

СЕКЦІЯ 3
ПРОЦЕСИ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРИЛАДІВ, МЕТОДИ І ЗАСОБИ ЇХ
КОНТРОЛЮ

УДК 536.2:536.42:532.66

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ РІШЕНЬ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ДИСКРЕТНИХ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

*¹⁾Лапа М.В., ²⁾Менайлов О.М., ¹⁾СНУАЕтаП, м. Севастополь, Україна; ²⁾ЧДІЕУ,
м. Чернігів, Україна*

Умовами забезпечення високої якості й ефективності рішення при проектуванні дискретних ТП є: забезпечення особи, що приймає рішення – технолога, якісною інформацією, що характеризує параметри виходу, входу, зовнішнього середовища й процесу розробки рішення; застосування методів функціонально-вартісного аналізу, прогнозування; структуризація проблеми й побудова дерева цілей; забезпечення порівняльності варіантів рішень; забезпечення багатоваріантності рішень; правова обґрунтованість прийнятого рішення; автоматизація процесу збору й обробки інформації, процесу розробки й реалізації рішень; розробка й функціонування системи відповідальності й мотивації якісного й ефективного рішення; наявність можливостей реалізації рішення. Дискретні технологічні процеси частіше всього розповсюджені в машинобудуванні, приладобудуванні, будівництві, видобувних галузях промисловості, атомній енергетиці.

Для забезпечення цих умов при проектуванні дискретних технологічних процесів у машино- та приладобудуванні доцільно застосовувати інтелектуальний метод гнучкого багатоваріантного проектування ТП на основі моделі дискретного ТП з використанням нечітких множин, автоматизувати процес збору й обробки технологічної інформації шляхом створення та використання бази конструкторсько-технологічних знань із застосуванням онтологічного підходу до стандартизації та методу автоматизованого здобуття знань із стандартів. Модель ТП із застосуванням нечітких множин дозволяє врахувати важливу властивість дискретного технологічного процесу – багатоваріантність, забезпечити гнучкість процесу проектування та автоматизувати генерацію альтернативних варіантів ТП та сформувати їх повну множину, тому що ця процедура в сучасних САПР ТП проводиться на підставі інтуїції та знань технолога в діалоговому режимі, кількість альтернатив дуже обмежена.

Розглянемо поняття електронної структури технологічного процесу за аналогією з поняттям електронної структури виробу. Електронна структура технологічного процесу – електронний документ, що існує винятково в комп'ютерній системі, консолідує технічні дані про ТП, а також

призначений для організації інформаційної взаємодії між автоматизованими системами. Електронна структура ТП може бути візуалізована у вигляді дерева, графа. Фактично електронна структура ТП використовується у всіх САПР ТП, але це поняття не визначено в стандартах.

Ключові слова: дискретний технологічний процес, стандартизація, багатоваріантність рішень, електронна структура технологічного процесу.

УДК 621.9.06

ДО ПИТАННЯ ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ ПО ПЕРЕВІРЦІ АДЕКВАТНОСТІ, ПРИСТРОЮ, ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ФОРМОУТВОРЕННЯ

Заєць С.С., Максимчук І.В., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Незважаючи на вдосконалення конструкції формоутворюючого обладнання (багатофункціональні металорізальні верстати) і покращення їх технічних характеристик розвиваються і вдосконалюються методи і види їх випробувань.

Основна ціль випробувань – мати оцінку показників технічного стану якості верстатів і технологічної системи з урахуванням структурної формули верстата в реальному часі, і на основі цієї інформації розробити найбільш ефективні методи для оцінки надійності технологічної системи і методи корегування програми формоутворення в відповідності зі встановленими технічними вимогами до виробу.

Випробування пристрою на надійність формоутворення включає в себе: точність роботи окремих механізмів і точність виготовлення елементів пристрою (верстата). В процес перевірки входить: перевірка точності обертання шпинделя верстата, прямолінійність і площинність направляючих або поверхонь столів точність ходових гвинтів верстата і інше. Визначається точність положення робочих органів верстата при зупинці, оцінюється правильність взаємного розташування і руху вузлів і елементів верстата, перевіряється правильність або перпендикулярність основних направляючих чи поверхні столів і осей шпинделя. Перераховані показники мають значний вплив на отримання точності руху програмованої еквідістанти різального інструмента та надійності технологічних параметрів обробки з урахуванням динаміки процесу обробки.

Інтенсивний розвиток первинної вимірювальної техніки в сумісності з комп'ютерною дає можливість створювати високоточні прилади, що забезпечують автоматизований запис багато профільної інформації, її обробку в реальному часі, видавання керуючих сигналів.

Враховавши показники, які можуть впливати на пристрій робиться адекватний висновок про доцільність його використання, а також про можливі

методи підвищення надійності роботи технологічної системи за допомогою самого пристрою. Розглянуті дії дають чітку можливість з прогнозувати характер формоутворення виробу, і точність його виконання, згідно розрахунків.

Ключові слова: формоутворення, підвищення надійності, випробування.

УДК 621.822

ДОСЛІДЖЕННЯ ЩІЛЬНОСТІ ТЕПЛОВОГО ПОТОКУ ПРИ ШЛІФУВАННІ

Марчук В.І., Пташенчук В.В., Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна

Існує багато методик розрахунку температур, які дозволяють розрахувати розподіл температур в безрозмірному вигляді. Для переходу до розмірного температурного поля необхідно знати щільність теплового потоку, що є функцією багатьох факторів. Окрім режимів шліфування: швидкості круга, глибини різання і подачі, щільність теплового потоку також залежить від властивостей матеріалу, що обробляється, характеристики круга, величини його зношення, якості правки і багатьох інших факторів. Щільність теплового потоку при шліфуванні визначається за наступною залежністю:

$$g = \frac{Q}{S} = \frac{F_z \cdot V_{кр}}{S} \quad (1)$$

де: F_z - тангенціальна складова сили різання, Н; $V_{кр}$ - швидкість круга, м/с; S - площа контакту круга з деталлю, мм².

З аналізу літературних джерел можна зробити висновок, що робота різання включає роботу пружних і пластичних деформацій та роботу тертя. Однак, робота пружних деформацій настільки мала, що нею можна знехтувати. Таким чином можна вважати, що робота, яка затрачається на шліфування складається з двох частин: роботи пластичних деформацій і роботи тертя. В роботі Єпіфанова Г.Н. і Ребіндера П.А. показано, що практично вся механічна робота (97-98%) перетворюється в тепло і лише 2-3% іде на зміну потенціальної енергії кристалічної решітки. Тепло, яке виділяється в зоні кристалічної решітки в подальшому розподіляється між деталлю, стружкою, ріжучим інструментом і навколишнім середовищем.

Температурне поле деталі при шліфуванні визначається лише тією частиною тепла, яка поступає в деталь. По цьому питанню також існує багато суджень. Наприклад, Маслов Е.Н. зробив висновок, що тепло, яке виділяється в зоні шліфування повністю відводиться в деталь. В роботах Сіліна С.С., Савіна В.Ф. показано, що від загальної кількості тепла приблизно 10% іде в круг, 10% в стружку та до 20% в охолоджуючу речовину. Таким чином, при глибині шліфування 0,1 мм в деталь надходить приблизно 60% від загальної кількості

тепла, а при малих глибинах шліфування $t=0,025$ мм приблизно 75%. Ця частина тепла буде викликати нагрів оброблюваної деталі.

Як видно з аналізу літератури, розподіл кількості тепла між деталлю, кругом, стружкою і охолоджуючою рідиною носить схоластичний характер і супроводжується значною різницею числових значень. Емпіричні формули, отримані експериментально, можуть бути застосовані лише при визначених умовах та до конкретних видів марок сталей оброблюваних деталей.

Ключові слова: шліфування, щільність теплового потоку.

УДК 621.382.2

АНАЛІЗ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ СВІТЛОВИПРОМІНЮЮЧИХ СТРУКТУР НА РІЗНИХ ОСНОВАХ

*Руденко Н.М., Стужук І.В., Гурба О.В., Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”, м.Київ, Україна*

Основною причиною виходу із ладу світлодіодів, разом із порушенням технології при зборці та неякісним кристалом, що обумовлений технологічним процесом їх вирощування, є недотримання теплового режиму, або ж неправильний тепловий розрахунок проведений розробником. Відомо, що лівова частка підведеної потужності світлодіоду (близько 85%) при роботі, розсіюється на тепло, тому важливою проблемою є забезпечення потрібного теплового режиму світловипромінюючих структур. Для відводу тепла потужних світлодіодних структур забезпечують тепловий режим роботи. Відповідно, розрахунок теплового режиму напівпровідникової структури не можливий без знання відповідних теплових параметрів, які встановлюють зв'язок між розсіюючою потужністю та температурою різних його областей. Перегрів активної області кристала, де відбувається випромінююча рекомбінація інжектованих носіїв заряду, приводить до негативної зміни параметрів характерних для світлодіоду. Основним та визначальним параметром, яким керуються при тепловому розрахунку є температура р-п переходу, яка вказується в відповідній технічній документації та залежить від конструкції, яка належним чином відводить тепло і забезпечує монтаж на основу, та матеріалів напівпровідникової структури, які при складанні теплової схеми випромінюючої структури характеризуються тепловими опорами.

Компанії, що виготовляють світлодіоди, використовують в якості основи мідь, чи більш радикальним рішенням є керамічна металізована основа[1], або ж монтують на фольговану алюмінієву плату [2]. В загальному випадку потрібно забезпечити хороший тепловий контакт (для зменшення сумарного теплового опору структури) між системою кристал-основа-радіатор. При аналізі нами враховано різницю в коефіцієнтах лінійного та об'ємного розширення матеріалів підкладки та основи, спосіб монтажу з використанням

евтектичного сплаву чи струмопровідного епоксидного клею та відповідно зменшення механічних напруг між складовими частинами конструкції. Тому тенденція розвитку технології виготовлення світлодіодів, з якою пов'язані проблеми як підвищення світловіддачі, так і відводу тепла, обумовлюється матеріалами основ з низькими тепловими опорами.

Ключові слова: світлодіод, основа, тепловий режим, температура р-п переходу.

Література

1. Полищук А. Вопросы выбора мощных светодиодных ламп для светотехнических применений.
2. Винокуров А. Тепловые режимы мощных светодиодов DORADO.

УДК 621.3.049

ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ СВІТЛОДІОДІВ НА ОСНОВІ ГЕТЕРОСТРУКТУР

*Руденко Н.М., Гурба О.В., Стужук І.І., Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Як джерело світла світлодіоди (СД) в наш час набули широкого розповсюдження в різних галузях народного господарства. Особливої уваги сьогодні потребують СД та пристрої на основі напівпровідникових гетероструктур (НПГС) [1,2]. При цьому найактуальнішими залишаються питання якості цих пристроїв та стабільності їх параметрів на протязі всього часу експлуатації. Процеси, що призводять до змін параметрів СД можна умовно розділити на два етапи. Перший етап це є комплексний підхід, і другий який характеризується диференціацією факторів, що призводять до деградації параметрів НПГС.

Нами на сьогодні завершено перший етап дослідження СД на основі НПГС $(Al_xGa_{1-x})_{0,5}In_{0,5}P$ та $(Al_xGa_{1-x}N)-(In_yGa_{1-y}N)-GaN$ з червоним, жовтим, зеленим та синім кольорами свічення. Для дослідження було відібрано по 50 СД кожного кольору. З метою відокремлення ефекту зменшення сили світла, який пов'язаний з деградацією (помутнінням) ковпачка, одночасно з контролем параметрів СД з дослідної партії проводились вимірювання параметрів "нових" СД того ж типу.

На підставі отриманих даних встановлено емпіричні залежності сили світла від часу напрацювання СД, а саме: $I_V(t) = I_{V0} \exp(-\alpha t)$, причому значення величини α для СД з червоним кольором свічення склало $(2,4 \div 6,8) \cdot 10^{-6}$ 1/год; з жовтим - $(4,2 \div 4,5) \cdot 10^{-6}$ 1/год; з зеленим - $(5,4 \div 5,7) \cdot 10^{-5}$ 1/год; з синім - $(5,5 \div 5,8) \cdot 10^{-6}$.

Розроблена методика дослідження деградації параметрів СД та отримані результати використовуються нами для проведення досліджень з визначення

впливу на характеристики надійності СД виду та параметрів операцій з монтажу НППС на конструктивних елементах СД.

Ключові слова: світлодіод, надійність.

Література

1. Антипенко Р.В., Руденко Н.Н., Силакова Т. Эволюция светодиодов — от "холодного света" Лосева до освещения улиц (часть I) // Вісник НТУУ "КПІ". Серія – Радіотехніка. Радіоапаратобудування". 2009. – Вип. 38. С 119 – 123.
2. Ковалёв А.Н., Маняхин Ф.И., Кудряшов В.Е., Туркин А.Н., Юнович А.Э. Изменение люминесцентных электрических свойств светодиодов из структур *InGaN / AlGaN / GaN* при длительной работе // Физика и техника полупроводников, 1999,. Т. 33, вып. 2.

УДК 621.9.044

СУХА ОБРОБКА ЯК КЛЮЧОВА ТЕХНОЛОГІЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ПРИЛАДІВ

*Держук В.А., Прошак О.П., Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Необхідність використання сухого різання з охолодженням доведена в попередніх роботах.

Сухе різання в даний час постійно розвивається і знаходить свою виробничу і наукову основу. Різноманітні закордонні фірми використовують методи охолодження, які дають перевагу при обробці. Основним із них являється охолодження холодним повітрям при $t=20^{\circ}\text{C}$, де тиск складає $p=5,5\dots 6,5$ бар з добавкою масляного туману збільшує стійкість інструмента на 50% вищою порівняно зі звичайною обробкою.

Такий процес називається напівсухим різанням, а обробкою з граничним використанням охолодження.

Фірма Heidelberger Druckmaschinen провела аналіз германських підприємств по визначенню тенденції по ліквідації використання змазуючих охолоджуючих технічних середовищ (ЗОТС) в 2009-2010 роках визначила, що 60% від загальної кількості використовують суху обробку. По видам верстатів така кількість складає для токарних верстатів 54%, фрезерних 85%, обробляючих центрів 95%.

При використанні умов сухого різання необхідно змінити розробку нових ріжучих інструментів (свердел, розгортки, розточних головок, фрез), де використовується центральний і боковий підвід ЗОТС в мінімальній кількості.

Дуже важливо зберегти вірну стиковку інструмента зі шпинделем, до елементів технологічної системи пов'язані з точним балансуванням шпинделя і всіх пристосувань які в нього встановлюються. Шпинделі верстатів повинні забезпечувати максимальну жорсткість, мінімальні вібрації при швидкісній обробці. Сухе точіння може замінити шліфування заготовок з твердістю HRC50...60.

Сухе різання дозволяє підвищити продуктивність виготовлення деталей приладів, ліквідувати затрати на подачу і утилізацію ЗОТС для цього інструмент покривають спеціальними покриттями ($\text{TiCN}+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{TiCN}+\text{TiN}$) товщиною приблизно 20мкм і покриття на базі MoS_2 . Затрати на ЗОТС складають 16% від затрат на виготовлення деталі. ЗОТС понижують сангігієну цехів, потребують постійної перекачки при виготовленні на верстатах, поповнення і часту заміну. Якість середовищ постійно змінюється, що потребує визначення граничного часу їх використання, що зникає з використанням сухого різання. Суха обробка в даний час являється ключовою технологією механічної обробки при виготовленні деталей машин і приладів.

Ключові слова: механічна обробка, сухе різання, ЗОТС, ключова технологія.

УДК 621.317

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА МЕСТЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Петрище Н.А., Шестаков А.Е., Логвиненко Д.М., Крутов С.Л., Государственное предприятие «Всеукраинский научно-производственный центр стандартизации, сертификации метрологии, и защиты прав потребителей», г. Киев, Украина

Поверка счетчиков электрической энергии на месте эксплуатации является актуальной задачей на сегодняшний день, поскольку быстрее восстановление учета электроэнергии позволяет существенно уменьшить коммерческие потери, вызванные отключением поверяемого счетчика.

Большинство счетчиков на сегодняшний день поверяется в стационарных лабораторных условиях, поскольку, во-первых, сложно обеспечить необходимую точность переносных рабочих эталонов, а во-вторых – климатические условия, оговоренные методиками поверки, утвержденными в установленном порядке.

Для устранения указанных препятствий целесообразно применить следующее:

1. Обеспечить необходимые параметры и критерии поверки за счет введения контрольного допуска, который определяется по формуле

$$\Delta_k = \gamma \Delta_n,$$

где Δ_n - предел допускаемых значений поверяемого счетчика,

γ – коэффициент, который подбирается для выполнения условия

$$P_{HM} \geq P = \frac{1 - \gamma}{2} \alpha_{II}$$

где $\alpha_{II} = \frac{\Delta_{оп}}{\Delta_{II}}$ – отношение наибольшего возможного значения погрешности

поверки $\Delta_{\text{оп}}$ к пределу допускаемых пределов поверяемого счетчика $\Delta_{\text{п}}$:

2. Корректировать результаты измерений на влияющие факторы. Т.е. учитывать реальные условия поверки (прежде всего влияние температуры с учетом среднего температурного коэффициента K_t). Т.о. погрешность поверяемого счетчика следует определять по формуле

$$\delta_c = \frac{W_c(1 + 0,01K_t\Delta T) - W_{\text{э}}}{W_{\text{э}}}$$

где: W_c – энергия, учтенная поверяемым счетчиком; $W_{\text{э}}$ – энергия, учтенная рабочим эталоном.

Выводы: применение одного из указанных способов или их совместное применение позволит обеспечить проведение поверки счетчиков электрической энергии на месте эксплуатации.

Ключевые слова: поверка, контрольный допуск.

УДК 62-533.6

УДОСКОНАЛЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПЕЧІ ОПОРУ

¹⁾Логвиненко Д.М., ²⁾Олійник Є.Г., ¹⁾Інститут газу НАН України, Інженерно-хімічний факультет, м. Київ, Україна; ²⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Для проведення експериментальних процесів нагріву та випалу різних матеріалів за звичай все ще використовуються електричні печі опору типу СНОЛ багатьох модифікацій. Ці печі вироблені ще у 60-ті роки минулого століття, є морально застарілими та мають ряд недоліків:

- груба шкала, за допомогою якої неможливо встановити температуру із заданою точністю;
- наявність «людського чинника» при проведенні ступінчастого нагріву: дослідник повинен безперервно знаходитися поряд з приладом і задавати необхідну температуру нагріву.

Тому, у відділі проблем промислової теплотехніки Інституту газу НАН України було прийнято рішення про удосконалення існуючої печі СНОЛ 16254/11–М1, яка використовується у лабораторних дослідженнях процесів нагріву та випалу будівельної кераміки.

Була дороблена електрична схема печі, встановлений програмований терморегулятор вітчизняного виробництва та комп'ютер із спеціальним програмним забезпеченням.

Терморегулятор дозволяє точно (до ± 1 °С) встановлювати температуру нагріву, автоматизувати процес виставлення необхідної температури нагріву, встановлювати плавний багатоступінчастий режим нагріву виробу, а також має інтегрований блок пам'яті та відтворює базу даних значень температури термопари. Крива нагріву контролюється і регулюється автоматично по

наперед запрограмованому режиму, що підвищує точність досліду та полегшує роботу дослідника. Також, існує можливість прочитувати інформацію з комп'ютера за допомогою порту обміну RS-232 і програмного забезпечення.



Рисунок. Електрична піч опору з терморегулятором

Ключові слова: електрична піч опору, терморегулятор.

УДК 621.921

ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ІНСТРУМЕНТА З КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ НАДТОНКОЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

*Антонюк В.С., Мережаний Ю.Г., Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Надтонке точіння, як метод фінішної обробки, має ряд переваг перед шліфуванням і поліруванням. Процес шліфування і полірування супроводжується формуванням несприятливих залишкових напружень розтягу, припикання, структурними і фазовими перетвореннями, а також відбувається неприпустиме шаржування абразиву в оброблювану поверхню. Використання надтонкого точіння на стадії фінішної обробки дозволяє уникнути зазначених вище недоліків. Основною умовою, якій повинен відповідати інструмент для тонкого точіння, є можливість створення мінімального радіуса округлення різальної кромки, що забезпечить мінімальну шорсткість обробленої поверхні.

Застосування природного алмазу, що має розмір зерна менше 0,025 мкм, як різального матеріалу при тонкому точінні, дає можливість одержати шорсткість обробленої поверхні з параметром $R_z \leq 0,04$ мкм. Однак висока вартість різців, оснащених природним алмазом, значно збільшує вартість виробництва. Одним з раціональних шляхів підвищення ефективності надтонкої обробки і зменшення вартості є застосування різального інструмента на основі композиційних надтвердих матеріалів.

Відмінними рисами інструмента, оснащеного композиційним матеріалом, є його висока термостійкість і можливість одержання мінімального радіуса різальної кромки ρ . Величина радіуса округлення різальної кромки залежить від

розміру зерна основної фракції інструментального матеріалу і від шорсткості робочих поверхонь інструмента.

Значення радіуса округлення може бути визначене за формулою:

$$\rho = R_{z\alpha,\gamma} \cdot e^{K_I} \cdot \sin \frac{\beta}{2},$$

де $R_{z\alpha,\gamma} = \frac{R_{z\gamma} + R_{z\alpha}}{2}$ – шорсткість передньої і задньої поверхні інструмента;

K_I – коефіцієнт, що враховує особливості інструментального матеріалу;

β – кут загострення різальної частини.

Виготовлені та доведені за спеціальною методикою різці, оснащені композиційними надтвердими матеріалами, можуть бути використані як інструмент для фінішної надтонкої обробки, забезпечити високу якість і геометричну точність поверхні практично будь-якої форми, а в деяких випадках такий інструмент може замінити різці з природного алмазу і рубіну на попередніх операціях.

Ключові слова: надтонка обробка, композиційні матеріали, інструмент, шорсткість поверхні.

УДК 621.91.01:681.3.01

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ БАГАТОМІРНОГО СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ОБРОБЛЮВАНOSTІ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

*Волошко О.В., Вислоух С.П., Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

В зв'язку з використанням у виробництві нових конструкційних матеріалів виникла актуальна проблема визначення їх технологічних характеристик. Відомо, що оброблюваність є основною характеристикою конструкційного матеріалу, яка визначає його здатність змінювати свою форму. Тому особливо важливим є питання визначення оброблюваності нового конструкційних матеріалів, а також – оброблювальних характеристик нових інструментальних матеріалів. Але це потребує проведення значних експериментальних досліджень, багато витрат часу, електроенергії, коштовних інструментальних та конструкційних матеріалів. Новітні методи багатомірного статистичного аналізу і можливості сучасної обчислювальної техніки дозволяють по-іншому підійти до розв'язання задачі визначення оброблюваності. Відомо, що оброблюваність матеріалу в основному визначається його хімічним складом, фізико-механічними властивостями та структурою. Пропонується визначати оброблюваність конструкційного матеріалу не шляхом проведення експериментальних досліджень, що пов'язані з його деформуванням, наприклад різанням, а математичною обробкою інформації про склад та властивості

досліджуваного матеріалу, тобто неруйнівними методами. Так, методами кластерного аналізу можна об’єктивно поділити всі конструкційні та інструментальні матеріали на класифікаційні групи за сукупністю інформації про їх структуру, хімічний склад та фізико-механічні властивості, а потім – для кожної класифікаційної групи методами факторного аналізу отримати функції, що дозволяють пов’язати початкову інформацію про матеріали зі значно меншою кількістю латентних змінних (факторів). Шляхом обробки цих факторів за спеціальним алгоритмом визначаються показники, що комплексно враховують особливості кожного конкретного матеріалу. Отримані показники дозволяють визначити відносну оброблюваність будь-яких конструкційних матеріалів, що входять в відповідну класифікаційну групу, а також поправочні коефіцієнти на нормативні режими різання будь-якого конструкційного матеріалу.

Використання такої «неруйвної» методики визначення оброблюваності конструкційних матеріалів дозволяє значно зменшити витрати на проведення експериментальних досліджень, заощадити час та кошти.

Ключові слова: конструкційні матеріали, режими різання, оброблюваність, багатомірний статистичний аналіз.

УДК 621.7:658.511.4:519.68

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗВ’ЯЗАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАДАЧ

Вислоух С.П., Паткевич О.І., Барандич К.С., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Для сучасної технології приладобудування характерне використання величезних інформаційних масивів і значної кількості їх складових елементів (параметрів). Та й при розв’язанні багатьох технологічних задач початкова кількість параметрів, що характеризують вхід задачі, є досить великою, проте їх варто обробити й осмислити. Тому дослідник, заздалегідь не уявляючи собі які параметри будуть корисними для моделювання, проводить вибіркові дослідження з метою визначення найбільш впливових на вихідні величини. Але навіть такий, майже об’єктивний підхід не забезпечує повноти опису досліджуваного процесу вибраними параметрами. Це викликано тим, що таким чином не враховується взаємний вплив вибраних і неврахованих параметрів на якість математичної моделі та і в сукупності невраховані параметри можуть суттєво впливати на результат моделювання. В той же час вибір великої кількості параметрів для моделювання призводить до необґрунтованих витрат, а саме: збільшення кількості ознак призведе до більших витрат машинного часу і, як наслідок, до подорожчання досліджень та й при великій розмірності простору опису втрачається наочність подання даних, яка особливо важлива при

використанні діалогових систем обробки інформації; утрудняється також інтерпретація отриманих результатів тощо.

Методи багатомірного статистичного аналізу, до яких відносяться методи факторного аналізу, дозволяють значно зменшити кількість параметрів в початкових масивах інформації без втрати її інформативності. На сьогодні ці методи не використовуються при розв’язанні задач технологічної підготовки виробництва, що в значній мірі знижує якість та точність отриманих результатів. Тому поставлена задача реалізувати методику зниження розмірності масивів початкової інформації методами факторного аналізу, який дає можливість зменшити початкову кількість параметрів досліджуваного процесу від n до l факторів (неіснуючих латентних змінних), де $l \ll n$. Використання цього методу багатомірного статистичного аналізу дозволило розв’язати три основні задачі: підвищення ефективності дослідження за рахунок більше раціонального використання можливостей машинної обробки технологічної інформації; підвищення статистичної вірогідності інформаційної вибірки даних, що представлена для моделювання; забезпечення більшої наочності й простоти інтерпретації результатів розв’язання технологічних задач.

Ключові слова: технологічна підготовка виробництва, розв’язання технологічних задач, математичне моделювання, багатомірний статистичний аналіз, факторний аналіз.

УДК 681.2:658.511.4

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

*Ланіга О.С., Вислоух С.П., Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Технологічна підготовка виробництва (ТПВ) є одним із найважливіших етапів життєвого циклу виробу. Саме від якості прийнятих рішень залежить точність та надійність роботи виробу в цілому. Важливу роль у сучасній ТПВ відіграють системи автоматизованого проектування технологічних процесів (САПР ТП). Адже вони дозволяють скоротити тривалість виробничо-технологічного циклу при забезпеченні високої якості як проектних рішень, так і виготовлених виробів. Але при впроваджені САПР ТП виникають багато проблем, що насамперед пов’язані із формалізацією деяких етапів проектування технологічних процесів, які у значній мірі залежать від рішень проектувальника. Як правило, при розробці таких систем велика увага приділяється вдосконаленню інтерфейсу системи для полегшення роботи з нею, а не рівню автоматизації проектних робіт, який залишається досить низьким. Крім того, використовувані САПР ТП є вартісними і результати їх роботи не задовольняють всім вимогам до якості проектування. Тому розробка нових

принципів, методик, алгоритмів роботи САПР ТП з підвищеним рівнем автоматизації проектування, забезпеченням її гнучкості, продуктивності, простоті в оволодінні є важливою та актуальною задачею. Аналіз сучасних САПР ТП показав, що вибір інструмента, обладнання й пристосувань із бази даних здійснюється безпосередньо проектувальником. Крім того, розрахунок величини припусків, режимів різання і технічне нормування системою не виконується, а вони задаються проектувальником як додаткова інформація. Підвищити рівень автоматизації проектування технологічних процесів можна за рахунок усунення вказаних вище недоліків. З врахуванням наведених вимог поставлена задача створення системи автоматизованого проектування операційної технології обробки типових деталей приладів та машин. Розробка технологічного процесу за допомогою створюваної системи здійснюється шляхом використання інформації, що вказана на кресленні деталі. Система виконує всі необхідні розрахунки та подає результати проектування у вигляді вихідної технологічної документації та файлу початкових даних для роботи системи автоматизованої розробки керуючих програм для верстатів з ЧПК. Дана система автоматизованого проектування операційної технології обробки поверхонь деталей дає можливість підвищити продуктивність праці технолога-проектувальника у 2–2.5 рази та покращити якість проектних робіт.

Ключові слова: технологічна підготовка виробництва, автоматизація проектування, операційна технологія.

УДК 681.518.5

ДІАГНОСТИКА ЯКОСТІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

*Симута М.О., Румбешта В.О., Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

При обробці деталей приладів на верстатах з числовим програмним керуванням (ЧПК) важливим є забезпечення заданої точності обробки та якості поверхні. Ці два параметри є головними вихідними характеристиками процесу механічної обробки. Вони впливають на точність та надійність роботи приладу.

На жаль процес механічної обробки, як і будь-якого інший природний процес, є, в певній мірі, випадковим і різні фактори, що впливають на нього, приводять до того, що в процесі обробки виникають похибки і отримати розмір деталі ми можемо тільки з певними допуском. Похибки, що впливають на процес різання розділяють на випадкові і систематичні. І якщо випадкові похибки ми врахувати не можемо, то систематичні можемо, тим самим збільшуючи точність обробки.

До основних систематичних похибок, що впливають на точність заданого розміру відносяться: похибка встановлення деталі, похибка встановлення

інструмента та його розмірне зношення (воно може досягати значних значень, відносно допуску та постійно зростає в процесі різання), жорсткість системи «верстат – інструмент – деталь», температурні деформації оброблюючої системи, Втрата заданого розміру внаслідок збоїв у керуючій системі верстату по підрахунку розміру переміщення робочих органів відносно базових точок координат, особливо при зміні холостих ходів на робочі і навпаки, а також через наявність зазорів.

Крім забезпечення точності в приладобудуванні також важливим параметром є забезпечення якості поверхневого шару деталі, до якого висуваються суворі вимоги. На нього в першу чергу впливає стан різального інструмента та вібраційні процеси, що супроводжують процес різання.

Для забезпечення точності механічної обробки необхідно розробити та запровадити системи керуванням якістю процесу. Найбільш досконалими такими системами є системи діагностики якості процесу механічної обробки. Їх необхідно розробляти в двох напрямках:

- компенсація втрати заданого розміру, що виникає внаслідок вищевказаних похибок;
- відстежування стану різального інструмента.

Для побудови таких систем діагностики якості обробки різанням необхідні ґрунтовні дослідження процесу механічної обробки, розроблення математичних моделей такої обробки та розробка принципів роботи такої системи діагностики.

Ключові слова: діагностика стану процесу механічної обробки, точність та якість обробки.

УДК 621.9.62.52

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТА КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ПРИЛАДІВ

*Шевченко В.В., Заєць С.С., Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Отримання в процесі різання достовірної інформації про явища, які відбуваються в зоні різання дуже важливо для вирішення самого широкого кола технологічних задач, а особливо, при керуванні процесом обробки деталей приладів на верстатах з ЧПК.

Створення більш досконалих систем контролю та керування процесу обробки деталей приладів не можливо без вивчення процесу різання, встановлення взаємозв'язку між станом ріжучого інструмента, електричних сигналів, що природно виникають при різанні, та якістю поверхні, яка оброблюється, а також точністю деталей приладів.

ЕДС, що виникає в процесі різання носить імпульсний характер, та є наслідком пластичної деформації тертя. В цьому випадку деякі електрони на контактних поверхнях в зоні стружкоутворювання набувають кінетичну енергію, яка достатня для подолання потенційного бар'єру. Відділення електронів від меж матеріалу призводить до виникання електричних потенціалів на контактних поверхнях, що швидко змінюються. Імпульсне високочастотне коливання потенціалів вказує на наявність безперервно діючих електричних зарядів та розрядів на поверхнях тертя, які виникають при безперервному замиканні та розмиканні мікроконтактів. При обробці різанням має місце постійна зміна зон мікроконтакту: в одних місцях виникає розрив ланцюга, а в інших – його замикання. Таким чином ЕДС, яка виникає при різанні можна розділити на постійну складову, яка обумовлена наявністю замкнутого ланцюга з неоднорідних матеріалів, та змінну складову, яка обумовлена електронними процесами на поверхнях ріжучого інструмента та деталі. Отже змінна складова ЕДС, яка виникає в процесі різання найбільш повно характеризує процеси тертя та зношування, що виникають в зоні різання.

Використання системи контролю та керування процесу обробки деталей приладів на верстатах з ЧПК на основі змінної складової ЕДС, яка виникає в процесі різання, дозволяє підвищити точність обробки та якість поверхні, що оброблюється, а також підвищити продуктивність.

Ключові слова: контроль та керування, ЕДС різання, точність, якість.

УДК 629.735

ОПЫТ СВЕРЛЕНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Лупкин Б.В., Кошкина О.М., Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", г. Харьков, Украина

Одной из наиболее часто встречающихся и в то же время наиболее трудоемкой операцией при обработке композиционных материалов (КМ) является операция сверления. Трудоемкость сверлильных операций на конкретных изделиях из КМ достигает 30-40% от общей трудоемкости процесса механической обработки.

Обработка резанием КМ высокой абразивной способностью армирующих волокон и наполнителя, низкая теплопроводностью КМ приводит к тому, что в процессе их резания основная часть выделенного тепла уходит в инструмент.

Сверла с подрезающими режущими кромками (ПРК) и обратным углом при вершине являются наиболее простыми в изготовлении. Для того чтобы их рекомендовать для использования в промышленности потребовалась разработка технологии заточки таких сверл.

Была проведена серия экспериментов по установлению влияния режимов резания и угла в плане, на ширину вспучивания кромок отверстия. Испытывались спиральные сверла диаметром 10 мм, изготовленные из быстрорежущей стали Р6М5, имеющие задний угол $\alpha=15^\circ$, угол наклона винтовой канавки $\omega=28^\circ$, угол в плане принимали равным $2\varphi=90^\circ, 110^\circ, 130^\circ, 150^\circ$.

Экспериментальные исследования показали, что ширина вспучивания с увеличением подачи увеличивается. Поэтому, при заданной скорости резания - подачу следует уменьшать.

Исследовалось также влияние ширины вспучивания от величины угла в плане. Минимальная ширина вспучивания наблюдается при обработке материала сверлами, имеющими угол при вершине $2\varphi=103^\circ$, применение сверл с другими углами при вершине не дает приемлемых результатов по качеству поверхности отверстия, как на входе, так и на выходе сверла. В отдельных случаях увеличение угла в плане приводит к возникновению трещин на поверхности материала.

Применение сверл с подрезывающими режущими кромками, имеющими обратный угол при вершине, при сверлении органита дает значительное улучшение качества обрабатываемой поверхности.

Ключевые слова: композиционные материалы, сверла, углы резания, качество поверхности

УДК 621.9.62.52

ПРИСТРІЙ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ЗНОШУВАННЯ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА В СИСТЕМАХ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ

*Шевченко В.В., Засць С.С., Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Задача автоматичного управління точності та продуктивності обробки деталей приладів на верстатах з ЧПК шляхом використання адаптивних систем управління набуває особливу важливість. Адаптивні системи забезпечують оптимізацію шляхом управління точністю та продуктивністю безпосередньо у процесі обробки деталей приладів на металорізальних верстатах. Процес адаптивного керування можна розглядати як рішення двох задач: своєчасного отримання з точністю, яка вимагається, інформації про відхилення різноманітних параметрів, які впливають на хід робочого процесу та своєчасного внесення відповідної поправки до величин, які функціонально пов'язані з величиною, яка керується.

Найбільшу ефективність управління процесом різання слід очікувати тоді, коли адаптація буде обґрунтована на інформації, яка тісно пов'язана з фізико-хімічними явищами в зоні тертя та стружкоутворенням, які визначають

швидкість зношування інструмента. До таких інформаційних сигналів відносяться електричні явища.

Робота розробленого пристрою для вимірювання швидкості зношування ріжучого інструмента складається у виділенні з загального спектру ЕРС декількох інформативних смуг частот. Сигнал змінної складової ЕРС поступає на вхід блоку селективних підсилювачів, де з загального спектру ЕРС виділяються інформаційні полоси частот, які корельовані з швидкістю зношування. Отриманий сигнал подається на вхід в блоку, в якому здійснюється кореляція за швидкістю різання. Вихідний сигнал з даного блоку, який пропорційний швидкості зношування, поступає на реєструючий пристрій.

Ключові слова: система адаптивного керування, швидкість зношування ріжучого інструмента, електричні сигнали.

УДК 621.762:691:921

ВПЛИВ МАГНІТО-АБРАЗИВНОГО ОБРОБЛЕННЯ ТВЕРДОСПЛАВНОГО ІНСТРУМЕНТА НА ЙОГО МІКРОГЕОМЕТРІЮ

*Мініцька Н.В., Пономаренко А.В., Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Одним із сучасних і перспективних методів підвищення працездатності твердосплавного інструмента є магнітно-абразивне оброблення (МАО). Традиційне використання методу МАО в умовах малих робочих зазорів (величина робочої зони не перевищує 2 мм) забезпечує досягнення високих класів чистоти оброблюваних пластин і поліпшення фізико-механічних характеристик поверхневого шару деталей.

Позитивна зміна властивостей поверхні при обробці в традиційних умовах - із застосуванням магнітних полів з індукцією в робочих зонах порядку 1,2 Тл забезпечується на глибині до 10-15 мкм, що явно не досить для одержання позитивних результатів по підвищенню стійкості різального інструмента аналогічних методам віброабразивної обробки, обумовлених процесами динамічної взаємодії робочих обробних середовищ з поверхнею твердих сплавів.

Об'єднати переваги класичної схеми МАО зі струминними і віброабразивними методами зміцнення дозволяє метод МАО у великих робочих зазорах. Виконані дослідження процесів МАО осевого різального інструмента виготовленого зі швидкорізальних сталей показали можливість істотного зміцнення інструмента і підвищення його стійкості в 1,8-2 рази.

Тому метою даної роботи було дослідження впливу МАО у великих робочих зазорах на мікроегеометрію твердосплавного різального інструмента.

Ключові слова: інструмент, мікроегеометрія, фізико-механічні властивості.

УДК 621.95.08

ПЕРЕДУМОВИ УПРАВЛІННЯ ТА КОНТРОЛЮ ПРОЦЕСУ СВЕРДЛІННЯ

*Усачов П.А., Карпина С.А., Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Свердління отворів малих і середніх діаметрів ($d = 3...8\text{мм}$) спіральними свердлами в титанових сплавах і важкооброблюваних сталях є однією з найбільш трудоемких операцій в силу специфіки самого процесу різання: малої жорсткості інструмента, змінних значень швидкості різання по довжині його ріжучих крайок, затрудненого відводу стружки із зони різання, а також затрудненого підводу змащувально-охолоджувальних рідин у зону різання. Крім того, вищевказані матеріали мають низьку теплопровідність і високий коефіцієнт тертя в контакт з ріжучим інструментом, що викликає інтенсивне тепловиділення в зоні різання, що приводить до руйнування матеріалу свердла. Вплив перерахованих факторів настільки значний, що допустимі швидкості різання при свердлінні не відповідають сучасним вимогам продуктивної обробки.

Рішення підвищення продуктивності операції свердління важкооброблюваних матеріалів має важливе значення. Підвищити продуктивність процесу свердління можна шляхом поточного контролю за станом працездатності свердла та управління процесом свердління. Управління та контроль процесу свердління можливі тільки при врахуванні силових параметрів, що мають явно виражений нестационарний характер, врахуванні динамічної картини процесу, випадкових викидів і температурних явищ, без чого неможливий вихід на оптимальні режими обробки.

Отже, характеристики зносостійкості свердла, динамічної і теплової стійкості процесу свердління є початковими даними для створення систем управління і контролю процесу обробки отворів у важкооброблюваних матеріалах і титанових сплавах.

Ключові слова: процес свердління, управління, контроль, свердло, важкооброблювані матеріали, титанові сплави.

УДК 621.9.025

ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВІДРІЗНИХ РОБІТ

*Усачов П.А., Даценко М.А., Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

На переходах відрізки токарної операції часто відбувається руйнування робочої частини відрізних різців, що є основною причиною обмеження продуктивності токарної операції. Малий період стійкості відрізних різців пояснюється складними умовами стружкоутворення. Стружка внаслідок усадки

збільшується по ширині, що призводить до посиленого її тертя в прорізи, ускладнює її видалення з зони різання і викликає значні силові й температурні контактні навантаження. Для збільшення періоду стійкості різця змушені зменшувати параметри процесу різання, що дуже знижує продуктивність відрізки на токарних верстатах. Підвищення продуктивності відрізки заготовок може бути досягнуто застосуванням відрізних різців зі спеціальною геометрією заточення робочої частини. До особливостей таких різців слід віднести наявність на передній поверхні робочої частини 2-х симетричних сходинок з паралельними додатковими крайками, що дозволяє розділити стружку на три частини і виключити схід стружки, що зрізана головною ріжучою крайкою в одній площині, зі стружками, що зрізані бічними ріжучими крайками.

Як показали випробування ступінчасті відрізні різці мають період стійкості, який в 2 рази перевищує період стійкості звичайних відрізних різців. Переваги відрізних різців із ступінчастою формою заточення робочої частини особливо виявляється при роботі з великими подачами. При відрізці заготовок із конструкційних сталей марок 35, 45, 50 можна рекомендувати для східчастих різців діапазон подач $S_o = 0,15 \div 0,35$ мм / об, що забезпечують їх тривалу роботу.

Ступінчасті відрізні різці забезпечують стабільну шорсткість поверхні зрізу 6-го класу.

Ключові слова: токарна операція, відрізні різці, шорсткість поверхні.

УДК 658.512

МОДЕЛЬ ОПИСУ СТРУКТУРИ ВИРОБУ В ПРИЛАДОБУДУВАННІ

*Стельмах Н.В., Бусленко Д.В., Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Рациональне використання ЕОМ пов'язане з можливістю формалізованого опису технологічного процесу складання. Для цього необхідно виявлення закономірностей при здійсненні технологічного процесу складання, розробка методів їхнього математичного опису й моделювання.

У даний час велика увага приділяється вдосконалюванню методів фізичного й математичного моделювання з метою забезпечення оптимального проектування, виготовлення й експлуатації приладів та машин.

Розробка технологічних процесів складання супроводжується наявністю великої кількості логічних зв'язків, які не завжди можна представити кількісними залежностями. Тому закономірності, що враховують такі зв'язки, формалізують за допомогою методів дискретної математики: теорії множин, математичної логіки, теорії алгоритмів, теорії графів, лінгвістики, з використанням штучного інтелекту та таке інше.

Ієрархічну структуру об’єкту складання можна представити схемою складального складу (ССС) виробу, яка визначає приналежність конструктивних елементів виробу до окремих складальних одиниць.

Для розгляду об’єкту складання та формалізованого опису його структури було розроблено модель опису структури виробу. Декомпозицію складального виробу представлена у вигляді:

$$Ek.i.K.n.T_{rd}^{iv},$$

де i – порядковий номер E_k на рівні декомпозиції, $i=1..m$, $m \in N$; K – назва E_k ; n – кількість E_k $n=1..l$, $l \in N$; T – тип E_k , $T = (CB, CO, D, D_{CB}, D_{PB})$; rd – рівень декомпозиції E_k , $rd=1..k$, $k \in N$; iv – індекс входження E_k $iv=1..m$, $m \in N$;

Для експрес-аналізу запропоновано використовувати математичну модель в спрощеному вигляді.

$$Ek.i_{rd}^{iv}$$

Запропонована модель опису структури виробу дозволяє розробити процедури її аналізу та подальшого синтезу технології складання і створення на цій основі нових систем автоматизованого проектування технологічних процесів.

Ключові слова: технологічний процес складання, модель опису структури виробу, декомпозиція виробу, синтез технології складання.

УДК 621.179.14(088.8)

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ МЕТАЛОБРОБКИ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ

*Філіппова М.В., Діордіца І.М., Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», Україна, м. Київ*

На цей час в межах кожного етапу виробництва використовуються різні підходи які призводять до застосування великої кількості систем керування.

Для визначення можливостей систем торкання побудованих на різних фізичних принципах роботи було проведено спеціальне дослідження різних засобів визначення форми поверхні які показали наступне: тензометричний метод - головний недолік якого низька точність, але використовується на будь-яких матеріалах, електромагнітний – метод точний, але підходить тільки для струмопровідних матеріалів, акустичний метод показав свою працездатність та був обраний для подальших досліджень. В приладобудуванні та машинобудуванні застосовується велика кількість не струмопровідних матеріалів. Тому поставленою задачею є удосконалення акустичних засобів контролю та розробка на їх основі системи технічної діагностики для підвищення точності обробки валів з електромагнітних і не електропровідних матеріалів будь-яким типом різального інструмента.

Для підвищення точності металообробки вершина різального інструмента при обробці подальшої деталі повинна рухатися по визначеній траєкторії, але це не відбувається із-за зсуву вершини інструмента внаслідок різних умов обробки і похибок системи і верстата. Випадкові похибки визначаються типом вибраного технологічного устаткування і зменшувати їх проблематично внаслідок їх стохастичності. Систематичні похибки, які у декілька разів перевищують випадкові, необхідно компенсувати. Основними причинами систематичних погхибок є розмірний знос інструмента, температурні та інші деформації системи. З метою визначення цих величин на верстатах встановлюють різного роду датчики - вимірювальні перетворювачі, на основі яких створюють автоматичні системи керування. Запропонована система в загальному випадку містить токарний верстат (оброблюваний центр) - як засіб керування; джерело інформації про процес різання - вимірювальний перетворювач; систему ЧПК і відповідні алгоритми функціонування такої системи.

Для реалізації вищезазначеного було побудовано стенд для керування точністю процесу точіння за допомогою віброакустичного датчика. Основною метою представленої системи є отримання високої геометричної точності.

Ключові слова: металообробка, точність, система керування, похибки.