

СЕКЦІЯ 3
ПРОЦЕСИ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРИЛАДІВ, МЕТОДИ І ЗАСОБИ ЇХ
КОНТРОЛЮ

УДК 621.355.1.035.32

ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ В СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫХ
АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЯХ РАДИОФИЗИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Лаврич Ю. Н., Погорелая Л. М., Соколовский И. И., Хачапуридзе Н. М.

Институт транспортных систем и технологий НАН Украины, г. Днепропетровск, Украина

Основными задачами в разработке новых и совершенствовании традиционных типов электрохимических аккумуляторов является улучшение их энергетических и эксплуатационных характеристик, что может быть достигнуто повышением скорости заряда, эффективности использования электрического тока при заряде, автоматизацией процедуры заряда и обеспечением безопасности. Проблема максимального ускорения заряда важна как в серийном производстве, при использовании аккумуляторов в структуре солнечных электростанций, так и при использовании их в автомобилях (или в автомобилях смешанного типа), где скорость заряда является определяющим критерием.

Однако быстрый неконтролируемый заряд приводит к порче электродов и снижению ресурсных характеристик, неконтролируемому газовыделению (водорода и кислорода) и к возможному взрыву аккумуляторной батареи.

В данной работе проблема контроля темпа газовыделения решается применением датчика, построенного на радиофизических принципах. Датчик реализован на СВЧ генераторной системе на основе МЭП-диода (диода Ганна) с использованием локализованного нормируемого объема импедансной среды. Суть работы датчика состоит в том, что газы, выводящиеся при газовыделении из аккумулятора по газоотводящей трубочке, направляются в емкость с импедансной средой и тем самым изменяют ее объем тем больше, чем выше скорость газовыделения. Вследствие изменения объема импедансной среды изменяется воздействие ее на индуктивную диафрагму в радиальном резонаторе, внутри которого размещена СВЧ-генераторная система. Поскольку индуктивная диафрагма является одновременно элементом связи СВЧ генератора с остальными элементами резонатора, изменяются параметры колебательной системы – происходит перераспределение СВЧ поля внутри резонатора. В качестве управляющего устройства использован контроллер, который реализует алгоритм заряда в соответствии с интенсивностью процесса газовыделения. На основании протектированного (информационного) сигнала колебательной системы контроллер определяет режим работы

зарядному устройству, обеспечивающий уменьшение и в конечном итоге устранение газовыделения.

Таким образом, возникающее в процессе заряда аккумулятора газовыделение, используется для получения информационного сигнала, позволяющего по цепи обратной связи оптимизировать процесс заряда, делать его более эффективным и экономичным.

Ключевые слова: свинцово-кислотный аккумулятор, ускоренный режим заряда, газовыделение, импедансная среда.

УДК 621.187.12: 628.16.08

СИНТЕЗ ИСТОЧНИКА МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ СЛОЖНОЙ ЭНЕРГОЧАСТОТНОЙ И ПОЛЯРИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ

¹⁾Лаврич Ю. Н., ¹⁾Плаксин С. В., ¹⁾Погорелая Л. М., ¹⁾Соколовский И. И., ²⁾Яшин А. А.

¹⁾Институт транспортных систем и технологий НАН Украины, г. Днепропетровск, Украина; ²⁾Тульский государственный университет, г. Тула, Россия

В современном производстве широкое применение получили магнитные поля как для более эффективной реализации, так и для ускорения различных технологических процессов. Использование переменных вращающихся магнитных полей сложной поляризационной структуры позволяет при обработке веществ учитывать пространственную и зарядовую асимметрию молекул и благодаря этому существенно изменять физические характеристики материала или влиять на ход технологических процессов. В предварительных исследованиях авторами показана возможность создания таких полей путем комбинации подвижных и неподвижных постоянных высококоэрцитивных магнитов (преимущественно систем самарий-кобальт и неодим-железо-бор).

Дальнейшим развитием таких исследований стало создание аппаратов, в которых модификация параметров вращающегося магнитного поля – амплитуды, частоты, направления вращения – осуществляется в динамическом режиме, в том числе и по заранее заданной программе. В основу такой разработки легло использование аппаратов с соленоидальной магнитоформирующей системой, в которой управление режимами работы реализуется вариацией параметров питающих токов.

В данной работе описывается метод синтеза источника вращающихся магнитных полей, создаваемых комбинацией трех взаимно ортогональных соленоидальных контуров, запитываемых переменным током.

На основе предварительно проведенного теоретического анализа магнитоформирующей системы была создана конструкторская разработка такого аппарата, представляющего собой каркас из алюминия – диамагнитного материала с хорошей теплопроводностью – в виде трех пересекающихся колец со щечками для укладки обмоток, концы которых выведены наружу, при этом

оси колець, так же як і плоскості обмоток, взаємно перпендикулярні. Обмотки укладаються виток к витку по слоям с чередованием намоток каждой из трех катушек и с равным количеством витков в слоях катушки и в целом во всех катушках – для обеспечения симметрии полей катушек. В центральной части катушек имеется полость в виде сферической камеры для размещения обрабатываемого материала, расположенная так, чтобы точка пересечения осей катушек находилась внутри объекта воздействия. Изменением величины питающих токов достигается создание магнитных полей в диапазоне от 0 до 100 мТл при частоте питающих токов 50 Гц, эффективных для целого ряда обрабатываемых сред.

Ключевые слова: магнитоформирующая система, поля сложной структуры.

УДК 621.317.7

АНАЛІЗ ЧИННИКІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ ВИМІРЮВАНЬ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ЛІЧИЛЬНИКАМИ НА МІСЦІ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Логвиненко Д. М., Шестаков А. Є.

Державне підприємство «Всеукраїнський науково-виробничий центр стандартизації, сертифікації метрології, та захисту прав споживачів», м. Київ, Україна

Метою роботи є визначення впливу характерних зовнішніх чинників на невизначеність вимірювань електричної енергії в умовах промислової експлуатації та аналіз нормування похибок вимірювань електричної енергії в національних стандартах.

Досліджено вплив електромагнітних завад, спотворення напруги та сили струму, зміни напруги, частоти, температури навколишнього середовища на облік електричної енергії.

Встановлено, що сучасні нормативні документи, як українські, так і європейські, не в повному обсязі висвітлюють вплив зовнішніх чинників, а додаткові похибки нормуються стандартами за певних умов роботи, що не враховують комбіновані форми впливу, наприклад, сумісно – температура та напруга та/чи електромагнітні завади. Нормування додаткових похибок лічильника не достатньо повно висвітлено в діючих стандартах для можливості обліку електричної енергії в умовах реальної експлуатації.

Запропоновано при встановленні дійсних похибок вимірювальних каналів в АСКОЕ, до яких входять лічильники електричної енергії, не враховувати вплив деяких зовнішніх чинників.

Для коректного використання лічильників при обліку електричної енергії необхідно внести зміни до нормування похибок вимірювання.

Доведено, що необхідно удосконалювати такі нормативні документи як, наприклад, СОУ-Н МПЕ 40.1.35.110:2005 для підвищення вимог до лічильників

електричної енергії вітчизняного виробництва щодо захищеності від додаткових природних та штучних впливів в їх роботу і підвищення достовірності обліку електричної енергії.

Ключові слова: лічильник електричної енергії, нормування похибок, облік електричної енергії.

УДК 621.039.58:349.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ОХРАННЫХ ПРИБОРОВ И УСТРОЙСТВ

^{1,2)}Лапа М. В., ¹⁾Маловик К. Н., ^{1,3)}Терещенко И. А.

¹⁾Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности, г. Севастополь, Украина; ²⁾Черниговский национальный технологический университет, г. Чернигов, Украина; ³⁾в/ч 3042А, г. Севастополь, Украина

При проведении реконструкции системы физической защиты (СФЗ) АЭС необходимо обосновать замену или продление ресурса имеющихся технических средств охраны (ТСО). В результате анализа нормативной документации в/ч по охране АЭС, МВД Украины, изучения формуляров (паспортов и др. документов ТСО) выявлено, что среди технико-эксплуатационных показателей отсутствуют данные по T_γ - γ -процентному ресурсу, T_r - техническому ресурсу, остаточному ресурсу (ОР). В результате исследования структуры и порядка заполнения Украинской базы данных надежности (УБДН) выявлено, что в ней имеются данные о надежности оборудования подразделений АЭС, но отсутствует информация о дефектах и отказах, оценке показателей надежности ТСО СФЗ АЭС. Поэтому необходима апробация и усовершенствование существующих методов оценки (ОР), разработка методик оценивания ОР для ТСО СФЗ.

Рассмотрено применение корреляционно-регрессионного анализа для выбора значимых ресурсных характеристик (РХ) охранных приборов и оценки их ОР, при этом применяется совокупность специализированных числовых матриц, столбцы и строки которых соответствуют оценкам определяющих РХ T_n , T_γ , T_r . Определяются частные коэффициенты корреляции первого и второго порядков с целью выбора из множества $\{T_n, T_\gamma, T_r\}$ ресурсной характеристики, имеющей наибольшую взаимосвязь с предварительно заданным временем предельного состояния T_ℓ , строится линейное регрессионное уравнение для оценки ОР охранных приборов в контрольных точках.

Данный метод может использоваться для ТСО СФЗ АЭС. Обоснованное продление ресурса ТСО АЭС на основе прогнозных оценок с использованием корреляционно-регрессионного анализа позволит получить значительный экономический эффект. На основе апробации метода для ТСО в/ч 3044

предложені рекомендації по його удосконавленню. Результати досліджень впроваджені в службово-бойову діяльність військової частини 3044 по охороні Южно-Української АЕС, що підтверджено актом впровадження результатів досліджень від 14.01.2014.

Ключеві слова: охоронні прилади, залишкові ресурси, надійність, довговічність, кореляційно-регресійний аналіз.

УДК 539.2

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНУ НАДІЙНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗОНДІВ АТОМНО-СИЛОВОГО МІКРОСКОПУ МОДИФІКОВАНИХ ВУГЛЕЦЕВИМ ПОКРИТТЯМ

Білокінь С. О.

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

Серед існуючих методів нанометричних досліджень, метод атомно-силової мікроскопії (АСМ) є найбільш універсальним, точним і чутливим методом. Проте серед недоліків методу слід зазначити руйнування вимірювального зонду АСМ в процесі його експлуатації. Для вирішення цієї задачі автором була запропонована методика модифікації зондів тонким вуглецевим покриттям. Оцінка терміну надійної експлуатації модифікованих та не модифікованих зондів, які експлуатувались в контактному режимі проводилась при дослідженні калібрувальної решітки TGZ1. В результаті проведених досліджень, при яких сканувався рельєф калібрувальної решітки TGZ1 визначався час надійної експлуатації зонду (тобто максимальний час за який вимірювання висоти рельєфу досліджуваного зразка, відхиляється від реального більше ніж на 5%). Результати таких досліджень наведені на рис. 1.

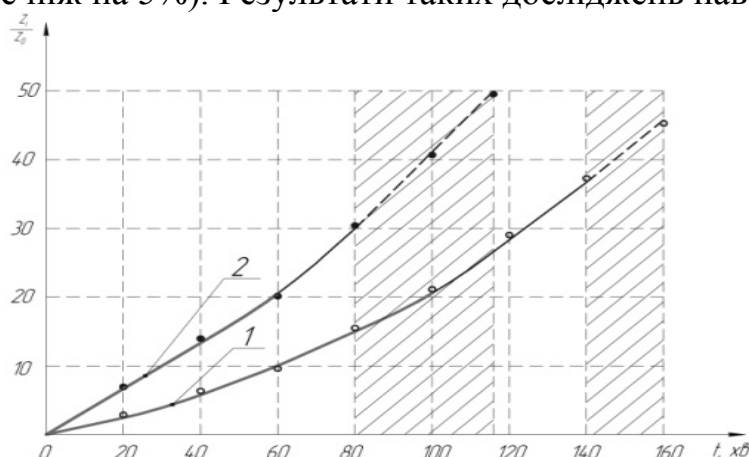


Рис. 1. Залежність визначення висоти рельєфу калібрувальної решітки TGZ1 від часу експлуатації зонда модифікованого вуглецевим покриттям (○, 1) та не модифікованого кремнієвого зонда (●, 2). Заштрихована область – період часу в який відбувається руйнування зонду

Таким чином, в результаті проведених досліджень встановлений термін надійної експлуатації кремнієвих зондів для АСМ та граничний термін їх експлуатації:

- термін надійної експлуатації стандартних зондів CSC38 складає 55-60 хв., зондів модифікованих вуглецевим покриттям – 100-110 хв.;
- граничний термін експлуатації стандартних зондів CSC38 складає 80-115 хв., зондів модифікованих вуглецевим покриттям – 140-160 хв.

Ключові слова: атомно-силова мікроскопія, модифікований зонд, термін надійної експлуатації.

УДК 621.787.4

ЕКСПРЕС-ОЦІНКА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ РОЛИКОПІДШИПНИКІВ

Ткачук А. А., Приступа С. О.

Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна

Експлуатаційні властивості деталей підшипників в значній мірі залежать від якості параметрів опорної поверхні. Одним з параметрів, що впливає на довговічність роботи фрикційних пар є несуча здатність поверхневого шару. Тому прискорення процесу отримання даних про несучу здатність поверхневого шару є актуальною науково-технічною проблемою.

Вирішення цієї проблеми можливе шляхом застосування експрес-випробувань. Інформація, що отримується в ході експрес-випробувань, носить порівняльний характер, однак, спираючись на неї, на основі практичного досвіду, аналізу конструктивних параметрів вузлів, розроблених математичних моделей і використання залежностей, можна з певною достовірністю прогнозувати працездатність і ресурс роботи роликотпідшипників. Експрес-методи володіють високою оперативністю, простотою і малою трудомісткістю отримання кількісних оцінок.

Несуча здатність поверхневого шару – це комплексне поняття, що характеризує опір поверхні і підповерхневих об'ємів матеріалу зовнішнім факторам. Наприклад, для оцінки несучої здатності під час контактного навантаження потрібно визначити опір поверхневого шару статичним і динамічним впливам, втомним процесам, абразивному руйнуванню й захопленню. Вихідними параметрами служать дані про твердість, мікротвердість, шорсткість, товщину зміцненого шару, рівень і знак залишкових напружень, властивості дотичних деталей. Отримання таких даних трудомістке й обґрунтоване лише у випадках, коли потрібно встановити фізичні величини досягнення того чи іншого ефекту, зв'язок з властивостями і закономірностями формування зміцненого шару, розробити методику контролю стану, остаточно перекопатися в ефективності оброблення. В інших

випадках доцільне використання методів експрес-оцінки, що базуються на будь-яких інтегральних характеристиках несучої здатності поверхневого шару.

В ході експрес-випробувань в якості критерію оцінки несучої здатності поверхневого шару використовується питома характеристика:

$$\varpi = V_3 / (p_H L),$$

де V_3 – об’єм зношеного матеріалу; p_H – розподілене навантаження; L – шлях тертя.

Похибка визначення ϖ безпосередньо пов’язана з точністю вимірювання b_k та b_n , які вимірюються за допомогою інструментального мікроскопа з точністю до 0,01 мм.

Отже, використання методів експрес-оцінки дозволяє з низькою трудомісткістю отримати кількісні дані про ресурс роботи роликотідшипника.

Ключові слова: підшипник, роликотідшипник.

УДК 621.757

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ИНТЕРФЕРОМЕТРЕ БЕЛОГО СВЕТА

Генцицкая Т. Н., Гураль Т. И., Кирилюк Н. Е., Рысов Р. Б.

Казенное предприятие специального приборостроения «Арсенал», г. Київ, Україна

Шероховатость обработанных поверхностей является одной из основных характеристик детали, задаваемых в требованиях чертежа на ее изготовление. В качестве средств измерения данного параметра наиболее распространены тактильные профилометры, предусматривающие механический контакт наконечника и контролируемой поверхности. Однако в ряде случаев, например, при измерении оптических деталей или кремниевых подложек необходимо использовать бесконтактные средства измерений. В последнее время в производственной практике для контроля состояния поверхности достаточно широко применяются интерферометры белого света (ИБС). Они позволяют получить трехмерный профиль поверхности с требуемым пространственным разрешением, как по высоте, так и в плоскости измерения. На данном классе приборов можно контролировать детали, изготовленные из материалов с различными физико-химическими свойствами, и с различным состоянием поверхности. Измерение шероховатости поверхности производится достаточно оперативно – продолжительность одного измерения не превышает 10 секунд. При этом может быть обеспечено измерение параметров шероховатости, как по линии, так и по площади.

Нами был разработан и изготовлен интерферометр белого света для измерения микротопологии поверхности, выполненный на основе схемы Мирро с интерференционным объективом Никон 50^X и оптическим разрешением в плоскости предмета лучше 0,5 мкм, при этом размер поля зрения равен

0,094x0,071 мм. Разрешение по высоте профиля в зависимости от выбранных алгоритмов получения и обработки интерферограмм находится в пределах от 1 до 0,1 нм.

Для расчета шероховатости поверхности было разработано специальное программное обеспечение. Оно позволяет определять основные параметры шероховатости, такие, как R_a , R_z , R_q . С использованием данного программного обеспечения были проведены исследования полированных и шлифованных оптических поверхностей. Для оценки достоверности получаемых результатов были проведены измерения эталонов шероховатости.

Ключевые слова: интерферометр белого света, микротопология и шероховатость поверхностей

УДК 681.12

КОРЕГУВАННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ МЕТОДОМ АТОМНО-СИЛОВОЇ МІКРОСКОПІЇ НАНОРОЗМІРНИХ СТРУКТУР УТВОРЕНИХ НА ПОВЕРХНЯХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

*Бондаренко М. О., Бондаренко Ю. Ю., Андрієнко В. О.
Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна*

Основними вимогами, що ставляться до сучасних вимірювальних засобів є висока точність, надійність, відтворюваність результатів вимірювання, а також оперативність їх проведення. Особливо важливо дотримуватися цих вимог для засобів неруйнівного вимірювання нанорозмірних об'єктів і структур

Серед засобів неруйнівного контролю мікрогеометричних параметрів різноманітних нанорозмірних структур, утворених на поверхнях функціональних матеріалів (наноконтактні ділянки, дифракційні ґратки, манометричні сенсори та інше), в останній час популярним є метод атомно-силової мікроскопії (АСМ). Проте, не дивлячись на усі переваги метода (висока роздільна здатність – до 1-10 нм; універсальність, експресність вимірювань тощо), тривалі дослідження твердих поверхонь (особливо зносостійких) в контактному режимі приводить до зношення вимірювального інструмента в якості якого частіше виступає кремнієвий зонд. Це, в свою чергу, веде до зниження точності проведених вимірювань, а також спостереження окремих артефактів на досліджуваних поверхнях, і, як наслідок, до некоректного інтерпретування отриманих результатів. Періодична заміна зондів або тестування їх на калібрувальних ґратках потребує їх періодичного юстування і не дозволяє якісно проводити окремі види вимірювань, які вимагають суворого дотримання ідентичності робочих режимів (багатопрхідне сканування, вимірювання трибометричних характеристик поверхонь тощо).

В даній роботі наводяться результати дослідження зміни мікрогеометрії зондів від мікротвердості досліджуваних поверхонь та часу експлуатації цих зондів з метою корегування точності проведених ними вимірювань.

Було встановлено, що зі збільшенням часу експлуатації зондів для менш твердих поверхонь (оптичне скло, $H_{\square} = 4,5$ ГПа), точність вимірювання зменшується майже лінійно на 3-5% за кожні 10 хв., тоді, як для більш твердих (п'єзоелектрична кераміка, $H_{\square} = 7,2$ ГПа) – зменшується за експоненціальним законом і досягає критичного зниження точності до 15 нм за 42-48 хв., а у випадку кремнію ($H_{\square} = 12$ ГПа) – можна спостерігати різке зменшення точності вимірювання до 22 нм вже після 17 хв. безперервної експлуатації, що може бути пов'язано з руйнуванням вимірювального інструмента.

Таким чином, враховуючі встановлені залежності був визначений час надійної експлуатації кремнієвих зондів АСМ та проведене корегування точності вимірювання нанорозмірних структур на функціональних матеріалах.

Ключові слова: атомно-силова мікроскопія, кремнієвий зонд, точність вимірювання.

УДК 621.9.048

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ОБРОБЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИЛАДІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІБРАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Симонюк В. П., Заблоцький В. Ю., Вісин О. О.

Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна

Під час оброблення деталей приладів за допомогою вібраційних технологій застосовуються абразивні та інші неметалеві матеріали з різноманітними характеристиками, а також металеві середовища з робочими тілами потрібної форми та розмірів. Інтенсивність вібраційного оброблення залежить від технологічних режимів і тривалості операції, характеристики та розмірів частинок робочого середовища, механічних властивостей матеріалу оброблюваних деталей та ін.

До основних параметрів досліджуваного процесу відносяться характер руху робочої камери і частинок робочого середовища, їх швидкості та прискорення; силу мікроударів; контактні тиски; середню температуру в робочій камері. В процесі оброблення робоча камера здійснює гармонічні, або близькі до них, коливання. Частинки робочого середовища протягом кожного періоду коливання в деякий момент часу рухаються разом з робочою камерою, і в цей період їх траєкторії та швидкості співпадають або є дуже близькими. Після чого відбувається відрив частинок середовища від дна та стінок робочої камери внаслідок відмінності величини і напрямку їх швидкостей та прискорень, по завершенні якого вони здійснюють вільне переміщення.

Динамічна дія робочого середовища на оброблювані деталі залежить від глибини занурення, відстані від стінок робочої камери, режимів вібрацій, розмірів і питомої ваги частинок робочого середовища. Вона має прямопропорційну залежність від згадуваних параметрів та збільшується по мірі наближення до стінок робочої камери.

Орієнтація оброблюваних деталей безперервно змінюється в процесі оброблення. Вільно завантажені деталі рухаються в потоці циркулюючого робочого середовища з деяким відставанням, у порівнянні з частинками наповнювача. В процесі оброблення деталі прагнуть розміститись по периферії циркулюючого робочого середовища.

Формування поверхневого шару деталі в процесі вібраційного оброблення проходить під дією багатократно повторюваних мікроударів частинок робочого середовища, що викликають утворення слідів оброблення, зміну геометричних і фізико-механічних параметрів поверхневого шару. Форми і розміри слідів оброблення визначаються властивостями робочого середовища, режимами оброблення, характеристикою оброблюваного матеріалу.

Ключові слова: деталі приладів, вібрація, робоче середовище, робоча камера.

УДК 681.2:658.511.4

МЕТОДИКА ОТРИМАННЯ ОБ’ЄКТНОЇ МОДЕЛІ ДЕТАЛІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЇЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

Ланіга О. С., Вислоух С. П.

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

Однією із основних проблем вітчизнах підприємств є використання морально застарілих методів технологічної підготовки виробництва. При цьому, частка комп’ютерного проектування технологічних процесів є низькою. Для того, щоб підвищити рівень автоматизації САПР ТП та покращити якість проектних робіт, потрібно змінити підходи до побудови таких систем.

Запропоновано метод, який ґрунтується на комплексі стандартів STEP та мови опису даних EXPRESS, що представляє пов’язані між собою за певними принципами дані в структурованому вигляді. Будь-який елемент технологічного процесу можливо представити як певний «об’єкт», або сутність (наприклад, точіння, інструмент, режими різання тощо). В свою чергу будь-яка сутність має свої властивості (атрибути). Наприклад, сутність «режими різання» має такі атрибути, як подача, швидкість та глибина різання. Крім того, атрибутом сутності також може виступати й інша сутність. Наприклад, сутність «перехід» виступає атрибутом для сутності «операція». Таким чином виконується формалізація технологічного процесу і створюється певна конкретна структура елементів конкретного технологічного процесу, що

дозволяє забезпечити взаємопов’язаність даних і легкість обробки інформації. Для кожної сутності можна визначити певні правила її опису, що обмежують її використання. Таким чином будь-який технологічний процес або частину технологічного процесу можна математично описати у вигляді структурованої схеми. Використовуючи принципи об’єктно-орієнтованого підходу до опису деталі та її геометричних параметрів, можна кожен елементарну поверхню деталі представити як деякий «об’єкт». Такий об’єкт буде мати: 1) властивості, тобто форма поверхні, її розміри, шорсткість, точність тощо; 2) методи отримання цієї поверхні заданої форми, розмірів і точності, тобто сукупність технологічних операцій і переходів. Будь-яка деталь складається з набору елементарних поверхонь і буде «нащадком» декількох таких елементарних поверхонь, а отже матиме всі ті властивості та методи, що визначені для кожної з них. Порівнюючи властивості об’єктно-представлених поверхонь деталі, для якої проектується технологічний процес, з об’єктно-представленими поверхнями комплексної деталі, для яких попередньо визначені їх методи, знаходимо спільні поверхні. Набір таких спільних поверхонь комплексної деталі буде становити певну об’єктну модель деталі, яка проектується. Таким чином будуть визначені й методи отримання даних поверхонь.

Ключові слова: автоматизоване проектування, технологічний процес, стандарти STEP, формалізація даних.

УДК 621.9.048

ЕФЕКТИВНІСТЬ ТОНКОГО ТОЧІННЯ ЗАГАРТОВАНИХ СТАЛЕЙ ІНСТРУМЕНТОМ ІЗ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ НАДТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ

¹⁾Федоран Ю. А., ²⁾Антонюк В. С., ¹⁾Волкогон В. М.

¹⁾Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича Національної академії наук України; ²⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Точіння, як метод фінішної обробки, має відомі переваги, що полягають у формуванні поверхні вищої якості та геометричної точності будь-якої складної форми. Крім того, відсутність шаржування і зменшення потреби багаторазового контролю форми поверхні в процесі обробки робить процес надтонкого точіння більш продуктивним.

Метою досліджень є вивчення особливостей роботи різального інструмента з полікристалічних надтвердих матеріалів (ПНТМ) на основі вюрцитного нітриду бору з нанокристалічною зеренною структурою на операціях тонкого точіння.

Встановлено, що для ультрадисперсного ПНТМ на основі вюрцитного нітриду бору максимальна стійкість інструмента знаходиться в межах швидкості різання рівною 40-70 м/хв, тоді як для звичайного композиту-10

оптимальною є швидкістю $v = 90-130$ м/хв. В режимі гладкого точіння ультрадисперсна зеренна структура надтвердого матеріалу на основі BN_v має максимальний ресурс роботи при більш низьких швидкостях обробки, що пов'язано з величиною температури в зоні різання і підвищенням зносу при більш високих значеннях швидкості різання, внаслідок інтенсифікації зворотних фазових перетворень в надтвердому полікристалічному матеріалі.

Підвищення швидкості різання від 12 до 250 м/хв призводить до зниження шорсткості обробленої поверхні в 2-3 рази. Найбільш суттєва зміна параметру R_a спостерігається в інтервалі швидкостей різання від 20 до 100 м/хв, а далі вона стабілізується. Зниження шорсткості оброблюваної поверхні при підвищенні швидкості різання до 100 м/хв можна пояснити підвищенням температури різання, що призводить до зворотного фазового перетворення $BN_v \rightarrow BN_r$ в мікрооб'ємах полікристалічного різця, яке сприяє зниженню сили різання і тертя між задньою поверхнею інструмента і оброблюваною деталлю.

Встановлено що шорсткість обробленої поверхні при надтонкому точінні ($R_a \leq 0,05$ мкм) не залежить від швидкості різання, але на неї суттєво впливає структурний стан матеріалу різця та якість його доводки.

Дослідження процесів тонкої лезової обробки конструкційних сталей надтвердими матеріалами на основі ультрадисперсного вюрцитного нітриду бору, свідчать що обробка такими різцями забезпечує отримання поверхні без структурних дефектів, формування залишкових напружень стиску, що сприяє підвищенню експлуатаційних характеристик оброблюваних деталей.

Ключові слова: тонке точіння, різальний інструмент, вюрцитний нітрид бору, шорсткість поверхні.

УДК 531.7.08

ОЦІНКА ЯКОСТІ ДІАГНОСТИКИ ПРОЦЕСУ МЕХАНООБРОБКИ

Симута М. О., Румбешта В. О.

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

Діагностика такого складного динамічного процесу, як механообробка (ПМО), потребує особливого підходу, як в виборі методу діагностики і діагностичних параметрів, так і в виборі критеріїв оцінки якості діагностики.

Загальноприйнятими критеріями якості діагностики [1] є:

- повнота контролю – характеристика, що визначає можливість виявлення дефекту при вибраному методу діагностики;
- глибина пошуку місця дефекту – точність визначення місця виникнення дефекту;
- достовірність контролю – ступінь відповідності результатів діагностики дійсному стану об'єкту.

Для діагностики ПМО звісно необхідно деталізувати та формалізувати ці критерії. Розглянемо їх детальніше.

Повнота контролю – необхідно визначити всі параметри, що необхідно перевірити, тобто такі, які впливають на стабільність та якість процесу. В випадку діагностики ПМО необхідно визначати: стан технологічної обробляючої системи; наявність, відповідність та стан різального інструмента; наявність та відповідність заготовки; динамічний стан ПМО, відповідність технологічних режимів заданим та умовам обробки.

Визначення точного місця виникнення збою – поломка або зношення різального інструмента, порушення технологічних параметрів, поломка або збій технологічної обробляючої системи (ТОС).

При автоматичній діагностиці технологічних процесів різання дуже важливим є достовірність методу діагностики, так як будь-яка система діагностики і контролю працює з похибками та охоплює тільки певну частину параметрів об'єкту діагностики. Суттєвим фактором є також нестабільність технологічного процесу різання, пов'язана з коливанням глибини різання, зношенням різального інструмента та втраті розмірних налаштувань ТОС [2].

Тільки повний аналіз методу діагностики та діагностичних параметрів за об'єктивними критеріями якості дозволить побудувати точну та інформативну систему технічної діагностики.

Література

1. ГОСТ 20911-89 Техническая диагностика. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 9 с.
2. Румбешта В.О., Скороход О.М., Симута М.О. Система налагодження ГВС «на розмір» за допомогою комбінованого віброакустичного датчику дотику // Вісник КНУДТ. – 2009. – № 2. – С. 140-144.

Ключові слова: діагностика стану процесу механічної обробки.

УДК 681.3.01:519.68

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЕКТУВАННІ

Вислоух С. П.

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

Математичні моделі (ММ) технологічних процесів і його елементів представляються в вигляді системи математичних співвідношень, що описують з необхідною точністю об'єкт, що досліджується, і його поведінку в виробничих умовах. При побудові ММ використовують різні математичні засоби опису об'єкту – теорію множин, теорію графів, теорію ймовірностей, математичну логіку, математичне програмування, диференціальні або інтегральні рівняння тощо. До математичних моделей пред'являють вимоги високої точності,

економічності і універсальності. Вимоги до точності, економічності і ступеня універсальності ММ є часто суперечливими. Тому необхідно знайти вдале компромісне рішення. За характером властивостей об'єктів їх ММ поділяють на структурні і функціональні. Структурні ММ відображають структурні властивості досліджуваного об'єкту, вони бувають топологічні та геометричні.

Вибір типу математичної моделі визначається технологічною суттю задачі, формою представлення початкової технологічної інформації та загальною метою дослідження. Обмеження, що входять в модель, визначають область допустимих рішень задачі. Залежно від складності розв'язуваної задачі використовують різні принципи побудови моделей. Часто виникає необхідність розробки менш точної моделі, але проте кориснішою для практики. Виникають дві задачі: з одного боку, потрібно розробити модель, на якій найпростіше отримати чисельне розв'язання, а з іншого боку – забезпечити максимально можливу точність моделі. З метою спрощення моделі використовують такі прийоми, як виключення змінних, зміна характеру змінних, зміна функціональних співвідношень між змінними, зміна обмежень (їх модифікація, поступове введення обмежень в умову задачі тощо).

Сучасне приладобудування характеризується різноманіттям розв'язуваних технологічних задач. Ефективним засобом моделювання та прогнозування технологічних параметрів, а також розв'язання задач класифікації, розпізнавання образів та зниження розмірності факторного простору є сумісне використання методів штучних нейронних мереж та евристичної самоорганізації моделей, що дозволяє в значній мірі зменшити матеріальні, енергетичні та часові витрати при проведенні експериментальних досліджень, реалізувати сучасні інформаційні технології в технологічній підготовці виробництва та є необхідною умовою впровадження CALS-технологій в приладобудуванні.

Ключові слова: технологічне проектування, математичні моделі, штучні нейронні мережі, методи евристичної самоорганізації моделей.

УДК 539.3(075.8)

НОВІ РІШЕННЯ В МЕХАНІЧНІЙ ОБРОБЦІ РІЗАННЯМ

Держук В. А.

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

В даний час дуже поширились нові погляди на розрахунки та обґрунтування конструкторських параметрів з використанням теорії пружності, теорії пластичності і теорії повзучості. Всі нові поняття вказаних теорій змінило картину використання їх в технології механічної обробки і вони були основою пояснень фізичних складових розрахункових систем. Необхідно розглянути

вплив отриманих конструкторських і розрахункових рівнів на розвиток і можливість використання їх в технологічних задачах, а саме для процесу механічної обробки.

Визначення внутрішньозернистого та інтеркристалічного руйнування можливе шляхом використання фізики твердого тіла. Міжкристалічне руйнування залежить від розміру кристалів та їх розташування згідно вісей координат структури. Кристалічна структура характеризується щільністю, величиною, параметром ґратки, атомним об'ємом, відстанню між найближчими сусідами.

Кристалічні осі представлені аналогічно осям координат X , Y , Z з урахуванням кутів α , β і γ . Двохвимірні ґратки точкові і просторові групи розподіляють кристали на косокутові, прямокутові, а також квадратичні і гексогональні кубічні групи. Чим складніша група, тим руйнація її буде більш складною і часто це збільшує силу руйнування в 5-10 разів.

Інтеркристалічне руйнування розпочинається, загалом, на початку самого періоду одночасно з прикладанням сили. Це процес внутрішнього руйнування. Крім лінійних вимірів ґраток використовуються двохвимірні, або трьохвимірні, які називають просторовими. Просторові ґратки відповідають повній побудові структури. Відносини між макроскопічними пружними константами пов'язані силами, які діють між атомами в кристалічній структурі. Якщо атоми зміщені один від одного, де порушена рівнодія векторів, то враховується величина різниці і порівнюється з константою ґратки. Руйнування металів визначають де враховується стискоємність матеріалу з урахуванням температури, енергія зчеплення між кристалами, урахування точки плавлення матеріалу, швидкість поширення пружних хвиль в металах. Визначають модуль пружності для зміщення в площині деформування.

Внутрішньозернисте і міжкристалічне (інтеркристалічне) руйнування порівнюється як 10:1, де превалує внутрішньозерниста складова, яка забезпечує її використання.

Ключові слова: механічна обробка, руйнування, метал, кристалічна структура.

УДК 681.2:538.5

КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ПРИЛАДІВ

Шевченко В. В.

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

Розробка і вдосконалення електромагнітних методів та засобів контролю якості деталей приладів обумовлено зростанням обсягів приладобудівного виробництва, складністю приладів, високими вимогами до інформативності та

достовірності результатів, а також продуктивності праці.

Електромагнітний метод контролю якості деталей приладів заснований на аналізі взаємодії зовнішнього електромагнітного поля з електромагнітним полем вихрових струмів, що наводяться збуджуючою котушкою в об'єктах контролю цим полем. В якості джерела електромагнітного поля найчастіше використовується індуктивна котушка, яка називається вихрострумовим перетворювачем. Синусоїдальний струм, що діє в котушках, створює електромагнітне поле, яке збуджує вихрові струми в електромагнітному об'єкті. Реєструючи напругу на котушках або їх опір, отримують інформацію про властивості об'єкту.

Особливостями контролю якості деталей приладів є те, що його можна проводити без контакту перетворювача відносно об'єкту. Сигнали перетворювача не впливають на вологість, тиск і забрудненість середовища.

Використання електромагнітного методу контролю якості деталей приладів на основі електромагнітного методу дозволяє визначити розмір і форму деталі, виявити поверхневі та глибинні тріщини, порожнечі, не металеві включення, корозію, шорсткість, напругу і є одним з точних методів контролю якості деталей на всіх стадіях виготовлення, що дає можливість підвищити ефективність виробництва та конкурентноздатність виробів.

Ключові слова: електромагнітний метод, вихрострумовий перетворювач, точність, якість.

УДК 519.68

ДО ПИТАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ПІДСИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ НА ПІДПРИЄМСТВІ

Філіппова М. В.

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

Сучасний етап розвитку підприємств приладобудівної галузі характеризується підходом до розвитку систем керування як виробництва, так і підприємства в цілому на основі використання уніфікованих програмних засобів. В свою чергу уніфіковані програмні засоби створюють платформу для інтегрованої системи керування підприємством, яка дозволяє охопити весь спектр проблем організації та керування процесами виробництва. Основним призначенням даних систем є автоматизації процесів планування, аудиту та керування основними напрямками діяльності організації, тому інтегровану систему керування підприємства необхідно розглядати як сукупність наступних підсистем: керування проектами, керування виробництвом, керування персоналом, керування матеріальними потоками, керування якістю продукції на всіх етапах їх життєвого циклу. Кожна з перерахованих підсистем може

містити в собі функціональні блоки, що, в свою чергу, також можуть бути представлені у вигляді окремих підсистем. Більшість з вказаних підсистем дозволяють здійснювати планування матеріально-технічних ресурсів та потужностей, а також визначати необхідні витрати для реалізації поставлених цілей. Однією з основних підсистем є підсистема керування виробництвом, яка дозволяє визначити не тільки кількісні, а й якісні показники для кожного виду продукції, яка випускається. Основною метою даної підсистеми є оптимальне завантаження виробничих потужностей з одночасним забезпеченням якості виробів. Впровадження підсистеми керування виробництвом є складним, тривалим й трудомістким процесом, що складається з розробки елементів комплексу забезпечення, функціональних підсистем, впровадження методів підготовки, передачі та обробки інформації тощо. Тому поділ підсистеми на рівні пояснюється специфікою робіт, які виконуються на кожному з них, та технологією виконання. Роботи на кожному рівні системи виконуються окремим підрозділом, що пов'язаний з іншими підрозділами за допомогою єдиного банку даних та інформаційних зв'язків підприємства. Всі компоненти, які входять у підсистему керування виробництва використовують обчислювальні засоби, що для більш ефективного використання слід об'єднувати в локальну мережу. Крім того, для її злагодженої роботи мати засоби, що забезпечують взаємодію різних автоматизованих систем в їх складі. Впровадження підсистеми керування виробництвом на підприємстві є найбільш прогресивною та ефективною формою організації виробництва, що забезпечить реалізацію безлюдної, безвідходної та без паперової технології.

Ключові слова: виробництво, керування виробництвом, інтегровані системи.

УДК 523.8: 528.72: 629.19

КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДАТЧИКА ОРИЕНТАЦИИ ПО ЗВЕЗДАМ

Ворох С. А., Лихолит Н. И., Троицкий Е. Б.

Казенное предприятие специального приборостроения «Арсенал», г. Киев, Украина

Высокоточные датчики ориентации по звездам стали неотъемлемой частью систем определения и управления ориентацией современных КА ДЗЗ, спутников связи, научных космических платформ. Эти приборы позволяют в автоматическом режиме определять параметры ориентации КА с точностью до единиц угловых секунд.

Высокая точность датчиков ориентации по звездам и тенденции ее дальнейшего повышения приводят к значительным техническим сложностям в оценке точности этих приборов, а также к необходимости создания дорогостоящего стендового оборудования для обеспечения контроля приборов с точностью лучше 1". Традиционно, оценку точности датчиков ориентации по

звездам в наземних умовах виконують по результатам зйомки нічного зоряного неба, що вимагає обладнання спеціальних місць спостереження, необхідності виробництва польових робіт і тривалого очікування підходящої погоди.

Контроль точності датчика орієнтації по звездам може бути здійснений в лабораторних умовах з допомогою достатньо простого набору обладнання і мінімальної модернізації програмного забезпечення датчика орієнтації по звездам, не знижують надійності роботи.

Для проведення контролю точності датчик орієнтації встановлюють на поворотну установку з закріпленою на ній багатогранною еталонною призмою. Датчик визирають через широкопольний довгофокусний об'єктив на "технологічне созвездіє", реалізоване на плоскому імітаторі зоряного неба. Координати зоряного созвездія записані в зоряний каталог датчика. Датчик повертають відносно созвездія, фіксують кути шляхом автоколімаційної прив'язки стандартного автоколіматора до граней призми. Показання датчика, видавані в штатному режимі, порівнюють з значеннями еталонних кутів.

В доповіді дано теоретичне обґрунтування методу, описані необхідні засоби вимірювань і стендове обладнання, наведено розрахунок похибок методу, проаналізовані фактори, що впливають на точність методу, наведено результати оцінки граничних похибок визначення орієнтації внутрішньої системи координат датчика орієнтації по звездам відносно інерціальної (другої екваторіальної) системи координат.

Стенд контролю точності, створений в КП СПС «Арсенал», може також використовуватися для налагодки і калібрування астроізомірних приладів.

Ключові слова: датчик орієнтації по звездам, гранична похибка визначення параметрів орієнтації КА.

УДК 681.2

ДІАГНОСТИКА ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ КІНЦЕВИМИ ФРЕЗАМИ НА ФРЕЗЕРНИХ ВЕРСТАТАХ З ЧИСЛОВИМ ПРОГРАМНИМ УПРАВЛІННЯМ

Заєць С. С., Максимчук І. В.

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

З розвитком сучасної промисловості, все більш складні задачі ставляться у галузі машинобудування, а саме обробці деталей різанням на верстатах з числовим програмним управлінням (ЧПУ). Одним з основних видів обладнання, що застосовуються при цьому є фрезерні верстати з ЧПУ.

Одним із основних видів різального інструмента на фрезерних верстатах з ЧПУ, є кінцеві фрези. Особливістю даних фрез є їх широка номенклатура, як

застосування так і параметрів по яким вони виготовляються. Кінцеві фрези застосовуються, як для виготовлення пазів, різного призначення, так і обробки зовнішніх поверхонь деталей різного призначення, а саме чистова обробка поверхонь.

Надійність процесу обробки кінцевими фрезами, залежить від сполучення властивостей безвідмовності й довговічності різального інструмента, а також забезпечення заданої якості обробленої поверхні. Безвідмовність і довговічність інструмента залежать від характеристики міцності різального інструмента, його зносостійкості, і режимів роботи.

Основними видами відмов кінцевих фрез при фрезеруванні є: зношування різальної кромки, викришування, сколювання і поломки фрез. В наслідок відмови фрез підвищується відповідно відсоток браку й зменшується продуктивність всього технологічного процесу, що приводить до зростання витрат на відновлення порушень у технологічній системі.

Для вирішення питання діагностики процесу фрезерування на верстатах з ЧПУ, авторами було розроблено метод діагностики, на основі даних сигналів акустичної емісії.

Джерелами сигналів акустичної емісії (АЕ) при фрезеруванні є три зони. Сигнал з області зрушення містить інформацію про пластичну й (у зменшеному ступені) пружною деформацію зрушення й руйнування в поверхні зрушення, а саме сигнал від двох поверхонь, що діляться на: фреза – стружка і фреза – оброблювана деталь несуть інформацію про контактну взаємодію, у тому числі про тертя на цих поверхнях.

Таким чином, інформація про зношення фрези і обробленої поверхні втримується в сигналі АЕ із джерела – поверхні контакту заготовки й фрези. На основі якого можна робити висновки про стан кінцевої фрези безпосередньо в процесі обробки деталі, і внести відповідні корективи при потребі.

Ключові слова: кінцева фреза, фрезерний верстат з ЧПУ, акустична емісія.

УДК 620.192.63

КОНТРОЛЬ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРУЖНИХ ЕЛЕМЕНТІВ АКУСТИЧНО-МЕХАНІЧНИМ МЕТОДОМ

Бабченко О. В., Симута М. О.

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

У приладобудуванні широко використовуються гвинтові циліндричні пружини стиснення, які виконують різні функції (накопичувачі та джерела енергії, і інші). Характеристики цих пружних елементів визначають якість роботи та надійність всього виробу та залежать від стабільності жорсткості пружин і точності виконання геометричних параметрів.

Основними методами є вибірковий контроль пружин поверхневим оглядом, контроль геометричних параметрів та пружних властивостей при звичайній та підвищеній температурі, випробування на втомність та динамічні випробування, що мають велику трудомісткість, і не забезпечують контроль всієї партії продукції.

Для підвищення якості контролю, можливості проводити автоматизований контроль всієї партії виробів, зменшення його вартості було запропоновано акустично-механічний метод контролю. В порівнянні з іншими методами неруйнівного контролю акустична дефектоскопія має важливі переваги: високу чутливість до найбільш небезпечних дефектів типу тріщин і пор, велику продуктивність, можливість вести контроль безпосередньо на робочих місцях без порушення технологічного процесу та низьку вартість контролю.

В основу нового механо-акустичного методу контролю якості пружин поставлено задачу утворення такого способу контролю якості пружин стиснення, при застосуванні якого досягається висока якість та продуктивність контролю, що дозволяє швидко перевіряти всі 100% партії пружин.

Встановлено, що при пружній деформації пружини в її тілі виникає пружна деформація витків другого роду G у вигляді скручування дроту пружини пропорційно деформації пружини. При цьому в металі дроту виникає взаємне зміщення кристалів металу, їх взаємне тертя і порушення зв'язків, що збуджує акустичну емісію. При аналізі такого процесу по формі акустодіаграми визначається придатність або непридатність при порівнянні з опорним сигналом пружини за такими факторами:

- по часу досягнення сигналом максимуму t_1 і t_2 ;
- по висоті амплітуди h_1 і h_2 ;
- по тривалості проходження сигналу t_{mp1} і t_{mp2}

Ключові слова: пружна деформація, контроль, пружина.

УДК 621.3

МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕРХНІ АБСТРАКТНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБ'ЄКТУ ПРИ ТОЧНИХ ВИМІРЮВАННЯХ

Скицюк В. І., Клочко Т. Р.

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

Забезпечення точності технологічних процесів виготовлення деталей механічною обробкою обумовлено низкою проблем метрології, одна із яких полягає у визначенні калібру при вимірюваннях параметрів формотворення поверхні деталі. Визначення розмірів, форми, калібру підвищують точність роботи відчутника вимірювальної системи, оскільки поверхня будь-якого

об'єкту є інформаційним відображенням його сутності у межах зони присутності.

Запропоновано моделі найбільш поширених типів поверхні. Це, по-перше, незамкнена сама на себе (вільна у просторі) поверхня. По-друге, поверхня, яка зосереджує собою певний об'єм абстрактної речовини без врахування свого об'єму. Типовий відчутник, який має здібність проникнення через шар поверхні, буде реєструвати поступове збільшення контрольованого параметру до максимуму, а потім його зменшення до рівня звичайного тла. Згідно фізичних теорій можемо орієнтуватись на закон Ван-дер-Ваальса, який має максимальне значення потужності у межах $1\div 3$ діаметрів атома. У цьому випадку у відчутнику системи спрацьовує суб'єктивно визначений рівень реєстрації поверхні, який фактично визначає розмір величини h . Запропонована теза є підґрунтям уявлення про реальну поверхню мінімальної товщини, коли її товщина h спирається на діаметр атома, з якого утворено поверхню.

Розглянуто діапазон варіацій об'єму, який може обмежити поверхня, що є засадними тезами при вимірюваннях точних технологічних об'єктів, зокрема при металообробці. Якщо зовнішні великі об'єми не викликають великих проблем, то мінімальні величини об'ємів викликають низку запитань. Для цього звернемо увагу на особливість замкненої поверхні (оболонки) заважати у доступі до речовини, яку вона вкриває. Аналізуючи цю тезу, можна дійти висновку, що в ідеалізованому випадку це є кілька однакових атомів, розташованих у визначеному порядку. Водночас атомарна структура буде нагадувати форму криволінійного тетраедра, вписаного між сферами, різниця між радіусами яких становить діаметр атома речовини абстрактного технологічного об'єкта. Особлива вимога, яка стосується цього випадку, є те, що всі п'ять атомів є атомами однієї речовини. Тобто, тільки у цьому випадку подібна модель може слугувати як вимірювальний калібр. Звісно, кристалічна структура є більш стабільною і, як наслідок, більш надійною з огляду на метрологічні вимоги виготовлення надточних деталей.

Отже, наведені у доповіді графоаналітичні моделі поверхні абстрактних технологічних об'єктів дозволять створити нові перспективні вимірювальні засоби, які значно підвищать точність виготовлення деталей.

Ключові слова: технологічний об'єкт, поверхня, точність, вимірювальний калібр.