

СЕКЦІЯ 3
ПРОЦЕСИ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРИЛАДІВ, МЕТОДИ І ЗАСОБИ ЇХ
КОНТРОЛЮ

УДК 620.179.14 (088.8)

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНЕТНОГО ПОЛЯ
ДЕТАЛІ ПРИ ТОКАРНІЙ ОБРОБЦІ**

*Тимчик Г.С., Скицюк В.І., Кінареєв М.С., Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Питання дослідження електромагнетного поля є досить актуальним на сьогодні, оскільки його властивості необхідно широко застосовувати для обробки деталей на токарних верстатах, що дає можливість підвищити точність процесу металообробки та контролю, дозволяє поліпшити техніко-економічні показники виробництва в цілому, підвищити продуктивність, не знижуючи показників якості.

Для технологічних задач процесів металообробки існує досить складна задача визначення форми електромагнетного поля деталі та інструмента, а також наслідків їх взаємодії. Моделювання цих полів та їх дослідна перевірка надають можливість створити принципову схему контролю руху інструмента і, як наслідок, контролювати точність виготовлення деталі та її параметрів.

У зв'язку зі складною формою об'єкта, що досліджується, а саме таким є випадок токарної обробки і не через форму деталі, оскільки вона циліндрична а завдяки асиметричній формі токарних патронів. Основним чинником ускладнень є те, що токарний патрон має три або чотири кулачки для затискання деталі, які значно спотворюють класичну форму електромагнетного поля циліндра. Окрім того впливає на форму електромагнетного поля наявність інструмента з яскраво вираженими магнетними властивостями. Тому в експериментальній роботі досліджувалися наступні чинники:

- вплив електрофізичних властивостей верстата;
- вплив електрофізичних властивостей деталі;
- вплив розташування елементів патрона;
- вплив наявності інструмента.

Основні засади досліджень полягають у тому, що деталь або інструмент при імітації їх електромагнетного поля присутності можливо замінити провідником з струмом, оскільки навколо будь-якого провідника з струмом існує магнетне поле, яке характеризується двома векторними величинами – магнетною індукцією та напруженістю магнетного поля.

Інтегрування в об'ємі провідника визначає магнетну індукцію у точці спостереження. Сукупність точок у магнетному полі, в якому напрям вектора

магнетної індукції співпадає з дотичною до кривої, що з'єднає ці точки, утворює неперервні магнетні лінії.

В наслідок експериментальних робіт було доведено, що конфігурація структури магнетного поля змінюється в залежності від розташування деталі, її геометрії, інструмента.

Ключові слова: металообробка, верстат, інструмент, деталь.

УДК 621.7:681.2

АКТУАЛЬНОСТЬ СОЗДАНИЯ ПОДСИСТЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СБОРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Стельмах Н.В., Румбешта В.О., Неволько В.И., Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина

К сборочным процессам в приборостроении предъявляются требования высокой точности, надежности и производительности. Основными путями выполнения этих требований является технические, конструкционные и организационные.

Технические пути являются достаточно очевидными и реализуются обычно в рамках технологического комплекса сборочного производства, внедрение новой техники и технологии.

Конструкционные получили широкое распространение благодаря внедрению систем, в которых основными факторами, определяющими эффективность сборки, считаются общее число деталей в конструкции изделия и сложность их соединения и закрепления при сборке.

Организационные пути в основном используются для обеспечения ускорения и гибкости подготовки производства, реализуются в рамках автоматизированной подсистемы технологической подготовки сборочного производства. Таким образом, достигается минимизация производственного цикла сборки изделий. Особая актуальность минимизации производственного цикла сборки обуславливается тем, что сборка, являясь завершающей стадией производственного процесса, концентрирует значительные оборотные средства, определяемые размером незавершенного производства.

Важно отметить, что сокращение продолжительности производственного цикла также приводит к увеличению производительности работы, снижает себестоимость продукции, ускоряет обращение средств, вложенных в производство, уменьшает объем производственных площадей на предприятии. Кроме того, продолжительность цикла может выступать в качестве самостоятельного временного критерия оценки производственного процесса.

Работа по созданию подсистемы технологической подготовки сборочного производства для ускоренного выпуска продукции в мелкосерийном производстве за счет анализа и синтеза трудоемкости сборочных узлов,

разработки рациональной последовательности подготовительных и производственных этапов получения приборов с помощью разработки комплекса математических моделей, методов и алгоритмов, которые позволяют создать систему гибкого автоматизированного проектирования современных технологий сборки приборов, есть своевременной и актуальной.

Ключевые слова: сборка, технологическая подготовка, производственный цикл сборки изделий, ранжирование по трудоемкости сборки.

УДК 621.9.01

ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ СТРУКТУРЫ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ ИЗНОШЕННЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

¹⁾Деревянченко А.Г., ¹⁾Криницын Д.А., ¹⁾Бовнегра Л.В., ²⁾Антонюк В.С., ¹⁾Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса, Украина; ²⁾Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина

В процессе распознавания структуры режущей части изношенного инструмента (РИ) по результатам его контроля определяется принадлежность того или иного дефекта к технологически значимым элементам. Примером является распознавание события выхода следов концентрированного износа на переходную заднюю поверхность (ЗП) A_{23}^T и формообразующий участок режущих кромок (ФУРК, L_{3F}^T). Появление канавок приводит к резкому увеличению шероховатости обработанной поверхности, т.е. к отказу РИ.

Получен ряд изображения режущей части (L^T) резцов для тонкого точения, по которым сложно однозначно определить состояние РИ. Канавки $Kn_1^{A_2^T} \dots Kn_i^{A_2^T}$ последовательно образовались на главной ЗП (A_{21}^T) и на главной РК (A_{31}^T).

Контуры последней канавки ($Kn_i^{A_2^T}$) неясно, нечетко прослеживаются на участке A_{23}^T и нет однозначного следа $Kn_i^{A_3^T}$ в зоне L_{3F}^T . Поэтому данное состояние можно отнести как к предотказному, так и к состоянию отказа. Здесь можно говорить о нечеткой принадлежности дефектов $Kn_i^{A_3^T}$ и $Kn_i^{A_2^T}$ формообразующему участку РК и соответствующей зоне ЗП РИ.

Для отображения этого факта предложено использовать граф нечетких отношений и нечеткую матрицу смежности (нечеткую модель) L^T (рис.1)

В ячейках матрицы проставлены значения вероятности принадлежности распознанных дефектов (канавок) поверхностям РИ – макродефектам. Нечеткие модели являются наиболее приемлемыми для варианта прямого

периодического контроля состояний РИ, когда состояние дефектов фиксируется в дискретные моменты времени.

$$L^T = \begin{bmatrix} A_{21}^T & A_{23}^T & A_{31}^T & A_{3F}^T & Kn_i^{A_2^T} & \dots & Kn_i^{A_2^T} & \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & A_{21}^T \\ \dots & \dots & \dots & \dots & 0,8 & \dots & 1 & A_{23}^T \\ \dots & \dots & \dots & \dots & 0,2 & \dots & \dots & A_{31}^T \\ \dots & \dots & 0,8 & 0,2 & \dots & \dots & \dots & A_{3F}^T \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & Kn_i^{A_2^T} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & \dots & 1 & \dots & \dots & \dots & \dots & Kn_i^{A_2^T} \end{bmatrix}$$

Рисунок 1 – Иллюстрация нечеткой матрицы смежности L^T

Ключевые слова: нечеткая структурная модель, дефекты режущей части, концентрированный износ.

УДК 621.9.01

ПОДХОД К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВА ПРИЗНАКОВ СОСТОЯНИЙ ИНСТРУМЕНТОВ

*Деревянченко А.Г., Павленко В.Д., Фомин А.А, Криницын Д.А., Одесский национальный
политехнический университет, г. Одесса, Украина*

Генетические алгоритмы (ГА) находят все более широкое применение в системах искусственного интеллекта современных технических систем. ГА создаются на основе принципов, заимствованных из генетики, и направлены на решение сложных задач путем эволюции. При разработке ГА используется ряд терминов генетики: хромосомы, гены, популяция, особь и др. В результате эволюции отбираются решения (хромосомы) с наилучшими (в контексте поставленной задачи) показателями. Заложенная в ГА идея перебора множества вариантов близка к задаче поиска наилучшего сочетания информативных признаков для описания процессов и объектов (используемых при формировании пространств состояний).

При проведении исследований ставилась задача оценки применимости использования ГА для поиска информативных сочетаний признаков, обеспечивающих качественное распознавание состояний режущей части РИ.

Решалась задача поиска наилучшего сочетания признаков для распознавания 1-го класса состояний задних поверхностей резцов (РИ) от остальных 4 –х классов (в рамках реализации алгоритма дихотомического распознавания). Использовались наборы из 13 признаков. ГА строили таким образом, что после каждой итерации (после каждого шага ГА) производилось сравнение вероятности правильного распознавания (ВПР) потомка и предка. В качестве

классификатора в эксперименте использовали метод максимального правдоподобия, причем применяли модульный принцип встраивания классификатора (взаимозаменяемого по входам и выходам). В случае лучшего качества распознавания у набора – потомка по сравнению с набором – предком потомок становится предком для следующей итерации. Иначе потомок (набор признаков состояния РИ) отвергается, а предок подвергается мутации и используется в следующей итерации (в коде набора инвертируется позиционный код гена). Принцип мутации: с помощью случайного числа выбирается номер признака. Если признак присутствовал в наборе – предке, он удаляется, а если отсутствовал – прибавляется.

Анализ результатов позволяет отметить следующее. Уже первые пробы ГА позволяют получать наборы признаков, обеспечивающих высокое качество распознавания (ВПР - 0,957). Данный результат получен всего лишь за 20 итераций. Для сравнения укажем, что метод полного перебора требует 2^{13} итераций. Использование ГА для поиска информативных наборов признаков состояний РИ обеспечивает существенную экономию времени.

Ключевые слова: генетические алгоритмы, пространство признаков, состояния режущей части.

УДК 531.7

РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОСЛОЙНОЙ ГЕНЕРАЦИИ МОДЕЛИ ПРЕССФОРМЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ

*Мешков В.В., Торлин В.Н., Севастопольский национальный технический университет,
г.Севастополь, Украина*

Рассматривается FDM-процесс (Fused Deposition Modeling) производства модели прессформы для детали сложной конфигурации, в котором погрешности формы каждого генерируемого слоя контролируются косвенным способом по результатам измерения параметров температурного поля слоя. Температура дискретно измеряется в точках поверхности затвердевающего слоя с помощью пирометра Raytek MT4, который входит в состав системы автоматического регулирования, показанной на рис. 1.

Технологический процесс 2 осуществляется на FDM-установке фирмы STRATASYS (США), которая генерирует изделие, пирометр 1 цифровой сигнал направляет в вычислительный блок 3, где по результатам измерения температуры вычисляются температурные деформации затвердевающего слоя. Текущее значение температурной деформации сравнивается с допусковым и вычисляется необходимая величина подачи рабочего органа сигнал рассогласования поступает в блок управления 4.

Была разработана схема регулятора и исследована устойчивость работы усовершенствованной системы автоматического управления процессом. Показано, что погрешность формы изделия при использовании данной схемы управления процессом уменьшается на 23,7 %.

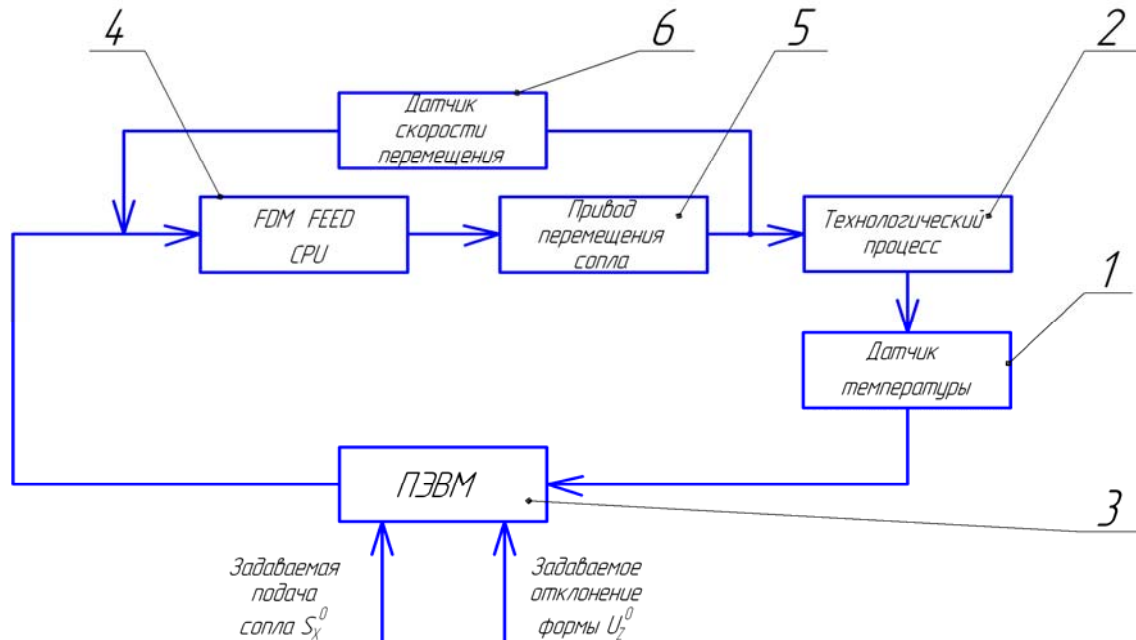


Рисунок 1 – Блок-схема системы управления технологическим процессом формообразования: 1 – датчик температуры Raytek MT4, 2 – технологический процесс формообразования, 3 – ПЭВМ Intel Celeron 1,70 GHz, 4 – ЧПУ FDM-установки 3D-Modeler, 5 – привод перемещения рабочего органа, 6 – датчик скорости перемещения рабочего органа.

Ключевые слова: FDM-процесс, автоматизированный контроль.

УДК 621.9.3

ЗАБЕСПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ПРИЛАДІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ОПТИМАЛЬНОЇ САУ

Барабаш Я.В., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

Швидкому переходу підприємств на випуск нових видів продукції і впровадженню високоефективних технологій сприяють автоматизовані системи інформаційного технологічного забезпечення, що об'єктивно та оперативно надають підприємству інженерні рішення технологічних задач та скорочують трудові і матеріальні витрати.

Ефективним підходом до інформаційного забезпечення технологічних процесів при автоматизованій підготовці виробництва є розробка і

впровадження системи автоматичного управління механообробки (САУ). Необхідність створення таких систем обумовлена тим, що останніми роками в сучасному приладобудівному виробництві застосовуються високопродуктивні верстати з ЧПК.

Для вирішення сучасних виробничих завдань, необхідним є: розробка методичних основ та розрахункових моделей по вибору оптимальних умов процесів різання на верстатах з ЧПУ та створення САУ оптимальної механообробки.

Разом з тим виникають теоретичні та практичні труднощі, з поміж яких слід виділити, відсутність нормативної технологічної інформації про режими різання і стійкість інструмента при використанні нових інструментальних матеріалів, зміцнюючих покриттів, мастильно-охолоджувальних технологічних середовищ (МОТС) при обробці деталей з сучасних і нових конструкційних матеріалів, моделі параметрів якості обробки від умов наведені у низці літературних джерел мають узагальнюючий характер та в неповній мірі враховують специфіку обробки матеріалів з використанням сучасного обладнання.

Використання системи оптимального автоматичного управління, що реалізують функції контролю і управління технологічним процесом механообробки дає можливість забезпечення якості обробки з використанням найбільш продуктивних режимів. У зв'язку з цим обґрунтування, розробка і впровадження системи автоматичного управління механообробки в багатомономенклатурному автоматизованому виробництві є актуальною науково-виробничою проблемою, що має важливе народногосподарське значення.

Ключові слова: система автоматичного управління, механообробка, оптимальні режими різання.

УДК 621.9.048

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХОНЬ СКЛЯНИХ ПЛАТ ШЛЯХОМ ЇХ ЕЛЕКТРОННОЇ ОБРОБКИ

*Рева І.А., Канашевич Г.В., Яценко І.В., Ващенко В.А., Черкаський державний
технологічний університет, м. Черкаси, Україна*

Для стекол лужносиликатної групи К8, К108, К208, які пройшли етап хіміко-механічної обробки поверхонь типовим є те, що за рахунок стохастично розташованих поверхневих мікрodefektів і розірваних хімічних зв'язків поверхневий шар (ПШ) глибиною до 1 мкм відрізняється від основного матеріалу концентраційною неоднорідністю іонів лужноземельних металів Na^+ , K^+ та їх підвищеною дифузійною міграцією. В зв'язку з рухливістю таких іонів поверхня підвищує свою чутливість до зовнішніх впливів, наприклад до прісної і морської води, туману, що є причиною початку та розвитку деградаційних

процесів. Лужні іони ініціюють електрохімічні процеси, які призводять до мікро руйнації струмопровідних тонко плівкових металевих покриттів.

Покращити якість оптичних поверхонь лужносилікатних стекол після промислового полірування дозволяє їх обробка стрічковим електронним потоком, метою якої є зменшення дефектного шару проплавленої поверхні на глибину до 20 мкм. Інструмент обробки – електронний потік стрічкової форми, сформований з оптикою Пірса з питомою потужністю $P_{\text{пит}} = 1,5 \dots 2,0 \text{ Вт/см}^2$ та швидкістю обробки $V_{\text{пот}} = 3,7 \text{ см/с}$ температура попереднього нагріву скла $T_{\text{нагр}} = T_{\text{відпал}} - 60^\circ$, де $T_{\text{відпал}}$ - температура відпалювання скла.

В результаті електронної обробки формується нова поверхня і її мікронерівності зменшуються до $2,5 \dots 4,5 \text{ нм}$.

Проведений структурний аналіз та концентраційні залежності Na^+ , K^+ , які одержані методом РЕМ доводять, що проплавлений шар збіднюється іонами лужноземельних металів на глибину до 10 мкм, а їх залишок рівномірно розподіляється у площині поверхні. Методом рентгенівської рефлексометрії показано, що після електронної обробки та екзодифузії слабо зв'язаних іонів у вакуум, можна говорити, що ПШ вкривається кварцоподібною плівкою товщиною до $100 \text{ \AA}$, структура якої близька до кварцового скла, Це надає можливість використовувати поверхню, як більш досконалу в технологіях виготовлення елементної бази інтегральної оптики (хвилеводів, дифракційних решіток, розгалужувачів тощо), та відбиваючих тонкоплівкових металізованих мікروструктур для мікрооптики.

Ключевые слова: електронна мікрообробка, мікрооптика, поверхневий шар, інтегральна оптика.

УДК 621.9

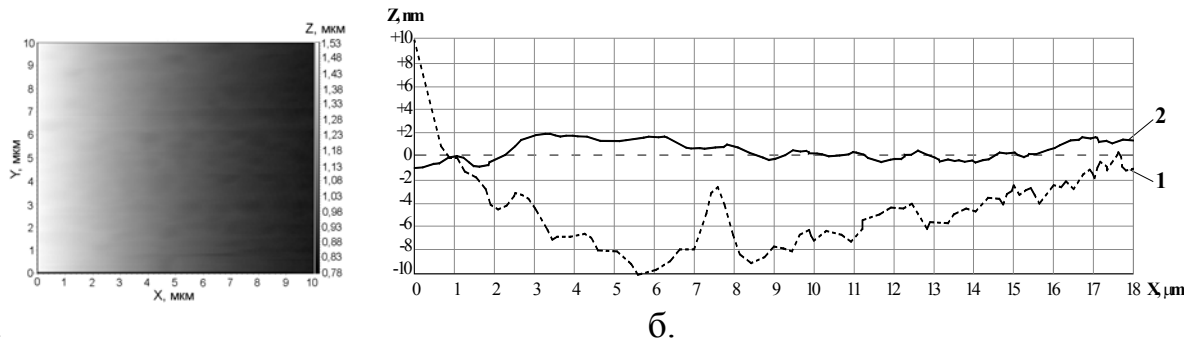
ВИКОРИСТАННЯ АТОМНО-СИЛОВОЇ МІКРОСКОПІЇ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ПІСЛЯ ЕЛЕКТРОННОЇ ОБРОБКИ

*Канашевич Г.В., Дубровська Г.М., Бондаренко М.О., Черкаський державний
технологічний університет, м. Черкаси, Україна*

Сучасні тенденції розвитку приладобудування, літакобудування, медицини, космічного та військового комплексів характеризується значним збільшенням обсягів використання оптичного і технічного скла для виробництва оптоелектронних, мікрооптоелектронних та мікрооптоелектромеханічних пристроїв і систем. Шлях мініатюризації технічних засобів інформатики та зв'язку привів до створення технологій за якими виготовляються вироби електроніки та оптоелектроніки з мікрометричними розмірами. При цьому значно ускладнюються методи та обладнання для визначення характеристик оптичних поверхонь мікроелементів.

Для визначення характеристик поверхонь силікатного скла після електронної обробки в процесі створення мікроелементів нами використано атомно-силовий мікроскоп NT-206V.

Експериментально встановлено для оптичного скла К8, БК10, ТК21 наступні характеристики поверхонь після низькоенергетичної електронної обробки: $Ra = 1,5...6,5$ нм (К8); $Ra = 2,5...9,6$ нм (БК10); $Ra = 3,7...7,1$ нм (ТК21), рис.1.



а. б.
Рисунок 1 – Топограма поверхні (13×13 мкм) (а) та її мікропрофіль (б) (скло К8) до (1) та після (2) електронної обробки

Отже показано, що метод атомно-силової мікроскопії дозволяє дослідити і визначити нанорельєф поверхонь оптичних матеріалів після їх поверхневої обробки концентрованими потоками енергії (електронним потоком, лазерним випромінюванням тощо) і може ефективно використовуватися у визначенні характеристик оптичних мікроелементів інтегральної оптики та мікрооптики.

Ключевые слова: атомно-силова мікроскопія, оптична поверхня, електронна мікрообробка.

УДК 621.923

ГЛИБИНА ЗРУЙНОВАНОГО ШАРУ ПОВЕРХОНЬ ВИРОБІВ З ПРИРОДНОГО І СИНТЕТИЧНОГО КАМЕНЮ

Філатов Ю.Д., Сідорко В.І., Крамар В.Г., Ковальов С.В., Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України, м. Київ, Україна

Виходячи з фізико-статистичної моделі видалення оброблюваного матеріалу та відомих співвідношень між параметрами шорсткості Ra і $Rmax$ обробленої поверхні й величиною найбільш імовірного розміру частинок шламу a_v , розраховано розподіл концентрації частинок шламу уздовж координати, нормальної до оброблюваної поверхні, та глибину зруйнованого шару поверхонь виробів з природного і синтетичного каменю при тонкому (ТАШ) і надтонкому (НТАШ) алмазному шліфуванні і поліруванні глибина зруйнованого шару $h_1 = Rmax/0,29$ і $h_2 = Ra/0,04$) [1].

Результати розрахунку узгоджуються з даними експериментальних

вимірювань (глибина зруйнованого шару при шліфуванні – 3-20 мкм, при поліруванні – 45 нм).

Параметри шорсткості	ТАШ			НТАШ	Полірування (інструмент з двооксиду церію)
	Зернистість алмазного порошку в інструменті				
	60/40	40/28	20/14	10/7	
Ra , мкм	0,68	0,54	0,22	0,15	0,003
$Rmax$, мкм	4,76	4,58	1,59	1,10	0,012
h_1 , мкм	16,40	15,80	5,50	3,80	0,041
h_2 , мкм	17,00	13,50	5,50	3,75	0,075

Встановлено залежності показника поглинання k зразків граніту Токівського і Янцівського родовищ, визначеного експериментально за допомогою методу еліпсометрії, від глибини h зруйнованого шару поверхонь після їх фінішної алмазно-абразивної обробки ($1 - k(h_1)$, $2 - k(h_2)$), що можуть бути апроксимовані функцією $k_{1,2} = \alpha_{1,2} h_{1,2} + \beta_{1,2}$, де коефіцієнти $\alpha_{1,2} = \begin{pmatrix} 5,11 \\ 2,68 \end{pmatrix} \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^{-1}$ і $\beta_{1,2} = \begin{pmatrix} 0,026 \\ 0,030 \end{pmatrix}$ (похибка апроксимації 7-8 %).

Ключові слова: глибина зруйнованого шару, шорсткість, граніт.

Література

1. Сідорко В.І. Наукові основи процесів фінішної алмазно-абразивної обробки природного та синтетичного каменю: Автореф. дис....д.т.н: 05.03.01. – Київ, 2006. – 36 с.

УДК 621.923

МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПОВЕРХОНЬ ВИРОБІВ З ПРИРОДНОГО І СИНТЕТИЧНОГО КАМЕНЮ

*Філатов Ю.Д., Сідорко В.І., Інститут надтвердих матеріалів ім.. В.М. Бакуля НАН
України, м. Київ, Україна*

Розрахунково-експериментальним методом визначено параметри, що поряд з параметрами шорсткості Ra , Rq і $Rmax$ характеризують якість поверхонь виробів з природного і синтетичного каменю (ПСК) і в сукупності дають можливість її комплексної оцінки:

- глибину зруйнованого шару поверхні виробу з ПСК, яка при шліфуванні та поліруванні визначається законом руху границі розділу інструмент-оброблювана поверхня і залежить від середньоймовірнісного розміру частинок шламу і параметрів шорсткості обробленої поверхні;

- показник поглинання світла виробу з природного каменю, що лінійно

залежить від глибини зруйнованого шару обробленої поверхні;

- коефіцієнт відбиття світла поверхонь виробів з ПСК (на довжині хвилі 530 нм), що експоненційно збільшується при зменшенні параметрів шорсткості;

- еліпсометричний параметр Δ , що є чутливим до колориметричних характеристик ПСК, який лінійно зменшується зі збільшенням параметрів шорсткості Ra , Rq , $Rmax$;

- еліпсометричний параметр Ψ , залежності якого від параметрів шорсткості описуються зростаючими функціями, що мають дві лінійні ділянки і розрив при значеннях параметрів шорсткості, які є граничними при переході від шліфованої до полірованої поверхні;

- характеристику ідіохроматичного забарвлення (відношення спектрів розсіювання світла обробленою та еталонною поверхнями).

При застосуванні запропонованої методики до оцінки якості поверхонь виробів з ПСК після фінішної алмазно-абразивної обробки встановлені наступні показники:

- шорсткість полірованих поверхонь: Ra 0,012-0,030;

- відбивна здатність поверхонь виробів (за коефіцієнтом відбиття світла на довжині хвилі $\lambda = 530$ нм): $K = 6,1-9,2$ %.

- характеристика ідіохроматичного забарвлення (відношення спектрів розсіювання світла обробленою та еталонною поверхнями): $\zeta = 0,5-0,8$.

Ключові слова: глибина зруйнованого шару, шорсткість, коефіцієнт відбиття світла, еліпсометричні параметри, ідіохроматичне забарвлення.

УДК 621.9.14

ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ ПЕРЕДАЧ ПРИЛАДІВ НА ОСНОВІ ЗУБЧАСТОГО ЗАЧЕПЛЕННЯ СИНУСОЇДАЛЬНОГО ПРОФІЛЮ

Грицай І.С., Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів, Україна

Зубчасті передачі є невід’ємними складовими сучасних машин і приладів, при цьому найпоширенішими з усіх відомих на сьогодні є евольвентні передачі. Низка їх переваг (несприйнятливість до коливання міжцентрової відстані, сталість передавального співвідношення, можливість висотної і кутової корекції зубців, технологічна універсальність) робить їх домінуючими порівняно з іншими видами передач і трансмісій, незважаючи на істотні недоліки, присутні цим передачам. До них, зокрема, можна віднести такі: обмежена вантажна здатність, значні втрати потужності внаслідок присутності тертя кочення і ковзання в зачепленні; висока технологічна складність, значна працемісткість, матеріало- та енерговитратність виробництва; збільшення рівня шуму, зниження плавності роботи й коливання передавального співвідношення на високих швидкостях.

Разом з тим відома інша передача, яка, хоча залишається поза увагою виробників та науковців, має всі підстави стати альтернативою традиційним передачам на основі евольвентного зачеплення – це синусоїдальні зубчасті колеса і передачі. Їх переваги та перспективність для приладобудування формуються в експлуатаційній та технологічній галузях:

1. Завдяки конструкційним особливостям (профілі зубців утворені синусоїдою, завдяки чому в зачепленні вони контактують поверхнями, а не лініями; мають більшу товщину ніжки та більший радіус перехідних поверхонь в основі) синусоїдальні передачі мають вищу вантажну здатність і опірність згинним статичним і циклічним навантаженням; меншу швидкість удару в зачепленні та менший рівень шуму під час роботи; менше питоме ковзання в спряженні та вищу працездатність і довговічність. Встановлено, що завдяки цим властивостям за однакових з евольвентними передачами обертових моментів, синусоїдальні передачі та редуктори на їх основі матимуть на 20-30% меншу масу та габарити.

2. Широке впровадження і практичне використання синусоїдальних зубчастих передач можливе завдяки винаходу нового метода нарізання синусоїдальних зубчастих коліс дисковими фрезами в умовах обкочування (“метод Благута”). При незначній модернізації спорядження, без зміни кінематики серійних зубофрезерних верстатів цей метод дає змогу відмовитися від широкої номенклатур складних і дорогих зубонарізних інструментів - черв’ячних фрез, шліфувальних черв’яків, зубчастих довбачів тощо, а разом з тим - підвищити продуктивність процесів зубооброблення та зменшити витрати на їх організацію і технічну підготовку.

Ключові слова: зубчасті передачі, синусоїдальне та евольвентне зачеплення, переваги, надійність, ефективність

УДК 621

ОПТИМАЛЬНІ РЕЖИМИ РІЗАННЯ ІНСТРУМЕНТОМ ІЗ БЕЗВОЛЬФРАМОВИХ ТВЕРДИХ СПЛАВІВ

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

У сучасному приладобудуванні важливе місце займає обробка матеріалів, оскільки вдосконалюються методи обробки, підвищується зносостійкість різальних інструментів. Це дозволяє оптимізувати режими різання, в результаті чого скоротити час на обробку, а також підвищити якість обробки деталей, що є основним завданням у приладобудуванні.

При обробці конструкційних, легованих сталей, нікелевих та алюмінієвих сплавів використовують безвольфрамові тверді сплави, оскільки вони володіють високими різальними властивостями. На основі багатьох проведених експериментів різання інструментом із безвольфрамових твердих сплавів були

отримані оптимальні режими різання, що дозволяє можливість заміни одного інструментального матеріалу іншим. Досліди показали, що на операціях точіння і фрезерування підвищується зносостійкість, коли використовується матеріал КНТ-16 (90м/хв), а при заміні його сплавом Т15К6 підвищується швидкість (350м/хв).

На операціях свердління для інструмента для чистових операцій можна рекомендувати марку МНТ-А2. Збільшення температури введення додаткової теплової енергії потужністю до 30 Вт зменшує знос розгортки в 2-4 рази і підвищує точність отвору.

Для отримання оптимальних режимів підвищують швидкість різання матеріалу, зменшують подачу, що дає змогу підвищити зносостійкість інструмента.

У порівнянні нормативних режимів різання з характеристиками експериментів різання інструментом із безвольфрамових твердих сплавів помітно, що при однакових глибинах різання і подачах збільшується швидкість різання інструментом, що скорочує час обробки.

Ключові слова: режими різання, зносостійкість, операція, швидкість.

УДК 519.95

ПРИМЕНЕНИЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАГРУЗКИ ОБОРУДОВАНИЯ

*Чабан О.Н., Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

Современное приборостроительное производство характеризуется большой номенклатурой выпускаемой продукции, сложными внутренними взаимосвязями в производственных системах, постоянной интенсификацией производственных процессов. Ставится задача разработки средства моделирования и оптимизации работы производственных систем, позволяющего повысить эффективность технологических процессов, сократить простой оборудования и, как следствие, сэкономить значительную часть затрачиваемых материальных ресурсов. Решение этой проблемы заключается в том, чтобы получить возможность заранее прогнозировать результаты производственной деятельности предприятия, оценивать эффективность функционирования оборудования, предусматривать возможные последствия. Для этого разрабатываются и анализируются имитационные модели производственных систем. Работа производственных систем проявляется через изменение их состояний. Состояния задаются в виде сложных условий, формируемых как предикаты, переменными в которых являются простые условия. Только при достижении определенных состояний (в этом случае

соответствующие предикаты принимают истинное значение) обеспечивается возможность реализации действий (наступления событий).

В сетях Петри условия моделируются позициями, а события – переходами. Последовательная реализация событий в системе отображается в виде последовательного срабатывания ее переходов. Выполнение какого-либо условия в системе связано с появлением метки в соответствующей этому условию позиции сети. Соглашения о правилах выполнения переходов, действующие в сетях Петри, выражают логические взаимосвязи между условиями и событиями в моделируемой системе.

Применение аппарата сетей Петри для моделирования производственных систем является быстрым и удобным способом анализа их поведения и эффективности в различных ситуациях. Так как проектирование производственных систем является достаточно трудоемким и длительным процессом с большой вероятностью сбоев при их работе, то необходимо сначала создать модель этой системы и провести ряд испытаний с проверкой надежности и производительности модели в различных критических ситуациях. Это позволяет, не создавая саму производственную систему, оценить эффективность ее работы и добиться наилучших показателей функционирования.

Ключевые слова: сети Петри, производственная система, моделирование, оптимизация.

УДК 620.179.14

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ МИКРОМЕХАНИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ

*Диордица И.Н., Сидорук Г.В., Национальный технический университет Украины,
”Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина*

Микромеханические компоненты требуют повышенной точности обработки 0,1-1 мкм. Такая высокая точность изготовления компонентов с трудом может быть достигнута даже на прецизионных станках. Поэтому технологический процесс обработки должен включать дополнительные модели изготовления микромеханических компонентов, которые компенсируют возникновение технологической погрешности. Для реализации таких моделей на производстве необходима информация о возникающих погрешностях.

Вследствие роста необходимости обеспечения высокой точности, одновременно связанной со снижением себестоимости, возникает необходимость в промышленном оборудовании и возможность компенсации геометрических погрешностей, что регистрируется измерительной техникой в режиме реального времени.

Высокую точность обработки можно достигнуть за счет сложной траектории режущего инструмента, корректирующие ее погрешности и в первую очередь деформации ТОС. Поэтому необходимо создать математическую модель деформации ТОС с тем, чтобы при минимальном количестве касания инструментом заготовки получить его корректирующую траекторию, компенсирующую имеющиеся погрешности.

В предположении, что температурное состояние системы ТОС является устойчивым во время работы, величина δ_{tw} может быть определена, как

$$\delta_{tw}(x) = \delta_s(x) + \delta_t(x) + \delta_w(x)$$

где $\delta_s(x), \delta_t(x), \delta_w(x)$ - это составляющие $\delta_{tw}(x)$, возникающие из упругих деформаций узла носителя поворотного инструментального магазина, узла зажимного патрона-шпинделя-передней бабки, в также детали соответственно при воздействии радиальной составляющей силы резания F_y .

Согласно полученным результатам применение корректирующей системы, компенсирующей погрешности обработки, точность обработки микромеханических компонентов увеличилась в несколько раз.

Ключевые слова: точность обработки, микромеханические компоненты.

УДК 681.2:538.5

КОМПЛЕКСНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯКОСТІ ВИРОБНИЦТВА ПРИЛАДІВ

Довгопол Є.О., Шевченко В.В., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

Якість - це з однієї сторони технічне, а з іншої економічне, організаційне, філософське, правове поняття.

Якість з погляду технічного значення - це точність, надійність.

Якість як економічна категорія відбиває сукупність властивостей продукції, що зумовлюють ступінь її придатності задовольняти потреби людини відповідно до свого призначення.

Технічний рівень виробів за змістом вужче їх якості, оскільки охоплює сукупність лише техніко-експлуатаційних характеристик. Його показники встановлюються при проектуванні (розробці) переважно нових знарядь праці (машин, устаткування, приладів, транспортних засобів тощо) і знаходять відображення у спеціальних картах технічного рівня, які використовують при вивченні ринку і визначенні попиту на нові товари, складанні бізнес-планів, рекламних матеріалів тощо.

Об'єктивна необхідність забезпечення належної якості у процесі виготовлення нових приладів виробів ініціює застосування у виробничо-господарській діяльності підприємств певної системи показників, що дозволяє визначати і контролювати рівень якості усіх видів продукції.

Рівень якості — це кількісна характеристика міри придатності того або іншого виду продукції для задоволення конкретного попиту на неї у порівнянні з відповідними базовими показниками за фіксованих умов споживання. Оцінка якості продукції передбачає визначення абсолютного, відносного, перспективного і оптимального рівня.

При виробництві приладів продукції підвищеної якості поточні утримання частіше всього зростають. Однак в результаті реалізації цієї продукції по підвищеним цінам прибуток також може зрости.

Цей прибуток функціонально залежить від питомої маси приладів підвищеної якості, а також рентабельності, приросту, середньої рентабельності виробництва:

$$\Delta\Pi_{\kappa} = f(\alpha_{\text{пл}}, R_q, \Delta R_q, R_{\text{пл}}).$$

Керуючи комплексною моделлю якості можна підвищувати надійність та точність приладів, що дає можливість управляти технічними параметрами за допомогою економічних.

Ключові слова: якість, прибуток, собівартість, надійність, точність.

УДК 681.72

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИБОРОВ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ СБОРКИ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

*Выслоух С.П., Филиппова М.В., Диордица А.Н., Национальный технический университет
Украины “Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина*

Проектирование технологических процессов сборки требует изучения информационных связей между элементами объекта и технологии его сборки.

Информацию об изделии - объекте автоматизации сборки - можно представить множеством свойств и состояний его конструктивно-технологических параметров и параметров компонентов, которые входят в его состав. Если исходное множество разбить на не перекрещивающиеся подмножества разных иерархических уровней и учесть структуру изделия, а также реальные связи между компонентами при сборке, то изделие как систему можно описать информационной моделью в виде графа. Такой граф определяет схему потока информации от исходных данных к конечному результату. Его называют информационным графом сборочной единицы.

Анализ функциональных связей объектов технологии, определяющих выбор технологических решений, позволяет выявить и формализовать основные закономерности проектирования технологии механосборочных работ. Технология сборки содержит правила построения основных проектных решений, которые определяют структуру технологического процесса. Эти правила формализованы в степени, достаточной для построения программного

обеспечения автоматизированного проектирования технологических процессов, и представлены в виде алгоритмических схем решения основных задач проектирования в соответствии с информационными моделями изделия и технологического процесса сборки. В моделях определены основные проектные решения, последовательность их построения, описан аппарат формализации технологических задач, исследованы основные закономерности, характеризующие влияние взаимодействий элементов конструкции изделия и элементов производственной среды при решении задач проектирования технологии сборочного производства.

Информационные модели изделия и технологического процесса механосборочных работ дают возможность разработать комплекс программного, информационного, технического, методического и организационного обеспечения для конкретной системы автоматизированного проектирования технологических процессов механосборочных работ. Эта методика была использована при проектировании технологических процессов изготовления оптико-механических изделий.

Ключевые слова: технология сборки, информационная модель, автоматизация проектирования

УДК 681.2.001.57

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЧІТКОГО МЕТОДА ГРУПОВОГО ВРАХУВАННЯ АРГУМЕНТІВ ПРИ РОЗВ’ЯЗАННІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАДАЧ

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

Математичне моделювання інформаційно забезпечує оптимальні (або раціональні) умови розв’язання технологічних задач підготовки виробництва, встановлює зв’язки між початковим комплексом технічних умов реалізації процесу виготовлення приладів і критеріями їх якості.

Використання математичних моделей, дозволяє звести до мінімуму фізичні ресурси, що необхідні для виготовлення деталей приладів, та створити системні ресурси (функціональні, цільові), які дозволяють принципово змінити технологічну підготовку виробництва.

На сьогодні існує багато методів математичного моделювання, що використовуються в задачах технологічної підготовки виробництва: планування експерименту; регресійний та дисперсійний аналіз; чисельні методи; методи багатомірного статистичного аналізу тощо.

Зазвичай на процес обробки деталей впливає велика кількість різноманітних факторів. Тому необхідно вибрати такий метод математичного моделювання, який охоплює всю цю множину факторів, та потребує мінімальних витрат часу й засобів на проведення експериментів, а також дозволяє використовувати статистичну інформацію, що отримана безпосередньо на виробництві. Тому

особливе місце серед методів моделювання займають еволюційні методи самоорганізації моделей. До цих відносяться методи групового врахування аргументів та методи штучних нейронних мереж.

Але класичний метод групового врахування аргументів (МГВА) має деякі недоліки – при близьких експериментальних точках можливе явище виродженості матриці нормальних рівнянь Гауса, що потребує застосування спеціальних методів регуляризації, а також він дає точкову модель. В більшості випадків треба визначити інтервал, який характеризує точність прогнозування. Це можливо визначити за допомогою нечіткого МГВА. Крім того, звичайний метод групового врахування аргументів базується на методі найменших квадратів, тоді як нечіткий МГВА оснований на лінійному програмуванні і тому не має вказаних недоліків. Порівняння результатів прогнозування технологічних параметрів, що отримані класичним та нечітким МГВА показав, що середньоквадратичне відхилення прогнозованих значень від дійсних менше у нечіткого методу.

Ключові слова: технологічна підготовка виробництва, математичне моделювання, методи групового врахування аргументів.

УДК 681.2:658.511.4

ПІДСИСТЕМА ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ ОБРОБКИ ТИПОВИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ ПРИЛАДІВ

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

Прискорення технологічної підготовки виготовлення деталей приладів можливе шляхом автоматизації виконання окремих етапів технологічного проектування. Це вимагає розв’язання задач формалізації проектних процедур. Одним із найменш формалізованих та автоматизованих етапів проектування технології виготовлення деталей приладів є розробка операційної технології.

Аналіз літературних джерел, в яких розглянуті питання автоматизації проектування технологічних операцій, показав, що ця задача є актуальною і потребує її вирішення. Тому поставлена задача створення підсистеми, яка дозволила би автоматизувати процес визначення оптимальних режимів різання та технологічного нормування при механічній обробці типових поверхонь деталей приладів. В основу створюваної підсистеми покладено використання розширеної бази даних, в якій зберігається множина типових поверхонь з різноманітних видів механічної обробки поверхонь різанням – токарної, фрезерної та обробки нецентральных отворів. Крім того, база даних містить перелік оброблюваних матеріалів, з яких виготовляються деталі приладів, та перелік інструментальних матеріалів. Кожній парі «оброблюваний – інструментальний матеріал» в базі даних відповідають формули для розрахунку

вихідних параметрів процесу різання, а саме: точності та шорсткості обробки; складових сили різання; періоду стійкості різального інструмента тощо.

В процесі проектування операційної технології проектувальник вибирає вид оброблюваної поверхні і, в відповідності з вибраною конфігурацією поверхні, вказує її необхідні розміри та форму й розміри заготовки. Згідно з вказаною парою «оброблюваний – інструментальний матеріал» проектувальнику пропонуються режими обробки (швидкість різання V та подача s), які можна використати при подальших розрахунках або ввести свої значення цих параметрів. Крім того, для вказаної пари із бази даних вибираються необхідні розрахункові формули. На основі цих формул формується математична модель відповідного технологічного процесу обробки з метою його оптимізації згідно з вибраним критерієм оптимальності. Таким чином визначаються оптимальні режими різання (введені раніш режими використовуються як початкове їх наближення) та здійснюється нормування процесу обробки типової поверхні. Запропонована підсистема може використовуватись як автономно, так і в складі САПР ТП.

Ключові слова: механічна обробка, технологічний процес, операційна технологія, режими різання, автоматизація проектування, оптимізація режимів.

УДК 681.2:51-7

БАГАТОМІРНИЙ СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

*Паткевич О.І., Вислоух С.П., Національний технічний університет України
”Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Для сучасної технології приладо- та машинобудування характерне використання величезних інформаційних масивів і значної кількості складових елементів (параметрів). Тому при дослідженні таких багатопараметричних систем виникає необхідність виключити деякі з параметрів, а також деякі функції з математичної моделі системи, зберігши при цьому всю їх інформативність.

Одним з найпоширеніших видів представлення даних про систему є багатомірні матриці, рядки якої відповідають окремим об'єктам системи (для технологічної системи це виріб, деталь, технологічний маршрут, режими обробки тощо), що описується набором конкретних значень параметрів, а стовпцями – набори конкретних значень параметрів цих об'єктів. На практиці розміри розглянутих масивів можуть бути досить великими. Безпосередній, візуальний аналіз таких масивів практично неможливий та і практичне їх використання в розрахунках викликає значні труднощі. Тому в математичній статистиці виникло багато підходів і методів, призначених для того, щоб стиснути вихідну інформацію до доступних для сприйнятого використання

розмірів, витягти з неї найбільш істотну, відкинути всю другорядну, не значиму та випадкову.

В зв'язку з цим представляє інтерес використання методів багатомірного статистичного аналізу для розв'язання задач зниження розмірності факторного простору при технологічній підготовці виробництва. Усе, вищевказане, має сенс в межах деякої визначеної моделі системи. Методи факторного аналізу дозволяють розробити моделі, за допомогою яких можна аналізувати й інтерпретувати масиви експериментальних і довільних статистичних даних поза залежністю від їхньої фізичної природи. При цьому можливо рішення двох типів задач – короткий опис об'єктів і виявлення взаємозв'язків між параметрами, що характеризують кожен об'єкт.

Крім методів факторного аналізу для розв'язання вказаних задач доцільно використовувати компонентний аналіз технологічної інформації (метод головних компонент). Даний метод має визначені переваги перед методами факторного аналізу. Він не вимагає ніяких гіпотез про характер змінних, є лінійним і адитивним. Методи багатомірного шкалювання також можуть використатися для аналізу багатомірних даних, тобто аналізу систем об'єктів, що характеризуються значною кількістю параметрів. Найбільше ефективно його застосування, коли треба адекватно представити початкову інформацію, використовуючи два або три виміри.

Ключові слова: технологічна інформація, зниження розмірності, факторний аналіз, компонентний аналіз, багатомірне шкалювання.

УДК 621.91:519.711

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАГРУЗКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТРУКТУРНО-ЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА

*Пипко А.В., Национальный технический университет Украины «Киевский
политехнический институт», г. Киев, Украина*

Оптимизация загрузки технологического оборудования является актуальной проблемой в современном приборостроении. Целью работы является создание модели производственной системы при изготовлении деталей приборов и решение задачи оптимизации загрузки технологического оборудования этой системы.

Пусть имеем некоторое множество деталей D , которые необходимо изготовить, и некоторое множество единиц технологического оборудования (станков) M для изготовления этих деталей. Каждая деталь d_i характеризуется технологическим маршрутом ее изготовления, т.е. последовательностью прохождения определенного подмножества станков $m_j \in M$, обеспечивающей получение готовой детали, где i - номер детали, j - номер станка. Система, в

данном случае, представляет собой набор множеств D и M , а ее цель - изготовление всех деталей d_i из D на множестве оборудования M . При этом используемые станки являются блоками системы, а детали - работами, подлежащими выполнению в системе. Технологический маршрут изготовления детали представляет собой упорядоченное множество операций, необходимое для изготовления этой детали. Каждая операция выполняется на отдельном станке (блоке). Совокупность станков образует структуру системы, которая может быть последовательной, параллельной, параллельно-последовательной и последовательно-параллельной.

Задача функционирования системы заключается в определении маршрутов в ее структуре, в соответствии с заданными технологическими маршрутами обработки отдельных деталей, и согласованном прохождении по полученным маршрутам всех деталей до завершения их обработки. В качестве адекватного математического аппарата для описания таких систем выбрана бесконечнозначная логика и логические определители.

Использование структурно-логического метода исследования систем позволяет смоделировать загрузку технологического оборудования производственной системы при изготовлении деталей приборов и решить задачу оптимизации загрузки этого оборудования, т.е. сократить время производства изделия и соответственно снизить себестоимость продукции, что делает ее более конкурентоспособной на рынке приборов.

Ключевые слова: производственные системы, загрузка оборудования, моделирование, оптимизация, бесконечнозначная логика, логические определители.

УДК 621.91.01:681.3.06

ВПЛИВ ФРАКТАЛЬНОЇ РОЗМІРНОСТІ ПОВЕРХОНЬ НА ПАРАМЕТРИ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ РІЗАННЯМ

*Симута М.О., Вислоух С.П., Національний технічний університет України "Київський
політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

В сучасному приладобудуванні важливою задачею є визначення оптимальних режимів механічної обробки деталей, які забезпечують одержання поверхні заданої якості при максимальній продуктивності технологічного процесу.

При обробці різанням важливим параметром є глибина різання, особливо це стосується поверхонь з високими вимогами до їх точності та шорсткості.

Зазвичай величина шару матеріалу, що зрізується, складається з двох частин: змінної, що знаходиться в межах дефектного нерівного шару, та постійної, яка розташована нижче нерівного шару. Це особливо актуально в умовах чорнового проходу, коли із заготовки видаляється дефектний поверхневий шар. При чистовій обробці змінна складова глибини різання пов'язана з величиною

нерівностей, сформованих на поверхні виробу при попередньому проході інструмента, а також неоднорідністю механічних властивостей оброблюваного матеріалу.

Визначити з достатньою точністю змінну частину глибини різання можна шляхом використання нових методів, зокрема фрактального аналізу.

Фрактальність поверхневої структури і властивостей оброблюваного матеріалу безпосередньо впливає на режими різання, закономірності процесу стружкоутворення, термосилові особливості процесу різання, зношування різального інструмента та якість обробленої поверхні.

Через узагальнену фрактальну розмірність поверхневого шару, що враховує його поверхневу структуру та властивості, визначається змінна складова глибини різання.

Розмірність геометричного об'єкту можна визначити як розмірність Мінковського, топологічну розмірність і розмірність Хаусдорфа. Зручною в використанні та в її визначенні є розмірність Хаусдорфа, яка лежить в основі фрактальної теорії та, як правило, суворо більше топологічної розмірності.

Розроблено алгоритм та програму, що дозволяють визначити розмірність Хаусдорфа поверхневого шару деталі, а це, в свою чергу, врахувати його структуру та властивості при визначенні оптимальних режимів обробки точних деталей приладів.

Ключові слова: обробка матеріалів різанням, глибина різання, поверхневий шар, фрактальна розмірність, розмірність Хаусдорфа, оптимізація режимів.

УДК 681.2:537.7

СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ПРОЦЕССА МЕХАНООБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ

*Румбешта В.А., Слипченко В.П., Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», г.Киев, Украина*

Основным металлообрабатывающим оборудованием в технически развитых странах в настоящее время являются станки с ЧПУ и разработанные на их основе различные многофункциональные технологические обрабатывающие системы (ТОС), как например: гибкие производственные системы – ГПС; гибкие производственные модули – ГПМ; гибкие производственные комплексы – ГПК и др.

Широкое использование таких станков объясняется тем, что такое оборудование является многофункциональным, т.е. имеет расширенный перечень выполняемых операций металлообработки и обладает высоким уровнем автоматизации. Обладая большими технологическими возможностями такие станки имеют один большой существенный недостаток – они не обладают системой обратной связи из зоны резания и по этому полностью не

реагируют на качество прохождения самого главного для них процесса – процесса резания. Все управление работой таких ТОС с помощью ЭВМ сводится к последовательному программному перемещению подвижных элементов станка в рабочем пространстве для обеспечения требуемой траектории движения инструмента относительно детали. Это перемещение ведется вне зависимости от его технического состояния и характера прохождения процесса резания.

Таким образом, разработка и внедрение методов и систем контроля и технического диагностирования процесса механообработки на станках с ЧПУ является неотложной задачей. Это дает возможность повысить надежность и безопасность работы таких станков, улучшить показатели качества продукции, уменьшить непроизводительные простои дорогостоящего оборудования. Для этого необходимо создать методику и экспертные правила разработки систем, алгоритмы и модели их работы и перейти в итоге к автоматическому управлению качеством на современных ТОС. Диагностика процесса механической обработки (ПМО) металлов может вестись по выходным параметрам (характеристика качества, физико-механические характеристики процесса резания, технико-экономические характеристики, характеристики износа инструмента) – прямое диагностирование. Из-за их плохой контролепригодности используют косвенное диагностирование по выходному параметру процесса, хорошо коррелируемому с вышеуказанными характеристиками процесса резания

Ключевые слова: диагностика ПМО, станок с ЧПУ, прямая (косвенная) диагностика, системы технического диагностирования.

УДК 681.2:537.1

ОЦІНКА ЯКОСТІ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛІ ЗА СПЕКТРАЛЬНИМИ ПАРАМЕТРАМИ ПРОФІЛЮ ШОРСТКОСТІ

*Тимчик Т.Г., Шевченко В.В., Національний технічний університет України “Київський
політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Сучасний стан промислових підприємств України потребує підвищення економічної ефективності в промисловості за рахунок впровадження нових інтенсивних технологій, підвищення якості продукції. Поширення номенклатури марок обробних матеріалів, типів металообробного обладнання ускладнюють технологічний процес обробки. Підвищення якості в цих умовах потребує удосконалення систем автоматизації контролю технологічних параметрів деталей. В промислово розвинутих країнах здійснюються інтенсивні дослідження в галузі підвищення точності оптично-електронних вимірювальних систем, автоматизації контролю за станом процесу, що гарантують згідність постійному підвищенню вимог до якості продукції.

Тому виникла необхідність розробки принципово нових методів визначення оброблюваності матеріалів шляхом створення автоматизованої системи обробки оптичних сигналів та зображень, аналізу динаміки стану технологічної оброблювальної системи, алгоритмів, що дозволяє досягти суттєвого покращення метрологічних та технічних характеристик системи. Оптимальним варіантом технічного рішення широкого кола задач в галузі обробки сигналів є модульна автоматизована мікропроцесорна система. Вона містить вже розроблені спеціалізовані пристрої, які мають набір функцій, необхідних для рішення конкретної задачі. Методики визначення оброблюваності матеріалів, що розроблені під час попередніх робіт, а також алгоритми роботи системи підвищують вірогідність контролю якості деталей та можуть бути підставою для розробки пакету програмного забезпечення автоматизованої системи.

Запропонована система може бути використана в галузі приладобудування та машинобудування для контролю якості продукції шляхом визначення показників оброблюваності металів, враховуючи їх хімічні та фізико-механічні властивості, контролю оптичними методами параметрів шорсткості поверхні після механообробки, вимірювання геометричних параметрів деталей та різального інструмента в процесі обробки. Актуальність розробки модульної автоматизованої системи підтверджена впровадженням лазерних оптично-електронних модулів контролю шорсткості поверхні деталей, що оброблювались.

Ключові слова: обробка, поверхні, параметри шорсткості, модулі контролю.

УДК 621.91.01:681.3.06

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ БАГАТОМІРНОГО СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

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

Сучасне приладо- і машинобудівне виробництво є різносерійним, багатомононатурним з частою зміною виробів, що випускаються. При цьому продукція, що виготовлюється, характеризується підвищеною конструктивною складністю, великою кількістю оригінальних і унікальних конструкторських рішень, реалізація яких супроводжується високими вимогами до якості і надійності виробів.

Найважливішим засобом інтенсифікації є автоматизація проектування технології, що базується на формалізації всіх розв'язуваних технологічних задач. Формалізація будь-якої задачі повинна розпочинатися з багатомірного статистичного аналізу численних масивів технологічної інформації. При цьому кількість параметрів і показників, які характеризують окремий об'єкт, може

складати кілька десятків, а іноді сотні і навіть тисячі. У подібних ситуаціях варто істотно знизити розмірність ознакового простору, що підлягає розгляду, тобто перейти від початкового набору показників до меншої кількості допоміжних змінних, по яких згодом можна відтворити властивості масиву даних, що нас цікавлять.

Всі використовувані конструкційні матеріали поділяються на класи по сукупності ознак і заносяться до бази даних.

Далі за допомогою методів багатомірного статистичного аналізу визначається клас, до якого можна віднести новий досліджуваний матеріал. Ефективним при цьому є метод дискримінантного аналізу. За його допомогою можна перевірити правильність класифікації використовуваних конструкційних та інструментальних матеріалів, тобто створити класи із класифікованих об'єктів та визначити не тільки клас, до якого відноситься досліджуваний матеріал, але й визначити з якою вірогідністю розглянутий матеріал попадає до запропонованого класу.

За допомогою методів багатомірного статистичного аналізу вибирається матеріал-аналог, що за сукупністю своїх властивостей близький до досліджувального. Умови і методи його обробки є початковими для проведення короткочасних досліджень технологічних параметрів нового матеріалу.

Ключові слова: конструкційні матеріали, статистичний аналіз, база даних.

УДК 681.2:537.7

ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОМЕХАНІЗМІВ ДЛЯ НАНОТЕХНОЛОГІЙ

*Остаф'єв В.О. Вострікова О.А., Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Мікромеханізми із самих різних матеріалів давно й успішно застосовують у багатьох галузях промисловості. Однак в останні п'ять років ринок мікродеталей і мікрокомпонентів розвивається найбільш динамічно.

Нанотехнології містять у собі широкий спектр технологій для контролю над структурою матерії на рівні атомів і молекул. Нанометр - це одна мільярдна частка метра, ширина 10 розташованих поряд атомів водню; товщина людського волосся рівняється приблизно 80 тисячам нанометрів. Нанорозмірний світ - світ наноструктур, розмір яких лежить у межах від одної десятої нанометра ($0,1 \text{ нм} = 1 \text{ \AA}$, одиниці одного атома) до 100 нм ($0,1 \text{ мкм} = 10^{-7} \text{ м}$). Наноструктури визначаються складним і багатим сполученням класичної фізики й квантової механіки.

Переваги мікротехнічних виробів очевидні: підвищена функціональна точність, менша вага деталі або вузла, що володіють при цьому більше високими експлуатаційними можливостями. Найбільше поширення мікродеталей й мікрокомпоненти одержали в медичній і біомолекулярній техніці й

електроніці. У зв'язку із цим варто визначити розміри деталей, одержуваних при мікрообробці. Узагальнюючи думки багатьох фахівців, можна вважати, що такими є деталі з розмірами менш 1 мм.

У даній роботі розглядається мікрообробка, проблеми і переваги її використання в галузях промисловості, способи мікрообробки та способи досягнення потрібної точності. Однією з основних цілей мініатюризації за допомогою мікрообробки є одержання можливості інтеграції мікроелектронних схем разом з отриманими при обробці тим самим повністю інтегрованих мікроелектромеханічних систем.

Сучасні технічні вимоги, пропоновані до високоточних систем, часто припускають, що виконавчі елементи таких систем повинні мати кутовий дозвіл при порівняно великому моменті на валу, порядку 0,1...1,0 Нм. При цьому такі системи повинні забезпечувати фіксацію кутового положення вала значним моментом і мати високі динамічні характеристики. Для цих завдань досить успішно застосовують у цей час п'єзоелектричні двигуни, що володіють незаперечними перевагами в порівнянні із традиційними двигунами. У п'єзоелектричному двигуні поступальний або обертовий рух ротора здійснюється шляхом перетворення електричної енергії в механічну за рахунок зворотного п'єзоелектричного ефекту.

Ключові слова: нанотехнологія, наноструктура, наноробот, мікропереміщення, п'єзоелемент, п'єзодвигун, нанорешітка.

УДК 621.9.62.5

АДАПТИВНА СИСТЕМА ДЛЯ ФРЕЗЕРНОЇ ОБРОБКИ

Максимчук І.В., Войтюк О.А., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Особливістю виробничих систем і ГВС є зміна часу перебування виробу на агрегаті (багатономенклатурність виробництва), введення засобів активного контролю, відмови обладнання і інше.

Для врахування зміни виробничого процесу використовуються імовірнісні математичні моделі, які дозволяють відмовитись від необхідності жорсткого контролю терміну випуску деталей. Верстат обслуговує заявки за проміжок часу ($t_f \div t_i$) – від моменту загрузки до закінчення обробки. Цей проміжок - випадкова величина, по наступним причинам: переналадка верстату при зміні виробів, що оброблюються; стохастичний характер виникнення відмов і часу їх усунення; випадкова тривалість обробки. Крім цих причин є ще і такі як: невизначеність інформації про номенклатуру виробів, розмірах оброблювальних партій, технології виготовлення, які існують на початкових етапах проектування автоматизованої виробничої системи.

Розробка імовірнісних аналітичних моделей ведеться з використанням теорії масового обслуговування (ТМО) і теорії мереж масового обслуговування (ТММО).

Одною із задач систем управління режимами обробки є таке перерозподілення параметрів режиму обробки (V, t, s), які забезпечили б стабілізацію вихідного параметру, що в загальному характеризує стан процесу різання ($M_{кр}, N_{эф}, P_{різ.}$) в області технологічних обмежень.

Аналіз області керування показує, що для розширення меж області необхідно ввести керування по двох керуючих параметрах – швидкості і продольній подачі. Для подальшого аналізу виділено три підобласті: I – відповідає великим коливанням випадкових факторів від t_2 до t_{max} для чорнової обробки; II – коливанням в інтервалі $t_1 \rightarrow t_2$, для напівчистої обробки; III – незначним коливанням в інтервалі $t_{min} \rightarrow t_1$ для чистових операцій.

Існуючі методи реалізації процесу керування: ступінчате безпошукове керування, граничне керування, безперервне безпошукове керування, які реалізовані з допомогою пасивних аналітичних самонастроювальних систем керування, але ці методи не дають можливості використати апріорну інформацію про процес обробки.

Вибір джерел інформації, що найбільш повно характеризують процес обробки, залежить від технологічних задач, які поставлені перед системою керування, структура яких визначається насиченістю інформації і записується: $(a_1), (a_1, a_2), (a_2, a_3), (a_1, a_2, a_3), (a_1, a_2, a_4), (a_1, a_2, a_3, a_4)$, де інформація означає: a_1 – програма керування, a_2 – система про стан процесу обробки, a_3 – навколишнє середовище, a_4 – блок адаптивного керування.

УДК 681.2:51-7

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗАСОБАМИ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

*Вислоух С.П., Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

Розв'язання задач технологічної підготовки приладо- та машинобудівного виробництва за допомогою ЕОМ вимагає створення математичних моделей, що адекватно описують відповідний процес або явище. Аналіз методів отримання математичних моделей, що використовуються в даний час, показав, що найбільш застосовуваними методами є регресійний аналіз та планування експериментів. Вказані методи дозволяють отримати якісні математичні моделі, які можна використати при розв'язанні різноманітних технологічних задач. Однак всі вони потребують значної кількості початкової інформації, яка зазвичай отримується в результаті проведення експериментальних досліджень. Ці експерименти, особливо при дослідженні вихідних показників технологічних процесів обробки деталей різанням, характеризуються значними

витратами оброблюваного та інструментального матеріалів, енерговитрат при роботі металорізальних верстатів та часу на проведення експериментів.

Поставлена задача зменшити вказані витрати та час проведення експериментів за рахунок організації комп'ютерного моделювання технологічних процесів обробки деталей. Це можна реалізувати за рахунок використання штучних нейронних мереж, які моделюють явища, що виникають в процесі різання матеріалу. При цьому реальні експериментальні дослідження не виключаються в повній мірі, але їх кількість значно зменшується. В результаті проведення невеликої кількості експериментів в визначеній області вхідних факторів та реєстрації необхідних вихідних показників можна далі перейти до виконання комп'ютерного експерименту. Для цього на основі отриманих експериментальних даних здійснюється налаштування штучної нейронної мережі на основі вибраної схеми, кількості шарів та методу її навчання. При цьому технологічний процес розглядається як „чорна скринька”. Після налаштування штучної нейронної мережі за її допомогою можна реалізувати комп'ютерний експеримент, подаючи на вхід мережі довільні вхідні дані в межах проведеного реального експерименту та визначаючи відповідні вихідні параметри. Тобто за допомогою налаштованої штучної нейронної мережі можна здійснювати прогнозування параметрів процесу різання. Отримані таким чином вихідні параметри досліджуваного процесу в подальшому можна використати для отримання аналітичних математичних моделей вихідних параметрів та розв'язання оптимізаційних задач.

Ключові слова: технологічний процес, математичне моделювання, штучні нейронні мережі, комп'ютерний експеримент.

УДК 621.034

П'ЄЗОЕЛЕМЕНТИ В ПРИЛАДОБУДУВАННІ

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

Темпи розвитку сучасного приладобудування завдяки новітнім розробкам змінюють якісні показники використання різноманітних датчиків. Все більше використовуються датчики з п'єзоелементами.

Датчики, чи первинні вимірювальні перетворювачі, є важливими елементами інформаційно вимірювальних систем. Вони перетворюють фізичні явища в електричні сигнали, знаходять значне застосування в напрямках життєдіяльності людства.

Аналіз задач вимірювання динамічних процесів в приладобудуванні, машинобудуванні і інших галузях техніки показали, що необхідність в апаратурі з п'єзоелектричними датчиками (датчики швидкозмінного і акустичного тиску), що застосовуються для цих цілей, постійно збільшується. Важливість контролю динамічного тиску зумовлена тим, що цей параметр є

джерелом збудження механічних коливань конструкції. Інерційні сили, що створюються при цьому, призводять до створення напружень, які можуть перевищувати межі міцності конструкції, а довготривалий вплив інерційних сил приводить к утомленісному руйнуванню матеріалів і конструкцій. Датчики також є ключовою ланкою у вирішенні проблем автоматизації систем управління складними промисловими, енергетичними і транспортними об'єктами.

Все більш жорсткі комплексні вимоги, що висувуються для датчиків, які встановлюються на об'єктах приладобудування, - точність вимірювання перемінного тиску на рівні 1...2% в експлуатаційних умовах, вібростійкість 600...1200g, термостійкість від -256 до +700 С, підвищення вимог по надійності ($P > 0,999$), ресурсу (до 100 тис. ч.), терміном придатності (до 25 років), можуть бути реалізовані за умови застосування датчиків високого рівня розвитку.

П'єзодатчики, які пропонуються для розробки з метою наступного застосування при вимірюванні вище перерахованих параметрів, прості за своєю конструкцією, надійні, не дорогі, мають винятково високі експлуатаційні характеристики, значний ресурс роботи, малі габарити, забезпечують багаторазове використання, діагностування цілісності електричних ланцюгів і не потребують джерел живлення.

Застосування даних датчиків робить можливим проводити моніторинг процесу виготовлення деталей приладобудування без прямого впливу на оброблювану деталь, при цьому не зупиняючи сам процес обробки. Принцип роботи п'єзоелектричних датчиків дозволяє використовувати їх на верстатах з числовим програмним керуванням різних модифікацій.

Ключові слова: п'єзодатчики, верстати з числовим програмним керуванням.

УДК 681.2:537.7

ВПЛИВ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ І ПОХИБОК СКЛАДАННЯ ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ НА РОЗРІЗНЮВАЛЬНУ ЗДАТНІСТЬ ЛАЗЕРНИХ ДИФРАКТОМЕТРІВ

*Тимчик Г.С., Заверуха Л.О., Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м.Київ, Україна*

Серед лазерних вимірювальних систем особливе місце займають лазерні дифракційні вимірники розмірів. Лазерне випромінювання дозволяє одержати висококонтрастну дифракційну картину з великим числом дифракційних порядків, позбутися від похибок, пов'язаних з немонохроматичністю випромінювання, і проводити виміри безпосередньо в промислових умовах.

Завдання, що виникають при вивченні дифракційних явищ, досить складні. Тому велике застосування знаходять наближені методи розв'язання, і зокрема теорія Гюйгенса - Френеля. На практиці широко використовують наближення, пов'язані з поширенням хвиль, - наближення Френеля й Фраунгофера.

Відповідно розрізняють дифракцію сферичних електромагнітних хвиль, названу дифракцією Френеля (ближня зона спостереження), і дифракцію плоских хвиль, названу дифракцією Фраунгофера (дальня зона спостереження).

У даній роботі розглядаються лазерні дифрактометри їх переваги і недоліки, вплив на них таких параметрів, як чутливість до зміни розміру, динамічність діапазону виміру, лінійність, ступінь впливу просторового переміщення, а також похибки, внесені елементами конкретного вимірювального пристрою, та діаметр і форма поперечного перерізу волокна, їх сталість по довжині волокна.

Для збільшення швидкодії, точності й зручності виміру розміру виробу доцільно перетворювати дифракційний розподіл в електричний сигнал, виділяти його екстремальні точки й вимірювати часовий інтервал між екстремальними точками електричного сигналу, що відповідає дифракційному розподілу. Вихідним параметром, що підлягає виміру, у цьому випадку є часовий інтервал $\tau_{m,n}$, що відповідає кутовій ($\varphi_{m,n}$) або лінійній ($l_{m,n}$) відстані між обраними екстремальними точками дифракційного розподілу.

При вимірі кутового розміру відповідний йому часовий інтервал визначається так: $\tau_{m,n} = \varphi_{m,n} / \omega$, де ω — кутова швидкість сканування дифракційної картини.

У випадку виміру лінійного розміру $\tau_{m,n} = l_{m,n} / v_c$, де v_c — лінійна швидкість сканування дифракційної картини в площині реєстрації.

Ключові слова: лазер, дифракція, дифракційна картина, волокно, дифракційні порядки, дифракційний розподіл.

УДК 621.923

ПРОЕКТУВАННЯ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА ДЛЯ НАДШВИДКІСНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ

Держук В.А., Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ, Україна

Надшвидкісні процеси обробки, які розпочинають впроваджуватись на заводах України мають основну перевагу над іншими як найбільш продуктивні, високоякісні і достатньо точні. В деяких умовах приладобудівного виробництва вони являються єдиними, тому мають актуальність і перспективність в подальшому розвитку.

Надшвидкісні процеси в основному реалізуються лінійним переміщенням, а саме процесами протягування або прошивання.

Стримується впровадження надшвидкісних процесів обробки відсутністю верстатів надшвидкісної обробки, також незабезпеченістю спеціальними різальним інструментом, деякі від завершення дослідження фізичних особливостей вказаних процесів. Дана робота є актуальною як для виробництва, так і в науковому значенні.

В роботі проведено аналіз особливостей умов, в яких використовується різальний інструмент. Особливими є швидкоплинність процесу обробки; змінюється форма стружки, вона становиться елементна, або порошкоподібна; змінюється характер тертя на контактних поверхнях; зменшується сила різання; зменшується температура різання; має місце не пластична, а крихка руйнація; температура перерозподіляється так, що локалізується в стружці і видаляється разом з нею; відсутній наріст, має місце підвищене зношення контактних площадок.

Автором роботи обґрунтовано вибрану прошивку для виготовлення круглого отвору, де розраховано інструмент для даного випадку. Послідовно розраховані конструктивні елементи прошивки, технічні умови на виготовлення, число ріжучих зубців, крок зубців, кути зубців. Для спрощення вибору елементів прошивки проведено дослідне різання обробляючого матеріалу різцем виготовленим по формі майбутньої протяжки, під кутами аналогічними протяжці. Встановлено характер стружкоутворення, її форму.

Шляхом дослідного різання підтверджені особливості процесу прошивки в умовах надшвидкісного різання.

Розраховані міцнісні, точнісні, якісні і стійкісні характеристики інструмента.

Розрахунки проведені в ручному і автоматизованому вигляді.

Зроблені рекомендації по проектуванню верстатів для надшвидкісної обробки отворів прошиванням.

Ключові слова: швидкісна обробка; прошивання; протягування.

УДК 621.793.7

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ТА ІНСТРУМЕНТА

Антонюк В.С., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

Широкий діапазон властивостей зносостійких покриттів дозволяє використовувати їх в промисловості, і особливо в машино - та приладобудуванні. Найбільшого поширення одержали зносостійкі покриття, які використовуються для збільшення терміну працездатності інструмента і деталей.

Різальні інструменти працюють в дуже жорстких умовах. Високі контактні навантаження і температури в зоні різання інтенсифікують процеси всіх видів зношування, в тому числі абразивний, адгезійний, дифузійний і окислювальний. При цьому інструменти піддаються інтенсивним вібраціям, ударам і знакоперемінним навантаженням. Тому робочі поверхні інструментів повинні мати високу твердість, хімічну пасивність до оброблюваного матеріалу, теплостійкістю, втомною міцністю, корозійною стійкістю, а також

стійкістю до окислення при високих температурах. Різноманітність інструментальних матеріалів визвано тим, що кожен з них має властивості, оптимальні для конкретного кола задач, причому відносно обмеженого. Деякі деталі машин та механізмів знаходяться в не менш складних умовах.

Забезпечити потрібний рівень цих характеристик і їх комбінації можна методами інженерії поверхні, які можна об'єднати в наступні групи: нанесення покриттів, модифікування поверхневого шару матеріалу основи, технологічні методи формування топографії поверхні, комбінованими методами.

Використання зносостійких покриттів на основі нітридів карбідів тугоплавких металів, нанесених на робочі поверхні інструментів або деталей, можуть задовільними більшості цих вимог. Це дає можливість зробити основу інструментів або деталей більш універсальною, оптимізувати їх геометрію, суттєво підвищення працездатності.

Одними з найбільш перспективних зносостійких покриттів є вакуум-плазмові, які поряд з широковідомими одно- і багат шаровими покриттями на основі титану (TiN, TiCN, TiAlN, TiCrN) набувають поширення градієнтні покриття, структура яких плавно змінюється від основи до зовнішньої поверхні, самозмащуванні, з верхнім м'яким шаром на основі дисульфиду молібдену MoS₂ та нанокompозитні покриття. Нанокompозитні покриття мають високу нанотвердість, при цьому зі збільшенням твердості одночасно збільшується пластичність покриття, хоча ці два параметри є взаємно виключеними. Такі покриття однаково добре працюють як в умовах високопродуктивної обробки, так і в звичайних.

Ключові слова: інструмент, покриття, вакуум-плазма, нанокompозити.

УДК 621.839

ДИСКРЕТНО-ОРІЄНТОВАНА ТОПОГРАФІЯ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ ЯК ЗАСІБ ПОЛІПШЕННЯ ЇХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Кондратенко Р.В., Національний транспортний університет, м.Київ, Україна

Важливою проблемою сучасного транспортного машинобудування є підвищення якості продукції, що випускається, її надійність і довговічність. Рішення цих проблем забезпечується шляхом керування технологічними процесами виготовлення деталей машин.

Експлуатаційні властивості деталей залежать не тільки від фізико-механічних характеристик матеріалу, з якого вони виготовлені, але і від стану поверхневого шару. Від фізико-механічних і топографічних властивостей поверхонь деталей рухомих вузлів механізмів залежать мастилоємність і товщина плівки мастила, зносостійкість робочих поверхонь і, як наслідок, несуча здатність, гідравлічний опір в зазорі пари тертя тощо.

Традиційні методи підвищення зносостійкості цих поверхонь шляхом

збільшення твердості матеріалу є малоефективними, в той же час обробка деталей методами поверхнево-пластичного деформування (ППД) дає можливість не тільки зміцнити поверхні деталей але й сформувати мікрорельєфи необхідної мастилоємності.

Для формування топографічних властивостей поверхонь тертя деталей запропоновано в прецизійних вузлах з малим зазором на робочих поверхнях методом поверхнево-пластичного деформування наносити відповідний дискретно-орієнтований профіль. При цьому поверхня з дискретно-орієнтованою топографією набуває вигляду еліпсоїдних лунок, форма та орієнтація яких відіграє роль міні-клинів при рідинному терті, що інтегрально забезпечать підвищення несучої здатності мастила.

Для визначення раціональних геометричних параметрів поверхні з дискретно-орієнтованою топографією за умов підвищення мастилоємності, несучої здатності, зносостійкості і антифрикційної властивості пар тертя в режимах від граничного до рідинного тертя, а також режимів та способу формування поверхні отримана математична модель залежності глибини лунок h від частоти обертання n деталі при формуванні поверхні, твердості поверхневого шару деталі H , і шорсткості Ra :

$$h = 0.446 + 0.414n + 3.591H - 5.447Ra - 0.141nH + 2.063RaH$$

Як показали експериментальні дослідження пари шатун-палець формування на поверхнях тертя дискретно-орієнтованої топографії забезпечує збільшення мастилоємності до 6 разів, зниження коефіцієнту тертя у рухомому вузлі майже 3 рази, що сприяє зростанню зносостійкості поверхонь у 1,5...3 рази.

Ключові слова: тертя, деталь, топографія поверхні, зносостійкість

УДК 681.2:621.7

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ РОБОТИ ВЕРСТАТІВ З ЧПК ТА ЇХ НАСТРОЙКА В ПРИЛАДОБУДУВАННІ

Ткачук В.О., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Для роботи на верстатах з ЧПК необхідні робочі-наладчики з умінням програмування даної апаратури, а також для оцінки результатів контролю, що проводиться самим верстатом після ТП.

Тільки завдяки широкому впровадженню у виробництво металообробних верстатів з ЧПК, гнучких виробничих модулів і гнучких багатофункціональних виробничих систем можна досягти високих об'ємів виробництва приладів в сучасних умовах. При цьому не зменшиться якість виробництва приладів, а ще й можна підвищити їх точність і надійність, а також максимально прискорити процес діагностики і вимірювання виробу ще на етапі його виготовлення без постійної присутності наладчиків.

Для вимірювання розмірів та інших параметрів поверхні оброблюваних приладів на верстатах з ЧПК можна використовувати чутливий щуп. За наявності системи вимірювання і чутливого щупа можна одержати вимірювальний комплекс, за допомогою якого проводять вимірювання якості обробки.

Така контрольна система проводить вимірювання після кожної технологічної операції і заносить дані в пам'ять СЧПК. Інформація, що надійшла від цієї системи у вигляді електричного імпульсу певної частоти і напруги, обробляється за допомогою процесора комплексу керування. Обробивши інформацію, процесор видає результат про величину відхилення і автоматично корегує розміри, занесені в пам'ять верстата з ЧПК для усунення відхилення від заданих розмірів.

Система, що розробляється нами, в основі роботи якої покладений принцип оберненого п'єзоелектричного ефекту, працює на устаткуванні як із статичними деталями, так і в процесі обробки деталей. При цьому точність процесу не змінюється, а робота наладчиків верстатів з ЧПК істотно спрощується, оскільки за допомогою щупа можна не просто корегувати роботу верстата, але і автоматично (програмно) виставляти виліт інструмента на розмір. Це у свою чергу знижує час і витрати на виготовлення деталей, особливо з важко оброблюваних матеріалів, коли відбувається швидкий знос оброблювального інструмента і виникає потреба в частій його заміні.

Ключові слова: настройка верстата, контрольно-вимірювальна система, верстата з ЧПК, чутливий щуп.

УДК 620.179.14 (088.8)

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ НАДТОЧНИХ ПРИЛАДІВ У ПРОЦЕСІ МЕХАНООБРОБКИ НА CNC-ВЕРСТАТАХ

*Скицюк В.І., Ключко М.М., Ключко Т.Р., Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м.Київ, Україна*

Для визначення реального стану технологічного процесу механічної обробки, який здійснюється при виготовленні деталей у надточному приладобудуванні, необхідно створити методику визначення точності виготовлення цих деталей на CNC-верстатах. Ця методика повинна відповідати вимогам достовірності визначення стану різального інструмента безпосередньо під час різання, оскільки здійснюються автоматизовані процеси багатосерійного виробництва. Тому вирішення точносних питань обробки підвищують енерго- та ресурсозбереження при виробництві.

Наразі існує три основних фізико-технічних засоби щодо контролю якості процесу металообробки: контроль механічних (силових навантажень, тобто квазістаціонарних процесів, тісно пов'язаних з потенціальним типом енергії,

притаманним процесам металообробки; контроль вібраційних коливань, які супроводжують процес металообробки, і є тісно пов'язаними з кінетичною енергією механічних коливань у системі ТОС; контроль електромагнетного випромінювання (ЕМВ), яке супроводжує процес обробки, і є тісно пов'язаним з енергією ЕМВ. Для кожного з цих засобів є можливість відокремлювати параметри, які зв'язані з тим чи іншим видом енергії посереднім шляхом, але це є вкрай непродуктивним, оскільки викликає додаткові апаратурні втрати і, як наслідок, ускладнення системи, зниження швидкості та подорожчання. Тому запропоновані методика контролю та апаратурні рішення мають максимально спрощений характер, високу надійність та низьку собівартість.

Наведені траєкторія руху інструмента під час обробки та контрольних вимірювань та узагальнена схема комплекту для проведення контрольних вимірювань. До комплекту повинні входити наступні створені прилади: двопараметричний електромагнетний відчутник; прилад контролю торкання за електромагнетного принципу роботи (СКТ); прилад контролю амплітуди вібрацій за електромагнетного принципу роботи; активна нульова база (АНБ М14/1).

На відміну від існуючих методик контролю, за якими реєструють сам факт руйнації у зоні обробки, запропонована методика дозволяє вирішити проблему передбачення аварійних ситуацій у зоні обробки.

Наведені результати проведених експериментальних перевірок, що підтверджують вірність пропонуємої методики для токарної та фрезерної обробки металів на автоматизованому обладнанні.

Ключові слова: методика, передбачення аварійних ситуацій, точність виготовлення, CNC-верстат.

УДК 621.735.018

ЗНОСОСТІЙКІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ КІНЕМАТИЧНИХ СПОЛУЧЕНЬ ТРАНСПОРТНОЇ ТЕХНІКИ

Шкільняк Ю.В., Національний транспортний університет, м. Київ, Україна

Надійність і довговічність машин сучасної техніки в основному характеризується зносостійкістю їхніх деталей. Підвищення зносостійкості цих деталей вирішується шляхом застосування різних конструктивних, технологічних і експлуатаційних заходів. Широко поширені численні технологічні методи поверхневого зміцнення деталей, що є одним з ефективних засобів підвищення їхньої зносостійкості особливо коли деталі працюють в умовах сухого тертя, високих температур питомих навантажень.

Перспективним і універсальним технологічним методом, призначеним для зміцнення нових і відновлення зношених деталей за рахунок формування високоякісних покриттів є електроіскрове легування. Зміцнення поверхневого шару відбувається не тільки за рахунок осадження матеріалу аноду, але і в

результаті взаємодії цього матеріалу з основою та утворення твердих розчинів, хімічних з'єднань та механічних сполук.

Метод електроіскрове легування в поєднанні з поверхнево-пластичним деформуванням застосовували для відновлення зношених деталей (вісь і розжимний кулак гальмівних колодок) гальмівної системи тролейбусів Тр-14, Тр-15, знос контактних поверхонь яких становив 0,2-0,5 мм. Перевагами методу є те що формування покриття відбувається без термічного впливу на деталь і відпадає необхідність в термічній обробці деталі.

Використання установки нанесення покриття ES-4М дає можливість використання електроіскрового легування та поверхневого-пластичного деформування в одному технологічному циклі, що дозволяє формувати покриття заданого розміру та чистоти поверхні. Крім того, можна проводити зміцнення окремих ділянок деталі по місцю без розбирання всього агрегату.

Як електроди при електроіскровому легуванні застосовували стандартні тверді сплави групи ВК. Глибина і твердість зміцненого шару залежить від потужності режиму зміцнення. Так, при потужності 1 кВт товщина зміцненого шару досягала 0,12 мм, а при 3,5 кВт – 1 мм.

Як показали дослідження зносостійкість деталей гальмівної системи тролейбусів з електроіскровим покриттям електродом з матеріалу ВК3 в 2,3 рази більша ніж деталей без покриття.

Висновки: Використання технологічного процесу електроіскрового легування можна розглядати як сучасний і ефективний метод для поверхневого зміцнення та відновлення деталей механізмів транспортної техніки.

Ключові слова: транспортна техніка, зносостійкість, електроіскрове легування, покриття

УДК 681.2.002

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗНАНИЙ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ГИБКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

*Лана М.В., Севастопольский национальный университет ядерной
энергии и промышленности, г. Севастополь, Украина.*

Создание и использование систем гибкого автоматизированного проектирования технологических процессов (ТП) с элементами искусственного интеллекта предполагает создание конструкторско-технологической базы знаний приборостроительного предприятия с использованием нечетких экспертных правил. Как правило, на предприятиях имеются справочные базы данных, используемые технологами при диалоговом проектировании технологических процессов, однако имеющиеся формализованные материалы недостаточны для решения всего многообразия задач автоматизированного технологического проектирования. В связи с отсутствием специалистов по

знаниям создание базы знаний и ее заполнение представляет трудности для приборостроительного предприятия.

Одной из проблем является сложность использования баз конструкторско-технологических данных, хранилищ данных, накопленных на предприятии в результате использования различных диалоговых подсистем проектирования ТП при создании базы знаний. Решение этой проблемы возможно следующим образом: 1- использование различных справочников, хранящихся в базах данных предприятия, 2- использование архива техпроцессов для извлечения знаний.

Ускорить процесс создания базы знаний приборостроительного предприятия, использовать статистическую информацию, имеющуюся на предприятии для вычисления значений функций принадлежности μ_i без проведения дорогостоящей процедуры экспертного оценивания альтернатив возможно путем использования специальных алгоритмов и созданных на их основе программных модулей. Такой подход позволяет автоматизировать процесс заполнения базы конструкторско-технологических знаний, использовать справочные базы данных предприятия для формирования нечетких экспертных правил, наращивать базу знаний в процессе ее эксплуатации.

Преимущества разработанных алгоритмов является: 1) возможность автоматизации процесса генерации предпосылок нечетких экспертных правил благодаря использованию классификаторов, справочной информации, баз конструкторско-технологических данных; 2) формирование множества альтернативных методов обработки поверхностей из уже известных и применявшихся на данном предприятии, а не используя знания предметной области вообще. Это позволяет сократить сроки создания базы знаний приборостроительного предприятия, затраты на ее заполнение и доведение до коммерческого использования.

Ключевые слова: гибкое проектирование, технологический процесс, метод обработки, база конструкторско-технологических знаний, нечеткие экспертные правила.

УДК 621

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ

Демьяненко А.А., Соболев А.В., Казённое предприятие «Центральное конструкторское бюро «Арсенал», г. Киев, Украина

Бесконтактные измерительные системы контроля размеров деталей, используемые на автоматических производственных линиях, требуют наличия

в своем составе высокоточных быстродействующих вычислительных устройств.

Нами было создано универсальное вычислительное устройство для оптической системы измерения геометрических параметров деталей.

В основе используемых оптических измерительных методов лежит преобразование оптического сигнала, соответствующего измеряемому геометрическому параметру в измерительную информацию. Оптический сигнал преобразуется в электрический с помощью ПЗС (до двух каналов) или КМОП (один канал) линеек, оцифровывается и затем обрабатывается для получения значения измеряемого геометрического параметра.

Устройство позволяет проводить измерения объектов с высокой точностью и обработкой результатов в режиме реального времени с передачей данных на ПК по интерфейсу USB 2.0 (максимальная скорость передачи – 50 Мбайт/с).

Устройство содержит программируемое потоковое АЦП разрядностью 16 бит с частотой выборки до 40 МГц на 1 канал или до 20 МГц на каждый из 2-х каналов. Для хранения временных данных используется встроенное ОЗУ емкостью 128 Мбайт. Процессор устройства позволяет выполнять 3840 миллионов операций в секунду.

Создан образец устройства, на котором были отлажены программы и подтверждена работоспособность прибора с заявленными параметрами.

Ключевые слова: быстродействующее вычислительное устройство, бесконтактные измерительные системы.

УДК 681.518

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПОБУДОВИ НІЛ– ЄМУЛЯТОРА

Котенко Ю.В., ЗАТ “Украналіт”, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м.Київ, Україна

На сьогодні вбудовані системи використовуються для управління різного роду об'єктами, наприклад, літальні апарати, супутники, космічні кораблі, автомобілі, двигуни, побутова техніка і т.д. Однієї з проблем, з якими стикаються розробники систем, є тестування програмного забезпечення.

Можливо, для тестування простих систем, в деяких випадках, можна обійтися наявністю контрольних точок в програмному забезпеченні, імітаторами сигналів зворотного зв'язку у вигляді потенціометрів і перемикачів і вольтметром або світлосигналізації для контролю управляючих дій, сформованих ПО. Проте такий підхід наврядчи дасть очікуваний результат при тестуванні складних систем з великим числом входів/виходів, в яких залежність вихід–вхід є нелінійними функціями, залежна від попередніх значень сигналів зворотного зв'язку.

Для тестування таких систем застосовується технологія HIL–емуляції (Hardware-in-the-Loop simulation) – програмно-апаратна платформа, що реалізовує модель об'єкту, призначена для розробки і тестування складних вбудованих систем реального часу.

Найбільш поширеним підходом в реалізації моделей об'єктів, є програмна реалізація лінійної моделі. Використовування лінійних моделей для складних багатовимірних динамічних об'єктів, майже завжди є не коректним, оскільки такі об'єкти містять істотні нелінійності. Тому, для таких об'єктів, враховуючи апроксимуючі здібності штучних нейронних мереж, пропонується використовувати багатопарові нейронні мережі прямого розповсюдження.

При апаратній реалізації нейронної мережі, найбільш доцільно використовувати програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС). Структура ПЛІС дозволяє на апаратному рівні будувати структури для вирішення задач, яким властивий природний паралелізм. До таких задач відносяться і задачі з використанням нейронних мереж.

Отже поєднання апроксимуючих можливостей нейронних мереж з високою швидкістю ПЛІС, дає розробника вбудованих систем універсальну платформу для тестування систем управління складними об'єктами.

Ключові слова: штучні нейронні мережі, тестування програмного забезпечення вбудованих систем.

УДК 535.512

ПОРТАТИВНИЙ ПРИЛАД ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НЕРУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ

Глуценко О.М., Ковтун В.С., Тараборкін Л.А., Трасковський В.В. Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

Сучасне автоматизоване виробництво неможливе без надійного технологічного контролю геометричних характеристик виготовлюваних виробів у цілому та їх складових зокрема. Задача організації такого контролю значно ускладнюється, коли йдеться про об'єкти нетривіальної просторової структури. У цьому випадку доцільним шляхом розв'язання поставленої задачі є створення віртуального об'ємного зображення контрольованих об'єктів з наступним його комп'ютерним аналізом.

Описаний підхід можна реалізувати в рамках запропонованої конструкції портативного приладу для технологічного контролю геометричних параметрів нерухомих об'єктів.

Принцип роботи приладу оснований на комп'ютерній обробці двох рознесених між собою відеозображень, отриманих за допомогою світлочутливих елементів, що побудовані на базі пристроїв з зарядовим зв'язком (ПЗЗ; інша назва – пристрої з перенесенням заряду, ППЗ; англomовний термін – Charge Coupled Device, CCD). Зазначені світлочутливі елементи

фактично являють собою датчики зображення на ПЗЗ, причому комірки ПЗЗ згруповано в дві матриці, кожна з яких дозволяє одержати окреме двовимірне зображення об'єкта.

Відеодані з масиву комірок світлочутливої матриці кожного із сенсорів зчитують методом рядкової розгортки, що дозволяє мінімізувати вартість приладу порівняно, наприклад, з методом кадрового переносу, застосування якого необхідне у випадку особливих вимог до чутливості приладу.

Електричний аналоговий сигнал, отриманий з кожного елемента світлочутливої матриці, перетворюється за допомогою вбудованого аналого-цифрового перетворювача (АЦП) у паралельний код. Цифрові коди від кожного з сенсорів зображення через 10-розрядний паралельний порт і шину даних потрапляють на вхід мультиплексора. З виходів останнього у задані інтервали часу дані, одержані від кожного з сенсорів зображення, надходять до паралельного порту мікропроцесора ADSP-BF561 (розробка фірм Analog Devices та Intel, США).

Мікропроцесор виконує обробку відеоданих за двовимірним алгоритмом відновлення, що підвищує точність вимірювань геометричних розмірів при прийнятному часі для отримання результатів.

Завдяки мінімізації паразитних сигналів спроектований прилад дозволяє виконувати у виробничих умовах дистанційні (з відстані від 3 м до 5 м) вимірювання геометричних параметрів об'єктів з лінійними розмірами від 0,5 м до 1 м з точністю до 0,1%, а також контролювати рівень площинності поверхонь виробів.

Ключові слова: технологічний контроль, геометричні параметри, мікропроцесор.

УДК. 621.773.9

ПРОГРАМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕДУР РОЗМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ І АНАЛІЗУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ

Приходько В.П., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

У зв'язку з необхідністю скорочення термінів технологічної підготовки виробництва задача розробки і швидкого впровадження надійних, з точки зору забезпечення точності, технологічних процесів (ТП) є актуальною для машино-і приладобудування. Одним із шляхів її вирішення є використання розмірного моделювання і аналізу технологічних процесів (РМА ТП) для оцінки ТП щодо їх можливості забезпечити точність розмірних параметрів деталі, задану конструктором.

За допомогою РМА моделюється ТП обробки деталі, на основі заміни реальної обробки поверхонь та забезпечення точності розмірів, на їх прогнозі величини, з урахуванням структури розмірних зв'язків при реалізації ТП.

Розмірне моделювання і аналіз технологічних процесів передбачає виконання комплексу розрахунково-аналітичних процедур.

Використання “ручних методів” розрахунків при виконанні РМА потребує високої кваліфікації технологів і значних витрат часу, що стримує їх використання у виробництві. Розвиток і широке застосування ПЕОМ дозволяє зняти це обмеження та забезпечити ефективне використання РМА, і як наслідок, прискорене впровадження ТП. З іншого боку використання ПЕОМ вимагає подальшої формалізації та алгоритмізації процедур РМА ТП.

Відомі роботи, в яких вирішена проблема розрахунку ОРЛ, в той же час необхідна значна підготовча робота для забезпечення формування ОРЛ.

Нами виконано комплекс досліджень спрямованих на подальшу формалізацію процедур, з використанням одержаних результатів були розроблені алгоритми і комплекс програм “РМА ТП”, який забезпечує, на основі введення вихідних даних, виконання процедур розмірного моделювання технологічного процесу обробки деталі.

Програма “РМА ТП” дозволяє організовувати введення вихідних даних, формування операційних розмірних ланцюгів, їх розрахунок та виведення результатів на екран у вигляді таблиці та у зовнішній файл, а також контролювати правильність введення даних. Вона працює в середовищі Windows 95/98/ME і розрахована на використання в заводських технологічних бюро. Програма має головне вікно та вторинні вікна, які створюються в процесі роботи і використовуються для введення даних, призначення параметрів розрахунку та виводу результатів. Від користувача вимагає знань роботи з операційною системою Windows та базових знань з розмірного моделювання.

Ключові слова: моделювання, розмір, точність, технологічний процес.

УДК 571.2

ПРИБОР КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДЕТАЛЕЙ ТОЧНОГО ЛИТЬЯ

*Чичикало Н. И., Томилин Е. М., Донецкий национальный технический университет,
кафедра электронной техники, г. Донецк, Украина*

В настоящее время, для производства деталей сложных форм, наиболее целесообразным является метод литья, без или с минимальной последующей механической обработкой. Известны различные виды данного типа производства: литьё в песчано-глинистые формы, литьё в кокиль, литьё под давлением.

Наиболее эффективное производство деталей на участках точного литья достигается с помощью агрегатов заливки, отжига и охлаждения в так называемые «ёлки» в виде набора песчано-глинистых, заливаемых, форм деталей, соединённых с общим литником. «Ёлки» перед заливом расплавом подвергают предварительному спеканию в печах для повышения их механической прочности и снижения шероховатости внутренней поверхности формы, качество которой непосредственно влияет на качество поверхности отливки.

Повышение качества отливок возможно при соблюдении строгого температурного режима спекания форм, учитывая теплопотери при кратковременном поднятии заслонок для загрузки или выгрузки «ёлки» или неравномерность загрузки форм по времени.

Укрупнено контроль температурного профиля методической печи будет описываться следующей математической моделью:

Температурное поле рассчитывается на основе теплового баланса печи:

$$B(Q_n^p + Q_{\phi}) + Q_c + Q_{\text{экз}} G_c = Q_{\text{пр}} + BQ_{\text{ух}} + Q_{\text{пот}} + Q_{\text{энд}} G_c + Q_{\text{т.г.}} + Q_{\text{ун}} \quad (1)$$

где B – расход топлива, Q_n^p – теплота сгорания топлива, BQ_{ϕ} – теплота подогрева компонентов горения, Q_c – физическая теплота формовочной смеси, $Q_{\text{экз}} G_c$ – теплота экзотермических реакций технологического процесса, $Q_{\text{пр}}$ – физическая теплота продукта, $BQ_{\text{ух}}$ – потери с уходящими продуктами горения, $Q_{\text{пот}}$ – потери через ограждения, $Q_{\text{энд}} G_c$ – затраты энергии на эндотермические реакции, $Q_{\text{т.г.}}$ – потери с теплотехническими газами, $Q_{\text{ун}}$ – потери теплоты с уносом.

Ключевые слова: температурное поле, песчано-глинистые формы, точное литье, тепловой баланс, елки.