в конечном счете, с целью повышения эксплуатационной производительности шагающих экскаваторов или степенью снижения стоимости единицы продукции. Непосредственный расчет эффективности применения цельных систем шагающего кривошипно-рычажного хода на шагающих экскаваторах на основе учета снижения стоимости единицы продукции практически затруднен. Поэтому остановимся на влиянии примененной на машине системы шагающего ходового оборудования на ее эксплуатационную производительность.

Эксплуатационная производительность зависит от проходимости шагающего экскаватора самостоятельно двигаться по грунтовым поверхностям карьеров.

Величина коэффициента влияния передвижения зависит от конструкции опорной поверхности лыж.

Которая может быть следующих видов:

- с гладкой поверхностью;
- с опорной поверхностью, которая в продольном сечении со стороны опоры на грунт ограничена ломаной линией;
- с высотой каждого впереди опорного элемента в направлении скольжения лыжи меньше высоты каждого следующего опорного элемента;
- с дополнительными опорами, которые выполнены в виде балок и закреплены на торцах основной балки, причем ось шарнирного соединения балок совпадает с продольной осью основной балки;
- с закрепленными внутри каждой стенки параллельно расположенными ограничительными ребрами, между которыми расположен с возможностью перемещения в вертикальной плоскости верхний пояс, при этом лыжа имеет расположение внутри пустого корпуса упругие элементы шаровидной формы. Дополнительные элементы опорной поверхности обеспечивают отсутствие пробуксовки лыж относительно опорной поверхности грунта забоя.

Экономическая эффективность применения различных систем шагающего ходового оборудования определяется повышением эксплуатационной производительности шагающих экскаваторов. Сопоставление эксплуатационной производительности с учетом частичного пробуксовывания по результатам сравнительного исследования проходимости оборудованных кривошипно-рычажным и кривошипно-колесным шагающим ходом, показывает, что в одинаковых условиях эксплуатации производительность первых выше на 7-11%.

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ К СТАНОЧНОМУ ОБОРУДОВАНИЮ

Донченко Е.И., Решетняк С.Р.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

На предприятиях действует в основном бирочная система контроля доступа к оборудованию. В такой системе контроля каждая единица оборудования (станок, кран, и.т.п.) имеет свой замок - выключатель, который коммутирует цепь управления включением питания. Для обеспечения доступа работник получает под роспись ключ-бирку.

Система контроля и управления доступом (СКУД), основанная на механических ключах, ненадежна и морально устарела. Современным решением является использование электронных ключей на базе RFID технологии. В частности, RFID ключи Mifare с рабочей частотой 13,56 МГц, помимо двухступенчатой функции защиты, обладают возможностью записи данных непосредственно в сам ключ.

Предложена СКУД станочного оборудования, которая предусматривает наличие индивидуального RFID ключа у каждого работника. Одновременно, ключ может выполнять еще и функции пропуска на предприятие. Получение доступа к оборудованию обеспечивается записью в память ключа специальных меток, обладающей необходимым сроком действия (например, на одну смену или же на неделю) и указанием разрешенного к включению оборудования.

В лаборатории встраиваемых систем кафедры АПП ДГМА разработана и реализована система контроля доступа (рис. 1), состоящая из RFID-считывателя (частота 13,56 МГц, объем пользовательской памяти - 192 байт), управляющего контроллера STM32F0, блока питания, точки беспроводного доступа (модуль WiFi ESP-12) и модуля памяти со встроенными часами. Для отключения блокировки станка используется замыкающий контакт реле, который соединяется с цепью управления силовым контактором.

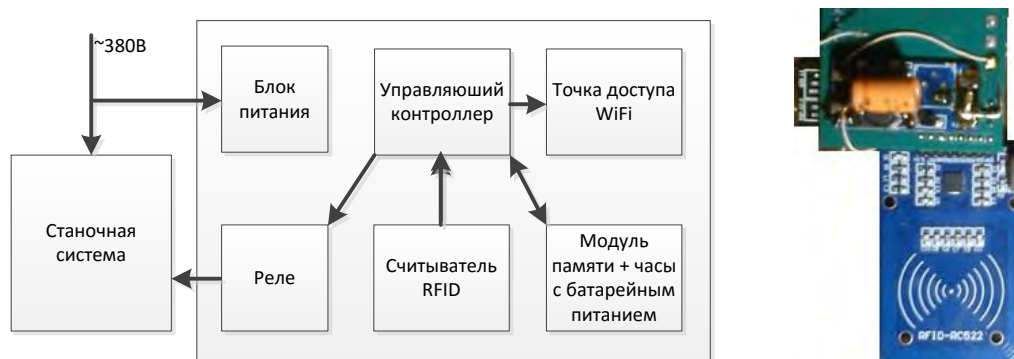


Рисунок 1 – Структурная схема и фото модуля СКУД

Получить доступ к памяти СКУД может только администратор с помощью мастер – карты. В этом режиме включается WiFi, благодаря чему администратор получает возможность просматривать в браузере все события включения и отключения, которые регистрируются в архиве событий с указанием номера карты и ФИО владельца.

Выводы

Была разработана и изготовлена СКУД станочной системы, позволяющая выполнять: ограничение несанкционированного доступа к оборудованию; учет времени и даты включения/отключения станка с привязкой к ФИО пользователя; дистанционное считывание данных с помощью Web браузера.

РОЗРОБКА СТЕНДУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ІМПУЛЬСНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ

Жартовський О.В., Ларічкін О. В.

(ДДМА, г. Краматорськ, Україна)

Імпульсна обробка матеріалів знаходить широке застосування для зміцнення різальних інструментів і отримання нових матеріалів.

Отримання нових матеріалів відбувається при високих тисках і температурах. Ці умови виникають при імпульсних розрядах в результаті потужних електричних вибухів і супутнього їм виникнення пінчей і ударних хвиль. Крім того відбувається зміна властивостей матеріалів.

Завдяки малій енергоємності та комплексу факторів впливу на речовину обробка імпульсними електричними розрядами є перспективним технологічним процесом. Створення засобів управління процесом і контролю енергетичних параметрів імпульсів актуальні.

Метою роботи є розробка стенду для дослідження параметрів імпульсного електричного струму.

У процесі роботи вирішували завдання щодо створення структурної схеми стенду та її математичної моделі, проведення зборки і випробування стенду та дослідження параметрів імпульсного електричного струму.

Стенд являє собою електричну установку до складу якої входять автоматичний генератор імпульсного електричного струму, електронна обчислювальна машина і електронний осцилограф. Автоматичний генератор імпульсного електричного струму має можливість налаштування частоти проходження електричних імпульсів та їх тривалості. До складу генератору входять блок мікроконтролера, блок транзисторного ключа.

Створення математичної моделі та її тестування було проведено перед тим як розпочинати безпосереднє створення дослідницької установки. Для моделювання роботи установки була створена її математична модель в інтерактивному середовищі MATLAB. Розроблена структурна схема моделі дослідницької установки у графічному середовищі MATLAB Simulink. При створенні математичній моделі неможливо врахувати всі без винятку існуючі фізичні параметри реальної установки. Результати моделювання дозволяють попередньо оцінити якість функціонування запропонованої схеми, її відповідність параметрам роботи.

У разі наявності помилок у роботі самої моделі або отримання імпульсів електричного струму з небажаними параметрами можливо внести у модель усі необхідні зміни для їх ліквідації.

Розроблено стенд для дослідження параметрів імпульсного електричного струму, що являє собою електричну установку до складу якої входять автоматичний генератор імпульсного електричного струму, електронна обчислювальна машина і електронний осцилограф.

Проведені випробування стенду та дослідження параметрів імпульсного електричного струму. Встановлена математична формула залежності потужності, що виділяється імпульсом електричного струму на навантаженні, від напруги батареї конденсаторів при різних номіналах опору. Електронна обчислювальна машина у складі стенду дозволяє проводити моделювання та дослідження параметрів імпульсного електричного струму.

ВПЛИВ ДИНАМІЧНОГО СТАНУ ОБРОБЛЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ НА ЯКІСТЬ ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ТОЧІННІ З ЧАСТОТОЮ ДО 10 000 ОБ/ХВ

Залога В.А., Шаповал Ю.В.

(СумДУ, м. Суми, Україна)

Підвищення продуктивності праці є основною метою більшості вдосконалень в галузі обробки металів різанням. Високошвидкісне різання є однією з технологій, що реалізує цей принцип. Технологія обробки з високою швидкістю різання конструкційних матеріалів може забезпечити необхідну якість деталі і виключити необхідність додаткової фінішної обробки. Це стало можливим з розвитком інструментальних матеріалів для лезової обробки металів та їх покриттів.

Аналіз власних форм коливань показує, що найбільші коливання здійснює верстат як тверде тіло на основі. Але разом з цим є значні переміщення шпинделя відносно інструмента. Форми коливань такі, що при резонансі в точці контакту різця з заготовкою, закріпленою у шпинделі за нормальних умов переміщення вершини різця та заготовки у напрямі осі Y є протифазні, що і призводить на резонансних частотах до погіршення шорсткості. Разом з тим ситуація змінюється, якщо ввести додаткову масу. Наприклад додавання маси до задньої бабки вагою 5% від маси верстату призводить до того, що у даному положенні супорту в місті контакту вершини різця з заготовкою виникає вузол, в якому вібропереміщення незначні. Разом з тим перерозподіл мас впливає більшою мірою на форму коливань, ніж на їх відносну амплітуду у системі.

Таким чином, при наявності резонансних явищ у системі при заданій частоті обертання здійснення точіння у вузлі коливань забезпечує зменшену амплітуду відносних вібропереміщень и потенційно може призводити до зменшення шорсткості. Отже, отримала теоретичне підтвердження та пояснення відома ідея зменшення вібрацій шляхом перерозподілу мас у технологічній системі. Проте з'явився новий погляд на цю ідею – не має сенсу зменшувати вібрації у всій системі але необхідно забезпечити вузол коливань у вершині леза.

Досліди показали, що наявність додаткової маси дійсно призводить до зміни амплітудно-частотної характеристики коливань різця відносно шпинделя. При цьому максимумами амплітуди коливань зміщуються з одних частот на інші. Так при точінні без маси мінімальна амплітуда коливань в даному положенні різця при частотах 6800 та 8800 об/хв, то при наявності маси – при частотах

4800 та 7800 об/хв, а також зменшується при частоті більше за 10100 об/хв. При частоті більше 10000 об/хв змінюється і мікропрофіль поверхні з введенням додаткової маси - параметр шорсткості поверхні Ra зменшується з 1,54 мкм до 0,95 мкм при точінні деталі діаметром 10мм із матеріалу марки Д16Т. Таким чином ці ефекти експериментально показують позитивний вплив додаткової маси на амплітуду відносних коливань вершини різця.

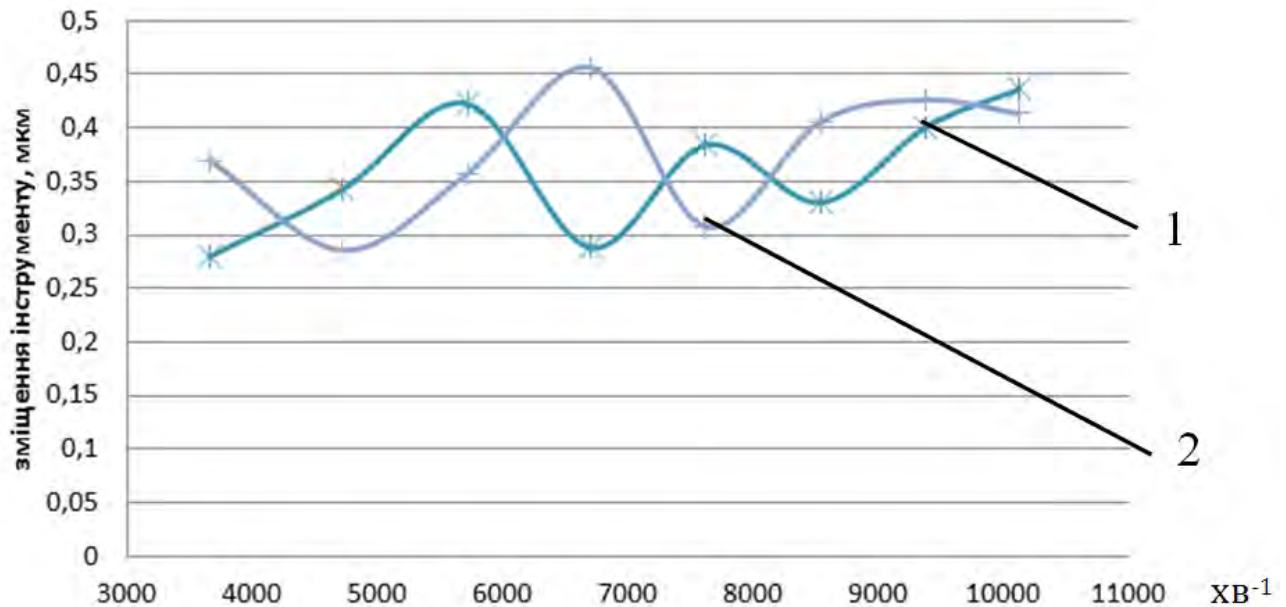


Рисунок 1 - Вплив додаткової маси на амплітуду коливань інструменту в радіальному напрямку відносно деталі.

Практична цінність полягає у тому, що для малих частот обертання шпинделя (а отже і частот змушуючої сили) ця ідея важко реалізована, оскільки верстат на основі та шпиндель коливаються як тверде тіло і необхідні великі маси для керування формами власних коливань з низькими частотами, а ось для високих частот (близько 10000 об/хв та більше) обертання шпинделя (а отже і частот змушуючої сили) це реалістично, оскільки навіть невеликі маси (8 кг у прикладі) призводять до зміни форми і частоти власних коливань близьких до цих частот змушуючої сили.

Висновок. Встановлено, що основними джерелами коливань інструменту є автоколивання та коливання від збуджуючої сили системи шпиндель-пристрій-заготовка. Забезпечення мінімальної шорсткості досягається за рахунок зменшення відгуку системи на вимушену силу в зоні різання за рахунок суміщення вузла власних форм коливань та зони різання;

Література: Залога В. О. Скінчено-елементний аналіз динамічного стану металообробної технологічної системи / В. О. Залога, Ю. В. Шаповал, К. А. Дрофа. // Технологический аудит и резервы производства. – 2016. – №3. – С. 33–39.

ХОЛОДНЫЕ ТРЕЩИНЫ В СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ С МНОГОСЛОЙНЫМИ АУСТЕНИТНЫМИ ШВАМИ

Кабацкий В.И., Кабацкий А.В., Прайс Л.А.

(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

При сварке жестких конструкций из высокопрочных сложнолегированных сталей многослойными аустенитными швами характерным дефектом сварных соединений являются холодные трещины, возникающие в зоне сплавления соединения. Такие трещины получили название отрывов. Анализ показывает, что отрывы обычно располагаются по границе сплавления и как бы окаймляют шов, повторяя все изгибы линии сплавления. Распространяется отрыв либо по границе сплавления, либо несколько смещается в сторону шва и проходит преимущественно по полосе неоднородности, располагающейся на участке металла шва переменного состава (переходном слое).

В ряде работ было показано, что на этом участке заметного развития могут достигать хрупкие прослойки кристаллизационного и диффузионного характера, а также наблюдаться заметные скопления неблагоприятного вида сульфидных включений. Местоположение в переходном слое включений и прослоек зачастую совпадает. Таким образом, полоса неоднородности со стороны металла шва является наиболее вероятным местом зарождения и распространения отрывов.

На отдельных коротких участках трещина-отрыв может переходить также в околошовную зону, где распространяется преимущественно по скоплениям пленочных и цепочных сульфидных включений, залегающих на первичных границах зерен.

При сплавлении металлов с разными теплофизическими свойствами и химическими составами зона сплавления, как и всякая граница раздела фаз, является напряженной, характеризуемой скачком напряжений. При этом в некоторых участках зоны сплавления вследствие наличия объемного напряженного состояния может происходить значительная локальная пластическая деформация, приводящая к местным перенапряжениям. Под действием других факторов (например, концентраторов напряжений в виде хрупких прослоек) по зоне сплавления могут произойти разрушения.

При рассмотрении механизма образования отрывов следует, очевидно, учитывать и возможность возникновения микротрещин от сульфидных включений, а также существование при охлаждении зародышевых микротрещин в виде горячих надрывов. При этом началом отрыва могут служить микротрещины, проходящие как по сульфидным включениям, находящимся на участке переходного состава, так и по близлежащим включениям, располагающимся на границах аустенитных зерен в околошовной зоне.

Обобщая результаты исследования зоны сплавления аустенитных швов, можно заключить, что возникновение трещин-отрывов определяется особенностями диффузионных процессов и кристаллизации металла в этой зоне.

ВПЛИВ ХАРАКТЕРИСТИКИ І СТАНУ АЛМАЗНОГО ІНСТРУМЕНТУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ШЛІФУВАННЯ ВИРОБІВ ІЗ КРИХКИХ НЕМЕТАЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ

Калафатова Л.П., Рашков І.О.
(ДонНТУ, м. Покровськ, Україна)

Експлуатаційні характеристики виробів із крихких неметалевих матеріалів (КНМ), до яких відносяться різні види технічної кераміки, в значній мірі визначаються глибиною і структурою дефектного шару. Відомо, що на рівень дефектності суттєво впливають умови обробки, від яких залежить рівень сил у зоні шліфування. Насамперед, до цих умов належать характеристики і стан робочої поверхні алмазних кругів.

При шліфуванні КНМ рівень сил, які виникають в зоні контакту інструменту і деталі, збільшується при затупленні круга, що обумовлено зміною площадок контакту зерен з оброблюваною поверхнею і перерозподілом номінальних тисків на цих площадках. Величина зносу кругів залежить від режиму шліфування, технологічних характеристик інструменту, вибраного способу правки. Аналізуючи отримані експериментальні дані при обробці технічних ситалів, можна відмітити наступне. Для усіх розглянутих варіантів обробки, які відрізняються зернистістю і маркою вживаних алмазів, простежується тенденція до зниження дефектності при роботі правленим кругом порівняно із затупленим. Найбільш чітко це видно при роботі кругами з дрібнішою зернистістю і меншою міцністю алмазів. Встановлено, що практично на усіх рівнях залягання дефектів, обумовлених обробкою, а це не менше 600 мкм, застосування кругів з більш дрібною зернистістю (100/80 проти 250/200) забезпечує зниження дефектності незалежно від міри зносу інструменту. На глибині, що перевищує 300 мкм, зниження дефектності досягає 8 разів, а розміри внесених дефектів наближаються до розмірів структурних дефектів ситалу. Отримані також дані, які показують, що застосування інструменту з міцнішими алмазними зернами (АС 20 у порівнянні з АС 6) призводить до значного підвищення дефектності обробленої поверхні - збільшення розмірів дефектів до 12 разів на глибині 420-500 мкм. Застосування прогресивних способів правки кругів порівняно з традиційно використовуваними на виробництві способами правки абразивними брусками або роликками, дозволяє істотно підвищити стійкість інструменту і понизити рівень дефектності відразу ж після правки до 3 разів, а до кінця періоду стійкості інструменту - до 5-7 разів. Таким чином, можна зробити наступні висновки. Інструмент з більш міцними алмазними зернами і більшої зернистості раціонально застосовувати на стадії чорнового шліфування, коли важливий чинник зниження трудомісткості обробки. На операціях чистового шліфування, на яких завершується формування поверхневого шару виробу, де первинного значення набувають глибина і структура дефектного шару, що утворився, більш раціонально використати алмазні круги малої зернистості у поєднанні з періодичною правкою інструменту для підтримки його різальної здатності на належному рівні в період експлуатації.

ПРОБЛЕМА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ У ВАЖКОМУ МАШИНОБУДУВАННІ

Калініченко В. В., Кравченко Д. В.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Машинобудівному комплексу України притаманний високий рівень енерговитрат на одиницю продукції, що набагато перевищує рівень енерговитрат на одиницю продукції у провідних промислово розвинених країнах. Цей фактор справляє негативний вплив на конкурентоздатність продукції вітчизняного машинобудування, особливо з урахуванням тенденції неухильного зростання питомої частки вартості енерговитрат у структурі собівартості продукції внаслідок постійного зростання цін на електроенергію. Тому стратегічним напрямом підвищення конкурентоздатності продукції машинобудівних заводів України є підвищення енергоефективності механічної обробки деталей. Особливо це стосується високоенергомісткого важкого машинобудування.

Значну питому частку деталей важкого машинобудування складають деталі-тіла обертання. У структурі технологічних процесів виготовлення таких деталей переважає токарна обробка на важких верстатах, що характеризується дуже високим рівнем енерговитрат, причинами чого є:

- великі значення потужності електродвигуна приводу головного руху (ПГР) верстата, що обумовлюють високий рівень абсолютних витрат (втрат) енергії при заданому значенні питомих витрат (втрат);

- великі припуски на обробку деталей, що обумовлюють високі силові навантаження в зоні різання та, відповідно, енерговитрати на процес різання;

- великі втрати електроенергії при роботі електродвигуна ПГР верстата на холостому ході під час заміни різальної пластини (різцевого блоку) внаслідок відмови.

Кардинальне оновлення технологій та модернізація обладнання при технічному переозброєнні виробництва на принципах енергоефективності вимагає значних капітальних вкладень, не забезпечуючи їхньої швидкої окупності. В той же час значної економії енергоресурсів у виробництві можна досягти і без його технічного переозброєння, за рахунок використання енергоефективних параметрів технологічних процесів.

Математичні моделі для визначення енергоефективних параметрів механічної обробки мають базуватись на використанні критеріїв оптимізації, пов'язаних з величиною енерговитрат при різанні. Разом з тим, у відомих оптимізаційних моделях процесів токарної обробки деталей важкого машинобудування енергетичні критерії оптимізації, на відміну від економічних та техніко-економічних критеріїв, використовуються ще недостатньо широко. Зазначена обставина обумовлює актуальність розробки математичних моделей токарної обробки на важких верстатах з використанням енергетичних критеріїв оптимізації.

НАДІЙНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ ПРИ ОПТИМАЛЬНІЙ СТРАТЕГІЇ ЗАМІНИ ІНСТРУМЕНТА

Клименко Г.П.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна).

Заміну різального інструмента із забезпеченням заданого рівня надійності технологічної системи можливо представити як оптимальне динамічне планування профілактичних заміни. При цьому критеріями оптимальності прийняті середні витрати на заміну інструменту в одиницю часу (інтенсивність витрат). В даній роботі дослідженню підлягало 5 стратегій заміни інструмента.

Стратегія 1. – Система відновлюється після відмови (аварійна заміна інструменту). Стратегія 2. – У фіксований момент часу планомірно проводять профілактичну заміну інструменту, при цьому працездатні інструменте теж підлягають зміні. Стратегія 3. – В певні моменти часу, які відповідають гамма-відсотковій стійкості інструмента, проводяться його заміни. Працездатність системи при аварійних відмовах відновлюється за допомогою мінімального відновлення. Стратегія 4. – Система відновлюється повністю після першої відмови. Аварійні відмови усуваються за допомогою мінімального відновлення. Стратегія 5. – Перші відмові $n-1$ усуваються за допомогою мінімального відновлення. Після n -ї відмови система відновлюється повністю.

Аналіз раціональних умов використання стратегій заміни інструментів здійснювався на основі згаданих вище критеріїв. Показником надійності технологічної системи є коефіцієнт готовності, який являє собою ймовірність того, що в заданий момент часу система знаходиться в працездатному стані. Для закону розподілу Вейбулла-Гнеденко, який найточніше відображає напрацювання на відмову твердосплавного інструмента, параметрами закону являються a і b . Встановлено, чим менший параметр b (це частіше розподіл стійкості інструмента для важких верстатів), тим менше відхилення від оптимального значення інтервалу відновлення системи. При цьому коефіцієнт готовності в залежності від ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$ інструмента та часу аварійного d_a і профілактичного відновлення d_n має вигляд: $k(t) = \int_0^t P(t)dt / (d_a F(t) + d_n P(t) + \int_0^t P(t)dt)$, де $F(t)$ – розподіл напрацювання на відмові інструмента.

Для всіх стратегій заміни інструменту здобуті математичні моделі інтенсивності експлуатаційних витрат $R(\tau_3)$ в залежності від середніх витрат на аварійне і профілактичне відновлення. Інтервал заміни інструмента визначається при $R(\tau_3) = \min(\tau)$

Аналіз математичних залежностей $R(\tau_3)$ і $k(t)$ для всіх стратегій відновлення системи дозволив довести найбільш ефективну стратегію відновлення, яка забезпечує максимальну надійність при мінімальних витратах на заміну інструменту.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫБОРА КОНСТРУКЦИИ СБОРНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ И РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ДЛЯ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ

Клименко Г.П., Квашнин В.В.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Многообразие вариантов конструкции сборных инструментов усложняет задачу обоснования эффективности использования конкретного конструктивного решения. Для разработки рекомендаций по выбору конструкции инструмента использовались сравнительные лабораторные и эксплуатационные испытания с использованием методов разрушающей подачи, длительных испытаний, экспертных оценок. В результате разработана система таблиц, в которых приведены рекомендации предпочтительного выбора конструкции инструмента в зависимости от условий их эксплуатации и режимы резания, которые впервые связаны с конкретной конструкцией инструмента. Однако использование этих рекомендаций требует достаточно высокой квалификации технолога при принятии решений, усложняет поиск необходимой информации. Для реализации САПР ТП разработан блок выбора инструмента и режимов резания с использованием ЭВМ.

Для автоматизации технологической подготовки механообработки разработана программа в свободной среде разработки приложений SharpDevelop на язык C#. Интерфейс главного меню программы представляет собой ряд кнопок, которые позволяют открывать окна необходимых пользовательских параметров. Интерфейс программ выбора конструкции инструмента и режимов резания для выбора входных данных представляет собой ряд элементов ComboBox и RadioButton. Введение входных данных происходит последовательно. В случае, если вариант выбора один он происходит автоматически. На каждом этапе выбора входных данных соответствующим переменным присваиваются определенные значения. После выбора всех необходимых исходных данных, в соответствии со значениями переменных на экран пользователя выводится результат.

Входными параметрами для выбора конструкции сборных резцов являются: операция, группа обрабатываемых материалов, характер обработки и припуска, глубина резания. Далее выбирается в зависимости от типа размера станка (средний или тяжелый) и размера детали тип пластины, схема ее крепления, форма пластины в плане, материал режущей части, толщина пластины в зависимости от требуемой прочности, форма передней поверхности пластины, геометрические параметры. Блок выбора режимов содержит выбор подачи, скорости резания и поправочных коэффициентов к ним в зависимости от измененных условий резания. Далее – период стойкости и элементы расхода инструмента.

ДІАГНОСТИКА ВЕРСТАТНИХ КОМПЛЕКСІВ НА БАЗІ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

Клименко Г.П., Квашнин В.В.
(ДДМА, г. Краматорськ, Україна).

Якість і надійність роботи верстатів і механізмів, їх керованість і працездатність значною мірою залежить від розробки системи контролю поточних параметрів об'єкта управління в цілому і його електроприводу зокрема.

У зв'язку з цим виникає необхідність в розробці і створенні відносно недорогих, доступних але більш точних засобів вимірювань, контролю та управління для модернізації такого обладнання.

Метою роботи є розробка системи контролю і управління асинхронним електроприводом на основі елементної бази мікроконтролерів серії STM32-discovery.

Для досягнення поставленої мети було намічено вирішення наступних завдань: вибір системи діагностування, визначення структури функціональної схеми контролю та управління регульованим асинхронним електроприводом, визначення апаратних і програмних засобів діагностики електромеханічної системи, розробка імітаційного обладнання для формування статичних та динамічних навантажень у вигляді лабораторних стендів.

За основу структури системи функціонального діагностування прийнята трирівнева система контролю та управління. На першому – нижньому рівні, знаходиться об'єкт управління у вигляді частотного електроприводу механізму, а також необхідні датчики для вимірювання технічних параметрів об'єкта управління - шляху, швидкості, струму, напруги, потужності та ін. На другому – середньому рівні передбачається використання найбільш продуктивного мікроконтролера з сімейства мікроконтролерів лінійки STM32F4. На третьому – верхньому рівні розташовується керуюча обчислювальна машина та оператор.

У результаті виконаної роботи обґрунтована актуальність розробки відносно недорогої, простої, але в той же час сучасної та функціональної системи контролю та управління асинхронним електроприводом. Визначено вид системи діагностування і структура її реалізації. Обрана елементна база для побудови системи контролю та управління на основі лінійки мікроконтролерів STM32-Discovery. Розроблено імітаційне обладнання у вигляді стендів статичних і динамічних навантажень, оснащених асинхронними електроприводами різних потужностей. Для контролю основних технічних параметрів електроприводів обрані гальванічно розв'язані імпульсні датчики швидкостей, а також датчики струмів електродвигунів. Описано використовувані засоби програмування і способи обміну даними між різними рівнями запропонованої системи діагностування.

РАБОТОСПОСОБНОСТЬ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ, ОСНАЩЕННЫХ КОМПОЗИТАМИ С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ cBN

Клименко С.А., Мельнийчук Ю.А., Копейкина М.Ю.

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

В настоящее время в промышленном производстве наблюдается стойкая тенденция к увеличению использования конструкционных сталей и сплавов высокой твердости. При их обработке эффективны лезвийные инструменты, оснащенные поликристаллическими сверхтвердыми материалами на основе кубического нитрида бора (cBN) группы VL, имеющие в своем составе 45–65 об. % cBN в керамической матрице из TiN, Ti(C,N), TiC, TaN, TiB₂, Si₃N₄, SiC, MAX-фаз (например, Ti₂SiC₂).

Резцы с композитами группы VL позволяют выполнять чистовое точение деталей из Fe-C сплавов высокой твердости (60–64 HRC): закаленных сталей (ХВГ, ШХ15, 30ХГСА, 40Х, У8), чугунов (ИЧХ 12, ИЧХ 22) и др. со скоростями резания $v = 180–270$ м/мин. Это повышает производительность обработки в 1,5–2,5 раза (с 3600 мм³/мин до 9000 мм³/мин). По сравнению с обработкой сталей и сплавов высокой твердости инструментами с композитами группы VH (70–95 об. % cBN) скорость изнашивания разработанных инструментов в 1,5–5,0 раз ниже (в зависимости от скорости резания), что позволяет обеспечить высокое качество обработанной поверхности при точении в течение длительного времени.

Инструменты с режущими пластинами из композитов группы VL при высокоскоростной обработке обеспечивают стойкость 30–40 мин, что позволяет выполнять обработку крупногабаритных изделий за один проход без изменения режущего инструмента.

Обработка изделий, изготовленных из Fe-C сплавов средней твердости (48–55 HRC), проводится инструментом с композитами группы VL со скоростями резания до 300–360 м/мин, обеспечивая стойкость 25–35 мин.

Инструменты, оснащенные композитами переходной группы VL-VH с содержанием cBN 70–75 об.%, по интенсивности изнашивания при чистовом точении Fe-C сплавов высокой твердости (60–64 HRC) со скоростями резания $v = 180–270$ м/мин уступают на 25–30% аналогичным инструментам, оснащенным композитами с содержанием cBN 50–55 об.%, однако позволяют проводить обработку при динамических нагрузках на инструмент (при наличии на деталях шпоночных пазов, трещин и др.), отвечающих условиям получистового точения. Точение инструментами из композитов с содержанием cBN 70–75 об.% может проводиться с повышенными подачами ($S = 0,2–0,3$ мм/об) при высокой стойкости инструмента, что значительно расширяет сферу применения композитов на основе cBN.

ИМПУЛЬСНОЕ ЗУБОШЛИФОВАНИЕ ЗАКАЛЕННЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

¹Клочко А.А., ¹Басова Е.В., ¹Анциферова О.А., ²Лищенко А.Н.
(¹НТУ «ХПИ», г. Харьков, ²ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Зубошлифование закаленных цилиндрических зубчатых колес характеризуется образованием остаточных напряжений механического и теплового характера. В случае тепловой модели при зубошлифовании образуются растягивающие остаточные напряжения. Растягивающие напряжения снижают эксплуатационные свойства закаленных цилиндрических зубчатых колес и могут привести к возникновению микротрещин. Микротрещины появляются также в результате, прежде всего, высокой временной температуры шлифования - выше точки $A_{с3}$, а также структурных изменений, происходящих в поверхностном слое под влиянием разницы температур в микрообластях обрабатываемого материала. Когда величина остаточных напряжений превышают предел прочности обрабатываемого материала, тогда происходит процесс микрорастрескивания поверхностного слоя. Это явление свидетельствует о концентрации остаточных напряжений и высокой их интенсивности.

В теории образования термонапряжений краевые начальные задачи анализировались в пространствах гладких функций методами: интегральных преобразований, интегральных уравнений, гильбертового пространства и вариационного неравенства.

Существенным является то, что скорость температурных изменений неравномерна по сечению обрабатываемого материала зуба зубчатого колеса. Причиной возникновения термонапряжений является неравномерное охлаждение, нагрев ниже температуры A_1 и связанная с этим тепловая расширяемость.

Структурные напряжения вызываются изменением объема мартенситно-аустенитных превращений при переходе через интервал критических температур (например, в аустенит, перлит, мартенсит, бейнит). Поэтому усиление диффузии в твердых телах наблюдается только в некотором интервале средних температур, а в высоких температурах преобладают эффекты, вызванные тепловыми колебаниями. Эффект Сорета указывает, что поток материи в любой системе зависит от градиента концентрации и температуры.

Одним из направлений является разработка и исследование скоростного абразивного зубофрезерования закаленных цилиндрических зубчатых колес, что позволит снизить остаточные растягивающие напряжения с переходом их к напряжениям сжатия и значительно уменьшить вероятность образования микротрещин в поверхностном слое и повысить долговечность закаленных цилиндрических зубчатых колес.

ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧ С НЕНЬЮТОНОВСКИМ СОСТОЯНИЕМ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ

¹Ковалев В.Д., ²Клочко А.А., ¹Кравченко Д.А., ²Гасанов М.И.
(¹ДГМА, г. Краматорск, ²НТУ «ХПИ», г. Харьков, Украина)

Для доказательства существования гидродинамических эффектов цилиндрических зубчатых передачах впервые разработаны методика и устройство для визуализации гидродинамических эффектов, вызываемых упругими деформациями при контактировании зубьев сопрягаемых зубчатых колес. Предложенная методика позволила не только доказать и показать существование гидродинамических эффектов, но и произвести оценку степени их проявления на различных участках эвольвентной поверхности сопрягаемых зубчатых колес в зависимости от скорости, частоты, кратности передачи и продолжительности контактирования.

Эти данные раскрывают механизм влияния функциональной нагрузки на микроциркуляцию, а, следовательно, и на условия обеспечения передачи крутящего момента, необходимого для обеспечения работоспособности зубчатых передач.

В этом и заключается гидродинамическое значение упругих деформаций рабочей жидкости при переходе из ньютоновского в неньютоновское состояние и исключение непосредственного контактирования эвольвентных поверхностей сопрягаемых зубчатых колес.

С учетом полученных данных о гидродинамических эффектах упругих деформаций зубьев сопрягаемых зубчатых колес при наличии гидродинамических карманов позволили объяснить роль механического фактора в механизме перехода рабочей жидкости из ньютоновского в неньютоновское состояние, лежащего в основе изменения структурного контактирования зубьев цилиндрических зубчатых колес.

При функциональной нагрузке в сопрягаемых зубчатых колесах с гидродинамическими карманами возникают упругие деформации рабочей жидкости, вызывающие гидродинамический эффект, способствующие нормальному бесконтактному контактированию через рабочую жидкость, находящуюся в неньютоновском состоянии.

Степень влияния условий контактирования при возникновении неньютоновского состояния жидкости зависит от окружной скорости сопрягаемых зубчатых колес, формы и расположения гидрокарманов, вязкости рабочей жидкости, температуры, условия распространения волн и величины деформаций, угла исходного профиля зубчатых колес, схемой взаимодействия зубьев зацепляющихся колес с учетом сил трения.

Применение реологического свойства смазочной жидкости значительно улучшает технологические и эксплуатационные свойства зубчатых передач используемых в высокоскоростных, тяжело нагруженных приводах шпиндельных бабок, суппортах токарных станков с ЧПУ.

ЗАСТОСУВАННЯ АКУСТИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ МЕХАНІЗМІВ З ПАРАЛЕЛЬНОЮ КІНЕМАТИКОЮ

Ковалевська О.С.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

В даний час, управління виконавчими рухами технологічних машин з механізмами паралельної структури являє собою складну задачу. Для точного позиціонування робочих органів виконавчих механізмів при оптимальних швидкостях і прискореннях їх рухів по заданій траєкторії, необхідно мати інформативні системи ідентифікації об'єктів. Літературні дані, присвячені завданням кінематики і динаміки виконавчих механізмів, свідчать про необхідність оптимізації управління складними механізмами технологічних машин. Так як основні переваги обладнання з паралельною кінематикою найбільш яскраво проявляються в умовах великих швидкостей переміщення виконавчих механізмів при заданій точності траєкторії переміщення інструменту і його позиціонування, то необхідно також враховувати ефективність процесів за критеріями витрат енергії.

Одним з перспективних напрямків в даному питанні є дослідження можливостей генерування і застосування спектрів поглинання акустичних сигналів нормованого «білого шуму» просторовими механізмами з паралельною кінематикою. Такий підхід дозволяє досить точно ідентифікувати їх конфігурацію в статиці і динаміці - діагностувати координати траєкторій і позицій виконавчих органів і динамічних характеристик рухомих елементів верстатів-роботів. Для реального об'єкта облік складних траєкторій зі змінними координатами і похідними першого і другого порядку від траєкторії переміщення дозволяють визначати і прогнозувати стан об'єкта в будь-який момент часу. Тим самим створюються умови для управління становищем робочого органу мобільного верстата-робота з урахуванням поточних умов роботи верстата-робота (добре і слабо формалізованих) змінних факторів.

Оскільки акустичний спектр поглиненого «білого шуму» змінюється при зміні конфігурації об'єкта, актуалізація нейромережевої моделі (математичної моделі, в якій рівняння модифікованих активаційних функцій мають складну структуру зв'язків) дозволяє встановлювати залежності акустичного спектру і координат актуальної точки об'єкта. Ці дані можуть бути використані для керування позиціонуванням об'єкта. Реалізація запропонованого і розробленого методу ідентифікації динаміки і кінематики механізмів, була виконана на натурній моделі шляхом порушення конструкції малопотужним акустичним сигналом з розподілом сигналів однакової амплітуди.

Акустичний спектр відгуку, що представляє собою суму збуджених, поглинених і відображених акустичних хвиль піддається обробці на глибоких нейронних мережах. Результатом такої обробки є модель, що інтегрує особливості багатопотужних перцептронів і карт Кохонена. Показано, що таке об'єднання можливе за допомогою нейронних мереж каскадної конфігурації і модифікованим нейроподібним елементом.

ВИКОРИСТАННЯ ФРИКЦІЙНОГО ЕЛЕКТРОІМПУЛЬСНОГО МОДИФІКУВАННЯ ДЛЯ ЗАБЕСПЕЧЕННЯ ДИСКРЕТНИХ СТРУКТУР РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ

Ковалевський С.В., Тулупов В.І., Онищук С.Г.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

kovalevskii@i.ua, vladimir.tulupov@i.ua, serge.onishchuk@i.ua

Одними з методів, що підвищують зносостійкість та триботехнічні характеристики деталей машин є нанесення різних покриттів [1]. Серед методів нанесення покриттів є електрофізичні, електрохімічні та фізико-механічні [2, 3]. Як матеріал для покриттів, в тому числі багатошарових, використовують метали, полімери та тверді змазки [4].

Механічні методи поверхневого зміцнення дозволяють створити сприятливий для фрикційної взаємодії поверхневий рельєф та зменшити величину мікронерівностей оброблених поверхонь. Процес поверхнево-пластичного деформування створює в поверхневому шарі значний рівень деформацій та залишкових напружень стиснення.

Одним з перспективних методів зміцнення поверхонь деталей машин, що працюють в умовах знакозмінних навантажень є фрикційне електроімпульсне модифікування (ФЕМ), сутність якого є в нанесенні покриття у вигляді твердої змазки з наступним вигладжуванням з одночасним використанням імпульсного струму [5].

Теплові процеси, що виникають при ФЕМ, зв'язані з виділенням теплової енергії внаслідок проходження електричного струму, тертя інструменту по оброблюваній деталі, деформуванням металу поверхневого шару, теплообміном між інструментом та оброблюваною поверхнею, теплопередачею у зовнішнє середовище. Найбільший вплив чинить теплота, що обумовлена тертям інструмента по оброблюваній поверхні, та теплота, що виділяється при проходженні струму через зону контакту виробу та інструмента.

Високі швидкості нагрівання та охолодження визначають особливості фазових перетворень в сталі при ФЕМ. Такими особливостями є:

1. Тепловий та деформаційний вплив на поверхневий шар здійснюється одночасно, нагрівання супроводжується дією значних тисків. Структурно-фазові перетворення відбуваються практично одночасно у всьому мікрооб'ємі, тому що температура у даному мікрооб'ємі приблизно однакова та перевищує температуру фазових перетворень [7];

2. Тривалість процесу нагрівання та витримки в залежності від поверхні контакту та швидкості обробки дуже незначна;

3. Висока швидкість охолодження визначається інтенсивним тепловідведенням тепла від тонкого поверхневого шару всередину об'єму деталі;

4. Поверхневий шар може мати багаторазовий термічний вплив в залежності від кількості робочих ходів;

5. Фазові перетворення вуглецевої сталі, кінетика яких визначається дифузійними процесами, що зміщуються у область більш високих температур, внаслідок високої швидкості нагрівання. При цьому можливе зміщення завершення перлітно-аустенітного перетворення до температур, що є більшими температури поліморфного перетворення структурно вільного фериту. Незважаючи на високу температуру нагрівання ріст зерна не спостерігається, тому що тривалість нагрівання

та витримка при високій температурі невелика [6]. На вищезазначені фактори позитивно впливають також деформація, що створюється контактним тисненням та ковзанням інструмента в процесі ФЕМ.

6. Підвищена температура та деформація поверхневого шару сприяє інтенсифікації процесу дифузії модифікаторів в дефектну структуру поверхневого шару.

На основі проведеного аналізу фізичних процесів, що розвиваються фрикційно-електричному впливі, можна зробити висновок, що фізичною основою методу є термодинамічні процеси структурної модифікації, в умовах сильно нерівноважного стану дефектної структури вуглецевої сталі.

Імпульсний характер енергетичного впливу при електромеханічній обробці [7] перемінним струмом, а також сама схема реалізації процесу електромеханічного зміцнення обумовлюють формування на обробленій поверхні окремих, переміжних зміцнених фрагментів, незміцнених областей та прошарків вихідного металу, які в сукупності утворюють регулярну дискретну структуру (РДС) поверхні. Параметри окремих структурних зон, такі як форма, розміри, взаємне розташування, визначають якість поверхневого шару та впливають на експлуатаційні властивості.

В залежності від режимів обробки регулярні дискретні структури можуть мати різні параметри (степені) перекриття характерних зон, що утворюють регулярну дискретну структуру (РДС). Виділяють перекриття характерних зон в напрямку швидкості обробки (поздовжній напрямок) та в напрямку поперечної подачі інструмента (поперечний напрямок).

В процесі фрикційного електроімпульсного модифікування з пропусканням імпульсного струму через зону контакту інструмента з деталлю відбувається високошвидкісне нагрівання локального мікрооб'єму поверхні з одночасним пластичним деформуванням, а потім його швидке охолодження за рахунок відведення тепла в об'єм металу.

Як модифікатор для процесу фрикційного електроімпульсного модифікування (ФЕМ) запропоновано використовувати дисульфід молібдену (MoS_2). Для дисульфиду молібдену притаманна чітко виражена шарувата структура з можливістю легкого ковзання шарів один відносно іншого [8].

Література: 1. Когаев В.П. Прочность и износостойкость деталей машин // В.П. Когаев, Ю.Н. Дроздов. – М.: Высшая школа, 1991. – 319 с. 2. Середа Б.П. Поверхневе зміцнення матеріалів: монографія // Б.П. Середа, Н.Є. Калініна, І.В. Кругляк. – Запоріжжя: Видавництво Запорізької державної інженерної академії, 2004. – 230 с. 3. Эдигаров В.Р., Килунин И.Ю., Дегтярь В.В. Классификация комбинированных методов обработки на основе электромеханического упрочнения // Современные наукоемкие технологии. – 2012. – № 3. – С. 32-35. 4. Тарельник В.Б., Марцинкивский В.С. Ремонт шеек валов роторов методом электроэрозионного легирования с последующим поверхностно-пластическим деформированием // Компрессорное и энергетическое машиностроение. – 2014. – №2 (36) – С.48-56. 5. Эдигаров В.Р. Влияние режимов поверхностного фрикционно-электрического модифицирования на структуру, механические и эксплуатационные свойства стали осей балансиров: автореф. дис...канд.техн.наук: спец. 05.02.01 «Материаловедение (машиностроение)» / В.Р. Эдигаров. – Тюмень, 2006. – 20 с. 6. Белый А.В. Структура и методы формирования износостойких поверхностных слоев. – М.: Машиностроение, 1991. – 208 с. 7. Багмутов В.П. Электромеханическая обработка: технологические и физические основы, свойства и реализация // В.П. Багмутов, С.Н. Паршев, Н.Г. Дудкина, И.Н. Захаров. – Новосибирск: Наука, 2003. – 318 с. 8. Прудников М.И. Антифрикционные твердосмазочные покрытия – современная альтернатива резьбовым пастам для сборки обсадных труб // Сфера. Нефть и газ. – 2016. - №5 (55) – С.30-32.

ІНОВАЦІЙНІ ФУНКЦІЇ СИСТЕМ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАМНОГО УПРАВЛІННЯ

Ковальов В.А., Гаврушкевич Н.В.

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

Сучасні технології в машинобудуванні орієнтовані на використання технологічного обладнання з числовим програмним керуванням, яке дозволяє витримувати високу точність і повторюємість розмірів отримуваних деталей, в тому числі складної просторової форми.

Один із світових лідерів виробництва систем ЧПУ HEIDENHAIN в своїх розробках поєднав такі іноваційні функції швидкісної обробки як динамічна ефективність і динамічна точність.

Динамічна точність (Dynamic Precision) дозволяє при високих вимогах до точності та якості поверхні виконувати швидкісну обробку і підвищити продуктивність. Це досягається за рахунок використання комбінацій опцій: STC - компенсація, що залежить від прискорення, відхилень в позиції центральної точки інструменту, тим самим підвищується точність в фазах розгону-гальмування.

AVD - активне придушення вібрацій для поліпшення якості поверхні.

PAC - адаптація параметрів регулювання в залежності від позиції.

LAC - адаптація параметрів регулювання в залежності від навантаження, тим самим висока точність не залежить від навантаження і віку верстата.

MAC - адаптація параметрів регулювання в залежності від переміщення.

Динамічна ефективність (Dynamic Efficiency) – дозволяє при важких режимах і чорновій обробці підвищити надійність, безпечність, ефективність обробки одночасно з підвищенням продуктивності різання і зниженням часу на обробку. Даний набір включає функції, які також може бути застосований в різних комбінаціях:

ACC - активне пригнічення тремтіння і мерехтіння завдяки додатковому демпфуванню.

AFC - адаптивне керування подачею, не допускаючи перевантаження верстата.

Трохоїдальне фрезерування – функція чорнової обробки, при якому чорнова обробка канавок і карманів виконується коловими рухами, на які додатково накладаються лінійні переміщення, з більшою глибиною різання за рахунок можливості використовувати всю довжину фрези.

Література 1. Heidenhain. Опции и принадлежности для систем ЧПУ TNC [Електронний ресурс]. – Режим доступа:

http://www.heidenhain.ua/fileadmin/pdb/media/img/827222-R0_TNC_Optionen_Zubehoer_ru.pdf

2. Heidenhain. Обзорный каталог [Електронний ресурс]. – Режим доступа: http://www.heidenhain.ru/fileadmin/pdb/media/img/350457-R3_Lieferuebersicht_ru.pdf

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛЕНИХ МАТРИЦЬ ЖОРСТКОСТІ УЗДОВЖ ОСІ ОБРОБЛЮВАНОЇ ЗАГОТОВКИ

Ковальов В.Д., Антоненко Я.С., Слабий М.М.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

У сучасному автоматизованому виробництві при обробці на верстатах з ЧПК здійснюється виготовлення виробів різноманітної номенклатури і складної конфігурації. Питання оцінки напружено-деформованого стану таких виробів є досить важливим, а для крупногабаритних нежорстких деталей воно набуває найбільшої актуальності.

Для комплексного обліку деформації елементів заготовок, необхідно залучати сучасні методи аналізу напружено-деформованих станів на основі уявлень механіки суцільного середовища. Найбільш прийнятним для цього є метод скінченних елементів (МСЕ), який було взято за основу для математичного моделювання та обчислення розподілених матриць жорсткості в точці контакту інструменту з оброблюваною заготівлею.

Враховуючи розподіл характеристик жорсткості уздовж осі обробки, можна, використовуючи запропонований у попередніх розробках алгоритм, обчислити відхилення траєкторії рівноваги системи різання протягом всього процесу обробки. Таким чином, знаючи початкові геометричні характеристики оброблюваної заготівлі, характеристики оброблюваного матеріалу, характеристики жорсткості вершини різального інструменту і параметри різання є можливість, фактично, ще до обробки розрахувати можливі величини відхилень профілю готового виробу від номінального значення, передбаченого конструктивними даними.

В результаті проведених розрахунків було виявлено:

1. Величина елементів матриць жорсткості валів істотно залежить від просторового положення точки (її координати уздовж осі обробки) на поверхні заготівлі і приймає мінімальні значення в областях, не підкріплених зовнішніми пристроями.

2. Розподіл значень величин матриць жорсткості для валів уздовж осі обробки представляється безперервною лінійною функцією, розподіленою по координаті x , уздовж осі обробки, що дає можливість управління якістю поверхні за рахунок зміни параметрів різання безпосередньо в процесі обробки.

3. Отримано величини розподілених матриць жорсткості уздовж траєкторії руху різця для забезпечення заданих геометричних показників точності оброблюваної поверхні варіюванням траєкторії формуютьуючих рухів (програми ЧПК), при яких зміщення точки рівноваги динамічної системи різання не перевищує заданих значень.

ДОСЛІДЖЕННЯ ІНФОРМАТИВНОСТІ ДІАГНОСТИЧНИХ СИГНАЛІВ ПРОЦЕСІВ РІЗАННЯ ДЛЯ СИСТЕМ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ВАЖКИМИ ВЕРСТАТАМИ

Ковальов В.Д., Березовська Я.К.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Зіставлення основних часів обробки на звичайному важкому токарному верстаті і верстаті з ЧПУ виявило, що основний час в процентному співвідношенні від загальних витрат часу приблизно вдвічі більше, ніж для верстата з ручним управлінням. З цього випливає, що є потреба в кваліфікованому визначенні найкращих значень технологічних параметрів обробки. Системи адаптивного управління компенсують обурюючі впливи, що виникають під час обробки, на основі діагностичних сигналів та їх перетворення за законом управління у керуючу програму.

В якості параметру регулювання в адаптивних системах часто використовуються силові параметри різання (крутний момент, потужність, сили різання), теплові явища, вібрації та ін. Важливо визначити інформативність сигналів, що надходять від різноманітних перетворювачів та датчиків. Для дослідження інформативності діагностичних каналів необхідно визначити коефіцієнт кореляції результатів вимірювання кожного параметру.

Численні технологічні випробування показали, що обробка деталей з використанням оптимальних температур різання дозволяє значно збільшити розмірну стійкість інструменту, отримати мінімальні для обраних умов сили різання, шорсткість поверхні, глибину і ступінь наклепу, а також найбільш стабільний і рівномірний розподіл залишкових напружень в різних точках оброблюваної поверхні. Встановлено, що оптимальному різанню відповідають оптимальна температура і мінімальне або мінімально-стабілізована значення сили різання P_{zmin} . Характеристики безконтактних датчиків температури різного призначення, заснованих на піроелектричному ефекті, дозволяють безконтактно вимірювати температуру поверхні твердого тіла на відстані в кілька сот міліметрів на площі розмірами в одиниці міліметрів з точністю до десятих часток градуса за інфрачервоним випромінюванням. При цьому швидкодія обчислюється десятками мілісекунд. Також можна використовувати метод природної термопари, елементами якої є ріжучий інструмент і оброблювана деталь, а гарячим спаєм - поверхня торканого різця і деталі, або штучної термопари - у якій обидва елементи штучно вводяться в інструмент або заготовку для вимірювання температури.

Для забезпечення достовірності і економічності діагностування діагностичні параметри повинні бути чутливі, однозначні, стабільні і інформативні. Інформативність діагностичного параметра характеризує достовірність діагнозу за результатами контролю цього параметра. Інформативність визначають, аналізуючи щільності $f_1(\Pi)$ і $f_2(\Pi)$ розподілу діагностичного параметра Π , що відповідають свідомо справним і несправним об'єктам. Чим менше ступінь перекриття графіків цих щільностей, тим більш інформативним є параметр. Невизначеність стану об'єкта діагностування при використанні діагностичного параметра знижується при підвищенні інформативності цього параметра.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВАЖКОГО МЕТАЛОРІЗАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ОСНОВІ ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО РАЦІОНАЛЬНИХ ТЕХНІЧНИХ ТА КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ

Ковальов В.Д., Васильченко Я.В., Сукова Т.А., Буренок К.К.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Розширення технологічних можливостей важкого металорізального обладнання є актуальним завданням для забезпечення конкурентоспроможності продукції, що випускається на машинобудівних підприємствах нашої. Створення нового раціонального металорізального обладнання для умов важкого машинобудування багато в чому залежить від якості рішення задач на етапі його технологічного проектування, коли визначаються технологічні можливості і основні параметри машин. В даний час широке поширення, особливо в Європі, знаходить модульний принцип побудови металорізального обладнання, який дозволяє істотно знизити його собівартість.

Розроблено новий системний підхід, що дозволяє на основі дослідження взаємозв'язку характеристик оброблюваних деталей, параметрів технологічних процесів їх виготовлення і технологічної насиченості обладнання, створювати найбільш ефективне обладнання з ЧПК для заданих виробничих умов, в тому числі розробку технологічних структур нового обладнання. Розроблено конструкцію фрезерно-свердлувального модуля для важкого багатоопераційного верстата. Розроблена конструкція стебловий бабки для важкого багатоопераційного верстата з можливістю установки в неї як стебла, так і пінолі з заднім центром. Також розроблено можливість установки шліфувальної головки. Розроблено рекомендації щодо компоновання багатоцільового верстата зі змінними модулями (рис. 1).

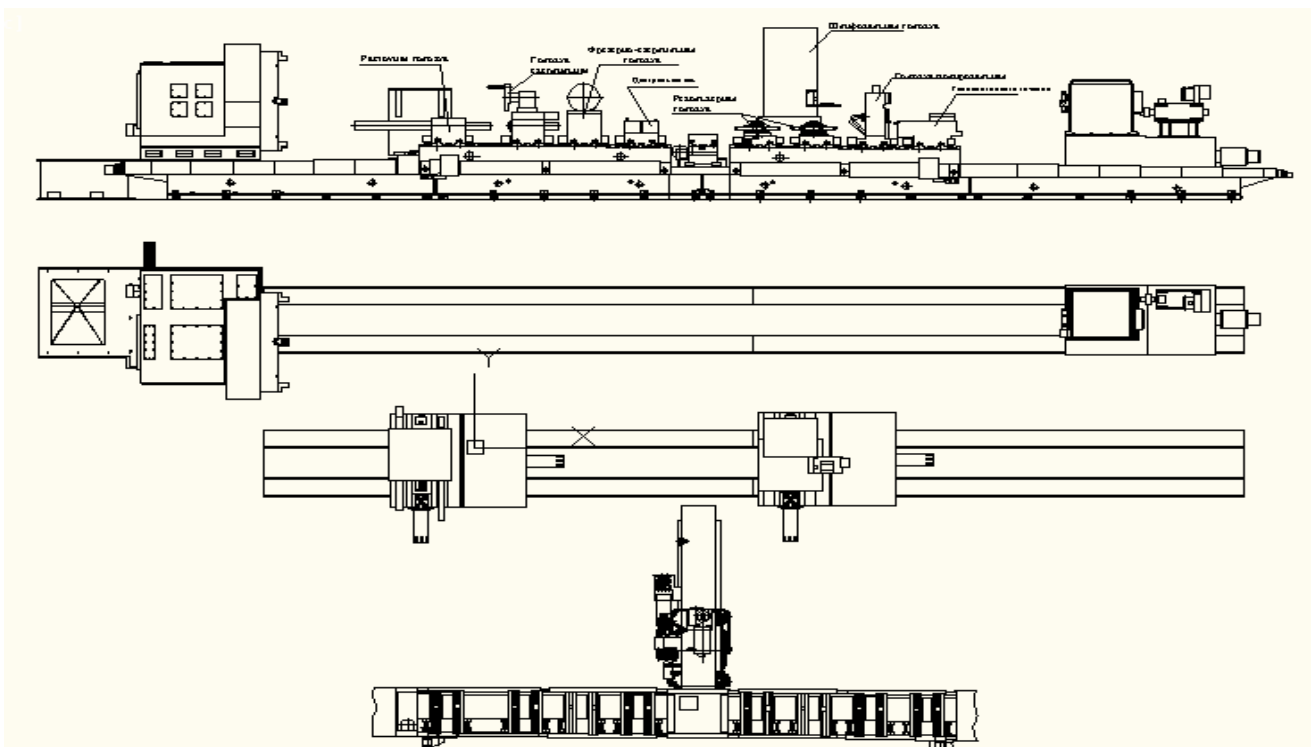


Рисунок 1 - Компоновання багатоцільового верстата зі змінними модулями

ОПТИМІЗАЦІЯ ШВИДКОСТІ РІЗАННЯ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

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

З метою автоматичного управління процесом механічної обробки на токарних верстатах з ЧПУ важливо забезпечити оптимальне значення швидкості різання. Математичні моделі для цього будуються з урахуванням заданих критеріїв оптимальності.

В якості критерію оптимальності при призначенні режимів різання зазвичай беруть витрати часу на обробку однієї деталі (штучний час), або собівартість обробки однієї деталі. Таким чином, оптимальні режими різання повинні забезпечувати максимум середньої продуктивності або мінімум середньої собівартості.

Особливе місце в оптимізації режимів різання займає оптимізація в режимі реального часу, яка дозволяє системі в результаті самонавчання самостійно вийти на оптимальний режим роботи.

При цьому про реальний процес необхідно мати мінімальну апріорну інформацію. Процедури гарантують, що після кінцевого числа ітерацій буде досягнута оптимальна швидкість різання за заданим критерієм оптимальності. З практичної точки зору важливо так вибрати параметри алгоритму самонавчання, щоб число ітерацій було мінімальне.

Процедури стохастичної апроксимації Робінса-Монро та Кіфера-Волфовіца достатньо прості та вимагають мінімальної інформації про процес різання. Але через це тривалість самонавчання виявляється надто великою.

Актуальним являється завдання максимального прискорення процесу самонавчання. Одним із шляхів є використання стійкісної залежності явного виду в області оптимальних швидкостей різання. Тоді в процесі самонавчання можна послідовно уточнювати параметри стійкісної залежності, використовуючи дані усіх попередніх ітерацій і швидкість різання для наступної ітерації розраховувати з урахуванням уточненої стійкісної залежності.

Питання оцінки параметрів стійкісної залежності представляє особливий інтерес. Одними із методів оцінки параметрів є метод найменших квадратів і метод найбільшої правдоподібності, що відрізняються способом визначення міри відхилення розрахункових стійкостей від дослідних значень.

Результати застосування методу найменших квадратів (МНК) залежать від того, який критерій оптимальності оцінки використовується, тобто який показник процесу різання ми хочемо якомога точніше оцінити. Може йтися тільки про стійкість, або про інтенсивність зносу, або про штучний час обробки деталі.

Критерій для оцінки параметрів стійкісної залежності по МНК має вигляд:

$$\Delta(C, m) = \frac{1}{N} \sum_i (\Theta(T_i) - \Theta\left(\frac{C}{V_i^m}\right))^2.$$

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ВАЖКИХ ВЕРСТАТІВ ДЛЯ ОБРОБКИ ВАЖКООБРОБЛЮВАНИХ МАТЕРІАЛІВ

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

Важке машинобудування одне з основних у промисловості галузь України та в плані експорту. Удосконалення важких верстатів є актуальним завданням забезпечення випуску конкурентноспроможної продукції вимоги до котрої постійно підвищуються.

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

Метою роботи є підвищення продуктивності та якості обробки деталей з матеріалів які важко оброблюються на важких токарних верстатах шляхом удосконалення конструкції важких токарних верстатів.

В роботі вирішуються наступні задачі

- Аналіз сучасних конструкцій важких верстатів, методів їх проектування, та технології їх виготовлення. Виявлення слабких ланок при важких режимах обробки
- Аналіз номенклатури деталей важкого будування для сучасних машин з групуванням у галузі знань їх характеристик, геометричних і міцнісних параметрів.
- Розробка методів проектування структурних схем та компоновки важких верстатів у відповідності до вимог виготовлення деталей з важкооброблюємих матеріалів.
- Створити нові конструкції верстатних вузлів які забезпечують працездатність при високих навантаженнях.
- Експериментально дослідити працездатність нових верстатних вузлів в робочих та виробничих умовах з метою оптимізації їх конструкції перевірки оцінки.
- Впровадити результати дослідження та розробки важких верстатів та провести виробничі випробування.
- Проблема забезпечення високопродуктивної та високоточної автоматизованої обробки важких деталей вітроенергетики та оборонного призначення, в тому числі з нових марок важкооброблюваних матеріалів, для забезпечення нових потрібних властивостей сучасних машин та агрегатів енергетичної та військової галузі машинобудування. При управлінні процесом обробки враховано комплекс факторів, які пов'язані з фактичним станом технологічної системи та особливостей важкого верстату в режимі реального часу. Створено технології зміцнення різальних інструментів та деталей машин для розроблених верстатів, що дозволить оброблювати деталі з високими міцнісними характеристиками.

ПЕРСПЕКТИВИ ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО ЗМІЦНЕННЯ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ОБРОБКИ ВПКМ

Корбут Є.В.

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

На теперішній час прогрес в авіабудуванні, автобудуванні та в інших галузях промисловості в основному пов'язується з розробкою і широким застосуванням волокнистих полімерних композиційних матеріалів (ВПКМ). ВПКМ мають комплекс властивостей і особливостей, що відрізняються від традиційних конструкційних матеріалів (металевих сплавів) і в сукупності відкривають широкі можливості як для вдосконалення існуючих конструкцій найрізноманітнішого призначення, так і для розробки нових конструкцій і технологічних процесів. Різноманіття волокон і матричних матеріалів, а також схем армування, що використовуються при створенні композитних матеріалів, дозволяє направлено регулювати фізико-механічні властивості шляхом зміни складу, зміни співвідношення компонентів і макроструктури композитів. Але в той же час ВПКМ має ряд недоліків, що ускладнюють їх обробку різанням: порівняно мала міжшарова міцність ВПКМ, яка здатна привести до розшарування ВПКМ під дією сил різання, мала пластичність, що призводить до утворення при різанні елементної стружки, значна пружність матеріалу, в результаті чого виникають значні сили тертя на задніх поверхнях інструменту, мала теплопровідність ВПКМ, яка призводить до інтенсивного нагріву інструменту навіть при відносно невеликих швидкостях різання, мала теплостійкість полімерної матриці (до 350° С). У зв'язку з цим при проектуванні різального інструменту постає завдання забезпечити високий опір абразивному зношуванню контактуючих зі стружкою поверхонь леза інструменту, низький коефіцієнт тертя в парі з оброблюваним матеріалом, високу теплостійкість та теплопровідність. На теперішній час для забезпечення цих вимог використовується різальний інструмент з модифікованим поверхневим шаром.

Для обробки ВПКМ найчастіше використовують різальний інструмент з алмазним покриттям. Саме його твердість, висока теплопровідність та хімічна стабільність, мала взаємодія з полімерами забезпечують суттєві переваги при різанні ВПКМ в порівнянні з іншими інструментальними матеріалами. Проте незважаючи на переваги алмазні покриття мають ряд недоліків: низька швидкість росту, низька частота плівок, велика витрата газів, значна енергоємність, мала продуктивність процесу. Конкуруючим способом нанесення зносо-, коррозійностійких, абразивностійких покриттів на різальний інструмент для обробки ВПКМ може бути електроіскрове легування (ЕІЛ). ЕІЛ – технологічно простий метод нанесення, використовує широку номенклатуру матеріалів покриття, може бути ефективним в різних поєднаннях багатоопераційних технологій. В порівнянні з CVD та PVD методами нанесення метод ЕІЛ має енергозатрати на 3 порядки нижчі. Змінюючи склад, структуру та конструктивну схему ЕІЛ-покриття можливо досягти необхідних показників інструменту для обробки ВПКМ.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕСУВАННЯ ЧОТИРЬОХОПОРНОГО КРОКУЮЧОГО МЕХАНІЗМУ

Крупко І. В., Сегін В. В.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Актуальність. В сучасних потужних кар'єрних екскаваторах в якості ходових механізмів застосовують гусеничні рушії, які, як показує досвід експлуатації, мають істотні недоліки. Підвищити технічний рівень механізмів пересування таких екскаваторів передбачається за рахунок застосування крокуючого чотирьохопорного механізму, основними перевагами якого є конструкція опорної частини у вигляді двох пар опорних елементів.

Одним з напрямків підвищення технічного рівня крокуючих механізмів може бути застосування чотирьохопорного крокуючого рушія. Відмінною особливістю чотирьохопорних крокуючих механізмів є наявність в такому рушія двох пар опорних елементів, внутрішніх і зовнішніх, що приводяться до руху двома парами ексцентриків. З огляду на конструкцію такого рушія, в якому відсутня значна кількість швидкозношуваних деталей (наприклад, в порівнянні з гусеничним ходом), а також менша маса (в порівнянні з крокуючим трьохопорним механізмом, зважаючи на відсутність опорної бази), можна припустити, що в процесі експлуатації таких рушіїв виявляться більш ефективними, ніж існуючі.

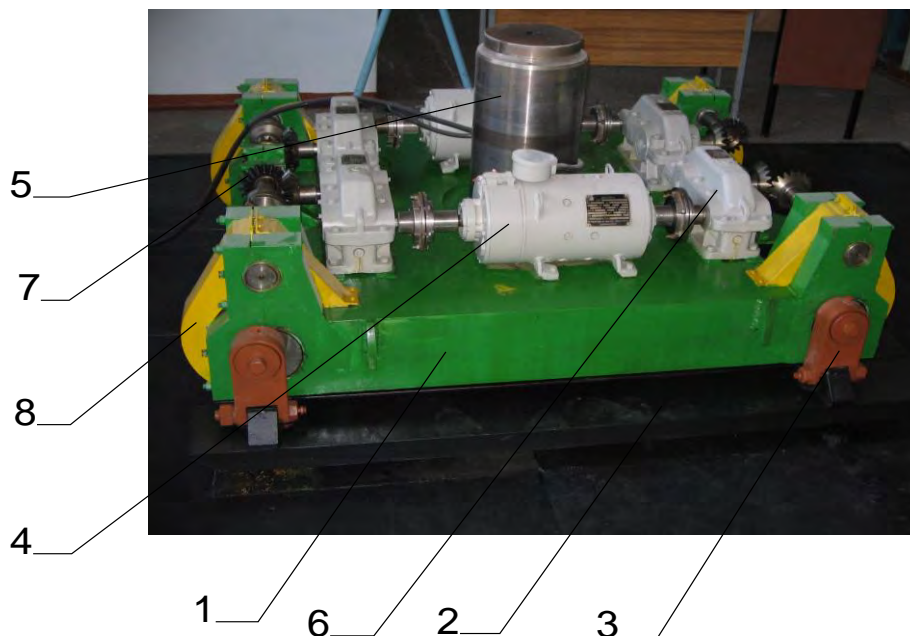


Рисунок 1 – Фізична модель чотирьохопорного крокуючого рушія

Крутний момент від двигуна 4 через муфти передається на передавальний механізм, що включає редуктори 6, конічні і циліндричні зубчасті передачі 7 і 8, які забезпечують обертання валу з ексцентриситетом «е» (див. рис. 1). Це дозволяє по черзі переміщати опорні елементи 2, 3 з одного боку візка.

Симетрично описаному механізму відносно опорної цапфи 5 розміщений такий же другий механізм, що дозволяє переміщати металоконструкцію 1.

Опорні поверхні лиж можуть займати відносно один одного строго певні положення, обумовлені кінематичним зв'язком лиж через шатуни з ексцентриковим приводом, при цьому одна пара лиж завжди спирається на ґрунт. Якщо лижі залишилися підняті і не дістають до ґрунту, то примусовим обертанням приводних валів під дією сил тяжіння машини, лижі притискаються до ґрунту, забезпечуючи стійке спирання машини. При цьому лижі по висоті можуть займати різні положення, пристосовуючись до нерівностей ґрунту в поперечному напрямку.

При крокуванні чотирьохопорного крокуючого механізму спирання машини відбувається як мінімум на дві лижі (або внутрішні або зовнішні). Під час копання спирання екскаватора відбувається на всі 4 лижі, тим самим зменшуються значення середніх питомих тисків на ґрунт при копанні, що є позитивним фактором. Процес пересування механізму забезпечується за один оберт приводних валів з двома ексцентриками, при цьому машина пересувається на шлях рівний $4e$, а цикл крокування залежить від кутової швидкості, кута повороту приводних коліс і його можна умовно розділити на два періоди:

а) перший при повороті ексцентрика на кут від 0° до 180° — екскаватор спирається на внутрішні лижі, а зовнішні разом з рамою піднімають, а потім опускаються;

б) другий, коли кут повороту змінюється від 180° до 360° — екскаватор спирається на зовнішні лижі, а внутрішні разом з рамою і поворотною платформою піднімають, а потім опускаються.

Протягом кожного періоду, який дорівнює половині циклу відбувається підйом і опускання машини (рами) на величину ексцентриситету.

Поворот машини може здійснюватися наступними способами:

- за рахунок включення одного приводу, тобто за рахунок роботи лижами однієї бічної сторони машини;

- за рахунок включення приводів правого і лівого боку машини з різними швидкостями в одному напрямку;

- шляхом переміщення лиж на кожній з бічних сторін машини в протилежні сторони.

Науково-практичні завдання, щодо вдосконалення існуючих трьохопорних механізмів крокування, а також обґрунтування параметрів чотирьохопорного крокуючого ходу є дуже актуальними, а рішення їх дозволить підвищити технічний рівень, як механізмів пересування, так і кар'єрних екскаваторів в цілому.

ЗМЕНШЕННЯ ПОХИБКИ ФОРМИ КІЛЬЦЕВИХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ РОЗТОЧУВАННІ АДАПТИВНИМ БАГАТОЛЕЗОВИМ ОСНАЩЕННЯМ

Луців І.В., Волошин В.Н., Буховець В.М.
(ТНТУ ім. І.Пулюя, м. Тернопіль, Україна)

Розмірна обробка кільцевих деталей на технологічних операціях точіння пов'язана з прогином оброблюваних поверхонь під дією сил різання та закріплення з подальшим формуванням пов'язаних з цим похибок обробки. Головною проблемою при цьому є недостатня жорсткість заготовки і в цілому технологічної системи. У таких випадках деформації деталі внаслідок закріплення у багатьох випадках співрозмірні з допуском на механічну обробку. Тому досягнення заданих параметрів точності форми обробленої поверхні кільцевих заготовок стає складним технологічним та виробничим завданням.

Формування відхилення від форми кільцевих циліндричних деталей є наслідком наступних ефектів: пружної деформації у зв'язку із дією сил затиску; деформації внаслідок дії сил різання; залишкових напружень, викликаних процесом обробки. Одним із методів мінімізації пружних деформацій та деформацій внаслідок дії сил різання при обробці внутрішніх поверхонь кільцевих деталей є застосування комплексного адаптивного технологічного оснащення, яке включає багатолезове інструментальне оснащення адаптивного типу та відповідні затискні пристрої з можливістю регулювання сили затиску.

Для визначення впливу пружних деформацій та деформацій внаслідок дії сил різання при обробці внутрішніх поверхонь кільцевих деталей комплексним адаптивним технологічним оснащенням запропоновано теоретичну модель формування похибки форми кільцевих деталей. Основою моделі є теоретичні підходи до визначення деформації кільцевих заготовок при зовнішньому навантаженні силами затиску та внутрішніми навантаженням, викликаними силами різання, що виникають при обробці багатолезовим самоналагоджувальним оснащенням. Результатами моделювання є отримані відхилення профілів кільцевих деталей при певних умовах обробки різною кількістю лез багатолезового самоналагоджувального оснащення. По кінцевому профілю після обробки багатолезовим самоналагоджувальним оснащенням і прогнозуєчій моделі сил реакції затискних елементів можна визначити мінімальне число затискних елементів та діапазон прийнятних сил затиску, що гарантує необхідний допуск круглості кільцевих деталей, забезпечуючи при цьому надійний затиск під час обробки.

На основі розгляду умов створення на кулачках додаткових радіальних та тангенціальних реакцій від однолезового та самоналагоджувального дволезового інструментального оснащення з врахуванням позиції кулачків доведено, що при використанні дволезового самоналагоджувального інструментального оснащення додаткові реакції на кулачки від сил різання створюватися не будуть. Відповідно це призводить до зменшення похибки форми кільцевих деталей при їх розточуванні.

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ СПРАЦЬОВУВАННЯ БАГАТОЛЕЗОВОГО ОСНАЩЕННЯ АДАПТИВНОГО ТИПУ ПРИ ТОЧІННІ І РОЗТОЧУВАННІ МАЛО ЖОРСТКИХ ДЕТАЛЕЙ

Луців І.В., Кашуба Н.П.

(ТНТУ ім. І.Пулюя, м. Тернопіль, Україна)

При точінні і розточуванні мало жорстких деталей виникає проблема забезпечення точнісних параметрів їх обробки. З метою її вирішення в Тернопільському національному технічному університеті розроблено ряд пристроїв і систем адаптивного типу, що дозволяють проводити обробку багатолезовими інструментами із підналагодженням в процесі різання. Сутність такої адаптації лез полягає в тому, що окремі леза (різцетримачі) звільняють від жорсткого зв'язку з корпусом інструменту (супорту) в осьовому напрямку. Між лезами поза тим встановлюють кінематичний чи іншого типу адаптивний зв'язок. Таким чином, отримуємо рухливу систему самопідналагодження в осьовому напрямку так, щоб забезпечити вирівнювання радіальних навантажень від сил різання, що деформують деталь. При цьому одним із основних проблемних питань функціонування таких пристроїв є змінні сили тертя в напрямних оснащення, причому дискретного характеру, оскільки коефіцієнт тертя спокою суттєво відрізняється від коефіцієнту тертя руху.

Нами розглянуто характер дій сил тертя в напрямних такого верстатно-інструментального оснащення. При цьому основне навантаження напрямних оснащення визначається складовими зусиль різання і силами тертя і відповідно існує певне співвідношення зусиль різання, що діють на різці, при якому система не забезпечує повного усунення радіальних деформацій. Це співвідношення визначає точність спрацьовування багатолезової системи із врахуванням сил тертя. Встановлено, що коефіцієнт точності γ спрацьовування для пар тертя ковзання (загартована сталь по загартованій сталі) при наявності змащування – 1,2...1,35. Нами запропоновані конкретні конструктивні рішення, які забезпечують наближення значення γ до 1. Радикальним способом уникнення стрибків і підвищення чутливості переміщень є виконання напрямних кочення: при цьому різниця початкової сили тертя і сили тертя при русі зменшується до значення 1Н. Доцільно правильно підбирати матеріали поверхонь, що контактують в процесі тертя, а також забезпечувати їх раціональне змащування – тоді різницю в коефіцієнтах тертя спокою і руху можна знизити до 0,01. Також можна використовувати напрямні кочення-ковзання, в яких грані ковзання виконуються, наприклад, з полімерних матеріалів. При тонкому розточуванні, яке характеризується малими значеннями зусиль різання раціонально застосовувати пружинні напрямні у вигляді, наприклад, плоских пружин, конструкція яких забезпечує їх високу податливість лише в осьовому напрямку при достатньо великій жорсткості в радіальному і тангенціальному напрямках. Для випадків зняття надтонких стружок розглянуто також варіант використання напрямних електромагнітного типу.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА НЕПРЕРЫВНОЛИТОГО СЛИТКА В МАШИНЕ НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК ПУТЕМ ДИНАМИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ЕГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Макшанцев В.Г., Кравченко И.С.
(ДГМА, Краматорск, Украина)

В настоящее время одной из главных практических задач процесса непрерывной разливки стали является совершенствование технологии с целью получения более качественной продукции.

Наибольшая доля брака разливаемого металла получается при переходных режимах разливки, когда в силу технологических причин изменяется скорость разливки. Брак металла получается в большой степени из-за нерационального управления охлаждением сляба в переходных режимах разливки. На большинстве МНЛЗ управление вторичным охлаждением сляба производится таким образом, что при изменении скорости разливки расходы воды в зонах изменяются практически мгновенно и принимают значения, соответствующие текущей скорости разливки без учета инерционности переходного процесса. Таким образом, при существующем способе управления охлаждением сляба в МНЛЗ в переходных режимах разливки не выдерживается заданный температурный режим охлаждения сляба.

На современных МНЛЗ внедряют системы динамического управления охлаждением, призванные уменьшить вредное влияние переходных режимов на качество разливаемого металла. Существуют различные алгоритмы динамической системы управления. Базовым параметром для всех алгоритмов является контроль за так называемой средней скоростью различных сечений сляба вдоль технологической оси заготовки и монотонное изменение расходов воды автономно по секциям зоны вторичного охлаждения (ЗВО) в соответствии со значениями средней скорости.

Для поддержания оптимальных условий охлаждения слитка расход воды по секциям ЗВО необходимо изменять не мгновенно, а в течение определенного промежутка времени. Этот промежуток зависит от направления и величины изменения скорости разливки, а также от расстояния от мениска металла в кристаллизаторе до секции.

Для учета переходных процессов используют алгоритм управления, основанный на применении средней скорости перемещения слитка. Средняя скорость движения металла оценивается в середине секции ЗВО. Для того чтобы в начале разливки, при прохождении торцом слитка начала каждой секции ЗВО, определить среднюю скорость, необходимо, оценивать перемещение торца слитка и время этого перемещения на участках секции длиной приблизительно 100 мм. Для каждой секции длина участка выбирается отдельно исходя из общей длины секции ЗВО.

Динамический режим управления охлаждением позволяет свести к минимуму негативное влияние переходных процессов на температурный профиль непрерывно литого слитка и повысить его качество.

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Макшанцев В.Г., Макшанцев Е.В.

(ДГМА, Краматорск, Украина)

Одной из особенностей современного развития машиностроительного производства является постоянный рост объемов и сложности проектных работ в сфере технологической подготовки производства (ТПП). Это связано со следующими причинами: увеличивается номенклатура и сложность выпускаемых машин и приборов, которые характеризуются более высоким качеством, оснащенностью электроникой, использованием новых конструкционных материалов; повышаются требования к качеству технологических решений, обеспечивающих конкурентоспособность изделий за счет снижения себестоимости продукции и повышения ее качества; расширяется ассортимент оборудования с ЧПУ, требующего дополнительной разработки управляющих программ и детального проектирования операционной технологии; значительно сокращаются сроки подготовки производства для выпуска новых изделий.

В этих условиях важнейшим направлением совершенствования ТПП является ее автоматизация, основанная на использовании различных подсистем САПР, автоматизированных банков данных и экспертных систем для решения всего комплекса технологических задач. С появлением персональных ЭВМ и программно-технических средств обработки графической информации круг решаемых технологических задач значительно расширился и стало возможным объединять различные этапы конструкторской и технологической подготовки производства в интегрированные системы автоматизации проектирования, которые называют CAD-CAM-системами.

В настоящее время существует большое количество интегрированных CAD/CAM систем, в которых геометрическая информация из рабочего чертежа детали используется для автоматизированного программирования обработки на станках с ЧПУ. Это CIMATRON, SolidWorks/CAM-Works, DELCAM, T-FLEX и другие.

Наибольший эффект от использования компьютерных технологий можно получить при комплексном решении конструкторских и технологических задач, что выражается в автоматическом расчете геометрии и технологических режимов резания с оптимизацией времени обработки, применении стандартных подпрограмм, использовании принципа интегрированной системы подготовки производства, при котором одни и те же исходные данные используются многократно для решения задач конструирования различных деталей, разработки техпроцессов, подготовки управляющих программ.

Использование интегрированных CAD/CAM-систем позволяет автоматизировать все этапы проектирования, конструирования и технологической подготовки производства. Причем автоматизация проектирования технологических процессов в этих системах является продолжением процессов трехмерного моделирования изделий.

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ РОЗТОЧУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ НА ВАЖКИХ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТАХ

Мельник М. С., Виганяйло Б.Ю.
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Суттєвою проблемою під час виконання розточувальних операцій на важких токарних верстатах є забезпечення точності обробки при збереженні високої продуктивності, а також вібростійкість технологічної системи. Ці проблеми обумовлені конструкцією і технологічним призначенням розточувального інструменту, який має співвідношення довжини консольної частини корпусу діаметра корпусу в межах 3...10 і відповідно низьку жорсткість.

Для зниження похибок обробки від пружних деформацій розточувальних різців і оправок запропонована система автоматичного керування на базі невикористаних обчислювальних можливостей системи ЧПК верстата. Система в режимі реального часу вимірює пружну деформацію інструмента і вводить відповідну корекцію в розмірне налаштування поперечної подачі. Для вимірювання деформації інструменту розроблено два способи. У першому способі через струм двигунів подачі вимірюється сила різання і за відомою жорсткістю інструмента розраховується його вигин. При цьому розроблено спеціальний алгоритм з систематичним реверсом поперечної подачі, що дозволяє виключити вплив тертя в напрямних на точність вимірювання сили різання. Цей спосіб придатний для інструментів малих та середніх розмірів. За другим способом, який рекомендовано для великогабаритних інструментів, в корпус різця вбудовується індуктивний датчик вигину. Сигнал від цього датчика після відповідної лінеаризації використовується для корекції розмірно налаштування під час обробки.

Для вирішення проблеми вібростійкості нежорсткого розточувального інструменту запропоновано використання вбудованого в корпус інструмента гідравлічного демпфера загально відомої конструкції. Новизна роботи полягає у розробці математичної моделі для оптимізації параметрів цього демпфера. Теоретичні та експериментальні дослідження показали, що для певних параметрів різця є максимум поглинання енергії коливань залежно від коефіцієнта демпфування демпфера. Розроблена математична модель дозволяє визначити оптимальне значення дроселюючого зазору і в'язкості робочої рідини при заданих розмірах порожнини в інструменті і масі робочого тіла. За результатами експериментальних досліджень підтверджено адекватність математичної моделі і розроблено конструкцію вбудованого демпфера з регульованим коефіцієнтом демпфування для оправок зі змінною довжиною робочої частини.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ СТАДИИ ПРОИЗВОДСТВА ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ РАЗРАБОТОК, ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ И САД-СИСТЕМ

Мироненко А. Л., Мироненко С. А.
(НТУ «ХПИ», Харьков, Украина)

Повышение производительности и расширение номенклатуры выпускаемой продукции требует дальнейшего роста автоматизации подготовительной стадии изготовления продукции. Решением данной проблемы могут служить разработанные с применением ООП библиотеки на базе фундаментальных методов дифференциальной геометрии.

Особенностью проектирования зубчатых передач является совместное проектирование и дальнейшее изготовление зубчатой пары и формообразующего инструмента. Предлагается создать библиотеку на базе теории аффинного преобразования пространства, разработанную проф. НТУ «ХПИ» Б.А. Перепелицей. Достоинством данной теории можно считать возможность получать однородные уравнения поверхностей, их перемещений и решать прямую и обратную задачи формообразования.

Предлагается создавать модели то технологическому принципу, т.е.: формировать поверхности только удалением объемов геометрической модели, все 2D эскизы представляют собой профили инструментов в нормальном сечении, операции по созданию объемов должны обеспечиваться кинематикой формообразующего оборудования. Исходными данными при проектировании являются механические, массо-габаритные и физические параметры, определяющие работоспособность передачи

Решение поставленной задачи может быть достигнуто благодаря последовательному решению взаимосвязанных этапов. На первом этапе создана параметрическая модель, включающая описание цилиндрического основания, сплайна на боковой поверхности и эвольвенты в системе координат инструмента. Затем определены интервалы возможных значений входящих в модель параметров.

На базе полученных решений разработана геометрическая 3D модель съема припуска при формообразовании зубьев дисковыми инструментами. Данная система включает параметры в полярной системе координат, подходящей для использования в САД системах.

Результаты работы визуализированы средствами системы РТС Creo Parametric с применением алгоритмического языка C++.

Выводы: Предварительные результаты подтвердили возможность решать задачи предлагаемым методом. Были получены параметрические модели цилиндрических прямозубых колес на базе которых выполнены частные решения и проведены аналитические исследования интерференции и зазоров поверхностей.

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ НА БАЗЕ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ

Мироненко Е.В., Гузенко Д.Е.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Энергосберегающее направление является необходимым условием поднятия конкурентоспособности продукции и ускорения научно-технического прогресса в машиностроительных отраслях промышленности. Текущий анализ уровня энергопотребления в машиностроительной отрасли указывает, что отрасль имеет существенный запас повышения эффективности использования энергетических ресурсов, особенно на стадии механической обработки.

Задача снижения энергозатрат является комплексной, так как включает в себя необходимость работы с большим количеством номенклатурной продукции, отсутствием нормативной базы использования энергетических ресурсов на выпуск продукции и недостаточными знаниями об энергоёмкости технологических процессов машиностроительного производства.

Перспективным активно развивающимся направлением является использование нейронных сетей для хранения и обработки больших наборов данных. Корректный подбор топологии, взаимодействия внутренней структуры нейронной сети и установка ограничений позволяет использовать нейросетевые модели в любых задачах установления зависимостей между данными.

Нейронные сети – это нелинейные статистические системы моделирования данных или системы принятия решений. Они могут использоваться для моделирования сложных отношений между входящими и исходящими данными или для нахождения закономерностей в данных. Ощутимый эффект от использования нейронных сетей возникает только при решении задач высокой и сверхвысокой размерности.

Для оптимизации параметров технологического процесса необходимо решать задачи многокритериальной оптимизации, которые характеризуются следующими параметрами: высокая размерность и сложная структура множества альтернатив, большое количество и нелинейность функций-ограничений, высокая размерность целевой функции и комплексная взаимозависимость её составных частей, большой объем вычислений. В данном случае использование нейросетевой модели оправдано.

Предлагаемая нейросетевая модель состоит из комбинированного взаимодействия эвристического поиска на базе генетического алгоритма с нейронной сетью. Суть данного взаимодействия сводится к следующему: генетический алгоритм осуществляет поиск комбинаций оптимизируемых параметров для минимизации целевой функции энергозатрат, а обученная нейронная сеть осуществляет контроль и гарантирует корректность получаемых комбинаций параметров.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ПОПЕРЕЧНОГО РЕЗАНИЯ НА ТЯЖЕЛЫХ ТОКАРНЫХ СТАНКАХ

¹Мироненко Е.В., ¹Миранцов С.Л., ²Трунов В.В.

(¹ДГМА, ²ПАО «НКМЗ», г. Краматорск, Украина)

Повышение эффективности процессов механической обработки на тяжелых станках по-прежнему является актуальной научно-технической задачей, причем на современном этапе при решении данной задачи рассматриваются вопросы не только повышения производительности обработки, обеспечения требуемого качества обработанных поверхностей, а также, вопросы энергоэффективности.

Энергоэффективность механической обработки на тяжелых станках определяется множеством факторов, одними из которых, в первую очередь, являются процессы, возникающие в технологической системе при обработке: процесс резания и процессы колебаний элементов технологической системы и некоторые сопутствующие процессы. Задача повышения энергоэффективности механической обработки может решаться путем снижения энергопотребления процесса обработки за счет сокращения времени. Решение этой задачи предполагает, разработку инструментальных систем, которые позволят при заданном уровне производительности и точности сократить время обработки за счет интенсификации режимов обработки и в конечном итоге снизить уровень энергопотребления.

Так на основе аналитических и экспериментальных исследований разработаны конструкции сборных резцов для поперечного резания на тяжелых станках, в частности для операций отрезки и глубокой прорезки.

В качестве аналитических методов исследований использовалось моделирование напряженно-деформированного состояния сборных конструкций инструмента и гармонический анализ конструкции с целью получения амплитудно-частотных характеристик колебаний инструмента. Экспериментальные исследования проводились в производственных условиях.

Разработанные конструкции сборных инструментов, по сравнению с аналогами, характеризуются большей прочностью и жесткостью узла механического закрепления режущего элемента за счет применения криволинейных опорных и прижимных поверхностей корпуса инструмента.

Применение разработанных конструкций сборных инструментов позволяет сократить номенклатуру резцов, сократить вспомогательное время замены инструмента на 50% и увеличить подачу в среднем на 20% за счет повышения жесткости и виброустойчивости конструкции.

ОСОБЕННОСТИ МЕНЕДЖМЕНТА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

¹Мироненко Е.В., ²Рыбалка В.А.

(¹ДГМА, ²ПАО «НКМЗ», г Краматорск, Украина)

Система менеджмента производственной единицы состоит из различных ступеней, на которых принимается решение разного значения. Эта система менеджмента с одной стороны должна распределять и оптимизировать задание, а с другой стороны – обеспечивать будущую работоспособность производственной единицы.

Менеджмент инструментального обеспечения в среде технологического процесса направлен на максимальную эффективность и достижение целей производства. При разработке модели следует учитывать различные формы организации и управления производством, то есть модель должна быть основой анализа различных систем для оптимального проектирования производственных комплексов с учетом структуры технологических процессов

Организация инструментального обеспечения машиностроительного предприятия высокоточным, производительным инструментом агрегатно-модульного типа лежит в основе менеджмента предприятия. Менеджмент инструментального обеспечения включает в себя систему организационно-технических мероприятий направленных на создание, управление и развитие инструментального хозяйства и поддержание высокой степени технологической готовности производства.

Основной задачей инструментального обеспечения является обеспечение конкурентоспособности технологии, включающие в себя:

- обеспечение качества выпускаемой продукции и обеспечение необходимого количества выпускаемых изделий
- адекватный уровень затрат на выпуск продукции. Комплекс мероприятий по организации системы инструментального обеспечения.
- разработка технологии обработки изделия и выбор агрегатно-модульного инструмента
- замена или изготовление необходимого инструмента или оснастки
- организация участка инструментального обеспечения с комплексом необходимого оборудования и измерительной аппаратуры (сервисный центр)
- внутрицеховой транспорт для доставки инструмента до рабочего места
- разборка, чистка, дефектация инструмента, восстановление режущих свойств инструмента
- разработка и реализация системы сбора информационных данных о работающем оборудовании и инструменте
- обеспечение и контроль правильной эксплуатации инструмента, включая установление параметров отказов
- разработка конструкций по установке и замене инструмента на станке
- обеспечение поддержания оборотного фонда до заказа модулей расходуемого инструмента.

Предложенная система менеджмента инструментального обеспечения не только организует функционирование технологического процесса изготовления изделия, но и обеспечивает выпуск продукции высокого качества в необходимом количестве.

ВИКОРИСТАННЯ ТВЕРДИХ СПЛАВІВ ЗІ ЗНОСОСТІЙКИМИ ПОКРИТТЯМИ ПРИ НАПІВЧИСТОВІЙ ТОКАРНІЙ ОБРОБЦІ ВАЛКІВ ПРОКАТНИХ СТАНІВ

¹Мироненко Є.В., ¹Гузенко В.С., ¹Калініченко В.В., ²Носков В.В.
(¹ДДМА, м. Краматорськ, Україна; ²ПАТ НКМЗ, м. Краматорськ, Україна)

Тверді сплави зі зносостійкими покриттями знаходять все більше використання при напівчистовій обробці деталей важкого машинобудування, в тому числі прокатних валків з великими діаметрами бочки валку.

Сьогодні машинобудівні заводи мають широкий вибір твердосплавних інструментів зі зносостійкими покриттями різних виробників. Разом з тим, область раціонального використання кожної конкретної марки твердого сплаву з покриттям дуже обмежена. Для напівчистої токарної обробки прокатних валків з великими діаметрами бочки використовують тверді сплави з покриттями, що входять до групи використання P05–P15 (рідше P20–P30) за стандартом ISO 513. Втім, не всі марки твердих сплавів цих груп демонструють задовільні результати роботи в реальних виробничих умовах. Розробка рекомендацій з використання твердих сплавів з покриттями при напівчистовій обробці прокатних валків вимагає проведення комплексу стійкісних випробувань різців з цими твердими сплавами.

На ПАТ НКМЗ (м. Краматорськ) були проведені стійкісні випробування різців, оснащених змінними різальними пластинами форми CNMG 190616 відомих фірм-виробників («Sandvik Coromant», «Pramet», «Stellram», «Iscar», «Toshiba Tungaloy», «Mitsubishi») при поздовжньому напівчистовому точінні валків прокатних станів у діапазоні діаметрів бочки 521...1300 мм (матеріали валків – сталі 90ХФ, 70ХЗГНМФ, 65Х2С3М).

Результати випробувань дозволили виділити у якості перспективних марок твердих сплавів для напівчистового точіння прокатних валків:

– твердий сплав GC4225 фірми «Sandvik Coromant», що має міцну градієнтну структуру та зносостійке покриття, отримане методом CVD і може працювати в широкому діапазоні умов обробки сталевих деталей, в тому числі і при переривчастому різанні (група використання P10–P40);

– твердий сплав GC4005 фірми «Sandvik Coromant», що має тверду основу з тонким градієнтним шаром на периферії пластини та покриття TiCN–Al₂O₃–TiCN загальною товщиною 18 мкм, отримане методом CVD (тверда основа з тонким градієнтним шаром на периферії пластини забезпечує опір лункоутворенню та пластичній деформації);

– твердий сплав GC4015 фірми «Sandvik Coromant» зі зносостійким покриттям TiCN–Al₂O₃–TiN загальною товщиною 14 мкм, отриманим методом CVD (група використання P10–P20);

– твердий сплав 6610 виробництва фірми «Pramet» з товстим зносостійким покриттям з несівним шаром Al₂O₃, нанесеним методом MT–CVD на функціонально градієнтному субстраті з низьким вмістом кобальту (група використання P10–P25).

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ ФРЕЗЕРУВАННЯ ДИСКОВИМИ ФРЕЗАМИ

¹Мироненко Є.В., ¹Міранцов С.Л., ²Рибалко В.А.
(¹ДДМА, ²ПАТ «НКМЗ», м Краматорськ, Україна)

Сучасні економічні умови, у яких працюють машинобудівні і верстатобудівні підприємства України, вимагають безупинного підвищення ефективності обробки, обумовленою продуктивністю і собівартістю.

Підвищення продуктивності механічної обробки на фрезерних верстатах обмежується деякими технологічними операціями, однією з яких є фрезерування пазів $b = (6 \dots 10)$ мм дисковими фрезами.

Операція фрезерування пазів дисковими фрезами являє собою невідне різання, що характеризується рядом особливостей. Різальна частина дискової фрези працює зі значними питомими навантаженнями на різальні леза в умовах утрудненого відводу стружки, що приводить до великої кількості поломок різальних пластин. Крім того, знижена жорсткість збірної конструкції, що є наслідком недостатньої надійності закріплення різальної пластини у корпусі інструмента, приводить до виникнення коливань в процесі різання. Статистичні дані по експлуатації збірних дискових фрез показують, що відмови зазначених інструментів до досягнення нормативного критерію зносу складає близько до 45%. Це веде до підвищеної витрати твердого сплаву і зниженню техніко-економічних показників процесу обробки, підвищенню собівартості.

Основним недоліком відомих дискових фрез є те, що для забезпечення надійності закріплення тангенціально розміщених різальних пластин за рахунок підвищення зусилля закріплення в обмеженій різьбовій частині корпусу необхідно забезпечення увігнутої форми опорної поверхні закритого гнізда, що потребує значної трудомісткості виготовлення.

Метою роботи є вдосконалення на підставі аналітичних і експериментальних досліджень конструкцій збірних дискових пазових фрез з метою підвищення надійності закріплення різальних пластин у корпусі інструмента.

В якості аналітичних методів досліджень використовувалося моделювання напружено-деформованого стану збірних конструкцій інструменту та гармонічний аналіз конструкції з метою отримання амплітудно-частотних характеристик коливань інструмента. Експериментальні дослідження проводилися у виробничих умовах.

Запропонована конструкція вузлу закріплення різальної пластини дискової фрези характеризується більшою міцністю та жорсткістю, що дозволяє підвищити продуктивність фрезерування пазів.

РЕІНЖИНІРИНГ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЯЛЬНОСТІ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Мирошніченко Ю.В.

(ХТЕІ КНТЕУ, м. Харків, Україна)

В умовах кризового стану економіки України, негативного впливу зовнішнього середовища для машинобудівних підприємств характерні наступні риси: застаріле обладнання, відсутність можливості інвестування в основні фонди, падіння попиту на продукцію, висока собівартість та низька якість продукції, відсутність державного замовлення. Це приводить до підвищення вірогідності банкрутства вітчизняних машинобудівних підприємств. Таким чином, виникає необхідність пошуку підходів до виходу підприємств з кризового стану.

Одним з дієвих методів підвищення ефективності функціонування підприємств машинобудування є реінжиніринг бізнес-процесів, який пов'язаний з використанням інженерних підходів до управління та реорганізації підприємства. Основоположники реінжинірингу бізнес-процесів М. Хамер та Д. Чампі визначають його як «фундаментальне переосмислення та радикальна перебудова бізнес-процесів з метою досягнення значних покращень у критично важливих в сучасних умовах критеріїв продуктивності, таких як вартість, якість, послуги і швидкість» [1, с. 35-39]. Реалізація реінжинірингу передбачає на першому етапі перехід від функціонального до процесного підходу до управління організацією, що дозволяє скоротити витрати, підвищити відповідальність за виконання бізнес-процесів. Проведення реінжинірингу бізнес-процесів відбувається в наступній послідовності:

- формулювання стратегічної мети діяльності підприємства;
- визначення критичних факторів успіху та ключових бізнес процесів;
- аналіз існуючих бізнес-процесів;
- побудова ідеальної моделі організації;
- розробка проекту реінжинірингу;
- впровадження проекту реінжинірингу на основі використання інформаційних технологій.

Таким чином, впровадження реінжинірингу бізнес-процесів машинобудівних підприємств дозволить підвищити ефективність управління, підвищити конкурентоспроможність продукції, знизити собівартість, підвищити рівень автоматизації операцій та контролю за виконанням процесів.

Література: 1. Хаммер М. Реинжиниринг корпорации: манифест революции в бизнесе: пер. с англ.. / М. Хаммер, Дж. Чампи. [Текст] – СПб.: Из-во С. – Петербургского вуза, 1997. – 332 с.

РЕАЛИЗАЦИЯ МУЛЬТИЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ОТДЕЛОЧНО-ЗАЧИСТНОЙ ВИБРООБРАБОТКИ

Мицьк А.В., Федорович В.А.
(НТУ «ХПИ», г. Харьков, Украина)

К мультиэнергетическим или гибридным технологиям виброобработки следует отнести новые технологии, в процессе реализации которых, различного рода энергия, обеспечивающая съем металла и улучшение качества поверхности, может сообщаться не только свободной абразивной среде, но и дополнительно, и одновременно обрабатываемым деталям, помещенным в резервуар вибростанка с закреплением в специальных многоместных установочных приспособлениях, являющихся автономными, совершающими независимые движения, конструктивными элементами модульных вибростанков динамического воздействия.

К упомянутым деталям относятся втулки, катушки, шкивы, зубчатые колеса, имеющие центральные сквозные отверстия, которые можно использовать для базирования и закрепления в установочных приспособлениях, а также корпусные детали приводных и распределительных устройств, имеющих сложную форму, комбинированную из цилиндрических, конических и криволинейных поверхностей.

В качестве опытно-промышленных исследований на вибростанке модульного типа, конструкция которого включала в себя независимые, приводимые в движение горизонтальными вибровозбудителями типа ИВ 92А колебательные системы резервуара и многоместного приспособления с закрепленными в нем деталями, согласно патенту Украины № 69421 выполнялась операция удаления облоя с заготовок корпусных деталей малогабаритных электродвигателей. Материал заготовок – алюминиевый сплав АЛ-9 ГОСТ 1583-93. Метод получения заготовок – отливка в кокиль. Форма заготовок сложная, разнопрофильная, образованная сопряжениями цилиндрических и криволинейных поверхностей. Имеются ниши, карманы, размеры заготовок 110×80 мм. Исходная шероховатость поверхности $R_a = 5,0...2,5$ мкм. Отделочно-зачистная обработка производилась на вибростанке, объем резервуара которого позволял одновременно разместить 16 деталей. В качестве рабочей среды использовался бой отходов шарошлифовальных кругов АН-2 ТУ 2-036-0221899-007-97 с размером гранул 15...20 мм. Режимы движения вибровозбудителя колебательной системы резервуара: амплитуда 1,6...1,8 мм; частота 50 Гц. Режимы движения вибровозбудителя колебательной системы приспособления с деталями: амплитуда 1,0...1,2 мм; частота 50 Гц. Машинное время обработки 30 минут. Дефекты поверхности удалены полностью, острые кромки скруглены до $R = 1,5...1,8$ мм, достигнута требуемая шероховатость поверхности при естественном оттенке материала. Сортировочный контроль качества появления брака не установил.

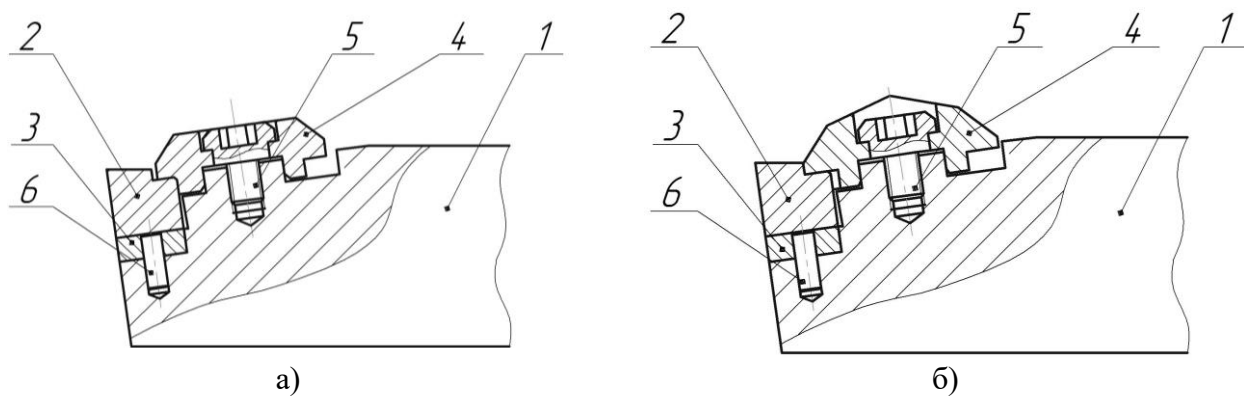
ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ КОНСТРУКЦІЙ ЗБІРНИХ ПРОРІЗНИХ ТОКАРНИХ РІЗЦІВ ДЛЯ ВАЖКОГО РІЗАННЯ

Міранцов С. Л., Калініченко В. В., Хорошайло В. В.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Міцність елементів конструкції збірних прорізних токарних різців для важкого різання з кріпленням твердосплавної різальної пластини підвищеної міцності з Г-подібним уступом значною мірою залежить від схеми базування різальної пластини та форми верхньої поверхні прихоплювача.

Досліджувані конструкції збірних прорізних токарних різців для важкого різання наведені на рисунку 1. В конструкції 1 (рис. 1 а) різальна пластина базується за «нижнім» упором, упираючись нижньою упорною поверхнею в упорний виступ прихоплювача; верхня поверхня прихоплювача – плоска. В конструкції 2 (рис. 1 б) різальна пластина базується за «верхнім» упором, упираючись верхньою упорною поверхнею в упорну поверхню притискної ділянки прихоплювача; верхня поверхня прихоплювача – кутова.



1 – тримач; 2 – різальна пластина; 3 – опорна пластина;
4 – прихоплювач; 5 – гвинт; 6 – штифт

Рисунок 1 – Досліджувані конструкції збірних прорізних токарних різців

За результатами проведеного у середовищі *Solid Works Simulation* моделювання напруженого стану елементів конструкцій різців при прорізанні канавки шириною 40 мм та підрізанні торця з глибиною різання 10 мм на деталі зі сталі 50ХН кращі показники міцності має конструкція 2 з базуванням різальної пластини за «верхнім» упором та кутовою верхньою поверхнею прихоплювача. У конструкції 2 значення максимальних еквівалентних напружень при прорізанні канавки – на 17,1 %, а при підрізанні торця – на 11 % менше, ніж у конструкції 1 з базуванням різальної пластини за «нижнім» упором та плоскою верхньою поверхнею прихоплювача. Менші значення напружень розтягу у зоні небезпечного перетину різальної пластини за уступом також відзначалися для конструкції з базуванням пластини за «верхнім» упором та кутовою верхньою поверхнею прихоплювача, що свідчить про меншу ймовірність поламки пластини за уступом для цієї конструкції.

КОМПЛЕКСНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ЗБІРНИХ ПРОРІЗНИХ РІЗЦІВ ДЛЯ ВАЖКОГО РІЗАННЯ

Міранцов С. Л., Калініченко В. В., Хорошайло В. В.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Впровадженню нових конструкцій різальних інструментів має передувати комплексне дослідження якості запропонованих конструкцій. Під час такого дослідження визначають узагальнені показники якості для кількох порівнюваних конструкцій інструментів, рекомендуючи до впровадження конструкцію з кращим узагальненим показником якості.

Авторами проведено комплексне дослідження якості двох конструкцій збірних прорізних різців для важкого різання з кріпленням різальної пластини підвищеної міцності з Г-подібним уступом. Конструкція 1 відрізнялась базуванням різальної пластини за «нижнім» упором та плоскою верхньою поверхнею прихоплювача, конструкція 2 – базуванням різальної пластини за «верхнім» упором та кутовою верхньою поверхнею прихоплювача.

Оцінювання якості конструкцій здійснювалось за 5-бальною системою. Структура одиничних показників якості: міцність та жорсткість (вагомість 0,5); ремонтпридатність (вагомість 0,14), універсальність (вагомість 0,11), зносостійкість (вагомість 0,05), технологічність (вагомість 0,2). Для кожного показника визначались структура і вагомості його ознак, потім конструкції оцінювались за кожною ознакою та за кожним одиничним показником якості з урахуванням вагомостей. Конструкції 1 та 2 отримали різні оцінки за такими ознаками показника міцності та жорсткості, як схема базування різальної пластини (конструкція 2 – 5 балів, конструкція 1 – 3 бали) та форма верхньої поверхні прихоплювача (конструкція 2 – 5 балів, конструкція 1 – 4 бали). Це пояснюється позитивним впливом на міцність конструкції схеми базування різальної пластини за «верхнім» упором та кутової форми верхньої поверхні прихоплювача. За такою ознакою універсальності, як можливість ефективного використання конструкції для різних токарних робіт, конструкція 1 отримала 4 бали, конструкція 2 – 4,5 балу, оскільки прихоплювач з кутовою верхньою поверхнею краще адаптований для підрізних токарних робіт. За такою ознакою технологічності, як кількість складних деталей або поверхонь, конструкція 1 отримала 4,5 балу, конструкція 2 зі складнішою формою верхньої поверхні прихоплювача – 4,3 балу. Загалом за міцністю та жорсткістю конструкція 2 отримала 2,275 балу, конструкція 1 – 2,055 балу; за універсальністю: конструкція 2 – 0,4675 балу, конструкція 1 – 0,44 балу; за технологічністю: конструкція 2 – 0,83 балу, конструкція 1 – 0,85 балу. За ремонтпридатністю та зносостійкістю обидві конструкції отримали по 0,56 та по 0,2 балу кожна.

Узагальнений показник якості для конструкції 1 склав 4,11 балу, для конструкції 2 – 4,33 балу. Відтак, кращі показники якості має конструкція 2 з базуванням різальної пластини за «верхнім» упором та кутовою верхньою поверхнею прихоплювача, яку і рекомендовано для виробничого використання.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ПОСАДОК З НАТЯГОМ НА ОСНОВІ АНАЛІТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОБЛАСТІ ЇХ ІСНУВАННЯ

Нечипоренко В.М., Горбунов А.П., Сало В.А., Літовченко П.І.
(НАНГУ, м. Харків, Україна)

До сучасних машини і механізмів висуваються підвищені вимоги щодо їх технічного рівня та конкурентоздатності на зовнішньому ринку. Для розв'язання вказаних задач необхідне застосування сучасних технологій проектування з використанням ІТ.

Надійність і довговічність з'єднань з натягом, які широко застосовуються у сучасних машинах, залежать від властивостей матеріалів деталей і способу їх складання, а також від натягу, що обумовлений багатьма факторами, які при типовому розрахунку врахувати складно. Впровадження автоматизованого проектування посадок дозволяє здійснити автоматичну оцінку взаємовпливу всіх численних параметрів фрикційного з'єднання.

Авторами пропонується представляти всю сукупність параметрів посадки у вигляді єдиної математичної моделі, яка зручно реалізується у комп'ютерній програмі.

На основі розроблених авторами інструментальних засобів автоматизованого проектування посадок проведено серію розрахунково-аналітичних досліджень з'єднань з натягом. В результаті побудовано n -параметричну геометричну модель області існування посадок і її проекції на координатні площини системи координат lpN , де l, p, N – довжина посадки, питомий тиск і натяг у посадці, відповідно. Тіло моделі обмежують плоскі і криволінійні грані, а у середині вівся пошук найбільш раціональних стандартних посадок з кінцевої множини допустимих. При цьому оцінка ступені придатності посадки виконувалася з врахуванням методу взаємозамінності – максимуму-мінімуму або ймовірнісного. Недоліком чисто геометричного підходу була неможливість виключення суб'єктивного фактора при виборі остаточного проектного рішення.

Для усунення цього недоліку за допомогою алгебри логіки отримали плоску область допустимих значень Ω_{Δ} , яка обмежена трьома областями $\Omega_1, \Omega_2, \omega_0$:

$$\Omega_{\Delta} = (\Omega_1 \wedge_0 \Omega_2) \wedge_0 \omega_0 = \left(\left(\left(\frac{[p_{\max}] - [p_{\min}]}{2} \right)^2 - (p - p_A)^2 \right) \wedge_0 \left(\left(\frac{[N_{\max}] - [N_{\min}]}{2} \right)^2 - (N - N_A)^2 \right) \right) \wedge_0 \left(p - \frac{[p_{\max}] - [p_{\min}]}{[N_{\max}] - [N_{\min}]} N + \frac{[p_{\max}] - [p_{\min}]}{2} \right),$$

де \wedge_0 – символ R -кон'юнкції, що описує перетин областей Ω_1 і Ω_2 ;

(p, N) – змінні величини, аргументи функцій координатних осей p і N ;

(p_A, N_A) – дійсні координати центру симетрії області допустимих тиску і натягу;

$(p - p_A)$ і $(N - N_A)$ – відстані від початку координатних осей p і N до точки A ;

$[p] = ([p_{\max}] - [p_{\min}]) / 2$ – половина діапазону значень допустимого питомого тиску;

$[N] = ([N_{\max}] - [N_{\min}]) / 2$ – половина діапазону значень допустимого натягу;

$[p_{\max}]$ і $[p_{\min}]$ – границі допустимих значень по координаті p ;

$[N_{\max}]$ і $[N_{\min}]$ – границі допустимих значень по координаті N .

Таким чином, в даній роботі розроблено методику аналітичного опису моделі області існування посадок з натягом, що забезпечує вибір раціонального проектного рішення при автоматизованому їх проектуванні.

ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРИВОДЫ В МНОГООСНЫХ СТАНКАХ С ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ КИНЕМАТИКОЙ

Новаковский А.Г., Антонюк В.С.

(НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского», г. Киев, Украина)

vp@kpi.ua

В станках с многоосной системой движения существует два метода его реализации: параллельная и последовательная кинематика.

В многоосной системе с последовательной кинематикой каждый пьезоэлектрический привод/датчик связан с единственной осью движения.

В параллельной кинематической многоосной системе все пьезоэлектрические приводы управляют одной движущейся платформой, общей для нескольких координат, что позволяет уменьшить размер, инерцию перемещений, а также устранить микротрения, вызванные перемещением соединительных проводников.

Таким образом, одинаковая резонансная частота и симметричное динамическое поведение могут быть получены как для оси X, так и для Y, Z.

Преимуществами являются более высокая динамика и скорость сканирования, лучшее следование траектории, а также лучшая повторяемость и общая стабильность системы.

При этом обеспечивается ортогональность и упрощается просчет преобразования координат [1, 2].

Последовательную кинематику периодически называют несвязанной системой движения, в то время как параллельная кинематика является связанной системой (рис. 1).

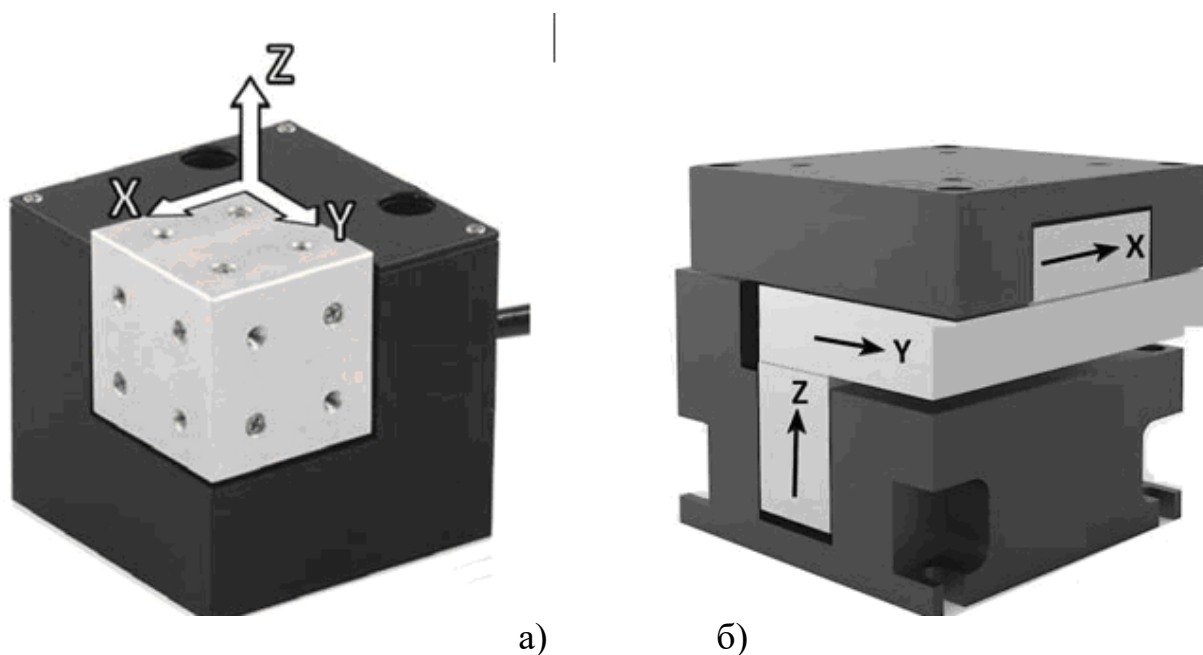


Рисунок 1 - Система реализации пьезоэлектрического движения: связанная (а) и несвязанная (б).

Когда речь заходит о нанометровых измерениях, несвязанного движения не существует.

Вкладывая или накладывая вторую и/или третью оси на стадии перемещения, происходит влияние на первую ось.

Любая приложенная нагрузка будет оказывать дальнейшее влияние на все оси, даже если они находятся в состоянии покоя.

Так называемая несвязанная многоосная система генерирует связанное (нежелательное) движение во многих степенях свободы, которое не может быть обнаружено его внутренними метрологическими датчиками последовательной кинематики и, следовательно, является частично неконтролируемой.

Параллельная кинематика/параллельная метрологическая система «видит» движение во всех контролируемых степенях свободы и реагирует на него.

Это означает, что все движения происходят внутри серво-петли, независимо от того, какой привод (или нежелательная внешняя сила/помеха) их вызвал, обеспечивает превосходную многоосную точность, повторяемость и плоскостность.

Прямая параллельная метрология также позволяет более жесткие настройки сервопривода для более быстрой реакции на сигнал.

Внеосевые помехи, внешние или внутренние, могут быть демпфированы сервоприводом.

Параллельные кинематические системы с пьезоэлектрическими приводами превосходят системы последовательной кинематики и облегчают реализацию прямой параллельной метрологии, а также просчет всех контролируемых степеней свободы.

Литература: 1. Антонюк В.С. Підвищення точності позиціонування лінійних направляючих мікроманіпуляційних систем з п'єзоелектричним двигуном / В.С.Антонюк, А.В. Белова, С.Ф. Петренко // Високі технології в машинобудуванні: Збірник наукових праць Харків: НТУ «ХПІ», 2008. – Вип.2 (17)- С. 12 - 20. 2. Антонюк В.С., Белова А.В., Петренко С.Ф. Позиціонування лінійних п'єзоелектричних мікроманіпуляційних систем // Вісник Житомирського державного технологічного університету. 2009. Вып 7 - С. 13 – 25.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ СКЛАДНОПРОФІЛЬНИХ ОБОЛОНОК ОБЕРТАННЯ З СИТАЛІВ В УМОВАХ СУЧАСНОГО ВИРОБНИЦТВА

Олійник С.Ю.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

В останні десятиліття визначилися тенденції в обробці матеріалів, як в області застосування верстатів з ЧПК, обробних центрів, так і у використанні верстатів-роботів, верстатів з паралельною кінематикою. Впровадження на машинобудівних підприємствах сучасного обладнання змінює вимоги до технологічного процесу і підготовки виробництва. Це пов'язано з можливостями застосування більш ефективних схем різання використання адаптивного управління ходом технологічного процесу (ТП). Застосування класичних верстатів з ЧПК і оброблювальних центрів для видалення матеріалу способами механічної обробки ще має переваги по точності і жорсткості під час обробки, тому дослідження в області обробки складнопрофільних оболонок з крихких важкооброблюваних матеріалів актуальні для такого обладнання. Однак переваги застосування верстатів-роботів - можливість створення гнучкої технології видалення матеріалів, застосування їх в умовах багатомономенклатурних виробництва зі значними зменшенням витрат дозволяє зробити припущення про перспективність досліджень в області розробки технологій для обробки складнопрофільних деталей на сучасному обладнанні.

Ефективним методом виявлення похибок обробки і факторів, що впливають на її величину, є дослідження на відповідних математичних моделях. Основним завданням етапів механічної обробки розглянутих деталей-оболонок є отримання заданого профілю, а також мінімальної дефектності і шорсткості поверхні. Похибки профілю з'являються на перших етапах ТП і копіюються від операції до операції. Поява похибки обробки профілю оболонки пов'язана з такими факторами: похибкою установки і налаштування технологічної системи (ТС); пружними переміщеннями, пов'язаними з нерівномірною і низькою жорсткістю заготовки і інструменту; його зносом; геометричній неточністю пристосування; неврівноваженістю ТС через нерівномірність розподілу припуску і щільності матеріалу заготовки щодо осі обертання по її довжині.

Для математичного опису процесу утворення сумарної похибки розроблена модель, яка встановлює функціональні зв'язки між геометрією поверхні та похибками налаштування елементів ТС, а також їх пружними переміщеннями під час обробки. Модель дозволяє враховувати особливості конструкції складнопрофільної оболонки та схему її обробки, конструкцію елементів обладнання та взаємодію ТС з процесами, що відбуваються в зоні різання. Реалізувати роботу математичної моделі можливо в більшості існуючих програм імітаційного моделювання. Це дозволяє провести аналіз технологічних факторів і даних про ТС, в тому числі отриманих експериментальними методами, і проводити пошук оптимальних рішень.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАТОЧКИ ФАСОНИХ ДИСКОВИХ ОБКАТНИХ ФРЕЗ ДЛЯ ОБРОБКИ БАГАТОЗУБИХ ВИРОБІВ З НЕРІВНОМІРНИМ КРОКОМ ПО ЗАДНІЙ ПОВЕРХНІ

Парненко В. С., Равська Н.С
(НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», Україна)

Аналіз зміни кінематичних задніх кутів на різальній частині дискової обкатної фрези в залежності від числа зубів у групі багатозубого виробу Z_{gr} , діаметру багатозубого виробу D_B , та числа зубів багатозубого виробу Z_B показав, що задній кінематичний кут α_N від зуба до зуба, та при розподілі кутів уздовж бічної різальної кромки, збільшуються від вершини до ніжки зуба фрези.

Зі збільшенням діаметра і числа зубів D_B , Z_B оброблювального багатозубого виробу, кінематичний задній кут α_N на бічних ріжучих кромках декілька збільшується.

Причому, в процесі різання, при прийнятому задньому $\alpha_i = 10^\circ$ інструментальному куті в вершинній точці ріжучої кромці, та $Z_{gr}=4$, задній кут на одній з бічних ріжучих кромок має позитивні значення і на ній будуть створені нормальні умови стружкоутворення, а на другий - негативні, тобто буде спостерігатися затирання або підрізання задньою поверхнею фрези обробленої поверхні багатозубого виробу.

Якщо ж прийняти велике значення заднього кута, то на одній з різальних кромок кінематичний задній кут буде достатнім, але на другий ріжучої кромці він буде надмірно великим, що так само несприятливо. Тому доцільно проводити заточку дискової обкатної фрези при $Z_{gr}=4$ для різних різальних кромок під різними задніми інструментальними кутами.

Збільшення числа зубів в групі до $Z_{gr}=6$, сприятливо позначається на кінематичних задніх кутах α_N , і в процесі обробки задні кути зменшуються, і при обраному $\alpha_i = 10^\circ$ на одній з бічних ріжучих кромок мають достатні значення, а на іншій дуже невеликі негативні. Тому рекомендується зі збільшенням числа зубів в групі до $Z_{gr}=6$, збільшувати інструментальний задній кут в вершинній точці до $\alpha_i = 12^\circ$ і проводити заточку таких фрез з однаковими задніми кутами.

При числі зубів в групі до $Z_{gr}=6$, рекомендується приймати інструментальний задній кут в вершинній точці $\alpha_i = 10^\circ$ і проводити заточку таких фрез теж з однаковими задніми кутами.

Тому рекомендовано проводити заточку дискової обкатної фрези по задній поверхні при $Z_{gr}=4$ для різних різальних кромок під різними задніми інструментальними кутами, для $Z_{gr}=6$, задавати кут в вершинній точці до $\alpha_i = 12^\circ$ і проводити заточку таких фрез з однаковими задніми кутами, а для $Z_{gr}=6$, рекомендується приймати $\alpha_i = 10^\circ$ і проводити заточку таких фрез теж з однаковими задніми кутами.

ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИЙ ПРИВОД ЗАТИСКУ ДЛЯ ТОКАРНИХ АВТОМАТІВ

Придальний Б.І.

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

Теоретичне обґрунтування можливості та доцільності використання електричного двигуна в складі електромеханічного привода затиску (ЕМПрЗ) металорізальних верстатів та варіанти таких конструкцій представлені в ряді праць. В даній роботі описано варіант побудови дослідного зразка ЕМПрЗ з використанням асинхронного електродвигуна. Один з варіантів такої конструкції захищено патентом України на винахід №95323.

Створення дослідного зразка ЕМПрЗ, в конструкції якого міститься електродвигун, має на меті продемонструвати можливість використання механізмів такої структури (принципу дії) і зокрема для установки на існуючі шпindelьні вузли з метою їх модернізації. Очевидним є те, що значний вплив на характеристика таких ЕМПрЗ має тип електродвигуна. Для створення даного дослідного зразка обрано найбільш поширений, простий та дешевий тип електродвигуна – асинхронний трифазний серії 4А. Також, існують різні типи спеціалізованих електродвигунів, що можуть бути застосовані в ЕМПрЗ і один з найбільш перспективних – моментний двигун. Запропонований ЕМПрЗ (рис. 1,б зображено без статора) змонтовано в затискному механізмі автомата мод. 1Б240. Для створення та передачі зусилля на вхід ПрЗ в токарних автоматах передбачають ряд передач (кулачкові, важільні та ін..). Запропонований ЕМПрЗ містить у своєму складі лише гвинтову передачу для створення осьового зусилля затягування цанги. Очевидним є спрощення конструкції.

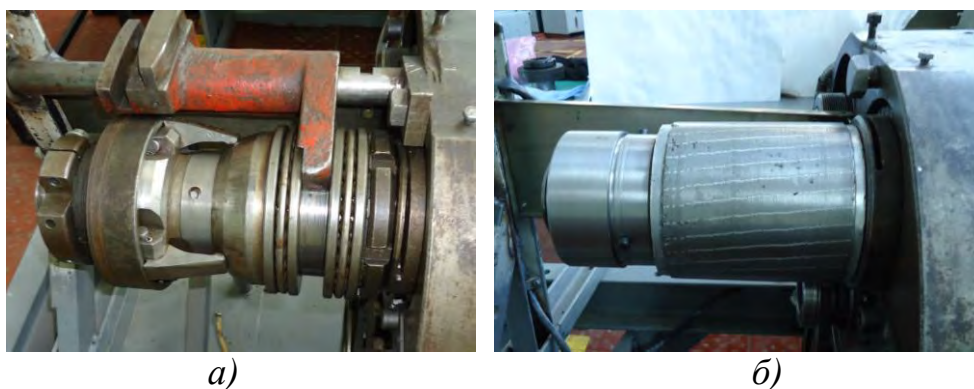


Рисунок 1 – ЕМПрЗ: а) мод. 1Б240, б) запропонованої конструкції (без статора)

Дослідження ЕМПрЗ дасть змогу оцінити його експлуатаційні характеристики та намітити шляхи його вдосконалення. Розвиток електромеханічних систем супроводжується розширенням області їх використання в складі вузлів технологічного обладнання. Доцільність їх використання є очевидною і часто пояснюється можливістю отримання заданих характеристик роботи вузла при відсутності громіздких механічних передач, що спричиняють втрати енергії.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ЕКСКАВАТОРІВ НА ОСНОВІ КОМПЛЕКСНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ РОБОТИ

Проць В.В., Крупко В.Г.
(ДГМА, г. Краматорск, Україна)

Видобуток корисних копалин, являється для України одним із пріоритетних напрямків розвитку всього промислового комплексу. На гірничих підприємствах, кар'єрах, будівництві земляних споруд використовуються комплекси машин, що забезпечують видобуток, перевантаження, переробку та транспортування гірничих порід, ґрунтів. Основними машинами, що виконують найбільш важкі землерийні роботи являються екскаватори, від ефективності роботи яких залежить продуктивність цілих підприємств.

В ході роботи екскаватора інтенсивному зносу підлягають всі механічні системи машини. При цьому встановлено, що в ході копання ґрунту, навантаження від робочого обладнання передається через металоконструкцію машини на ходове обладнання. Зважаючи на той факт, що процес копання представляє собою чергування піків ударного навантаження з періодами статичного навантаження, то ходове обладнання, як і вся металоконструкція машини, підлягають постійним струсам і вібраціям, що призводить до зношування всіх механічних систем.

Створення комплексної математичної моделі землерийної машини дозволить провести теоретичні дослідження з раціоналізації геометричних параметрів обладнання, визначення силових факторів в елементах та системах машини, що дуже актуально на етапах проектування, виробництв та експлуатації машини.

Метою даної роботи є розробка засобів комплексного моделювання, створення математичної моделі екскаватора та проведення теоретичних дослідження з визначення силових параметрів в робочому обладнанні машини і їх розподілено по механічним системам, виключаючи і ходове обладнання.

Зважаючи на той факт, що на елементи робочого обладнання в процесі роботи діють поздовжні та поперечні сили, а також згинаючі моменти, тому металоконструкцію екскаватора доцільно апроксимувати стрижньовими елементами. Так як передбачається аналіз просторових конструкцій, використовується кінцевий елемент у вигляді стрижня в умовах просторового навантаження. Отже в якості методу розрахунку використовується метод кінцевих елементів. Дана методика дозволяє розробити конструктивні схеми та математичні моделі однокішшевих гідравлічних та механічних екскаваторів, стрілових самохідних кранів та дослідити величину внутрішніх силових факторів при різних умовах роботи.

Таким чином на кафедрі ПТМ ДДМА було створено програмне забезпечення та математичні моделі землерийних машин, які дозволяють проводити широкий спектр досліджень силових параметрів та їх розподілу по всім механічним системам.

RESEARCHES OF FLUCTUATIONS OF WHEEL-PAIR RENEWAL PROCESS BY CUP-TIP TOOLS

Polupan I. I.

(DSEA, Kramatorsk, Ukraine)

Productivity, quality and cost of machining in many respects depends on quality of the metal-cutting tool, and also efficiency of its use. The main share of costs of machining is connected with the cost of the tool and expenses on its operation.

Process of machining of wheel couples represents difficult system of mechanical and physical and chemical interaction of the cutting tool with material of the cut-off layer of the processed wheel.

For analytical researches of the dynamic phenomena arising in the course of cutting on heavy wheel turning machines the structural and mathematical model of technological system is offered.

For creation of model of technological system of heavy wheel turning machines, calculation and the analysis of the dynamic phenomena the structural model including the combined tool as the separate elastic subsystem of the tool included in parallel machine EES (equivalent elastic system) is offered.

For development of the settlement scheme and model of technological system of heavy wheel turning machines, as base the wheel turning machine mod. КЖ1836М.10 was accepted, which is intended for performance of turning works on repair of profiles of bandages of wheel couples of cars, locomotives, electric locomotives and the motor - carriage sections with a width of track of 1435 ... 1676 mm and diameter around of driving 700 ... 1250 mm.

Program realization of model of technological system of the heavy wheel turning machine was executed in a Simulink MATLAB package.

The analysis of results of pilot studies of combined cup cutters showed dependence of dynamic characteristics of combined cup cutters on cutting mode elements in the ranges low (0 ... 1000 Hz) and high (1 ... 10 kHz) frequencies.

Dependence of amplitude of fluctuations of combined cup cutters on the speed of cutting has monotonous character.

The nature of dependence of amplitude of fluctuations on cutting speed at a research of combined cup cutters is characterized by the following features. So, increase in speed of cutting when processing wheel couples combined cup cutters leads to the monotonous growth of size of amplitude of fluctuations of the tool. Increase in amplitude of fluctuations of the tool in this case is explained by existence of joints in system of mechanical fastening of a plate which reduce rigidity of a cup cutter of a combined design.

For check of adequacy of mathematical model which describes fluctuations of combined cup cutters in the course of cutting comparison of the dependences received in the settlement way by means of an applied MATLAB package, and dependences received as a result of pilot studies was carried out.

For modeling of fluctuations conditions under which pilot studies were conducted were accepted.

The analysis of the given dependences allows to draw a conclusion on adequacy to the offered mathematical model.

ВИЗНАЧЕННЯ ТОВЩИНИ ЗРІЗУВАНОГО ШАРУ ДИСКОВИМИ ВІДРІЗНИМИ ФРЕЗАМИ З РІЗНОНАПРАВЛЕНИМИ ЗУБЦЯМИ

Равська Н.С., Охріменко О.А., Майданюк С.В.
(НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна)

Завантаження різальної частини інструменту є важливою характеристикою процесу оброблення інструментом, яка впливає на силові, теплові та динамічні показники процесу різання та визначає інтенсивність його зношування. Оцінка завантаження різальної частини є важливим резервом при створенні прогресивних конструкцій інструментів.

Найчастіше спостерігається нерівномірне завантаження різальної частини інструменту, що призводить до його нерівномірного зношування, тому задача визначення завантаження різальних кромок інструменту є актуальною. Одним з можливих шляхів вдосконалення конструкції інструменту є рівномірність завантаження різальних кромок по довжині. Рівномірність завантаження кромок більшою мірою залежить від товщини зрізуваного шару та тривалості контакту досліджуваної точки різальної кромки з заготовкою. Тому, для вирішення задач по вдосконаленню конструкції інструменту необхідно визначити характер завантаження різних ділянок різальних кромок інструменту, тобто товщину зрізуваного шару.

Складність визначення товщини зрізуваного шару дисковими відрізними фрезами з різнонаправленими зубцями полягає в тому, що кожний зубець таких фрез характеризується своєю схемою зрізування припуску, тому необхідно враховувати форму утвореної поверхні попереднім зубцем для кожного з зубців, що приймають участь в роботі.

Оскільки товщина зрізуваного шару визначається довжиною нормалі до поверхні різання, тому постає задача визначення положення вектора нормалі до поверхні різання та визначення границь перерізу зрізуваного шару, з урахуванням утвореної поверхні кожним з попереднім зубцем.

Нормаль до поверхні різання визначається як векторний добуток вектора швидкості результуючого руху різання та дотичної до різальної кромки, а переріз зрізуваного шару обмежується різальною кромкою зубця, що розглядається, та поверхнями, утвореними від попередніх зубців.

Так визначаються поверхні, утворені кожним зубцем та положення нормалі до них. Товщина зрізуваного шару в досліджуваній точці різальної кромки окремого зубця буде визначатися довжиною нормалі, проведеної через неї, обмежена перерізом зрізуваного шару.

Таким чином, в роботі розглядаються основні положення загальної методики визначення товщини зрізуваного шару багатозубим інструментом, на прикладі дискових відрізнних фрез з різнонаправленими зубцями, що може бути використане при дослідженнях товщини зрізуваного шару обкатними різальними інструментами.

Отримані результати можуть бути використані для подальшого силового та динамічного аналізу роботи інструменту.

ШЛИФОВАНИЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС АЛМАЗНО-АБРАЗИВНЫМИ ИНСТРУМЕНТАМИ

¹Рябченко С.В., ²Середа Г.В., ²Валуйский В.Ю.

(¹ИСМ им. В.Н. Бакуля, г. Киев, Украина, ²ДП «Бест-Бизнес», г. Киев, Украина)

Зубошлифование является одним из основных способов финишной обработки закаленных зубчатых колес. Шлифованием обеспечивается 3–6 степень точности зубчатых колес и шероховатость поверхности Ra 0,20–1,2.

Шлифование зубчатых колес производится методом обката и методом копирования. При шлифовании методом обката с периодическим делением двумя тарельчатыми кругами (на станках типа «МААГ») обеспечивается точность колес, начиная с 3 степени. Методы непрерывного шлифования червячным кругом (станки «Reishauer») и обката с периодическим делением коническим шлифовальным кругом (станки «Niles») уступают по точности шлифованию зубчатых колес двумя тарельчатыми кругами.

Из всего многообразия абразивных материалов, из которых изготавливаются шлифовальные круги для зубошлифования, особое место принадлежит электрокорунду и, в частности, хромистому корунду, а так же кубическому нитриду бора (КНБ).

Результаты испытаний тарельчатых шлифовальных кругов из хромистого электрокорунда на станках «МААГ» показали, повышение производительности обработки в 1,2 раза по сравнению с кругами из белого электрокорунда. А применение кругов из КНБ повышает производительность шлифования до 2 раз.

Результаты испытаний конических кругов из хромистого электрокорунда на станках «Niles» показали, повышение производительности обработки в 1,5 раза по сравнению с коническими кругами из белого электрокорунда.

Одним из направлений шлифования зубчатых колес является зубошлифование абразивным червяком на станках «Reishauer». Результаты шлифования зубчатых колес показали повышение производительность обработки на 30% кругами из розового корунда (смесь белого и хромистого корундов) по сравнению с кругами из белого электрокорунда.

Успешно используются высокопористые абразивные круги (структуры 12) из белого электрокорунда при шлифовании зубчатых колес на станках «Gleason-Pfauter». Круги показали высокую эффективность шлифования и полное отсутствие брака после обработки зубчатых колес. Результаты испытаний высокопористых кругов из монокристаллического корунда на станке с ЧПУ «HÖFLER - RAPID» показали их высокую эффективность. Эти круги обеспечивают уменьшение мощности шлифования и повышение точности обработки.

Выводы: Важнейшим принципом при разработке новых алмазно-абразивных инструментов для зубошлифования принадлежит выбору абразивных материалов, а так же созданию нужной структуры шлифовального круга. Применяя специальные технологические методы производства кругов, мы создаем инструменты с особыми характеристиками, необходимыми для выполнения операций зубошлифования для различных отраслей машиностроения.

СТВОРЕННЯ ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ РЕВЕРСИВНОГО ТА ОСЦИЛЮЮЧОГО СВЕРДЛІННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Самойленко А.С., Глоба О.В.

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

Andre756@i.ua, g_a_v@ukr.net

В наш час широке застосування знайшли композиційні матеріали (КМ). Виробництво композитів займає менше часу і деталь створюється одразу потрібної форми. Свердління – найпоширеніша операція, що потребує використання дорогих верстатів які призначені для обробки цих матеріалів

Зважаючи на те, що в процесі виробництва створюється велика кількість отворів, частина яких виконується під болтове та заклепкове з'єднання, висуваються вимоги до їх точності і якості. Тому стає необхідним розробити новий ручний механізований інструмент для обробки отворів, який забезпечить ці вимоги.

Реверсивне свердління при обробці композиційних матеріалів показало хороші результати, що представлено у роботах [1, 2, 3]. Зважаючи на це, був створений ручний інструмент для виконання реверсивного свердління з електронним управлінням. Та виготовлено інструмент для осцилюючого свердління КМ. Даний пристрій виконує осцилюючі коливання за рахунок оберտального руху ексцентрика. В результаті різальний інструмент, відхиляється на кут 3° в обидві сторони.

В даному випадку, в якості різального інструменту використовується свердло з нанесеним алмазним шаром. Розташування різальних елементів такого свердла не потребує виконання повного оберту. Натомість, різання виконується за рахунок коливання інструменту з високою частотою при малій амплітуді.

Деталі пристроїв були спроектовані в програмі САД моделювання та виготовлені використовуючи адитивні технології.

Таким чином було спроектовано та розроблено ручний механізований інструмент, який розширює можливості для дослідження режимів реверсивного та осцилюючого свердління КМ. На даному етапі розробка знаходиться на рівні дослідного зразка і потребує оцінки його працездатності в лабораторних та промислових умовах.

Література: 1. Булах І.О. (Милокост) Забезпечення якості отворів при свердлінні вугле- та склопластиків / І.О. Булах, О.В. Глоба // Ж. «Технологічні системи» УкрНДІАТ. – 27 Київ, 2014, С. 66-74. 2. Глоба О.В., Булах І.А. Збірник наукових праць «Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем» ДГМА. – Краматорськ, 2014. – №34. – С.65-72. 3. Ермаков Ю.М. Комплексные способы эффективной обработки резанием / Ю.М. Ермаков – М.: Машиностроение, 2005. – 272 с.

СТОЙКОСТЬ ПРОТИВ ТРЕЩИН СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ СВАРКОЙ

Семенов В.М., Кабацкий А.В., Мартыновская Е.В., Малыгина С.В.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Разработка технологии при использовании электрошлаковой сварки для изготовления и ремонта изделий из низко- и среднеуглеродистых низколегированных сталей, как и для других способов сварки плавлением, включает в себя решение двух важных вопросов: выбор сварочных материалов, обеспечивающих получение требуемых механических свойств после соответствующей термической обработки, выбор режимов сварки, гарантирующих качество сварных соединений.

Используемые при сварке конструкционных сталей сварочные проволоки, как правило, имеют низкое содержание углерода (обычно ниже, чем содержание углерода в стали). Это объясняется стремлением уменьшить склонность швов к образованию трещин. Однако уменьшение содержания углерода в проволоках и соответственно в шве снижает его прочностные свойства. Поэтому для получения необходимых свойств применяют легированные проволоки. Их применение при сварке легированных сталей (20ХНМФ, 20Х2МА) создает опасность образования трещин в шве. Поскольку одним из основных параметров, влияющих на образование трещин в шве, является скорость сварки, при разработке технологического процесса необходимо определять оптимальную ее величину.

С этой целью выполнялись исследования и разработка технологического процесса электрошлаковой сварки сталей 20Х2МА, 20ХНМФ и др., нашедших широкое применение для изготовления крупных сварных заготовок с помощью электрошлаковой сварки, с определением оптимальной скорости сварки.

В итоге исследований был разработан технологический процесс электрошлаковой сварки с выбором сварочных материалов, обеспечивающих получение механических свойств металла шва, близких к механическим свойствам основного металла. Рекомендуется применять флюс АН-8 и следующие сварочные материалы: для стали 25ГС – проволоку Св-08Г2СМ; для стали 35 – Св-10Г2; для стали 20Х2МА – Св-08ХН2М; для стали 20ХНМФ – Св08ХН2М+пластина 20ХНМФ.

Изучена также склонность металла шва к образованию горячих трещин с определением оптимальной скорости сварки; ее величина при использовании выбранных сварочных материалов следующая: для стали 35 – 1,0 м/ч (толщина металла 280 мм), для стали 20Х2МА – 0,7 м/ч (толщина металла 330 мм) и для стали 20ХНМФ – 0,6 м/ч (толщина металла 1000 мм).

Разработанный технологический процесс может быть использован для электрошлаковой сварки изделий из изученных сталей.

ТОЧНІСТЬ ФОРМОУТВОРЕННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ НА ВЕРСТАТАХ З ПАРАЛЕЛЬНИМИ КІНЕМАТИЧНИМИ СТРУКТУРАМИ

Струтинський В.Б., Гуржій АА., Полунічев В.А.
(НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна)

Використання металообробного обладнання для обробки об'єктів у польових умовах можливо реалізувати шляхом використання верстатів з паралельними кінематичними структурами, перевагою яких є незначна маса, недоліком – низька жорсткість несучої системи. Даний недолік визначає незадовільну статичну і динамічну точність обладнання такого типу.

Особливістю верстатів з паралельними кінематичними структурами є можливість компенсації статичних і динамічних похибок програмним комп'ютерним забезпеченням. Для цього необхідна інформація про характер і величину похибок, що мають місце при обробці типових, зокрема контурних поверхонь. Особливістю верстатів з паралельними кінематичними структурами є відсутність абсолютної системи декартових прямокутних координат пов'язаної із напрямними або іншими точними поверхнями верстата.

Авторами запропоновано ввести абсолютну систему координат пов'язану із спеціальною заготовкою, базові поверхні якої визначають абсолютну систему координат. Проводяться попередні виміри базових поверхонь заготовки, які використовуються для підвищення точності визначення координатних площин та вісей координат.

За результатами вимірів геометричного розташування оброблених на верстаті поверхонь відносно введеної абсолютної системи координат визначається точність верстата паралельної кінематики. Оброблено ряд ділянок плоских поверхонь заготовки, номінальне положення яких перпендикулярне базовій площині і паралельне відповідно вісям координат x і y , плоскі поверхні, які утворюють визначені кути відносно цих вісей, циліндричні поверхні, концентричні базовій циліндричній.

Відхилення абсолютної системи координат верстата від абсолютної системи заготовки встановлюються в результаті вимірів непаралельності та неперпендикулярності, які отримані після обробки плоских поверхонь заготовки. Визначаються поперечно-кутові відхилення вісей двох систем координат. Плоско-паралельне зміщення вісей встановлюється по вимірах розташування пар оброблених плоских ділянок деталі відносно введених вісей координат заготовки.

Для визначення інтегральних параметрів точності проведено виміри відхилень від круглості та від циліндричності. Встановлені тенденції формування похибок циліндричних поверхонь. Характерним видом похибок є овальність. Доведено, що напрямки розташування більшого і меншого діаметрів овальної поверхні відповідають головним вісям еліпсоїда жорсткості пружної системи верстата з паралельними кінематичними структурами.

ОСОБЛИВОСТІ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ КЕРАМІЧНИХ КУЛЬ НА ДОВОДОЧНІЙ ОПЕРАЦІЇ

Струтинський В.Б., Даців Р.І., Варченко Т.І.
(НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна)

В прогресивних конструкціях деталей машин досить часто використовуються точні кулі із керамічних матеріалів, виготовлені із нітрида бора, карбїду бора і інших матеріалів методом шліфування із доводкою на спеціальному пристрої. Відхилення від сферичності куль діаметром 30...50 мм не повинно перевищувати 1 мкм. Процедура контролю якості виготовлення керамічних куль на доводочній операції вимагає спеціального обладнання та методики вимірів.

Система контролю розміру куль в 25 точках включає в себе точну призму із канавкою утвореною двома площинами, розташованими під кутом 90° , в яку поміщається керамічна куля. Плита, нахилена під малим кутом по довжині канавки, встановлюється над канавкою. Площини призми та площина плити утворюють трикутний отвір з перетином у вигляді прямокутного трикутника, гіпотенуза якого відповідає поверхні плити. При цьому висота трикутника опущена із вершини прямого кута змінюється по довжині отвору з уклоном 1:1000. Кут нахилу плити регулюється мікрометричними гвинтами, а величина кута контролюється точною кулею з відомим діаметром.

Методика вимірів відхилення форми кулі від сферичності передбачає розміщення керамічної кулі в трикутний отвір до контакту в трьох точках, одна із яких знаходиться на поверхні плити, а дві другі точки – на площинах канавки. Використовується спеціальний пристрій маніпулювання, призначений для періодичного повороту кулі на кут 45° . По змінам радіуса вписаного в трикутник кола визначається відхилення радіуса кулі в діаметральному перетині. Точкові виміри розміру кулі в 25 точках є основою для побудови математичної моделі реальної поверхні кулі.

В результаті математичного моделювання процесу побудована математична модель реальної форми кулі, описана рядами, що включають сферичні гармоніки, основними складовими яких є приєднані функції Лежандра першого роду, помножені на гармонічні функції. Коефіцієнти рядів знаходяться по вимірним значенням фактичних радіусів кулі визначених в 25 точках. Згідно математичної моделі похибки форми кулі визначені у вигляді хвилястості в меридіональному та в зональному напрямках. Вони визначені у вигляді набору гармонік, що залежать від двох окремо взятих координат введеної сферичної системи. На поверхні кулі також виділяються ділянки випуклостей і впадин відповідні тессеральним сферичним гармонікам. Набір окремих гармонік подано у вигляді двомірного спектра амплітуд коефіцієнтів рядів.

В результаті проведених досліджень теоретично обґрунтовано метод контролю якості геометричної форми точних керамічних куль.

ПРОБЛЕМИ ФОРМУВАННЯ ЗМІСТУ ДИСЦИПЛІНИ «МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ» ОСВІТНЬОЇ ПРОГРАМИ «ДОКТОР ФІЛОСОФІЇ»

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

Започаткована в 2016/17 навчальному році програма підготовки фахівців «Доктор філософії» включає ряд дисциплін, які читаються в потоках, де об'єднані студенти різних факультетів та різних спеціальностей. До таких дисциплін відноситься дисципліна «Методологія наукових досліджень».

В даний час існують різні погляди на формування змісту дисципліни та її методичне забезпечення. Окремі кафедри трактують дисципліну «Методологія наукових досліджень» як суто методичні викладені аспірантам загально-філософські проблеми проведення досліджень та оформлення результатів у рамках дисертаційної роботи на здобуття ступеня «Доктор філософії». Це суттєво знижує цінність дисципліни. Більш доцільним є розширення даного матеріалу в напрямку викладу сучасних методів наукових досліджень. Окремою проблемою є формування змісту дисципліни таким чином, щоб вона була корисною для аспірантів різних спеціальностей та спеціалізацій.

Для розв'язку даної проблеми запропоновано наступний підхід. Попередньо використано аналіз результатів досліджень по окремим дисциплінам. Для цього використані результати досліджень, викладені в дисертаційних роботах, захищених по окремих спеціалізаціях за останні 5 років. Результати узагальнені, визначені спільні методи, досліджена та запропонована методологія їх розвитку. На основі цього сформована структура і зміст навчальних дисциплін та розроблена навчальна програма дисципліни.

Методичне забезпечення дисципліни «Методологія наукових досліджень» здійснено для груп аспірантів двох різнорідних напрямків: механіко-машинобудівного та видавничо-поліграфічного інститутів.

Згідно навчальної програми зміст дисципліни включає кілька основних підрозділів. Перший стосується загальних питань методології наукових досліджень. Другий розділ пов'язаний з обробкою великих обсягів інформації в умовах невизначеності даних, містить методи формування і перетворення дискретних масивів інформації. В рамках цього розділу аспірантам викладаються методи досліджень, основані на застосуванні нечітких (fuzzy) множин, та штучних нейронних мереж. Завершається теоретична частина викладом досліджень на базі теорії матриць та її розвитку. Методи дослідження, які основані на апараті векторного і матричного числення, викладаються з практичною комп'ютерною реалізацією алгоритмів лінійної алгебри.

Заняття комп'ютерного практикуму передбачають вивчення засобів математичних пакетів Maple, Matlab, MathCAD, призначених для виконання наукових досліджень.

МЕТОДОЛОГІЯ ПРОЕКТУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ОРІЄНТОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ МАШИНОБУДУВАННЯ

Ступницький В.В.

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

Забезпечення основних експлуатаційних властивостей виробу (зносостійкості, втомної міцності, антикорозійних властивостей функціональних поверхонь і т.п.) значною мірою обумовлюється не лише призначеними конструктором нормами точності і якості окремих поверхонь виробу, але і такими важливими чинниками, як мікротопологія поверхонь, залишкове напруження і деформації поверхневого шару тощо. Але формування цих характеристик виробу залежить від структури і параметрів технологічного процесу його виготовлення і не може априорі бути пронормованим конструктором. Тому без реалізації рекурентних зв'язків технологічного етапу підготовки виробництва з попередніми етапами конструкторського і інженерного аналізу неможливо врахувати вплив структури і параметрів операцій і переходів на формування кваліметричних показників роботи виробу в цілому.

Головною особливістю функціонально-орієнтованих технологій (ФОП) є те, що первинним у формуванні структури і параметрів технологічних операцій і переходів є забезпечення засобами паралельного інжинірингу комплексу функціонально-експлуатаційних властивостей виробу при дотриманні заданих конструктором параметрів точності і якості поверхонь, ресурсу роботи, а також організаційних і техніко-економічних обмежень.

Особливістю впровадження функціонально-орієнтованих технологій для ефективної реалізації методології *PLM* в машинобудуванні на основі принципу паралельного проектування являється використання *CAF* - системи (*Computer Aided Forming*). У основі цієї системи покладений аналіз імітаційної реологічної моделі виконання окремих технологічних переходів і комплекс функціональних модулів формування точнісних, термодформаційних, мікрогеометричних і структурно-фазових параметрів оброблюваних поверхонь. *CAF* - система органічно доповнює існуючий інтегрований комплекс *CAD/CAE/CAPP/CAM* систем, забезпечуючи прогностичну можливість імітаційного моделювання і встановлення залежності основних кваліметричних показників виробу від структури і параметрів технологічного процесу механічної обробки деталі.

Базова методологія побудови функціонально-орієнтованого технологічного процесу передбачає вирішення ряду проблем, пов'язаних з адекватним імітаційним моделюванням напружено-деформованого стану деталей в процесі їх формоутворення. Відповідно до узагальненого алгоритму функціонування *CAF* - системи, результати аналізу напружено-деформованого стану поверхонь в процесі їх формоутворення дозволяють здійснити моделювання мікротопології поверхонь, залишкових напружень і деформацій, а також - сформулювати прогностичні зв'язки між структурою і параметрами технологічного процесу обробки деталей і домінуючими експлуатаційними властивостями деталей (забезпечення зносостійкості, втомної міцності, корозійної стійкості, триботехнічних показників якості рухомих з'єднань тощо).

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТИ СЛЯБА ОТ ПЕРВИЧНОЙ ОКАЛИНЫ

Субботин О.В., Макущенко А.Ю.

(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Поставляемая на экспорт украинская металлопродукция в настоящее время испытывает конкуренцию со стороны зарубежных производителей. Требования к качеству проката достаточно высокие и определяют, что на прокат толстолистовой суммарная площадь всех зачищенных участков на одном листе должно быть не более 2% его площади. Сохранить конкурентоспособность проката можно повышением его качества за счет внедрения технологического оборудования нового поколения и модернизации системы контроля качества поверхности металла.

Исходной заготовкой для производства прокатного листа толщиной 5...50 мм, на толстолистовом стане (ТЛС) 3000 являются слябы, разогретые до температуры 1200 градусов. На качество проката в наибольшей степени влияет очистка его поверхности от печной окалины. Для удаления первичной окалины с поверхности сляба используется установка гидросбива.

В системах слежения за качеством очистки поверхности сляба от первичной окалины, как правило, производится регулирование скорости и перемещения проката, давления и расхода воды, а также осуществляется измерение температуры излучения сляба.

Максимальную степень очистки обеспечивает учет ряда параметров: толщины слоя окалины (0,1...3мм) и площади покрытия окалиной поверхности сляба. Для этого требуется качественное решение вопроса первичного контроля температуры проката.

Анализ показал, что использование тепловизора в качестве первичного измерительного устройства является наиболее эффективным способом измерения температуры излучения сляба. Регистрируемая тепловизором температура излучения позволяет провести оценку состояния поверхности сляба и обеспечить обратную связь в системе управления.

Для оценки возможности использования тепловизора в составе системы контроля качества проката требуется получить расчетные зависимости, описывающие изменение мощности излучения от длины оптического канала и величины внешних ослабляющих факторов, а также разработать методику расчета оптической системы в зависимости от характеристик среды распространения оптического сигнала и излучательной способности определенных марок сталей.

Таким образом, исследование оптической системы дистанционного контроля температуры проката с тепловизором в качестве первичного преобразователя является актуальной задачей.

ПРОЦЕСС АВТОМАТИЗАЦИИ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА

Субботин О.В., Омельченко М.Е.

(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

В современных условиях степень автоматизации делопроизводства учреждения стала одним из основных показателей информационной и технологической грамотности ее руководителей и управляющих. Основное внимание сосредотачивается на перестройке технологии работы с документами в соответствии с условиями автоматизации, что называется реинжинирингом бизнес-процессов (BPR- Business Process Reengineering). Автоматизация рабочего места затрагивает весь цикл выполняемых операций, так как дальнейшее расширение их номенклатуры затрудняет оперативное управление делами, а ручная обработка информации предприятия ведет к накоплению ошибок и искажению отчетности.

Повышение производительности работ предприятия по контролю и учету, например, материальных ценностей возможно путем разработки автоматизированного рабочего места (АРМ) специалиста по учету таких ценностей и программного обеспечения для ведения базы данных.

Процесс создания программного обеспечения подразделяется на этапы: постановка и обобщение задач, создание базы данных, создание автоматизированного рабочего места работника. Поэтому, для автоматизации работы специалиста по учету материальных ценностей необходима разработка АРМ, которое автоматизирует основные этапы работы.

Таким образом, при разработке решения автоматизации обязательно нужно учесть: род деятельности предприятия; какие информационные потоки присутствуют; какие документы являются основными; какие информационные потоки предприятия должна охватывать создаваемая система; необходимые атрибуты документов (поля таблиц СУБД) для организации поиска; существующие средства автоматизации процессов - предмет изучения на возможность создания единого информационного пространства; перспективы развития системы автоматизации предприятия.

При оптимизации функциональных характеристик АРМ формулируют требования к программному продукту: ведение учета в реальном масштабе времени и одновременно с нескольких рабочих мест; наличие графического пользовательского интерфейса; наличие системы защиты и разделения прав пользователей; хранение, обработка и передача информации; формирование информации о текущем состоянии процесса; формирование отчетов.

Главным при разработке программного продукта является обеспечение минимальных затрат труда и денежных средств. Источники экономии тогда определяются по следующим направлениям: снижение трудоемкости проектных работ; увеличение объемов и сокращение сроков обработки информации; повышение коэффициента использования вычислительной техники, средств подготовки и передачи информации.

МЕТАЛЛОФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ РЕЗКИ СТАЛИ

Сумец А.В.

(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Структурные превращения в условиях аргонно-плазменной, воздушно-плазменной и кислородно-флюсовой резки металла, значительно отличается от превращений при обычной термической обработке. Данные отличия объясняются, прежде всего, спецификой термомодеформационного цикла резки.

Условия $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения при охлаждении из межкритического интервала температур, после высокотемпературной резки, определяют все наиболее важные особенности структурообразования стали: количество и субструктуру упрочняющей фазы, объёмный эффект превращения, наличие остаточного аустенита, деформированность феррита, содержание в нём примесей внедрения и дисперсных частиц и т.п.

Изучение микроструктур исследуемых сталей, подвергаемых высокотемпературной резки, выявили ряд особенностей превращения аустенита при охлаждении из $\gamma + \alpha$ области. Обогащение аустенита углеродом при нагреве в двухфазной области приводит к существенному повышению его устойчивости. Это важнейшая особенность межкритической термической обработки, в результате которой образующаяся в низкоуглеродистой стали аустенитная составляющая характеризуется превращениями, свойственными средне- и высокоуглеродистым конструкционным сталям. Наблюдается снижение свободной энергии в процессе зарождения феррита или его эпитаксиальный рост на уже имеющемся феррите (без стадии зарождения). В результате, высокотемпературный нагрев в $\gamma + \alpha$ области приводит к затормаживанию перлитного превращения при некотором облегчении (по сравнению с полностью аустенизированным состоянием) выделения феррита.

При быстром охлаждении (более 30-50°C/c) из межкритического интервала температур структура и свойства сталей обнаруживают высокую чувствительность к температуре нагрева. Напротив, при сравнительно медленных скоростях охлаждения (5-30°C/c) выделение феррита успевает произойти при достаточно высоких температурах при почти равновесном перераспределении углерода из феррита в оставшийся аустенит. Окончательное (перед мартенситным превращением) количество γ -фазы уже не зависит от температуры нагрева, а определяется преимущественно содержанием углерода в стали. Этот эффект саморегулирования структуры, по-видимому, заключается в том, что количество выделяющегося феррита тем больше, чем ниже устойчивость аустенита, т.е. больше его исходное количество. В результате в достаточно широком интервале температура нагрева (40-80°C) наблюдается примерное постоянство количества мартенсита. При этом уровень фиксируемой доли мартенсита зависит от скорости охлаждения. Так в стали, содержащей 0,06-1,5% Mn, охлаждение со скоростью 1,4°C/c от температуры ликвидус приводит к получению 10% мартенсита со скоростью 10°C/c - 18% и

т.д. Дополнительным преимуществом использования минимальных скоростей охлаждения, лимитируемых только опасностью перлитного превращения, является меньшее пересыщение феррита примесями внедрения. Последние уменьшает вероятность выделения в нём дисперсных частиц, повышает его пластичность и уменьшает склонность стали к закалочному старению при хранении стали.

При медленном охлаждении стали, вследствие диффузии углерода из образующегося феррита, последние порции нераспавшегося аустенита обогащаются углеродом. Положительные стороны использования высоких скоростей охлаждения из двухфазной области: получение необходимой прочности ферритно-мартенситной структуры возможно при меньшем содержании углерода или при значительном снижении концентрации легирующих элементов. Это, в свою очередь, уменьшает структурную полосчатость, возникающую при горячей прокатке. Увеличение скорости охлаждения после высокотемпературной резки приводит к увеличению остаточных напряжений, сопутствующих локальному мартенситному превращению, а также повышению плотности незакреплённых дислокаций в участках феррита, прилегающих к мартенситу, что оказывает важное влияние на свойства стали. Кроме того, избыток атомов углерода в феррите, облегчает их выделение в процессе кратковременного отпуска, предотвращая раннее перестаривание при нагреве деформированных деталей.

Результаты работы использованы при разработке оборудования и технологии воздушно-плазменной резке металлов.

Выводы

1. Высокотемпературный нагрев в $\gamma + \alpha$ области приводит к затормаживанию перлитного превращения при некотором облегчении (по сравнению с полностью аустенизированным состоянием) выделения феррита.

2. Устойчивость γ -фазы при охлаждении из $\gamma + \alpha$ области зависит не от исходного состава исследуемых сталей, а от условий высокотемпературного нагрева, определяющих количество аустенита и перераспределение углерода и легирующих элементов между фазами.

3. Облегчение выделения феррита в не полностью аустенизированной стали приводит к значительному обогащению оставшегося аустенита углеродом, что обеспечивает полное превращение его объёма по мартенситной реакции, с выклиниванием бейнитной области, наблюдаемой при охлаждении полностью аустенизированной стали с тем же содержанием углерода в γ -фазе.

4. Скорость охлаждения из межкритического интервала температур оказывает сложное влияние на структуру и свойства сталей, определяя преимущественный тип превращения, долю превращения аустенита по бездиффузионному механизму и, таким образом, количество и прочность второй структурной составляющей, а также прочность и пластичность феррита.

5. Эффект саморегулирования структуры, заключается в том, что количество выделяющегося феррита тем больше, чем ниже устойчивость аустенита, т.е. больше его исходное количество.

ОПЫТ АКАДЕМИИ ИНЖЕНЕРНЫХ НАУК УКРАИНЫ И СОЮЗА НАУЧНЫХ И ИНЖЕНЕРНЫХ ОБЪЕДИНЕНИЙ УКРАИНЫ ПО ПОДГОТОВКЕ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ В ЕВРОПЕЙСКИЙ РЕЕСТР ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ВУЗОВ УКРАИНЫ

¹Таланчук П.М., ²Струтинский В.Б., ³Кирюхин Н.М.

(¹ОМУРЧ «Украина», ²НГУУ «КПИ им. Игоря Сикорского», ³СНИО, г. Киев, Украина)

Академия инженерных наук Украины существует с 1991 года как общественная организация. Она объединяет более 300 ученых, конструкторов, организаторов производства, представителей высшей школы и других ведущих специалистов разных отраслей экономики Украины. В ее составе 42 зарубежных ученых из 11 стран. Сейчас в Академии инженерных наук существует 19 отделений.

Основными задачами АИН Украины является разработка концепции развития инженерно-технического потенциала Украины, подготовка необходимых кадров, содействие поставкам промышленных отраслей эффективными новейшими технологиями, разработка и внедрение новых концепций инженерного образования, коммерциализация результатов научных исследований, выполненных учеными Академии, и ряд других.

На протяжении 18 лет издается научно-технический журнал «Известия Академии инженерных наук Украины».

Академия входит во Всемирную ассоциацию академий инженерных и технологических наук-CAETS (International Council of Academies of Engineering and Technological Sciences), которая объединяет 27 Академий стран мира.

В настоящее время Академия вместе с Союзом научных и инженерных объединений Украины ведет работы в рамках Государственного проекта «Евроинженер» (EUR ING, Engineering Card, FEANI INDEX) которую реализует федерация FEANI (European Federation of National Engineering Associations).

Специалисты, имеющие EUR ING получают соответствующий диплом и вносятся в FEANI регистрацию, которая ведется в Брюсселе. Это помогает им в плане академической мобильности и установления связей со специалистами и организациями Европы.

Претенденты на получение этого звания должны иметь качественное инженерное образование, многолетний опыт инженерных изысканий, разработки и анализа инженерных объектов и проектирования, а также соблюдать профессиональной этики.

Для участия в проекте подается пакетная заявка которая включает материалы международной аккредитации кафедры высшего учебного заведения и информацию о выпускниках кафедры (не менее десяти) которые успешно работают в инженерной отрасли.

Отбор претендентов при подаче пакетных заявок проводится в две стадии: сначала на национальном уровне, затем профессиональные качества претендента проверяет Европейский мониторинговый комитет FEANI.

Совместная работа Академии инженерных наук Украины и Союза научных и инженерных объединений Украины по реализации программы «Евроинженер» включает подготовку пакетных заявок и направления их в соответствующие структуры FEANI.

В настоящее время накоплен определенный опыт по подготовке пакетных заявок FEANI INDEX и EUR ING. Он поможет в реализации программы «Евроинженер».

ВПЛИВ МАГНІТНО-АБРАЗИВНОГО ОБРОБЛЕННЯ НА ЯКІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МІТЧИКІВ ІЗ ШВИДКОРІЗАЛЬНОЇ СТАЛІ

Тарган Д.В., Майборода В.С., Мусіюк О.Б.

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

Якість інструменту суттєво залежить від форми різальних кромок (РК), шорсткості та фізико-механічних характеристик поверхневих шарів його робочих елементів, які в більшості випадків формуються на фінішних етапах виготовлення при застосуванні нових, інтегрованих технологій в інструментальному виробництві.

Однією з перспективних фінішних технологічних операцій при виготовленні мітчиків підвищеної якості є магнітно-абразивне оброблення (МАО). Цей метод дозволяє комплексно впливати на стан поверхневого шару, контролювано змінювати його фізико-механічні властивості та мікрогеометрію як робочих поверхонь різального інструменту(РІ), так і РК.

Метою роботи було дослідження впливу МАО з вертикальним розташуванням оброблюваної деталі в робочій зоні на мікрогеометрію РК та фізико-механічні властивості робочих поверхонь мітчиків із швидкорізальної сталі.

Під час оброблення, мітчики розташовувалися вертикально відносно площини робочої зони верстату, що необхідно для забезпечення ефективного і рівномірного оброблення робочих поверхонь та РК даного інструменту.

В результаті експериментальних досліджень і статистичної обробки результатів вимірювань встановлено, що шорсткість на передній поверхні мітчиків після МАО порошком Феромап 200/160 мкм зменшилась в середньому в 2 рази, а порошком Феромап 400/315 мкм зменшилась на 30-40%.

Шорсткість на задній поверхні мітчиків після МАО порошком Феромап 200/160 мкм зменшилась на 60-70%, а порошком Феромап 400/315 мкм зменшилась більш ніж на 70%.

Показано, що МАО з вертикальним розташуванням деталі у робочій зоні та порошком Феромап 200/160 мкм призводить до збільшення радіусів округлення РК на забірній частині мітчика на 30%, що повинно привести до запобігання зношенню та викришування зубців, на калібрувальній – до зменшення на 40%, що, при відносно малих значеннях зусиль різання та припуску в цій частині, повинно сприяти підвищенню точності та чистоти поверхні витків різьби. Після МАО порошком Феромап 400/315 мкм радіуси округлення на забірній частині мітчика майже не змінилися, а на калібрувальній – зменшилися на 10-15%.

У всіх мітчиків після МАО з вертикальним розташуванням деталі у робочій зоні поверхнева твердість зменшилась в середньому на 10%. Це можна пояснити особливостям силової взаємодії частинок магнітно-абразивного інструменту з оброблюваними поверхнями інструменту під час МАО, можливістю формування підшарового максимуму по твердості, що потребує подальших досліджень структури та твердості матеріалу мітчиків по глибині, а також проведення експлуатаційних досліджень.

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ВІТРОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ДЛЯ СПЕЦІАЛЬНИХ КОЗЛОВИХ КРАНІВ

Таровик М.Г.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

При розрахунках козових кранів загального призначення на вітрове навантаження враховується тільки статична складова вітрового навантаження. Досвід експлуатації цих кранів дозволяє робити висновок про незначний вплив динамічної складової на напружений стан конструкції. В той же час спеціальні козові крани мають специфічні конструктивні особливості та велику навітряну площу металоконструкцій та вантажу. Для цих кранів пульсація вітрового навантаження істотно впливає на протиугінні захвати, двигуни і гальма механізму пересування. При їх експлуатації є випадки угону вітром і перекидання. Угони відбуваються, як правило, при дії раптових поривів вітру або урагані. Це вказує на необхідність і економічну доцільність розробки науково обґрунтованих норм розрахунку і експлуатації кранів в умовах дії вітру.

В даний час динамічна складова вітрових навантажень враховується коефіцієнтом k – зміни динамічного тиску по висоті крану. Посилання ДСТУ, що значення цієї складової необхідно визначати «по нормах проектування кранів цього типу» не можна прийняти переконливим для спеціальних козових кранів.

В запропонованій методиці вітрові навантаження визначають як

$$F_g = K_d \cdot c \cdot K_a \cdot A \cdot \bar{V}^2 \left[1 + \sum_{i=1}^n (K_{Pi} - 1) \sin \omega_i t \right]^2,$$

де K_d – коефіцієнт приведення швидкості вітру у величину динамічного тиску вітру;

c – коефіцієнт аеродинамічної сили

K_a – коефіцієнт приведення зусилля від сили вітру до точки підвісу вантажу;

A – навітряна площа елементів конструкцій;

V – швидкість вітру як векторна випадкова величина;

K_{Pi} – коефіцієнт пориву вітру;

ω_i – колова частота поривів вітру,

n – число гармонік коливань вітру.

Висновки: Порівняння результатів розрахунку показує, що вітрові навантаження на елементи конструкцій спеціальних козових кранів без урахування та з урахуванням динамічної складової значною мірою розрізняються. По ряду елементів відмінність може досягати до 80%. Зі зростанням висоти крану ці відмінності тільки збільшуються.

КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТАНКОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ КОЛЕСНЫХ ПАР

¹Тихенко В.Н., ²Пчелинский С.В.
(¹ОНПУ, ²ОЖД, г. Одесса, Украина)

Для стабильного экономического развития Южного региона Украины и предприятий города Одессы необходима надежная работа железнодорожного транспорта. Основная часть подвижного состава Одесской железной дороги эксплуатируется длительное время и требует периодического ремонта, прежде всего колесных пар вагонов. Находящиеся в ремонтных депо станки для обработки колесных пар имеют значительный износ, что снижает производительность и точность обработки. Существует вероятность внезапных отказов станков и срывов графиков ремонтных работ.

Одним из самых прогрессивных методов, которые позволяют определять и контролировать состояние станочного оборудования, является виброакустическая диагностика, которая базируется на принципе бездемонтажного определения технического состояния станков во время эксплуатации по параметрам колебательных процессов, сопровождающих их функционирование.

Учеными Одесского национального политехнического университета проводились работы по контролю и диагностике технического состояния узлов станков для обработки колесных пар с помощью портативной аппаратуры, которая адаптирована к проведению измерений в железнодорожных депо. Объектами исследований были колесотокарные и колесофрезерные станки разных производителей, имеющие различные сроки эксплуатации.

В качестве датчика использован миниатюрный вибропреобразователь АВС 132, который предназначен для измерения вибрационных ускорений в широком диапазоне частот на объектах ракетно-космической техники, а также для контроля вибрации станков и малогабаритных механизмов. Набор перестраиваемых фильтров позволял выделять при измерениях необходимую полосу частот. Первичное отображение информации выполнялось при помощи индикатора, а затем с помощью блока аналогоцифрового преобразователя и персонального компьютера выполнялась оцифровка данных, визуализация, обработка, а также запись данных на жёсткий носитель.

Измерения проводились на холостом ходу (без резания) и под нагрузкой (при обработке профиля колес) в одних и тех же точках контроля вибраций узлов для левой и правой стороны станка. Для шпиндельных узлов такие точки выбирались возле передних и задних опор шпинделей.

Анализ проведенных исследований с помощью разработанной аппаратуры дал возможность не только выдавать экспертное заключение и прогнозировать изменение технического состояния станков для обработки колесных пар, но и представлять рекомендации по виду и срокам технического обслуживания и ремонта, рассчитывать оптимальные сроки последующих диагностических обследований.

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ С МНОГОУРОВНЕВОЙ СТРУКТУРОЙ В ТЯЖЕЛОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

Тонконогий В.М., Голофеева М.А.

(ОНТУ, г. Одесса, Украина)

Одним из перспективных направлений развития тяжелого машиностроения является использование новых конструкционных материалов специального назначения с развитой многоуровневой структурой. Такие материалы состоят из двух или более компонентов (армирующего наполнителя и полимерной матрицы) и имеют специфические физико-механические свойства, отличные от суммарных свойств составляющих компонентов. Одним из таких материалов является синтегран, существенным преимуществом которого по сравнению с традиционными материалами является повышенная виброустойчивость. Благодаря его применению в качестве материала для базовых деталей станков удается существенно улучшить характеристики рассеивания энергии колебаний и, как следствие, повысить качество изготавливаемой на этом оборудовании продукции.

Исследования зависимости диссипативных характеристик базовых деталей станков из синтеграна проводились акустическим методом, который базируется на измерении скорости распространения упругих волн, проходящих через образец исследуемого материала. Такой метод дает возможность выявить зависимость демпфирования от амплитуды и частоты колебаний, напряженно-деформированного состояния материала. К тому же, таким методом можно исследовать не только образцы материала, но и готовые изделия, характеризующиеся разнообразными конструктивными особенностями.

Исследования показали, что рассеивание энергии в материале с многоуровневой структурой сильно зависит от параметров колебаний (как амплитуды, так и частоты), структуры и характера напряженного состояния, размера и формы деталей. Нужно отметить также, что на диссипативные свойства конструкций из материалов с многоуровневой структурой, а, следовательно, и на точность и стабильность работы станков, существенным образом влияют закладные детали. Среди характеристик закладных, влияющих на рассеивание энергии колебаний в конструкциях можно выделить: геометрические характеристики, материал закладных деталей, расстояние между закладными, способ заделки, а также их напряженное состояние.

Применение изложенной методики определения диссипативных свойств материалов с многоуровневой структурой позволило рекомендовать их для изготовления базовых деталей тяжелых станков.

ГАШЕНИЕ РЕГЕНЕРАТИВНЫХ КОЛЕБАНИЙ НА ФРЕЗЕРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ

Тонконогий В.М., Зелинский С.А.
(ОНПУ, г. Одесса, Украина)

В авиационной, энергетической и других отраслях машиностроения достаточно широко применяется класс деталей сложной криволинейной формы, таких как, моноколеса, турбинные лопатки, лопасти и т. д. Как правило, это ответственные детали механизмов и поэтому к ним предъявляются высокие требования по точности обработки и качеству поверхности.

Обработка деталей этого класса чаще всего осуществляется методом контурного фрезерования на станках с ЧПУ. Причем, контурное фрезерование концевыми фрезами, обычно, является финишной операцией. Эффективность обработки, и качество поверхности, снижаются из-за вибраций, возникающих в процессе резания. Причем природа возникновения вибраций связана с различными факторами, среди основных, можно выделить недостаточную жесткость ТС и регенеративные вибрации.

Вибрации приводят к резонансным автоколебаниям, что резко ухудшает качество поверхности, увеличивает скорость износа инструмента. Современные методы гашения регенеративных автоколебаний, основаны на управлении частотой вращения шпинделя.

В работе рассмотрен вариант управления вибрациями за счет модуляции частоты вращения шпинделя для универсального фрезерного станка с системой ЧПУ Siemens 802D. Siemens 802D – система ЧПУ, объединяющая все компоненты системы - NC, PLC, HMI и коммуникационные задания в единый блок. Данная система ЧПУ представляет собой достаточно закрытую систему, что исключает возможность корректировки задания скорости вращения шпинделя изменением задающего сигнала, направленного от ЧПУ к приводу.

Поэтому с целью осуществления возможности модуляции частоты вращения шпинделя предложен принципиально новый подход, который заключается в имитации сигналов, приходящих в систему ЧПУ со станочного пульта. На станочном пульте расположены два механических корректора – величины подачи и скорости вращения шпинделя. Система ЧПУ постоянно опрашивает состояние этих корректоров и в зависимости от их положения корректирует задания, отправляемые на приводы. Т.к. по интерфейсу не передается никакая другая информация, то его использовали для коррекции величины частоты вращения шпинделя. Диапазон коррекции составляет 50% – 120% от величины, указанной в программе.

Предложенная реализация системы модуляции частоты вращения шпинделя имеет ряд преимуществ перед аналогами:

- простота процесса реализации системы;
- система может работать с различными системами ЧПУ без их существенных доработок и модернизаций;
- система может модулировать частоту вращения шпинделя по синусоидальному, импульсному (кратковременное изменение скорости), треугольному законам.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ЧУГУННЫХ ОТЛИВОК С ЗАДАННОЙ СТРУКТУРОЙ И СВОЙСТВАМИ

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

Чугун по-прежнему остается основным конструкционным материалом для широкой номенклатуры машиностроительных изделий. Доля отливок из чугунов различных типов составляет 70% от массы производимого в мире литья и в последнее время этот показатель практически остается на одном и том же уровне с устойчивой тенденцией уменьшения производства отливок из низкокачественных серых чугунов и ростом выпуска высококачественных высокопрочных чугунов с шаровидным и вермикулярным графитом. Широкое применение чугуна в качестве конструкционного материала для деталей машин и оборудования связано с целым рядом его преимуществ по сравнению с другими литейными материалами.

На структуру и свойства чугуна в отливках существенное влияние оказывает химический состав исходного расплава и в первую очередь содержание основных графитизирующих (графитостабилизирующих) элементов (углерода, кремния и др.), карбидостабилизирующих элементов (марганца, хрома, магния и др.), а также вредных примесей (прежде всего, серы и фосфора). Кроме химического состава процесс структурообразования и формирования структуры чугуна при литье очень чувствителен к теплофизическим условиям затвердевания отливок и в первую очередь к скорости кристаллизации и к скорости охлаждения. В отливках из исходного чугуна определенного химического состава в зависимости от реальных условий затвердевания возможно получить разную структуру, а, следовательно, и различные свойства, большинство из которых являются структурно чувствительными. Проблема получения чугунных отливок с требуемой структурой и свойствами существенно усугубляется при производстве литых деталей сложной конфигурации с существенной разницей в толщине стенок и, особенно, при производстве отливок с дифференцированной структурой и свойствами в разных частях. Поэтому для получения требуемой структуры и свойств чугуна в отливках необходимо четко определить и в последующем обеспечить при литье оптимальные условия затвердевания отливок. Эффективным средством управления структурой чугунных отливок является модифицирующая обработка расплава.

В работе с использованием методов компьютерного моделирования и экспериментальных (натурных) исследований изучено влияние химического состава исходного расплава чугуна, а также ковшевого и внутрiformенного модифицирования графитизирующими, сфероидизирующими и карбидостабилизирующими добавками на структуру чугуна в отливках, определены граничные значения скоростей охлаждения и затвердевания для формирования структуры белого, половинчатого, серого и высокопрочного с шаровидным и вермикулярным графитом чугунов.

Используемая методика и полученные данные позволяют прогнозировать структуру чугуна в отливках при различных технологических режимах их производства и могут быть использованы при разработке технологических рекомендаций по производству конкретных промышленных отливок с требуемой структурой и эксплуатационными свойствами.

СИЛОВА ВЗАЄМОДІЯ ПАРИ ТЕРТЯ «КОЛЕСО – РЕЙКА»

Цюпка М.О.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Технологічний процес виготовлення сплавів металів не можливий без застосування ливарних кранів. Особливості ливарних кранів: більша кількість механізмів, безпосереднє включення в технологічний цикл виробництва, обмежене застосування залежно від виду переміщуваного вантажу, оснащення спеціальними вантажозахватними пристроями.

Актуальність теми полягає в підвищенні зносостійкості ходових коліс ливарних кранів. Для забезпечення якісного виконання технологічного процесу і виготовлення великих об'ємів металу, необхідні крани з високим коефіцієнтом надійності.

Під час експлуатації ливарних кранів відбувається активне зношування ходових коліс, що погіршує роботу крана та його технічний стан. Експлуатаційне зношування ходових коліс мостових кранів пов'язано з їх низькою зносостійкістю. На мостових металургійних кранах застосовуються циліндричні дворебордні колеса. Заміна ходових коліс мостових кранів відбувається через зменшення товщини реборд. Малі терміни служби коліс, велика трудоемність операцій по їх заміні, не кажучи вже про втрати через простій крана, є підставою для підвищення зносостійкості.

При експлуатації мостових кранів в зоні контакту колеса з рейкою практично завжди присутні які-небудь частки, що грають роль абразиву. Зношування реборд відбувається у тому випадку, коли має місце їх контактування з бічною поверхнею голівки підкранових рейок. Істотний вплив на знос підкранового шляху і реборд коліс має перекис ходових коліс відносно рейок. Усі випадки перекосу коліс призводять до виникнення розтягуючих і стискаючих напруг, які пропорційні деформаціям металоконструкції крану.

Всі деформації моста в пружних межах проявляють свою дію в місцях контакту коліс з рейками, внаслідок чого усі колеса крану працюють під різними навантаженнями. Чим більша базова довжина моста, тим більший рівень деформацій, крім того, істотну роль грає положення візка з вантажем і чим ближче візок до осі колон, тим перекося крану і знос вищі.

Таким чином, головна причина виходу з ладу ходових коліс кранів це низька довговічність реборд, яка залежить від таких факторів, як співвідношення геометричних форм, та розмірів плями контакту поверхонь, їх механічних властивостей. Основними напрямками підвищення працездатності пари є точність встановлення та обґрунтування вибору матеріалів пари колесо-рейка.

СКОРОСТНОЕ ЗУБОФРЕЗЕРОВАНИЕ ЗАКАЛЕННЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

¹Шаповалов В.Ф., ²Пермяков А.А., ²Клочко А.А., ³Лищенко А.Н.
(¹НИИПТМаш, ²НТУ «ХПИ», г. Харьков, ³ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Изготовление крупномодульных шевронных закаленных зубчатых колес с чистовой обработкой зубьев после закалки практически не рассматривалось из-за отсутствия технологических возможностей. Возможность обработки закаленных шевронных колес стала возможной благодаря научному подходу по созданию технологических условий зубофрезерования закаленных шевронных колес специальными фрезами. Наименее разработанными являются вопросы кинематики чистового зубофрезерования, схем резания и конструкций крупномодульного твердосплавного инструмента, динамики резания, а также связанного с ним качества рабочих поверхностей и точности нарезанных зубьев шевронных вал-шестерен и цельных конструкций шевронных колес (в дальнейшем шевронных колес). Уровень производства крупномодульных шевронных зубчатых колес по производительности, качеству и точности уступает обработке среднемодульных шевронных колес.

Рассмотрим основные направления в разработке конструкций червячных фрез и результаты исследований процесса зубофрезерования шевронных колес. Повышение производительности зубофрезерования червячными фрезами достигалось двумя путями: увеличением подачи инструмента и увеличением скорости резания. Для чистовых червячных фрез рост величины подачи ограничивается условиями требуемой чистоты обработки профиля зубьев. Поэтому используя этот путь, в конструкции фрезы производились изменения, главным образом, с точки зрения уменьшения волнистости на обработанной поверхности зубьев шевронных валов. Лабораторные и производственные исследования факторов, влияющих на шероховатость поверхностей зубьев, показали, что наибольшее влияние из них имеет подача и скорость резания.

С увеличением подачи высота микронеровностей увеличивается, более интенсивно при подачах свыше 1 мм/об. С возрастанием скорости резания от 0,2 до 0,4 м/с высотой микронеровностей увеличивается, дальнейшее повышение скорости резания до 0,6 м/с почти не оказывает влияния на шероховатость, а при скорости выше 0,6 м/с шероховатость поверхности уменьшается.

Изменение переднего угла червячной фрезы в пределах 0° - 6° , а заднего - от 8° до 15° не оказало заметного влияния на шероховатость поверхности в исследуемых условиях. Наилучшую по качеству поверхность дают стали, имеющие микроструктуру мелкозернистого перлита. Повышение твердости обрабатываемого материала от 280 НВ до HRC 47 уменьшает высоту микронеровностей в 2 раза. Волнистость в продольном направлении зуба шевронных колес вызвана подачей инструмента на каждый оборот нарезаемого колеса, а в поперечном - ограниченным количеством резов зубьев фрезы, формирующих эвольвентный профиль. Следует различать геометрические отклонения в профиле нарезаемого зуба - они могут быть получены расчетным путем, и действительные отклонения, представляющие сумму геометрических и добавочных, вызванных динамикой процесса резания.

ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

¹Шелковой А.Н., ¹Клочко А.А., ²Кравченко Д.А., ²Терещенко Т.В.
(¹НТУ «ХПИ», г. Харьков, ²ДГМА, г. Краматорск, Украина)

В цилиндрической зубчатой передаче, даже при идеальном эвольвентном зацеплении происходит проскальзывание профиля зуба одной шестерни относительно профиля зуба сопрягаемого колеса. Вследствие этого проскальзывания возникает сила трения скольжения, значение которой пропорционально нормальному давлению в зубьях шестерен. Нормальное давление, в свою очередь, пропорционально передаваемому усилию. Сила трения в процессе зацепления меняет свой знак при прохождении точки зацепления через полюс зацепления, однако среднее значение момента, создаваемого этой силой, в процессе зацепления всегда имеет знак, противоположный угловой скорости. Кроме того, в разных фазах зацепления находятся одновременно несколько зубьев. Вопрос о природе трения зубчатых передач сих пор изучен недостаточно. Как показывают экспериментальные исследования, трение представляет собой сложный комплекс механических, физических и химических явлений. Обычно различают два основных вида трения: трение сухое (или трение несмазанных поверхностей) и трение жидкостное (или трение смазанных поверхностей). Кроме того, различают иногда еще два промежуточных вида трения: полусухое трение и полужидкостное трение.

Явление сухого трения предлагается рассматривать под большим увеличением поверхности сопрягаемых зубчатых колес. Контактные эвольвентные поверхности имеют отклонения по шероховатости и покрыты значительным количеством неровностей. Если эти поверхности двигать друг относительно друга, то выступы одной поверхности будут задевать за выступы другой поверхности. Выступы будут деформироваться.

Если в точках касания приложить опорные реакции F , направленные по нормали к элементарным площадкам соприкосновения, и разложить их на составляющие, перпендикулярные и параллельные направлению движения, то нормальные составляющие F^n будут уравниваться заданными нормальными нагрузками, а касательные составляющие F^t в сумме создадут некоторую силу сопротивления относительно перемещению контактируемых поверхностей A и B . Эта сила сопротивления и является силой трения скольжения в зоне зацепления делительного диаметра $0,45m$. Для уменьшения площадки трения-скольжения предложено уменьшать исходный угол зацепления.

АНАЛІЗ ПОЛІСПАСТА ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЛИВАРНОГО КРАНА

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

Аналіз існуючих конструкцій кріплень канатів до траверс, виявив недоліки їх конструкцій, через які і виникали динамічні навантаження. Також при обриві каната може відбуватися розбризкування рідкого металу.

На ливарних кранах в залежності від кратності застосовують дві типові конструкції поліспасти. Різниця між ними полягає в розташуванні балансира.

Внаслідок великої кратності поліспасти частина блоків поліспасти системи інтегруються в траверсу, і так як використовується поліспасти зі складністю 2, є необхідність у використанні балансирів в місцях кріплення траверси до канатів, щоб компенсувати можливий перекид траверси при нерівномірному намотуванні канатів.

При використанні такого балансира, при обриві каната відбувається різке падіння вантажу. Через те, що балансири застосовуються на ливарному крані, на нього і на прикріпленій до нього канат впливає висока температура, і можливе попадання крапель рідкого металу, а також мала ширина самого балансира може привести до сильного перегинання каната, обриву одного з канатів, а також може спричинити за собою і обрив канату, що залишився.

Для підвищення надійності мастового крана було вирішено розробити нову конструкцію поліспасти і схему запасування каната. При цьому як прототип використана конструкція [див. Дорохов М.Ю., Швачунов О.С. Зрівноважувальний гальмівний барабан Патент України UA B66D 3/04 № u201300969 від 28.01.2013 р.].

Прийнято рішення замінити балансири на зрівняльний барабан, але таким чином, щоб забезпечити притискання, та не порушувати конструкцію траверси і поліспасти.

При використанні зрівняльного барабана, в разі падіння траверси при обриві каната жорсткий удар замінюється на більш плавне гальмування вантажу за рахунок прослизання каната по барабану, що зменшує динамічні навантаження на металоконструкцію і знижує ймовірність розбризкування рідкого металу.

Основною конструктивною і експлуатаційною перевагою пристрою є можливість його установки в існуючу конструкцію поліспасти механізму головного підйому замість штатного балансира, що дозволяє значно знизити втрати часу на монтаж пристрою. Притискної ролик використовується для гарантованої фіксації каната і зменшення габаритів барабана.

Аналіз поліспасти ливарного крана дозволив визначити вузол, зміна якого підвищить надійність всього крана без внесення конструктивних змін в інші вузли. Таким вузлом став балансири розташований на траверсі крана.

ЗМІСТ

Жизнь, полная труда и вдохновения (к юбилею Натальи Сергеевны Равской)	5
<i>Струтинський С.В.</i> Застосування методів теорії нечітких множин для визначення динамічних характеристик просторових систем приводів.....	7
<i>Аносов В.Л.</i> Експрес-оцінка функціональних образів конструкцій металорізального інструменту на основі комбінаторних методів.....	8
<i>Барандич К.С., Вислоух С.П., Антонюк В.С.</i> Математична модель циклічної довговічності матеріалів класифікаційної групи легованих хромистих сталей.....	9
<i>Богданова Л.М., Завгородний В.А.</i> Задачи исследования методов информационных технологий по оцениванию параметров научно-технического документа и поиска по критериям.....	11
<i>Васильченко Я. В., Шаповалов М. В., Лобова К.В.</i> Обґрунтування торцевої схеми ОІМП твердосплавних пластин для важких верстатів.....	12
<i>Вирич С.А., Верещага Т.С., Безелюк А.А.</i> Обоснование выбора типа привода для промышленных роботов в машиностроении.....	14
<i>Вовк В.В., Плівак О.А., Яцук С.О.</i> Вимірювання радіуса округлення твердосплавних пластин вздовж різальних кромки.....	15
<i>Волошин В.Н., Грицишин І.І.</i> Затискні механізми токарних верстатів з активною корекцією положення заготовки після затиску.....	16
<i>Воронцов Б.С., Пасечник В.А.</i> Автоматизация процессов формообразования при механической обработке сложных поверхностей.....	17
<i>Гейчук В.Н., Гаврушкевич А.Ю.</i> Методика определения нагрузок при магнитно-абразивной обработке цилиндрических зубчатых колес над кольцевой ванной.....	18
<i>Гнатюк А.О.</i> Гранична відстань віддалення еквідистанти від епіциклоїди в зачепленні героторної пари.....	19
<i>Гринь А.Г., Дудинский А.Д.</i> Причины выхода из строя деформирующего инструмента при прессовании медных заготовок.....	20
<i>Гринь О.Г., Трембач Б.О.</i> Аналіз чинників підвищення стійкості до гідроабразивного зносу сучасних економнолегованих матеріалів.....	21

<i>Гринь А.Г., Трембач И.А., Трембач Б.А.</i> Особенности сварки высокопрочной стали S690QL при изготовлении тяжело нагруженных сварных конструкций.....	22
<i>Гузенко В.С., Сытник М.Ю., Денищук К.В.</i> Повышение энергоэффективности процесса черного торцевого фрезерования.....	23
<i>Гуцаленко Ю.Г., Севидова Е.К.</i> Локальные электроизоляционные решения инструментов из сверхтвердых материалов для их расширенной адаптации к алмазно-искровому шлифованию.....	24
<i>Данильченко Ю.М.</i> Моделювання статичних і динамічних характеристик пружної системи «шпиндельний вузол».....	25
<i>Джулій Д.Ю., Майборода В.С., Смолинець О.Р.</i> Вплив умов магнітно-абразивного оброблення на корисний момент на валу шпинделя при обробленні твердосплавних пластин.....	26
<i>Дзержинская О.В.</i> Технико-экономический вопрос использования кривошипно-рычажного шагающего хода на драглайнах.....	27
<i>Донченко Е.И., Решетняк С.Р.</i> Система контроля и управления доступом к станочному оборудованию.....	28
<i>Жартовський О.В., Ларічкін О.В.</i> Розробка стенду для дослідження параметрів імпульсного електричного струму.....	29
<i>Залоза В.А., Шаповал Ю.В.</i> Вплив динамічного стану оброблювальної системи на якість обробленої поверхні деталей при точінні з частотою до 10 000 об/хв.....	30
<i>Кабацкий В.И., Кабацкий А.В., Прайс Л.А.</i> Холодные трещины в сварных соединениях с многослойными аустенитными швами.....	32
<i>Калафатова Л.П., Рашков І.О.</i> Вплив характеристики і стану алмазного інструменту на ефективність шліфування виробів із крихких неметалевих матеріалів.....	33
<i>Калініченко В.В., Кравченко Д.В.</i> Проблема енергоефективності токарної обробки у важкому машинобудуванні.....	34
<i>Клименко Г.П.</i> Надійність технологічної системи при оптимальній стратегії заміни інструмента.....	35

<i>Клименко Г.П., Квашин В.В.</i> Автоматизация выбора конструкции сборных инструментов и режимов резания для токарной обработки.....	36
<i>Клименко Г.П., Квашин В.В.</i> Діагностика верстатних комплексів на базі асинхронного двигуна.....	37
<i>Клименко С.А., Мельничук Ю.А., Копейкина М.Ю.</i> Работоспособность режущих инструментов, оснащенных композитами с пониженным содержанием cBN.....	38
<i>Клочко А.А., Басова Е.В., Анциферова О.А., Лишенко А.Н.</i> Импульсное зубошлифование закаленных цилиндрических зубчатых колес.....	39
<i>Ковалев В.Д., Клочко А.А., Кравченко Д.А., Гасанов М.И.</i> Цилиндрические зубчатые передачи с неньютоновским состоянием рабочей жидкости.....	40
<i>Ковалевська О.С.</i> Застосування акустичної діагностики для визначення властивостей механізмів з паралельною кінематикою.....	41
<i>Ковалевський С.В., Тулунов В.І., Онищук С.Г.</i> Використання фрикційного електроімпульсного модифікування для забезпечення дискретних структур робочих поверхонь деталей.....	42
<i>Ковальов В.А., Гаврушкевич Н.В.</i> Іноваційні функції систем числового програмного управління.....	44
<i>Ковальов В.Д., Антоненко Я.С., Слабий М.М.</i> Математичне моделювання розподілених матриць жорсткості уздовж осі оброблюваної заготовки.....	45
<i>Ковальов В.Д., Березовська Я.К.</i> Дослідження інформативності діагностичних сигналів процесів різання для систем адаптивного управління важкими верстатами.....	46
<i>Ковальов В.Д., Васильченко Я.В., Сукова Т.А., Буренок К.К.</i> Підвищення ефективності важкого металорізального обладнання на основі визначення його раціональних технічних та конструктивних параметрів.....	47
<i>Ковальов В.Д., Лішенко О.М.</i> Оптимізація швидкості різання в режимі реального часу.....	48
<i>Ковальов В.Д., Нестеренко В.М.</i> Удосконалення конструкцій важких верстатів для обробки важкооброблюваних матеріалів.....	49
<i>Корбут Є.В.</i> Перспективи електроіскрового зміцнення різального інструменту для обробки ВПКМ.....	50

Крупко І.В., Сегін В.В. Експериментальне дослідження процесу пересування чотирьохопорного крокуючого механізму.....	51
Луців І.В., Волошин В.Н., Буховець В.М. Зменшення похибки форми кільцевих деталей при розточуванні адаптивним багатолезовим оснащенням	53
Луців І.В., Кашуба Н.П. Підвищення точності спрацьовування багатолезового оснащення адаптивного типу при точінні і розточуванні мало жорстких деталей.....	54
Макшанцев В.Г., Кравченко И.С. Повышение качества непрерывнолитого слитка в машине непрерывного литья заготовок путем динамического управления процессом его охлаждения.....	55
Макшанцев В.Г., Макшанцев Е.В. Современные системы автоматизации подготовки производства изделий машиностроения.....	56
Мельник М.С., Виганяйло Б.Ю. Підвищення точності та продуктивності розточувальних операцій на важких токарних верстатах.....	57
Мироненко А.Л., Мироненко С.А. Автоматизация подготовительной стадии производства зубчатых передач с применением фундаментальных разработок, объектно-ориентированного программирования и САД-систем...	58
Мироненко Е.В., Гузенко Д.Е. Снижение энергозатрат процессов механической обработки деталей с применением многокритериальной оптимизации на базе нейросетевой модели.....	59
Мироненко Е.В., Миранцов С.Л., Трунов В.В. Повышение энергоэффективности процессов поперечного резания на тяжелых токарных станках.....	60
Мироненко Е.В., Рыбалка В.А. Особенности менеджмента инструментального обеспечения машиностроительного предприятия.....	61
Мироненко Є.В., Гузенко В.С., Калініченко В.В., Носков В.В. Використання твердих сплавів зі зносостійкими покриттями при напівчистовій токарній обробці валків прокатних станів.....	62
Мироненко Є.В., Міранцов С.Л., Рибалко В.А. Підвищення ефективності процесів фрезерування дисковими фрезами.....	63
Мирошниченко Ю.В. Реінжиніринг як інструмент підвищення ефективності діяльності машинобудівних підприємств.....	64

<i>Мицьк А.В., Федорович В.А.</i> Реализация мультиэнергетических технологий отделочно-зачистной виброобработки.....	65
<i>Міранцов С.Л., Калініченко В.В., Хорошайло В.В.</i> Дослідження напруженого стану конструкцій збірних прорізних токарних різців для важкого різання.....	66
<i>Міранцов С.Л., Калініченко В.В., Хорошайло В.В.</i> Комплексне дослідження якості конструкцій збірних прорізних різців для важкого різання.....	67
<i>Нечипоренко В.М., Горбунов А.П., Сало В.А., Літовченко П.І.</i> Підвищення ефективності автоматизованого проектування посадок з натягом на основі аналітичної моделі області їх існування.....	68
<i>Новаковский А.Г., Антонюк В.С.</i> Пьезоэлектрические приводы в многоосных станках с параллельной кинематикой.....	69
<i>Олійник С.Ю.</i> Дослідження технологічних процесів обробки складнопрофільних оболонок обертання з ситалів в умовах сучасного виробництва.....	71
<i>Парненко В. С., Равська Н.С.</i> Особливості заточки фасонних дискових обкатних фрез для обробки багатозубих виробів з нерівномірним кроком по задній поверхні.....	72
<i>Придальний Б.І.</i> Електромеханічний привод затиску для токарних автоматів	73
<i>Проць В.В., Крупко В.Г.</i> Дослідження параметрів механічних систем екскаваторів на основі комплексного моделювання процесів роботи.....	74
<i>Polupan I. I.</i> Researches of fluctuations of wheel-pair renewal process by cup-tip tools.....	75
<i>Равська Н.С., Охріменко О.А., Майданюк С.В.</i> Визначення товщини зрізаного шару дисковими відрізними фрезами з різнонаправленими зубцями.....	76
<i>Рябченко С.В., Серета Г.В., Валуйский В.Ю.</i> Шлифование зубчатых колес алмазно-абразивными инструментами.....	77
<i>Самойленко А.С., Глоба О.В.</i> Створення інструменту для реверсивного та осцилюючого свердління композиційних матеріалів.....	78

Семенов В.М., Кабацкий А.В., Мартыновская Е.В., Малыгина С.В. Стойкость против трещин сварных соединений низколегированных сталей, выполненных электрошлаковой сваркой.....	79
Струтинський В.Б., Гуржій АА., Полунічев В.А. Точність формоутворення спеціальних поверхонь на верстатах з паралельними кінематичними структурами.....	80
Струтинський В.Б., Даців Р.І., Варченко Т.І. Особливості контролю якості виготовлення керамічних куль на доводочній операції.....	81
Струтинський В.Б., Юрчишин О.Я., Кравець О.М. Проблеми формування змісту дисципліни «методологія наукових досліджень» освітньої програми «доктор філософії».....	82
Ступницький В.В. Методологія проектування функціонально-орієнтованих технологій машинобудування.....	83
Субботин О.В., Макущенко А.Ю. Повышение качества очистки поверхности сляба от первичной окалины.....	84
Субботин О.В., Омельченко М.Е. Процесс автоматизации делопроизводства.....	85
Сумец А.В. Металлофизические аспекты структурообразования в процессе высокотемпературной резки стали.....	86
Таланчук П.М., Струтинский В.Б., Кирюхин Н.М. Опыт академии инженерных наук Украины и союза научных и инженерных объединений Украины по подготовке материалов для включения в европейский реестр подразделений вузов Украины.....	88
Тарган Д.В., Майборода В.С., Мусіюк О.Б. Вплив магнітно-абразивного оброблення на якісні характеристики мітчиків із швидкорізальної сталі.....	89
Таровик М.Г. Удосконалення методів розрахунку вітрових навантажень для спеціальних козлових кранів.....	90
Тихенко В.Н., Пчелинский С.В. Контроль и диагностика технического состояния станков для обработки колесных пар.....	91
Тонконогий В. М., Голофеева М. А. Применение материалов с многоуровневой структурой в тяжелом машиностроении.....	92

Тонконогий В.М., Зелинский С.А. Гашение регенеративных колебаний на фрезерном станке с ЧПУ.....	93
Фесенко А.Н., Фесенко М.А., Корсун В.А., Дворниченко А.А. Исследование условий получения чугунных отливок с заданной структурой и свойствами...	94
Цюпка М.О. Силова взаємодія пари тертя «колесо – рейка».....	95
Шаповалов В.Ф., Пермяков А.А., Клочко А.А., Лишенко А.Н. Скоростное зубофрезерование закаленных зубчатых колес.....	96
Шелковой А.Н., Клочко А.А., Кравченко Д.А., Терещенко Т.В. Трибологические параметры цилиндрических зубчатых передач.....	97
Дорохов М.Ю., Вовненко О.Є. Аналіз поліспасти для підвищення надійності ливарного крана.....	98

ДЛЯ ПОДАТОК

Scientific publication

HEAVY ENGINEERING PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT

MATERIALS
of the XV International
scientific and technical conference

Recommended for publication by the Scientific Council of DSEA,
minutes № 9 dated May 25, 2017

Signed print 25.05.2017
Conv.-printed sheets 6,23.
Circulation of 100 copies

Paper size 60×84 ¹/₁₆.
Accont.-publ. sheets 5,85.
Order № 5

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
XV Міжнародної
науково-технічної конференції**

Рекомендовано до друку вченою радою ДДМА,
протокол № 9 від 25.05.2017

Підп. до друку 25.05.2016
Ум. друк. арк. 6,23.
Тираж 100 пр.

Формат 60×84^{1/16}.
Обл.-вид. арк. 5,85.
Зам. № 5

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