



Міністерство освіти і науки України
Державна інспекція України з питань захисту
прав споживачів

Державний комітет Білорусі по стандартизації
Асоціація технологів-машинобудівників України

Академія технологічних наук України

ДП Український науково-дослідний і навчальний центр
проблем стандартизації, сертифікації та якості

ДП «Укрметрестандарт»

Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України

Технічний центр НАН України

Державний університет «Одеська політехніка»

Союз інженерів-механіків НТУ України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

Київський національний університет технологій та дизайну

Білоруський державний інститут метрології

Інститут прикладної фізики НАН Білорусі

Білоруський національний технічний університет

Машинобудівний факультет Белградського університету, Сербія

ЯКІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ, КОНТРОЛЬ: ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА



Матеріали 21-ї Міжнародної науково-практичної конференції

06–10 вересня 2021 р., м. Одеса

Київ – 2021

Якість, стандартизація, контроль: теорія та практика: Матеріали 21-ї Міжнародної науково-практичної конференції, 06–10 вересня 2021 р., м. Одеса. – Київ: АТМ України, 2021.– 120 с.

Наукові напрямки конференції

- Побудова національних систем технічного регулювання в умовах членства в СОТ і ЄС: теорія і практика
- Процесно-орієнтовані інтегровані системи управління: теорія і практика
- Стандартизація, сертифікація, управління якістю в промисловості, електроенергетиці, сільському господарстві та сфері послуг
- Впровадження стандартів ISO 9001:2015 в промисловості, вищих навчальних закладах, медичних установах і органах державної служби
- Метрологічне забезпечення і контроль якості продукції в промисловості, електроенергетиці, сільському господарстві та сфері послуг
- Забезпечення якості та конкурентоспроможності продукції на внутрішньому і зовнішньому ринку
- Впровадження інформаційних технологій в процеси адаптації, сертифікації та управління якістю
- Проблеми гармонізації технічних, нормативних та правових актів.

Матеріали представлені в авторській редакції

© ВГО АТМ України,
2021 р.

ДВУХЭТАПНОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ С УЧЕТОМ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ

В радиолокации обнаружение и сопровождение движущихся объектов осуществляется последовательно, и алгоритмы строятся на основе теории статистических решений [1]. На этапе обнаружения обычно используется критерий Немана-Пирсона, когда задаются величиной вероятности ложных тревог F и добиваются максимума вероятности правильного обнаружения сигнала объекта D . В последнее время активно развивается метод *track before detect*, сущность которого состоит в рекуррентной последовательности формирования функции апостериорной плотности распределения вероятности (ПРВ) наличия сигнала объекта с учетом статистических характеристик его движения [2–4]. Такой подход позволяет снизить допустимые уровни отношения сигнала к шумам (ОСШ), однако обладает высокой вычислительной трудоемкостью.

В данной работе для решения задачи совместного обнаружения и измерения предлагается использовать эмпирический подход, сущность которого состоит в двухэтапном решении задачи обнаружения. На первом этапе осуществляется классическое обнаружение сигнала пороговым способом, однако при этом в качестве исходных данных используется не вероятность ложных тревог F , а задается высокое значение вероятности правильного обнаружения сигнала $D \sim 0,8-0,9$. Это обеспечивается низким уровнем порога обнаружения, что приводит к высоким вероятностям ложных тревог $F \sim 10^{-2}-10^{-1}$. На втором этапе на основе метода временной селекции осуществляется снижение вероятности ложных тревог до необходимого уровня, однако при этом снижается и вероятность правильного обнаружения. В предлагаемой методике селекции используется информация о характеристиках траектории движения объекта, что позволяет увеличить скорость снижения F в большей степени, чем скорость уменьшения D и в итоге получить выигрыш в сравнении с классическим методом обнаружения.

Рассмотрим модель траектории движения объекта с координатами x_{ok} , $k = 1, 2, \dots$. Основное ее свойство – это коррелированность во времени, т.е. статистическая зависимость между значениями координат в различные моменты времени. В данной работе коррелированность определяется следующим образом: предполагается, что в дискретные моменты време-

ни приращения координат $x_{ck} - x_{ck-1}$ не могут быть больше заданного и лежат в пределах интервала приращения Δ_c . Модель траектории x_{ck} можно представить в виде стохастического уравнения R -го порядка:

$$x_{ck} = \sum_{r=1}^R c_r x_{ck-r} + n_k = \tilde{x}_{ck-1} + n_k, \quad (1)$$

где $\tilde{x}_{ck-1}$ является прогнозом значения координаты на интервал сканирования. Значения Δ_c и $\tilde{x}_{ck-1}$ являются основными характеристиками модели траектории движения объекта.

Формирование траектории движения по результатам измерений производится следующим образом. В момент времени k относительно положений каждой точки x_k задается строб сканирования Δ , в области которого могут находиться или отсутствовать точки из следующего момента времени $k + 1$. Если такие точки имеют место, то от каждого значения x_k строятся траектории до соответствующих элементов каждой из точек, находящихся в стробе. Таким образом, происходит завязка траектории объекта или шумовых траекторий. В последующие моменты времени процедура повторяется для всех точек и здесь возможны несколько основных случаев.

Таким образом, в результате формирования траекторий на этапе обнаружения в области изменения координат появятся отрезки как шумовых, так и траектории объекта. Основой рассматриваемого метода является обеспечение того, чтобы средняя длительность шумовой траектории была меньше средней длительности траектории объекта, что достигается путем учета траекторных характеристик. Способом достижения этой цели является временная селекция траекторий.

Вторым этапом является временная селекция, которая состоит в том, что на выход селектора проходят только те траектории, длительность которых больше заданного порога l . Поскольку по результатам измерений значения прогноза $\tilde{x}_{ck-1}$ в (1) могут быть получены со случайной ошибкой, размеры строба сопровождения Δ должны быть больше размеров приращения координат Δ_c . Они определяются числом элементов разрешения в них. Если ошибка прогноза превышает размер Δ с вероятностью P , то для рассматриваемой модели движения объекта вероятность правильного обнаружения сигнала в стробе уменьшается и становится равной $D_0 = D(1 - P)$.

Под вероятностью правильного обнаружения $D_c(l)$ будем понимать относительную величину средней длительности непрерывных участков траектории объекта после селекции. Она определяется выражением:

$$D_c(l) = D_0^{l+1} = (DP)^{l+1}, l = 0, 1, 2, \dots \quad (2)$$

Вероятность ложных тревог $F_c(l)$ после селекции определяем:

$$F_c(l) = 1 - \sqrt[l+1]{1 - [1 - (1 - F)^A]^{l+1}}. \quad (3)$$

Выражения (2) и (3) определяют степень изменения вероятностей обнаружения сигнала объекта D и F при использовании метода временной селекции. С увеличением значений l интервала селекции вероятности $D_c(l)$ и $F_c(l)$ одновременно уменьшаются, однако скорости их изменения различны. При заданной величине l скорости можно регулировать выбором вероятностей D и F , зависящих от ОСШ ρ и уровня порога квантования. При этом, как следует из формулы (2), величину $D_0 = DP$ желательно иметь как можно большей, например $D_0 \sim 0,8-0,9$, что приводит к меньшей скорости изменения $D_c(l)$ по сравнению с $F_c(l)$.

Выводы: Двухэтапное обнаружение позволяет получать лучшие показатели обнаружения движущихся объектов по сравнению с классическим одноэтапным. Это выражается, в частности в том, что при одних и тех же вероятностях правильного обнаружения и отношениях сигнала к шумам удастся обеспечить меньшие значения вероятностей ложных тревог. Это достигается путем использования на втором этапе обнаружения метода временной селекции с учетом характеристик траектории движения объекта. Задача решена для случая статистически независимых флуктуаций сигнала объекта и статистически независимых положений на оси координат сигналов ложных тревог, т.е. в пуассоновском приближении. Представляет интерес дальнейшее развитие метода для вероятностных распределений более широкого класса, учитывающих корреляционные связи в модели траектории объекта.

Литература

1. Тихонов, В.И. Статистическая радиотехника / В.И. Тихонов. – М.: Радио и связь, 1982. – 624 с.
2. Blackman, S. Design and Analysis of Modern Tracking Systems. Artech House / S. Blackman, R. Popoli. – Norwood, 1999. – 1230 p.
3. Hadzagic, M. Track-before detect methods in tracking low-observable targets: A survey / M. Hadzagic, H. Michalska, E. Lefebvre // Sensors Trans Mag. – 2005. – 54 (1). – P. 374–380.
4. Zwaga, J.H. Track-Before Detect for Surveillance Radar: a Recursive Filter Based Approach / J.H. Zwaga, H. Driessen, W.J.H. Meijer // Proc. SPIE. 4728, Signal and Data Processing of Small Targets. – 2002.

Работа выполнялась при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант № T21-071)

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ТРАНСФОРМАЦИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН НА АКУСТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СОЕДИНЯЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

В работе экспериментально изучаются акустические параметры возбуждаемых волной Рэлея (ВР) мод, проходящих через область контактирующих тел – базового объекта (БО) с телом акустической нагрузки (АН). Эти вопросы представляют интерес для совершенствования ряда методик и средств ультразвукового контроля, включая дистанционное диагностирование качества соединения материалов (склейка, пайка, сварка и др.), создание пассивных отражателей и фокусаторов ВР и др. При проведении исследований согласно рис. 1, зона прохождения ультразвуковых колебаний (УЗК) моделируется свободной (вариант I), скользящей (II) и жесткой (III) границами, характеризующими начальную и завершающую фазу соединения материалов, где в качестве АН служит призматическое тело с одной из наклонных под углом $-45^\circ \leq \varphi \leq 45^\circ$ граней. Зона контакта и концентрации энергии упругих мод локализована в области $z \rightarrow 0$ и $x_1 \leq x \leq x_2$. Изучается влияние угла наклона φ грани АН и ее ориентации по отношению к источнику волн Рэлея, а также длины АН $L = x_2 - x_1$ на коэффициенты прохождения и отражения упругих мод.

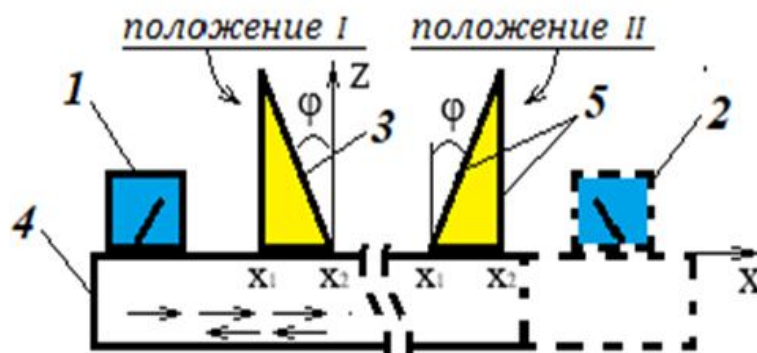


Рис. 1 – Экспериментальная схема прохождения и трансформации поверхностных волн при контакте БО с телом АН в эхо и теневом режимах:

1, 2 – ПЭП; 3 – АН; 4 – БО; 5 – боковые грани

При наличии скользящей границы ВР трансформируется в окрестности контакта тел $x \rightarrow x_1$ в волну Стоунли (S), а затем преобразуется в

ВР на выходе из области контакта АН ($x \rightarrow x_2$). Если же контакт тел жесткий, то в окрестности $x \rightarrow x_1$ ВР преобразуется в поперечную моду (T). В этом случае выражения для оценки нормализованной функции прохождения УЗК через область скользящего (N_C) и жесткого ($N_{Ж}$) контакта тел примет вид:

$$N_C = k_C [(D_{RS1} D_{SR2})]_{\varphi \neq 0} / [(D_{RS1} D_{SR2})]_{\varphi = 0},$$

$$N_{Ж} = k_{Ж} [(D_{RT1} D_{TR2})]_{\varphi \neq 0} / [(D_{RT1} D_{TR2})]_{\varphi = 0},$$

где k_C и $k_{Ж}$ – поправочные коэффициенты, характеризующие особенности распространения упругих мод, D_{RS} и D_{RT} – коэффициенты прохождения и трансформации ВР в волну Стоунли и в поперечную Т-волну. При реализации же режима эхо аналогичные выражения для определения нормализованной (отражательной) функции K_R , позволяющей сравнить амплитуду отраженного сигнала от передней грани призмы A_1 и сигнала, пришедшего на ПЭП в результате отражения от оппозитной грани призмы A_2 , примут вид:

$$K_C = A_2/A_1 = k_C (D_{RS})_1 (R_S)_2 (D_{SR})_1 / (R_R)_1,$$

$$K_{Ж} = k_{Ж} (D_{RT})_1 (R_T)_2 (D_{TR})_1 / R_R,$$

где R_R и R_T – коэффициенты отражения ВР и Т-волны от передней и оппозитной границы контакта призмы с объектом соответственно.

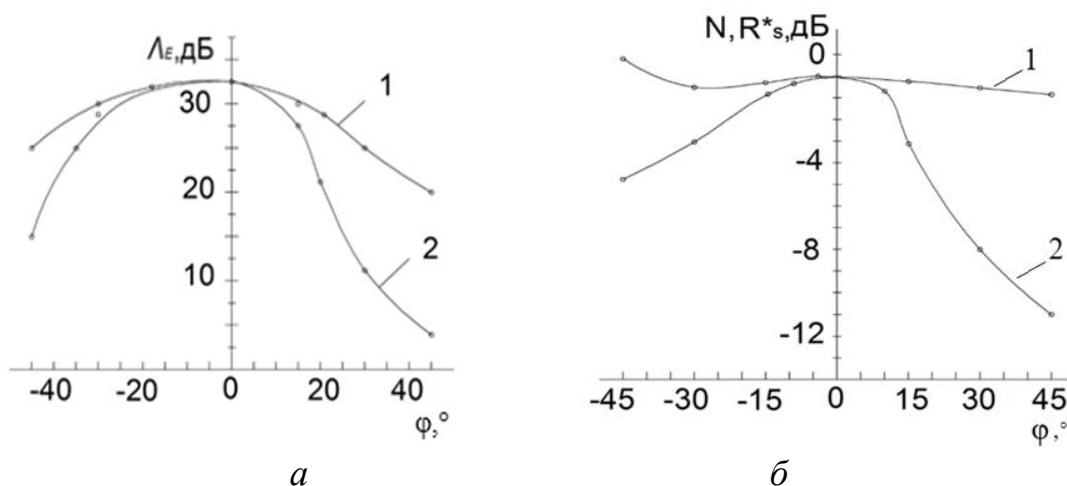


Рисунок 2 – Влияние угла наклона боковой грани призмы АН на прохождение поверхностных волн через границы скользящего контакта тела АН и отражение от них упругих мод: а – коэффициент Λ_E отражательной способности АН при положении призмы I (1) и положении II (2) – согласно рисунку 1; б – нормализованные коэффициенты отражения волны Стоунли R_S (1) и прохождения акустического сигнала через область акустической нагрузки

На основе анализа акустического тракта даны оценки коэффициентов отражения и прохождения волн Рэлея и Стоунли через переднюю (I) и оппозитную ей (II) границу тела АН в форме призмы, а также

впервые экспериментально получены их зависимости (в совокупности с коэффициентом отражательной способности) от угла наклона боковых граней призмы в диапазоне $\pi/4 \geq \varphi - \pi/4$. Они являются асимметричными функциями, достигая максимума ($\sim 30-32$ дБ) при $\varphi \rightarrow 0$, что на порядок превышает аналогичные данные, измеренные при реализации жесткого контакта тел. В то же время коэффициенты прохождения акустического сигнала сравнимы по величине. Предложено использовать коэффициент отражательной способности в качестве наиболее чувствительного параметра, характеризующего качество соединения материалов пайкой, сваркой, склеиванием и др., а также применять призматические тела различной конфигурации для создания опорного сигнала при высокоточном измерении скорости ПАВ и определении поверхностных дефектов, расположенных в труднодоступных местах; фокусировки и девиации ПАВ а также их возбуждения в материалах с существенно различающимися упругими свойствами.

*Балицька Н.О. Державний університет
«Житомирська політехніка», Житомир, Україна*

МОЖЛИВОСТІ ПЛАНУ AUTODESK EDUCATION ДЛЯ ЯКІСНОЇ ПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ ІНЖЕНЕРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

Якісна підготовка кваліфікованих інженерів ставить перед закладами вищої освіти задачу доступу до сучасних систем автоматизованого проектування.

На сьогодні на ринку інженерних послуг затребуваними є продукти компанії Autodesk – одного із світових лідерів в розробці програмного забезпечення для архітектури, проектування, будівництва, виробництва, а також засобів масової інформації та індустрії розваг. Програмне забезпечення та послуги Autodesk використовують новітні технології, такі як адитивне виробництво, штучний інтелект, генеративний дизайн і робототехніка, які дають компаніям і окремим особам можливість працювати швидше і ефективніше протягом усього життєвого циклу проекту.

Autodesk готує нове покоління інженерів до майбутнього робочого місця, надаючи студентам та освітнім установам по всьому світу вільний доступ до програмного забезпечення професійного рівня. Влітку 2020 року компанія Autodesk випустила план Education. Цей безкош-

товний щорічно продовжуваний план забезпечує доступ до потужного портфелю програм Autodesk, який допомагає студентам отримати необхідні навички роботи в CAD, CAM та CAE-системах.

Програмне забезпечення Autodesk, доступ до яких здійснюється через план Education, містить ті ж функції і можливості, які доступні через платну підписку. Для отримання вільного доступу викладачам та студентам необхідно лише створити власні облікові записи та надати документ, що підтверджує статус викладача/студента. Необхідно зауважити, що обробка інформації здійснюється досить швидко і ліцензійне програмне забезпечення стає доступним для роботи протягом не більше 1–2 діб.

Нещодавно компанія Autodesk повідомила, що незабаром процес надання доступу до програм Autodesk для груп студентів буде прискорений і спрощений. План Autodesk Education буде вдосконалений, що забезпечить викладачам доступ до 125 підписок з однокористувацьким доступом для кожної програми Autodesk в рамках плану і дозволить призначати ці підписки відповідним студентам, які відповідають вимогам. Таким чином, студентам більше не доведеться індивідуально підтверджувати свій статус, вони зможуть отримати доступ до програм Autodesk за допомогою автоматичного запрошення від викладача.

Сайт компанії Autodesk також пропонує доступ студентів та викладачів до навчальних ресурсів, програм і співтовариств по галузевим знанням. Є можливість знайти документацію, файли для завантаження, відеоролики та інші ресурси по професійним продуктам.

Компанія також надає можливість отримати різні види сертифікатів Autodesk (послуга платна), що підтверджують навички і знання, які допоможуть просунутися по кар'єрних сходах в інженерії, цифровому мистецтві, архітектурі і багато іншого.

Студенти бакалаврського та магістерського рівнів спеціальностей 131 «Прикладна механіка» та 133 «Галузеве машинобудування» Державного університету «Житомирська політехніка» завдяки плану Autodesk Education отримали доступ до сучасного професійного програмного забезпечення Autodesk та успішно його застосовують для вирішення інженерних задач.

Література

1. AUTODESK / <https://www.autodesk.eu>.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРИ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ ОБСТЕЖЕННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗВАРНИХ ТРУБОПРОВОДІВ ДЛЯ МІСТА

Людина – не робот. Ми живі істоти, й тому робимо помилки. Якщо доводиться забити тисячу цвяхів, то рано чи пізно влучиш молотком по пальцю. Кожний з нас може помилитися, ми буваємо незібрані, утомлені, можемо розгубитися в незвичній ситуації, не завжди зрозуміло висловлюємо свої думки, часом не знаходимо спільної мови з колегами й нерідко не розуміємо їх, нам складно управляти своїми емоціями.

Щоб одержати елементарну уяву про механізм електрохімічної корозії трубопроводів, потрібно згадати, як улаштований метал.

При нормальних умовах практично всі метали (за винятком ртуті) являють собою тверді кристалічні речовини. У вузлах кристалічних решіток перебувають атоми металу. Правда, життя в колективі досить помітно позначається на їхньому стані. Вони настільки легко й невимушено діляться один з одним своїми електронами, що перестають розрізняти свої й чужі. У результаті електрони можуть переміщатися по всіх кристалічних решітках, утворюючи якусь подобу досить рухливого «газу».

Переміщаючись у решітках від атома до атома, електрони ніколи не йдуть від їхніх ядер на відстань більше, ніж те, яке характерно для валентного електрона у вільному металевому атомі. Тому вважати атоми в металевих ґратах іонізованими можна лише досить умовно.

Тепер згадаємо, що сили, що втримують молекули рідини від «вільного паріння», властивого газам, також мають електричну природу й також спрямовані усередину рідини. І хоча по механізму своєї дії вони дуже різноманітні, природа таких сил єдина. Це видно з того що радянським ученим, І.Ф. Черепкову та Н.І. Черепкову, удалось знайти загальне рівняння, що описує рівновагу пар–рідина для будь-яких речовин з точністю до часток відсотка!

Що ж відбудеться, якщо покласти металеву пластинку в чисту рідину? Якщо в якості металу, не був узятий натрій, а в якості рідини – вода, то швидше за все, ніяких видимих змін спостерігатися не буде. Однак на мікрорівні, що визначає долі молекул, зміни відбудуться. І дуже

важливі. На поверхневій металевій «іоні» будуть тепер діяти не тільки сили взаємодії з іншою масою металу, але й сили притягання з боку рідини.

Якби поверхня металу була ідеально однорідною, то така «тяга в рідину» у більшості випадків не представляла б особливої небезпеки для кристалічних решіток. Але в реальній житті не існує ідеально однорідних поверхонь. Залежно від складу вихідної руди, способів її переробки, наступної обробки самого металу й багатьох інших факторів реальна поверхня металу дуже неоднорідна. Дефекти кристалічних решіток, атоми домішок, полікристалічна структура більшості металів, що приводить до особливого стану атомів на границях зерен,— усе це й багато чого іншого приводить до того, що різниця між силами, що діють на іони з боку кристалічних решіток і з боку рідини, у різних точках металевій поверхні різна. Цю неоднорідність можна у відомих межах уявити собі як нееквіпотенціальність, тобто вважати, що електричний потенціал між поверхнею металу й рідиною в різних крапках неоднаковий. У цьому випадку поверхня як би розділяється на безліч мікроелектродів, що мають різні потенціали, або, якщо прийняти середній рівень потенціалу за нуль, на безліч анодів і катодів. У класичній теорії ідеї, що розбудовувала, Делярива, такий поділ уважався обов'язковою умовою електро-хімічної корозії.

У випадку реального металу роль «фольги» відіграє електроліт, що є гарним провідником. Процеси ж розряду елементів у модельному ящику й мікроелементів на поверхні металу аналогічні, тому що й у тому й в іншому випадку вони обумовлені протіканням струму в результаті електрохімічних реакцій. При електрохімічній корозії анодні ділянки поверхні металу розчиняються, у результаті чого метал, перетворюється в позитивні іони, а на катодних ділянках іде відновлення іонів з розчину — найчастіше водневих.

Іншими словами, на поверхні в цілому йдуть два процеси. Один з них — це подорож іонів металу «туди» — у зовнішнє середовище, а другий — подорож уже інших іонів «звідти», із зовнішнього середовища до металу.

Для цього потрібно поставити собі такі запитання: чи можна під час цієї операції зробити помилку? які будуть наслідки таких помилок? чи можна усунути їхні причини? Відповіді на них дадуть змогу виявити можливі помилки вже в процесі оцінки ризиків або навіть на етапі проектування, не чекаючи, доки передбачувана помилка поставить під загрозу людські життя і трубопроводів.

Важливий метод запобігання потенційно можливим помилкам — відкрита звітність працівників про небезпечні ситуації. Перша помилка

не завжди : приводить до нещасного випадку, якщо після її виявлення вжито відповідних заходів.

Незважаючи на високий рівень проведення інструктажів і впровадження стандартів, люди порушують правила й вимоги. Відбувається це, в основному, тому що працівники відмовляються виконувати те, що їм здається занадто складним або незручним. Поведінка працівників і процеси в організації міняються, співробітникам потрібно час від часу нагадувати про потребу дотримуватися мінімальних вимог експлуатації трубопроводів.

Зрозуміло, не всі властивості, властиві корозії може відтворити наша модель. І навпаки, не всі властивості моделі властиві реальному процесу. Прикладом протиріччя з першої групи є той факт, що аноди й катоди в реальному процесі корозії можуть «блукати» по поверхні металу. Дійсно, якщо який-небудь мікровиступ виступав у ролі анода, то в ході процесу корозії він розчиняється й на його місці може утворюватися впадинка, при цьому потенціал данної ділянки поверхні стане ледве більш позитивним, тоді як у сусідніх ділянок він стане небагато негативний. Відбудеться зміна поведінки ділянок у ході процесу:, що раніше розчинялися стануть стабільними, а раніше стабільні почнуть руйнуватися.

Якби ми змогли збільшити зображення приблизно в мільйон раз, нам удалося б спостерігати приблизно таку картину. Ділянка поверхні являє собою частина кристаліта – маленького кристаліка неправильної форми, що утворювався при затвердінні розплавленого металу, який разом з безліччю собі подібних і становить металеве тіло. Відмінність у термінах – кристал і кристаліт – відбиває особливості кристалізації металів. Оскільки при охолодженні розплаву виникає безліч центрів кристалізації, що ростуть кристали розштовхують один одного, давлять на інших і самі зазнають тиск, причому такому, що замість строгої гранованої форми кожний з них здобуває вид вигадливої картоплини. Їх уже якось ніяково називати кристалами. Це кристаліти. І чим активніше йде процес кристалізації, тим більше дрібними й неправильними виходять кристаліти.

При тому ж збільшенні в мільйон раз спробуємо розглянути поверхню кристаліта докладніше. На ній видні недобудовані атомні шари. Більш того, у результаті активного впливу сусідів, на поверхні кристаліта практично взагалі немає закінчених, зроблених кристалічних структур. Уламки граней, безліч ребер, окремих атомів...

«Боже мій! Але де ж порядок! Де хвалена дисципліна?» Цей вигук Д. Хармса мимоволі приходить на розум при такому розгляді. А «недисциплінованість» атомів приводить тут до сумних наслідків. Справа

в тому, що будь-який крайній атом у недобудованому шарі слабкіше інших пов'язаний із кристалітом – у нього менше сусідів, чим в інших атомів. При впливі корозійного агента він першим і залишає поверхню. Тепер його сусід виявляється в положенні «крайнього». І він теж іде в розчин. Оскільки атоми розташовані рядами (кристаліт, не маючи зовнішнього огранювання, усередині зберігає кристалічну структуру!), процес розчинення: атомні ряди послідовно будуть розчинятися. Причому чим більше таких недобудованих граней, тим більше «екранів», по яких бігає «корозійний промінь», і тем швидше протікає корозія.

А от у випадку ідеального монокристала процес корозії буде утруднений, тому що в ньому, крім його вершин, ні «слабких ланок», потягнувши за які, можна було б його зруйнувати.

Ще одне протиріччя ми, мабуть, помітили б, якби спробували виміряти неодноразово згадану нами різниця потенціалів між різними точками поверхні металу, що розчиняється, наприклад, у розчині сильної кислоти. Як би ми не намагалися, ніякої істотної різниці ми не знайшли б...

Втім, це протиріччя скоріше гадане, засноване на непорозумінні. Адже й на контактах будь-якого гальванічного елемента даремно шукати напругу, якщо ми замкнемо їх накоротко товстим проведенням. Та й у нашої «ящикової» моделі після того, як фольга перемкне всі голівки й денця, їх потенціали перестануть відрізнятися друг від друга, як і потенціали в різних точках самої фольги (якщо, звичайно, її електропровідність досить велика).

Чим дрібніше аноди й катоди на реальній поверхні металу, чим ближче вони розташовані друг до друга, чим більше електропровідність середовища, тим зменшує можливі коливання потенціалу від однієї крапки до іншої. Реальну поверхню в таких умовах можна вважати еквіпотенціальною, тобто, що має той самий потенціал у всіх її крапках, хоча процеси, що йдуть у них у кожний даний момент, можуть бути й різні.

Ця еквіпотенціальність кородіручої поверхні труби й становить суть одного з основних постулатів сучасної теорії електрохімічної корозії.

Керівники компанії, які зазвичай реагують на нещасні випадки покаранням винних, не здатні ефективно управляти підприємством і запобігати нещасним випадкам. Якщо помилка, якої припустилася людина, призвела до аварії трубопроводу або нещасного випадку, не можна покладати відповідальність тільки на неї. Причина помилки, полягає в неефективності системи керування ризиками, яка не дає змоги уникнути ймовірних помилок. Навіть більше, у таких компаніях люди звичайно замовчують потенційні небезпеки, тому що бояться покарання.

По-справжньому ефективні системи керування ризиками мають ті компанії, у яких керівники вчаться на помилках і намагаються запобігти негативним для життя й здоров'я людини наслідкам у потенційно небезпечних ситуаціях трубопроводу. У таких компаніях розслідування нещасних випадків орієнтоване на глибокий аналіз проблем у системах, що виявилися неефективними при експлуатації трубопроводів для міста.

Бурикін В.В., Клименко С.Ан., Манохін А.С.
Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля
НАН України, Київ, Україна

ОБРОБКА ДЕТАЛЕЙ З ВАЖКООБРОБЛЮВАНИХ МАТЕРІАЛІВ БАГАТОЛЕЗОВИМИ ІНСТРУМЕНТАМИ, ОСНАЩЕНИМИ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИМИ НАДТВЕРДИМИ МАТЕРІАЛАМИ

Фрезерування є одним з найбільш поширених методів обробки корпусних деталей із важкооброблюваних матеріалів (ВОМ). За рівнем продуктивності воно перевершує стругання і в умовах великосерійного виробництва поступається лише зовнішньому протягуванню.

Останнім часом широкого поширення набули методи остаточної обробки плоских поверхонь чистовими торцевими і кінцевими фрезами. Це пояснюється тим, що фрезерування, в порівнянні зі шліфуванням, характеризується більш високою продуктивністю і розмірної стійкістю інструменту і забезпечує меншу кількість дефектів поверхневого шару. Обробці підлягають відповідальні деталі машин, високоточного обладнання, металорізальних верстатів і т. п. Працездатність таких деталей вимагає забезпечення необхідної контактної жорсткості і зносостійкості з'єднань, тому вони повинні мати мінімальні відхилення від площинності і необхідну шорсткість поверхні.

Більшість робіт з фрезерування площин, уступів і пазів виконується фрезами на універсальних, вертикально-фрезерних верстатах. Ось їх встановлюється перпендикулярно до обробленої поверхні заготовки. На відміну від циліндричних фрез, де всі точки різальних кромek є профілюючими і формують оброблену поверхню, у торцевих і кінцевих фрез тільки вершини різальних кромek зубів є профілюючими, а торцеві різальні кромки є допоміжними. Торцеві фрези забезпечують плавну

роботу навіть при невеликій величині припуску, так як кут контакту з заготовкою у торцевих фрез не залежить від величини припуску і визначається шириною фрезерування і діаметром фрези. Торцева фреза може бути більш масивною і жорсткою, в порівнянні з циліндричними фрезами, що дає можливість зручно розміщувати і надійно закріплювати різальні елементи. Торцеве фрезерування забезпечує зазвичай більшу продуктивність, ніж циліндричні.

Кінцеві фрези застосовуються в основному для обробки уступів, пазів і фасонних поверхонь. Проектування торцевих і кінцевих фрез є багатоваріантним завданням, при цьому відсутні чіткі критерії їх раціональної конструкції.

У даній роботі розглядаються деякі напрямки вдосконалення конструкцій фрез. В даний час широкого поширення набули фрези з механічним кріпленням пластин із ПКНБ. Такі фрези застосовують для напівчистої і чистої обробки деталей із загартованих сталей, високохромистих чавунів, твердих покриттів та інших ВОР. Вони прості в експлуатації, забезпечують скорочення витрат на інструмент при цьому забезпечуючи задану якість обробленої поверхні.

Мета роботи – вдосконалення конструкції фрез із ПКНБ для фрезерування деталей з ВОР для підвищення продуктивності, зниження собівартості, підвищення стійкості інструменту, зниження рівня вібрацій, збільшення якості обробленої поверхні.

З огляду на специфічні структуру і властивості деталей з ВОР, а також особливості макрогеометрії їх поверхні, особливе місце при проектуванні фрезерного інструменту із ПКНБ, при високих швидкостях різання, набувають його конструктивні заходи щодо зниження вібрації. Коливання супроводжуються зміною перетину зрізу, швидкості різання і сили різання. Для зниження вібрацій сконструйовано торцеву фрезу касетного типу і кінцеву фрезу. Торцева фреза касетного типу (рис. 1) складається з корпусу і касет, в яких механічно кріпляться змінні непереточувані пластини (ЗНП) із ПКНБ «Борсиніт» ($\text{cBN-Si}_3\text{N}_4$) в формі круглого циліндра типу RNMN0904 або квадрата типу SNMN1204.

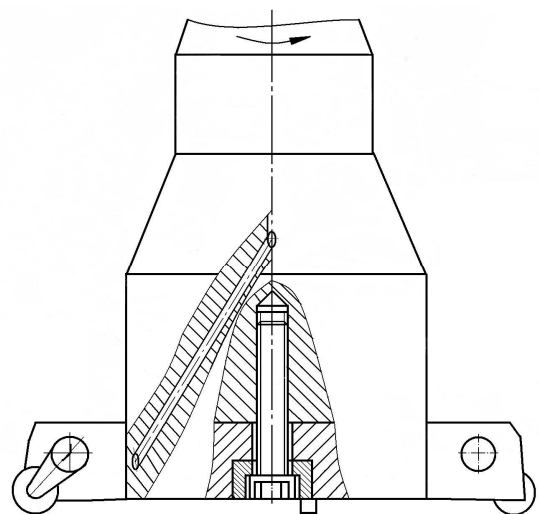


Рис. 1 – Торцева фреза касетного типу з круглими пластинами з ПКНБ

Конструкція касети забезпечує отримання на різальній частині необхідних величин передніх і задніх кутів. Касети встановлюються в корпус фрези з можливістю регулювання положення різальних кромок в торцевому напрямку. Залежно від оброблюваного матеріалу в той же корпус фрези можна встановити комплект касет з іншими кутами або під інший тип пластин. Подібна конструкція забезпечує підвищення стійкості інструменту і зниження шорсткості поверхні при обробці різних матеріалів.

Запропонована конструкція фрези дозволяє використовувати один і той же корпус для фрез різного призначення, що застосовуються на спеціальних швидкісних верстатах, автоматичних лініях, верстатах з ЧПУ, багатоцільових верстатах, що входять до складу гнучких виробничих систем. Використання таких фрез дозволяє уніфікувати режими різання чавунів, термічно оброблених сталей і покриттів, що важливо при обробці на верстатах з ЧПУ.

Фрезерування заготовки з високохромистого чавуну марки ІЧХ12 (47–50 HRC) торцевою фрезою касетного типу діаметром 60 мм. Режими обробки: швидкість різання $v = 1,25$ м/с, поздовжня подача $S_z = 0,0625$ мм/зуб і глибина різання $t = 0,5$ мм. Працездатність інструменту, оснащеного ЗНП з ПКНБ, оцінювалося за величиною швидкості зносу інструменту. Застосування в торцевих фрез для обробки плоских деталей з високолегованого чавуну композиту cBN-Si₃N₄ забезпечує шорсткість поверхні $Ra = 0,63–1,25$ і високу працездатність інструменту. Реалізовані швидкості різання при чорновому фрезеруванні становлять від 1,0 до 1,8 м/с і чистовому від 2,0 до 2,5 м/с при діапазоні подач на зуб від 0,05 до 0,3 мм. Для даної швидкості різання зберігається чистота поверхні і призначений ресурс фрези. В результаті дослідження можна зробити висновок про збереження характеристик поверхневого шару при переході до високошвидкісної фрезерної обробки, що робить можливим розширення її застосування.

Дослідження торцевого фрезерування наплавлених покриттів Нп-30ХГСА, Нп-25Х5ФМС і Нп-65Г (50–56 HRC) на чистових операціях касетної фрезою показали, що критерієм зносу інструменту є ширина фаски зносу по задній поверхні 0,4 мм. Збільшення зносу фрези вище вказаної межі призводить до руйнування різальних елементів і робить подальшу експлуатацію фрези практично неможливою. Обробка наплавлених матеріалів проводиться на наступних режимах різання (табл. 1).

Запропонована конструкція торцевої фрези дозволяє істотно підвищити продуктивність фрезерування, забезпечується зменшення шор-

сткості обробленої поверхні, сили різання і підвищення точності обробки. При цьому знижується рівень вібрацій, істотно менше стає вплив механічного удару на процес зношування різальних пластин, різко скорочується число відколів і викришування, знос стабілізується, стійкість і надійність фрези зростає. Застосування в конструкції торцевої фрези універсальних касет кріплення різальних елементів дозволяє використовувати такий інструмент в автоматизованому виробництві і значно зменшує собівартість механічної обробки.

Таблиця 1 – Режими різання при фрезеруванні наплавлених матеріалів торцевими касетними фрезами, оснащеними ЗНП з ПКНБ

Матеріал покриття	Торцеве фрезерування		
	v , м/с	S , мм/зуб	t , мм
Нп-30ХГСА	1,5–2,0	0,04–0,08	0,2–0,4
Нп-25Х5ФМС	1,2–1,6	0,03–0,06	0,1–0,3
Нп-65Г	1,0–1,2	0,02–0,03	0,08–0,20

В ході обробки пазів, кишень і контурного фрезерування найвища продуктивність досягається кінцевими фрезами. Прикладом верстата для обробки таких деталей є вертикально-фрезерний верстат МАНО з ЧПУ, що відрізняється високою жорсткістю конструкції (рис. 2). Фрезерування заготовки матриці штампів для обробки тиском з термостійкого високохромистого чавуну марки Х9Н5 (58–60 HRC) кінцевий фрезою діаметром 25 мм (рис. 3).



Рис. 2 – Вертикально-фрезерний верстат МАНО з ЧПУ



Рис. 3 – Кінцева фреза з круглими пластинами з ПКНБ

Конструкція кінцевої фрези складається з хвостовика і корпусу, в якому механічно кріпляться три ЗНП із ПКНБ «Борсиніт» в формі круглого циліндра типу RNMN0904. Режими обробки: швидкість різання $v = 94,2$ м/хв. (1200 об/хв.), поздовжня подача $S_{xe} = 400$ мм/хв. і глибина різання $t = 0,5$ мм. Працездатність інструменту, оснащеного ЗНП з ПКНБ, оцінювалося за величиною швидкості зносу інструменту. Застосування в кінцевих фрез для обробки деталей складної форми з високолегованого чавуну композиту cBN-Si₃N₄ забезпечує шорсткість поверхні Ra 0,85–1,25 і високу працездатність інструменту. Стійкість інструменту за вказаних умов – 48 хв. В якості критерію стійкості інструменту було визначено величину фаски зношування по задній поверхні різальної пластини 0,4 мм. При досягненні даної величини зносу збільшувалась осьова складова сили різання, що викликало вібрації технологічної системи, суттєве зниження глибини різання та розмірної точності обробленої поверхні.

Даниленко Ю.А. Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України, Харків, Україна

СТАНДАРТИЗАЦІЯ ПРОДУКЦІЇ ПІДПРИЄМСТВ

Національна стандартизація продукції може вміщати три різних підходи, а саме: розробку національних стандартів, гармонізацію міжнародних та розробку міжнародних стандартів.

Розробка національних стандартів є занадто кошторисною справою для українських підприємств. Нині ця проблема може вирішуватися лише об'єднанням підприємств однієї галузі для розробки таких стандартів, які потрібні галузі на сьогодні. Наприклад, для будівельної, машинобудівної, медичної галузей, тощо. Але існують галузі, наприклад, сцинтиляційна техніка, яка вміщає одиничні підприємства в Україні. В цьому випадку розробка національних стандартів є дуже важкою та не підйомною справою. Також при цьому підході не враховуються всі сучасні світові вимоги до продукції, що може призводити до безнадійного відставання підприємств від світових виробників та неконкурентоспроможності.

По-друге, у відповідності до Закону України «Про стандарти, технічні регламенти та процедури оцінки відповідності» та виконання статей 26 і 124 Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським союзом, Європейським співтовариством з атомної енер-

гії та їхніми державами-членами, з іншої сторони, ратифікованої Законом України від 16.09.2014 р. № 1678-VII, Міністерством економічного розвитку і торгівлі України видано Наказ №1493 від 30.12.2014 р. «Про прийняття європейських та міжнародних нормативних документів як національних стандартів України, змін до національних стандартів України та скасування національних стандартів України», європейські та міжнародні нормативні документи приймаються в Україні як національні стандарти України методом підтвердження. Це найдешевший спосіб, який не потребує від українських підприємств занадто великих зусиль, потребує лише кошти на переклад таких стандартів. Але з іншого боку, в такому випадку підприємства будуть працювати лише за правилами, що встановила світова спільнота. Але ці правила можуть дуже відрізнятися від існуючих українських правил та норм, що може призвести до тяжких наслідків для підприємства.

Існує ще третій підхід до стандартизації – це безпосередньо приймати участь у міжнародних організаціях зі стандартизації, що:

- запобігає появі стандартів, що суперечать власним інтересам українських компаній;
- запобігає появі суперечливих стандартів для української промисловості, тобто вирішує галузеві технічні проблеми;
- надає можливість слідкувати за технічними знаннями інших компаній, а це, в свою чергу, дає вихід за межу непередбачених знань через нові знання, отриманні під час неофіційного обговорення на засіданнях, а значить дає перевагу над конкурентами;
- надає можливість відкриття нових ринків, постачальників та покупців;
- сприяє сумісності та взаємозамінності з іншими виробниками комплектуючих частин продукції.

Як можна бачити, участь у міжнародних організаціях зі стандартизації – це єдина можливість підприємства просувати свою продукцію на світовий ринок.

Тобто сьогодні, як ніколи, Технічні комітети України мають брати активну участь на рівні розробки стандартів, активно працюючи в підкомітетах і групах міжнародних організацій зі стандартизації, розробляючи нові проекти міжнародних стандартів і даючи свої зауваження на кожен проект, що розробляється ще на рівні їх обговорення для розгляду світовою спільнотою.

Використання, як чинника впливу на інноваційний процес, міжнародної стандартизації дозволяє підприємству залишатися конкурентоспроможним та підтримувати свою продукцію на міжнародному рівні.

СИГНАЛ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ НА ЕТАПІ ВРІЗАННЯ І ВИХОДА СВРДЛА З АТП ПРИ СВЕРДЛІННІ ВУГЛЕПЛАСТИКА

Вуглепластики є перспективними матеріалами, які до того ж дешеві. Вони мають високий модуль пружності. По-друге, підраховано, що заміна 40% конструкції з алюмінієвого сплаву на вуглепластик призведе до 12% зниження ваги всієї конструкції [1].

Акустична емісія (АЕ), тобто випромінювання пружних хвиль напружень, викликаних тертям, руйнуванням або локальною перебудовою структури, містить інформацію про фізичні процеси, які відбуваються при різанні [2].

Свердління виконували на високоточному токарному верстаті ТПК-125ВМ. При дослідженні використовували перове свердло зі вставками з алмазно-твердосплавних пластин, конструкція якого описана в роботі [3]. Свердло мало основні і допоміжні ріжучі кромки, перемичку, канавку для стружки, циліндричний хвостовик. В якості ріжучих вставок використовували двошарові алмазно-твердосплавні пластини (АТП), які були впаяні срібним припоєм в корпус.

Для проведення експериментів свердла були заточені з заднім кутом на головній різальній кромки 17° або 30° . Кут в плані 120° , радіус закруглення різальних кромок 17,3 мкм.

Як показано в роботі [4], при свердлінні вуглепластику свердлами з АТП виділяється 5 характерних ділянок. У випадку дослідження сигналу АЕ необхідно додатково розглянути ще дві ділянки: 1 – ділянку підводу свердла до заготовки і 7 – ділянку виходу головних різальних кромок з заготовки. Кожну ділянку сигналу АЕ найбільш інформативно характеризує RMS – середньоквадратичне значення амплітуди сигналу АЕ, яку позначимо ψ .

Визначимо RMS сигналу АЕ, яке обумовлене взаємодією заготовки з поперечною кромкою, яке позначимо як $\psi_{\text{поп}}$. RMS сигналу АЕ обумовлене головними різальними кромками, позначимо як $\psi_{\text{різ}}$. RMS сигналу АЕ обумовлене взаємодією заготовки з поперечною кромкою і головними різальними кромками, позначимо як $\psi_{\text{сум}}$.

Аналіз осцилограм показав, що на етапі врізання свердла в заготовку основний вплив на RMS сигналу АЕ має поперечна кромка. На етапі

стаціонарного свердління вплив поперечної кромки в сумарному сигналу АЕ становить 9,0–20,5%.

Дослідження, виконані на етапі виходу свердла з заготовки дозволили встановити, що при свердлінні вуглепластика RMS сигналу АЕ обумовлене взаємодією заготовки з поперечною кромкою і характеризує наявність як домінуючих процесів руйнування матеріалу заготовки і розриву волокон, так і їх відсутність.

Висновки. При свердлінні вуглепластика свердлами з алмазно твердосплавних пластин (АТП) сигнал АЕ містить інформацію про процеси: різання і тертя різальними кромками свердла, пружну і пластичну деформації матеріалу заготовки, а також, у випадку наявності, розшарування матеріалу заготовки і розрив волокон. Під час врізання головних різальних кромки частка АЕ від поперечної кромки зменшується і на етапі стаціонарного свердління становить 9,0–20,5%. Після виходу із заготовки поперечна кромка не взаємодіє з оброблюваним матеріалом і не впливає на RMS сигналу АЕ. Зі збільшенням довжини поперечної кромки на 30% RMS сигналу АЕ від поперечної кромки зростає приблизно в 2 рази, а сумарне RMS сигналу АЕ збільшується на 50–95%. Зі збільшенням подачі від 0,01 до 0,08 мм/об при незмінній швидкості різання RMS сигналу АЕ від поперечної кромки зростає в 1,3–2,0 рази, а сумарне RMS сигналу АЕ – в 2,0–2,2 рази. При дослідженні сигналу АЕ, коли поперечна кромка виходить із заготовки, в переважній більшості експериментів має місце зростання величини RMS сигналу АЕ (у відмінності від осьової сили P_o), що вказує на наявність інтенсивного процесу розшарування матеріалу заготовки і розрив волокон. Встановлено, що чим більше ріст RMS сигналу АЕ на виході поперечної кромки тим більша дефектність просвердлених отворів (ворсистість та розшарування). Рекомендовані режими обробки для досягнення високої якості отвору $v = 0,62$ м/с, $S_o = 0,06$ мм/об (з параметрами свердла $\alpha = 30^\circ$, $k = 2,78$ м); $v = 0,62$ м/с, $S_o = 0,08$ мм/об (з параметрами свердла $\alpha = 30^\circ$, $k = 2,78$ мм). Високопродуктивні режими обробки, при яких досягається задовільна якість поверхні отворів: $v = 1,04$ м/с, $S_o = 0,048$ мм/об (з параметрами свердла $\alpha = 17^\circ$, $k = 2,14$ мм); $v = 1,04$ м/с, $S_o = 0,06$ мм/об (з параметрами свердла $\alpha = 30^\circ$, $k = 2,78$ мм).

Література

1. Криворучко Д.В. Механическая обработка композиционных материалов при сборке летательных аппаратов (аналитический обзор): монография / Д.В. Криворучко, В.А. Залога, В.А. Колесник и др. – Сумы : Университетская книга, 2013. – 272 с.

2. Девин, Л.Н. Широкополосные датчики акустической эмиссии для диагностики состояния режущих инструментов / Л.Н. Девин, Н.В. Новиков // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2008. – №4. – С. 81–85.

3. Девин, Л.Н. Сверление отверстий в деталях из композиционных материалов с использованием инструментов из сверхтвердых поликристаллов / Л.Н. Девин, А.И. Гречук, Б.В. Лупкин // Сверхтв. мат. – 2018. – №1. – С. 77–85.

4. Девін, Л.М. Осьова сила при свердлінні вуглепластика свердлами з алмазно-твердосплавних пластин (АТП) / Л.М. Девін, М.Є. Стахнів // Надтв. мат. – 2020. – № 6. – С. 57–67.

*Довгаль А. Г., Варюхно В. В., Попов А.В.,
Евсюков Е.Ю.* Національний авіаційний університет,
Київ, Україна

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОТИКРИГОУТВОРЮЮЧОЇ РІДИНИ IV ТИПУ НА МАЙДАНЧИКАХ ПРИТИКРИГОВОЇ ОБРОБКИ АЕРОПОРТУ

Нанесення антиобліднювальної рідини є дуже дорогим для обробки різних видів ПС [1]. Наприклад, вартість обробки реактивного літака середнього розміру складає €1500, літака великої дальності складає €2500, літака короткої дальності складає €3500 і авіалайнеру становить €10000. Отже економія рідини є дуже важливою, але не завдяки зниженню вимог безпеки, а завдяки якості обробки [2–3].

Антиобліднювальна рідина ПС (ПОР) коштує близько \$6 за галон. Економія застосування ПОР вимагає досконалого наукового дослідження поведінки ПОР за різних умовами нанесення. Наступні чинники мають бути взято до уваги. Фактори, що впливають на рідину застосування ПОР IV типу:

- зовнішня температура;
- вологість повітря;
- переохолоджений вміст краплинок (опад).

У результаті можуть трапитися наступні наслідки:

- розчинення та розчеплення ПОР;
- руйнування цілісності шару і появи необроблених плям;

- зниження часу захисту до того часу, як літак залишить ділянку
- переохолоджених крапель;
- надлишкове використання та витрата ПОР.

Дослідження на поверхні крила вмісту і сили утримання на поверхні може поліпшити технологію нанесення ПОР і зекономити надлишкове її розпилення. Для експериментальної частини рідини IV типу була вибрана етилен гліколієва ПОР. Рекомендації для ПОР IV типу клейм “Safewing MP III 2031 ECO” і машини антиобліднювальної обробки Elephant Beta розроблені в аеропорту Бориспіль.

Результати дослідження єдиної краплини антиобліднювальної рідини є наступними. Густина і сила утримання була перевірена під крилом за допомогою фотографування знімків і рефрактометричного аналізу вмісту краплини в умовах різних опадів і дистанції нанесення (рис. 1).

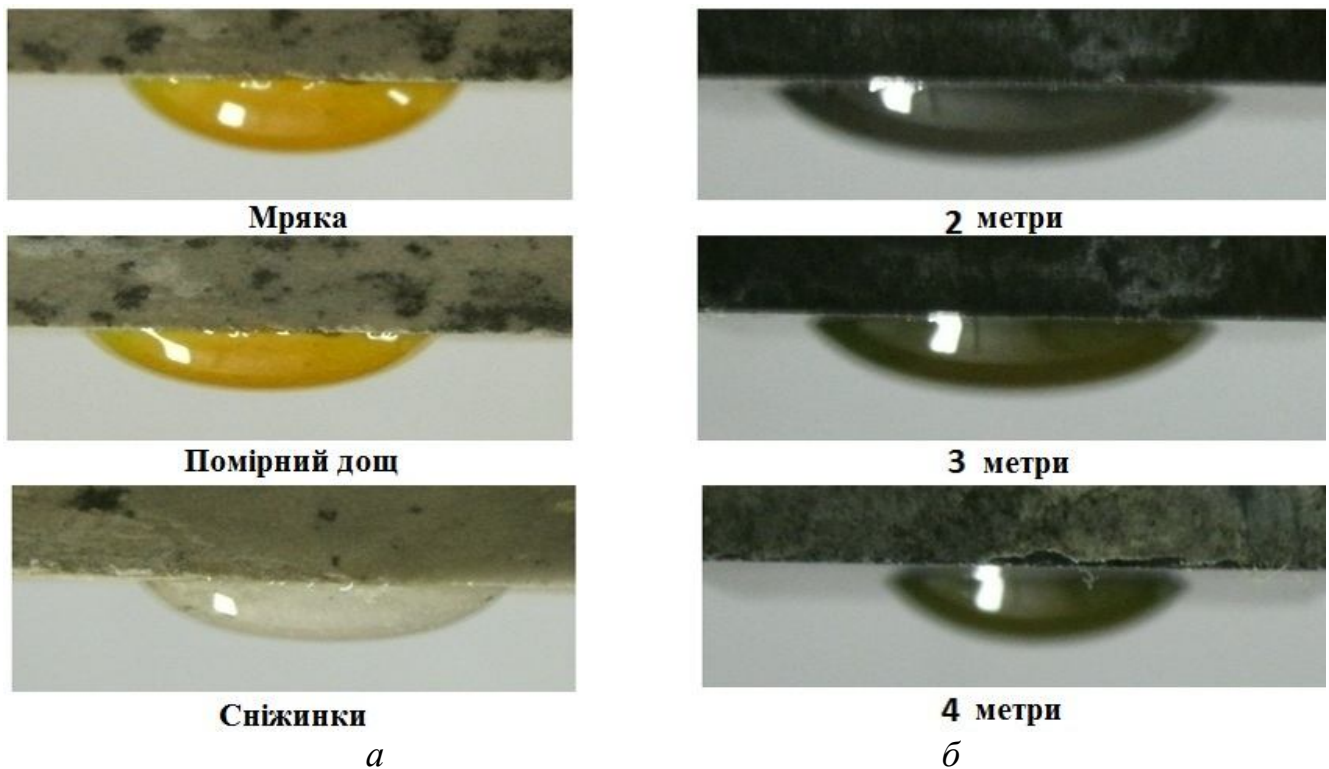


Рис. 1 – Дослідження одиничної краплі ПОР:

а – вплив опадів на вміст рідини; *б* – відстань сопла розпилювання від поверхні ПС

Густина і сила утримання була перевірена під крилом за допомогою фотографування знімків і рефрактометричного аналізу вмісту краплини в умовах різної відносної вологості і попереднього підігріву рідини (рис. 2). Досліджено основні дефекти шару рідини VI типу залежно від експлуатаційних факторів (рис. 3, 4).

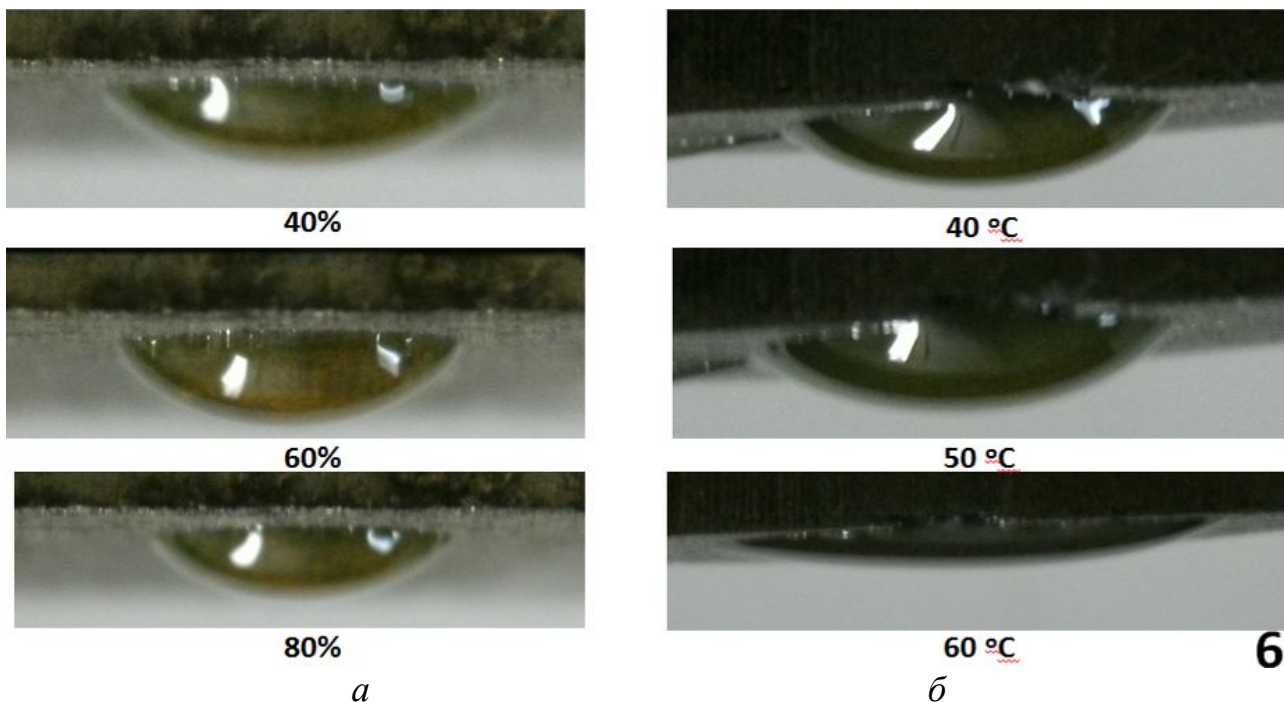


Рис. 2 – Дослідження одиної краплі ПОР:

a – вплив вологості на склад краплі; *б* – вплив підігріву рідини на склад краплі

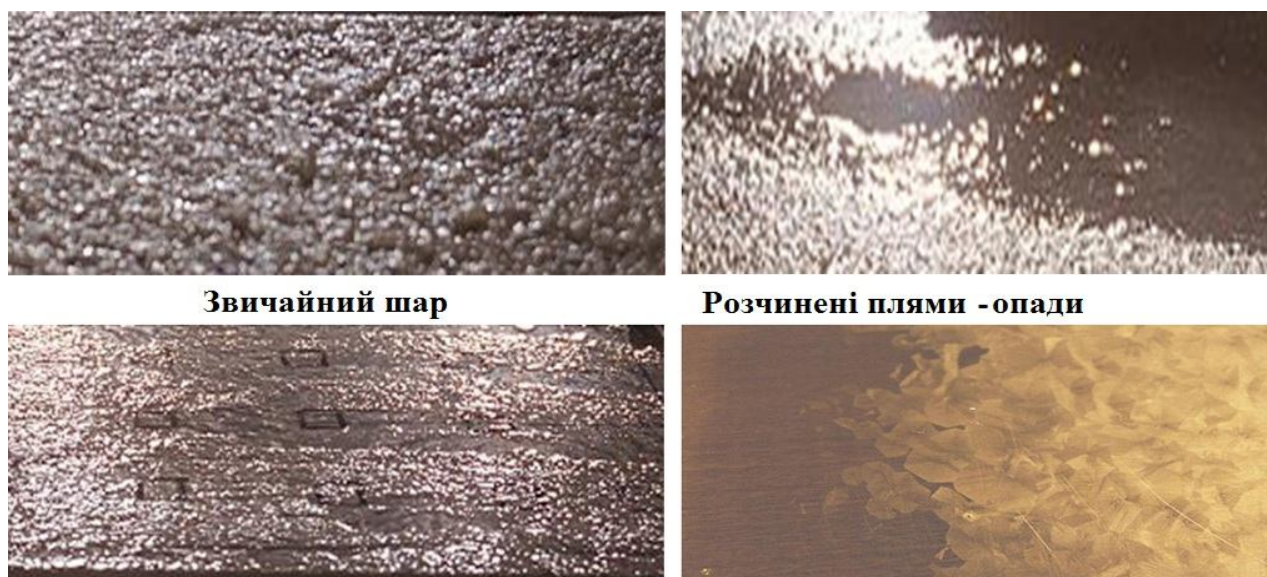


Рис. 3 – Дефекти опрацювання ПОР поверхню ПС



Рис. 4 – Руїнація шару антиобліднювальної рідини:

a – смугаста; *б* – плямиста

Висновки. На основі експериментального дослідження рідини IV типу III 2031 марки “Safewing MP III 2031 ECO” і МПО Elephant Beta в аеропорту Бориспіль:

- виявлені головні чинники, що впливають на вміст рідини, сила утримання і цілісність шару;
- досліджені головні закономірності одиничної краплі рідини VI типу залежно від типу опадів, дистанції нанесення, відносної вологості і температури підігріву;
- отримані дані можна використовувати для обробки та комп’ютерного моделювання для розробки практичних рекомендацій застосування рідини VI типу в аеропорту Бориспіль.

Література

1. Kuzmina, E.G. Technology and Facilities for Antiicing of the Small Aircraft at Airports with Low Throughput / E.G. Kuzmina // XVIII Міжнародна наук.-практ. конф. молодих вчених і студентів «Політ. сучасні проблеми науки»: Зб. тез., 3–6 квітня 2018 р. – К. : 2018. – С 14.
2. EN 1915-1:2001+A1:2009: Aircraft ground support equipment- General requirements – Part 1 : Basic safety requirements – CEN : 2009. – 47 p.
3. EN 12312-6:2004+A1:2009: Aircraft ground support equipment- Specific requirements – Part 6 : Deicers and deicing/antiicing equipment. – CEN : 2009. – 35 p.

Качинський В.С., Коваль М.П. Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона, Київ, Україна

РЕЄСТРАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ В ПРОЦЕСІ ПРЕСОВОГО ЗВАРЮВАННЯ ТРУБ МАГНІТОКЕРОВАНОЮ ДУГОЮ

Швидкий розвиток та широке застосування систем управління у зварювальному виробництві [1], потребує від розробників устаткування шукати нові шляхи та апаратну реалізацію для підвищення ефективності зварювального устаткування та гарантованого отримання якісних зварних з’єднань [2]. Поширення використання у різноманітних галузях промисловості пресового зварювання магнітокерованою дугою (ПЗМД) та розробка нових зварювальних машин для реалізації цього способу, потребує удосконалення існуючих систем оцінки якості зварних з’єднань та управління.

Відоме застосування параметричного контролю якості зварювання при контактному стиковому зварюванні рейок [3]. Використання цього методу контролю якості базується на реєстрації, в реальному часі, параметрів зварювання та визначенні можливих відхилень параметрів від заданих програмних значень. При цьому визначається допустимість цих відхилень та їх вплив на якість з'єднань і дається оцінка якості отриманого з'єднання. При використанні ПЗМД зварювання також використовуються програми управління основними параметрами, але параметричний контроль до цього часу не застосовувався в промислових умовах.

Метою даної роботи є розробка вихідних умов та створення комп'ютеризованого комплексу управління процесом зварювання і оцінки якості зварних з'єднань за параметричним аналізом технологічних параметрів.

З урахуванням досвіду експлуатації ПЗМД устаткування і враховуючи результати виконаних досліджень [4, 5] було апробовано ПЗМД при якому в процесі нагрівання труб відбувається коригування параметрів процесу без жорсткого прив'язування до тривалості програми зварювання, але з урахуванням енергетичних характеристик зварювальної дуги з метою програмованого отримання необхідного, для формування з'єднання, температурного поля.

Розроблено схему системи керування та оцінки якості зварюваних з'єднань на машині для ПЗМД. Для забезпечення реалізації алгоритму управління та оцінки якості, було виконано модернізацію шафи системи керування (рис. 1). Відповідність комп'ютерної оцінки контролю якості реальному стану речей, гарантується забезпеченням системи, реальними вихідними даними, у випадку виконання ПЗМД труб, такими даними є струм, напруга зварювальної дуги, швидкість та величина осадки труб.

За даними рапортів, формується база даних коливань значень цих параметрів при виконанні зварювання за весь період експлуатації устаткування, яка в подальшому буде використовуватися для оптимізації технологічного процесу.

Реєстрація технологічних параметрів процесу ПЗМД на модернізованій машині відбувається за схемою наведеною на рис. 2, де: 1 – труби для заварювання; 2 – рухомий затискний пристрій; 3 – елементи магнітної системи; 4 – стовп електричної дуги; 5 – нерухомий затискний пристрій; 6 – датчик струму; 7 – датчик положення; 8 – датчик падіння напруги на зварювальній дузі; 9 – датчик вимірювання абсолютного тиску гідравлічної системи; 10 – нормуючий інструментальний підсилювач (з ФНЧ $F_{зр} = 100\text{Гц}$); 11 – приймаючий АЦП; 12 – промисловий комп'ютер.



Рис. 1 – Блок-схема зварювальної установки

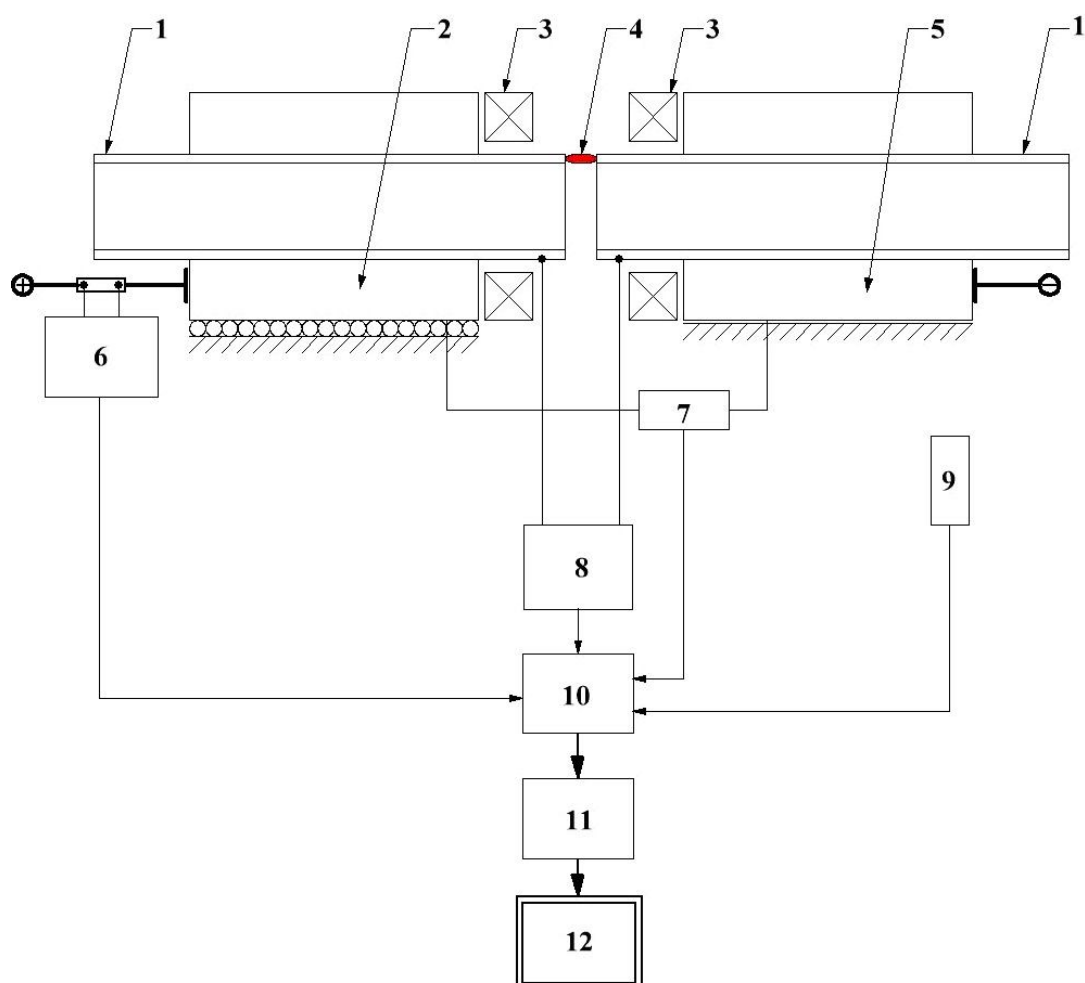


Рис. 2 – Блок-схема макету оцінки якості зварюваних з'єднань

Відхилення цих параметрів за межі допусків залежить від багатьох причин, у зв'язку з цим були розроблені алгоритми:

- керування для дворівневої системи, які забезпечують коригування режиму зварювання з метою стабілізації процесу;
- оцінки якості зварного стику та технічного стану зварювальної машини;
- формування рекомендацій з коригування параметрів технологічного процесу.

Існуючий контроль якості при якому порівнюють отримані дані з еталонними є найпростішою логічною функцією – показники якості перебувають у допуску при одночасному знаходженні в допуску всіх контрольованих параметрів. Однак при такому контролі не враховується значимість впливу кожного з параметрів на показник якості, існує невизначеність межі допусків параметрів процесу, а також можливе посилення впливу на якість зварювання сукупності певної комбінації відхилень.

Розроблено та апробовано алгоритм контролю якості зварювання на основі аналізу параметрів процесу на трьох етапах його здійснення:

- 1 – Нагрівання торців труб зварювальною дугою.
- 2 – Підвищення зварювального струму.
- 3 – Осадка та формування з'єднань.

Висновок про якість отриманого зварного з'єднання з певним ступенем імовірності (істинності) здійснюється на підставі логічних правил, які складені за результатами досліджень технологічних особливостей процесу зварювання труб [6].

Висновки.

1. Визначено вихідні вимоги до системи контролю основних технологічних параметрів ПЗМД зварювання.
2. Визначено межі змін основних технологічних параметрів при зварюванні для отримання якісних з'єднань.
3. Розроблено алгоритм керування процесом зварювання та контролю якості зварних з'єднань.

Література

1. Руденко, П.М. Система автоматического управления и контроля процесса контактной точечной сварки КСУ КС 02 // Автомат. сварка. – 2007. – 11. – С. 43-45.
2. Кучук-Яценко, С.И. Статистическое управление процессом контактной стыковой сварки рельсов. Двухуровневая система управления / С.И. Кучук-Яценко, П.М. Руденко, В.С. Гавриш и др. // Автомат. сварка. – 2015. – 5–6. – С. 17–20.

3. Кучук-Яценко, С.И. Технологии и оборудование контактной сварки рельсов: 60 лет непрерывных инноваций / С.И. Кучук-Яценко // Автомат. зварювання, 2018. – 11–12. – С. 29–46.

4. Кучук-Яценко, С.І. Патент на винахід №100278 «Спосіб пресового зварювання» / С.І. Кучук-Яценко, В.С. Качинський, М.П. Коваль. – 2012.

5. Кучук-Яценко, С.І. Патент на корисну модель №136339 «Машина для пресового зварювання труб та трубних закінчень, що нагріваються дугою, керованою магнітним полем» / С.І. Кучук-Яценко, В.С. Качинський, М.В. Галахов. – 2019.

6. Качинський, В.С. Пресове зварювання магнітокерованою дугою високоміцних сталевих трубчастих деталей гідроциліндрів / В.С. Качинський, С.І. Кучук-Яценко, М.П. Коваль // Автомат. Зварювання. – 2020. – 1. – С. 45–51.

*Kovalenko Yu., Kit R., Bondarenko M. Cherkasy
State Technological University, Cherkasy
Antonyuk V. National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine*

COMPUTERIZED PROBING SYSTEM OF TAPE ELECTRON FLOW

In the fields of communication and telecommunications, precise machinery and instrumentation, aerospace industry, in the manufacture of quantum computing devices, in medicine and other industries, special importance acquire optical devices, the technologies of obtaining which were significantly improved recently.

One of the following technologies that have prospects in development are the technology of low-energy electron-radiation processing. The main advantages of such technology are high precision and processing speed, a wide range of operating modes, the ability to thermal and electronically influence only on the surface layer of glass (to dozens of micrometers). In this case, it is possible to create a surface with new physico-chemical and operational properties. However, high quality processing of optical materials can only be achieved by providing high-precision control of the technological parameters of electronic flow.

Therefore, further improvement of vacuum technological equipment in part of special technological equipment and nodes gives an opportunity to carry out a combined surface electron-beam treatment for optical elements with high quality characteristics.

The authors [1, 2] a computerized probing system is designed, which is designed to determine the distribution of the energy of the tape electron flow and adjusting the optical product processing modes directly during the process. Basic tasks solved by such a system:

- measurement of the energy distribution density in the cross-section of the electronic flow of specific power $10^2\text{--}10^3\text{ Wt/cm}^2$;
- determination of effective tape electron flow width;
- determination of factors that affect the distribution of energy through the cross-section of the electronic stream;
- investigation of electronic stream parameters in the processing process;
- measurement of electron flow parameters without the influence of the surface treated and on the surface of the optical material;
- representation of probing results obtained immediately in digital form directly to stabilize and control the electron flow.

The scheme of a computerized measurement system and the processing of probe characteristics is presented on Fig. 1.

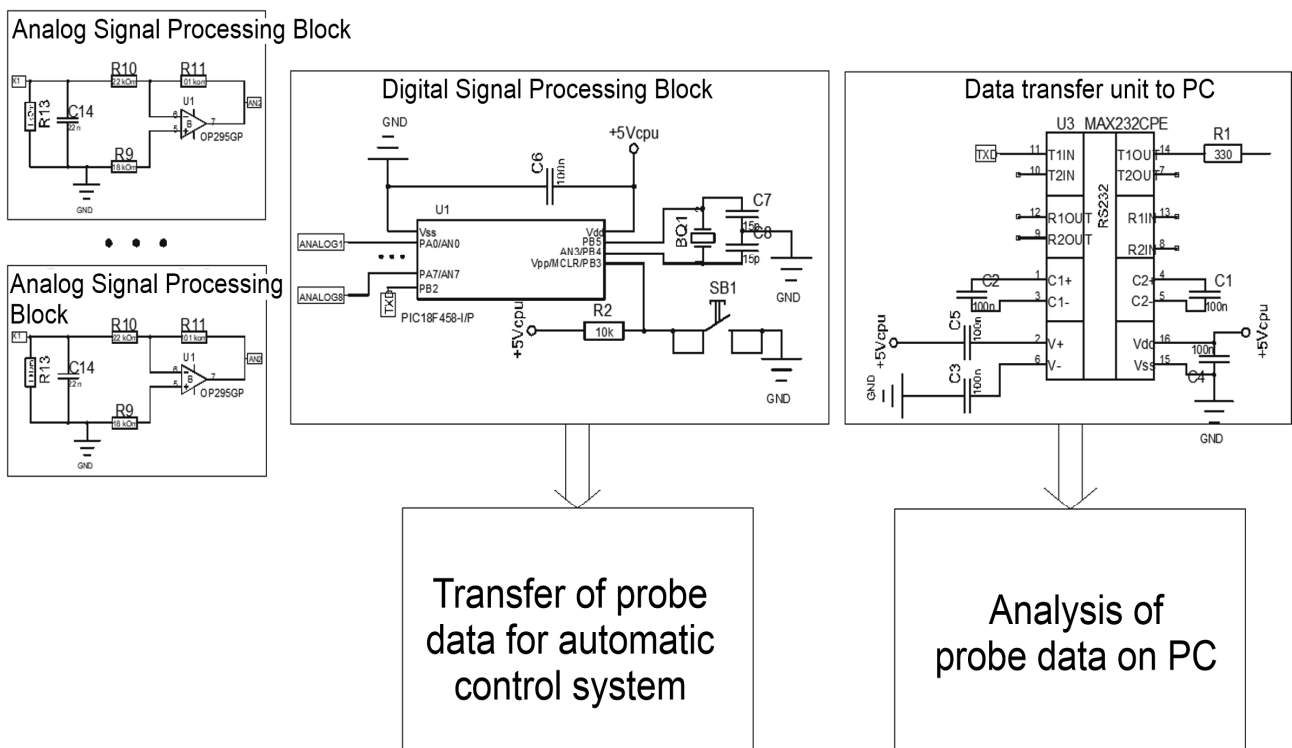


Fig. 1 – Structural electric diagram of a microprocessor block of processing probe characteristics

Thus, the computerized system of operational diagnostics and determination of the working parameters of the tape electron flow allows operatively and gradually determine the spatial-energy characteristics of the tape electron flow parameters directly in the process of electron-beam processing of optical materials.

References

1. Rud, M.P. The express-diagnostics of band electronic stream / M.P.Rud, V.P.Boyko, Yu.I.Kovalenko et al. // Visnyk Cherkaskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu [Bulletin of Cherkasy State Technological University]. – 2005. – № 3. – OP. 49–51.
2. Kovalenko, Yu.I. Yssledovanye raspredeleniya enerhyu v zone deistvyia lentochnoho elektronnoho potoka [Expertation of energy in the zone of the depletion of the branches of the energy] / Yu.I. Kovalenko, V.S.Antonyuk, L.H.Polonskyi // Proc. I Intern. Sci. and techn. conf. «Prospects for the development of mechanical engineering and transport – 2019», 13–15 May 2019. – Vinnytsia, 2019. – P. 295–296.

Коваленко Я.П., Мельничук П.П. Державний університет «Житомирська політехніка», Житомир, Україна

МЕТОДИ ОЦІНКИ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ В КОНТАКТНІЙ ЗОНІ ПРИ РІЗАННІ ЗАГАРТОВАНИХ СТАЛЕЙ ІНСТРУМЕНТОМ ІЗ ПКНБ ГРУПИ VL

Прогресивний розвиток сучасної трибології та термобаричних властивостей процесів різання в області створення нових матеріалів дає зростання вимог до технологій у зв'язку з поглибленими дослідженнями методів механічного оброблення виробів. Але, разом з тим, проблеми, які виникають при обробці, формують низку питань для вирішення задач зношування інструментів, покращення якості виробів, збільшення продуктивності. Для такої обробки використовують матеріали з високими механічними властивостями, а саме загартовані сталі, жароміцні та сплави високої твердості. А найбільш поширеними інструментами є інструменти із полікристалічного кубічного нітриду бору (ПКНБ). ПКНБ володіє винятковою твердістю в гарячому стані, що дозволяє застосовувати при високошвидкісному різанні. Такі параметри дозволяють отримати високу міцність, термостійкість, зносостійкість. Але про-

цес обробки металів супроводжується значним тепловиділенням, де основними джерелами виникнення тепла в зоні різання є:

- внутрішнє тертя між частками зрізаючого шару в результаті його пластичної деформації при утворенні стружки;
- тертя стружки о передню поверхню інструмента;
- тертя поверхні різання та оброблюваної поверхні по заднім поверхням інструмента.

Найбільш відомими основними засновниками теплофізики різання вважаються американські вчені Чао і Трігер, які провели достатньо об'ємні аналітичні дослідження на поверхні контакту інструмента зі стружкою та з оброблюваним матеріалом, поступово вдосконалюючи підходи до розрахунків. У той же час і вітчизняні вчені теоретично досліджували напрямок і інтенсивність теплових потоків при різанні, температури на контактних поверхнях і температурні поля в інструменті та деталі, механізм дії змащувально-охолоджувальної рідини. У 1952 р. Б.Я. Борисов, застосувавши метод точкових джерел, спробував розрахувати температуру різця в місці сходу стружки з передній поверхні і досліджувати його температурне поле. Найбільш всебічні і глибокі дослідження теплофізики різання виконав А.Н. Резніков. Вчений, який захистив дисертацію по цій темі, вважав, що температурне поле від дії джерела теплоти будь-якої форми, тривалості дії і швидкості руху можна отримати як результат суперпозиції температурних полів, що виникають під дією системи точкових миттєвих джерел. Резнікову вдалося вирішити комплекс складних завдань теплофізики, які мають науковий і практичний інтерес.

Складність розрахунку температури біля ріжучої кромки навіть при дуже простих умовах різання надає особливе значення методам вимірювання температури. Існує декілька методів вимірювання температури в зоні різання. Калориметричний метод полягає в тому, що стружка збирається в калориметрі з водою. Якщо визначити кількість води в калориметрі, вагу стружки та її теплоємність, можна знайти середню температуру стружки по різниці температури води в калориметрі до, та після різання. Температуру поверхні інструмента за обсягами зони його контакту з оброблюваним виробом, або зі стружкою, можна визначити за допомогою термочутливих барв, які змінюють свій колір при нагріванні до певної температури.

Метод вимірювання температури за допомогою термопар є найбільш спрощеним та зручним для застосування у сучасних дослідженнях. Метод вимірювання штучною термопарою простіше по здійсненню, але для отримання абсолютних значень температур проведення є дуже трудомісткою операцією градування термопари «інструмент-

оброблюваний матеріал». Для спостереження за зміною температури контактних слоїв стружки при переміщенні її по довжині контакту може застосовуватися «бігуча термopapa». Сутність цього методу полягає в тому, що в заготовку кріпляться термopapi, які при перерізуванні їх ріжучим лезом інструмента утворюють шар термopapi, яка ковзає по передній та задній поверхням.

Різновидом метода натуральної термopapi є «метод двох різців», який зводиться до різання одночасно двома різцями, які виготовлені із різних матеріалів. Цей метод дозволяє виключити проблемний процес градування термopapi для кожного виду оброблюваного матеріалу; термopapa градується один раз, та градуйована крива, яка отримана після процесу використовується для всіх оброблюваних матеріалів.

Численні дослідження залежності температури від різних факторів показують, що температура в зоні різання залежить від фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, режиму різання, геометрії ріжучого інструменту і багатьох інших умов. Найбільший вплив на температуру в зоні різання надає швидкість різання, в меншій мірі впливає подача, а вплив глибини різання майже не виявляється.

На сьогоднішній день основні закономірності та методи вимірювання температури в зоні контакту процесу різання надтвердими матеріалами розкриті недостатньо, рекомендації щодо їх застосування носять загальний теоретичний характер. У зв'язку зі складнощами, які виникають при вимірюванні точних параметрів температури, такі значення не дають точної оцінки. Автори знаходяться у пошуку більш точних методів оцінки теплофізики, які дадуть можливість експериментально та теоретично відтворювати температурне поле.

*Кокотіна В.В., Лесна Л.А., Степаненко С.М.
ДП «Івченко-Прогрес», Запоріжжя, Україна*

ВПЛИВ ЗОРУ НА ПОМИЛКИ ЛЮДИНИ ПРИ СТВОРЕННІ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

У такій високотехнологічній галузі людської діяльності, як авіація, фокус вирішення проблем часто повністю зосереджується на технічних питаннях. Для прийняття технічних рішень при виникненні проблем ми звертаємося до інженерів, хоча статистика авіаційних подій свідчить, що принаймні три з чотирьох авіаційних подій трапляються в результа-

ті робочих помилок, що здійснюються явно здоровими і належним чином сертифікованими людьми.

У гонитві за новими технологіями часто забувають, що цими технологіями користуються люди, які взаємодіють між собою і яким власливо помилятися.

Проблемі впливу «людського чинника» в авіаційній індустрії країни нині приділяється дуже пильна увага. Одним з аспектів цієї роботи є навчання персоналу підприємств з питань цієї тематики. Ефективність навчання підвищується, якщо аудиторії дається не тільки загальна інформація щодо впливу «людського чинника», але і інформація, яка конкретно пов'язана з виконуваною професійною діяльністю. Для фахівців авіаційних підприємств, що виконують зовнішній огляд, магнітопорошковий контроль, рентгенівський контроль і т. д. важливу роль у попередженні помилок в їх роботі відіграє зір.

Розглянемо хвороби очей і побачимо, як зір впливає на помилки людини. Око – найважливіше з органів чуття людини, за допомогою зору ми отримуємо 90% інформації з навколишнього світу. Очі – складний оптичний прилад і їх основне завдання передати зображення через зоровий нерв до мозку, для подальшої обробки.

Око складається з кришталика, зіниці, рогівки, райдужної оболонки, сітківки, зорового нерву, склоподібного тіла. На віддаленні 3-4 мм від центру сітківки є особлива ділянка, яка позбавлена нервових рецепторів. Через це її назвали сліпою плямою. Її розміри - менше 2 мм. Сітківка складається з нервових рецепторів двох видів - паличок і колбочок. Палички відповідальні за нічний (чорно-білий) зір, а колбочки дозволяють бачити світ у всій пишноті кольорів.

Нормальна здатність розрізняти певні кольори для фахівців авіаційних підприємств важлива для того, щоб: розрізняти компоненти, дроти, різні діагностичні інструменти. Нездатність розрізняти кольори (дальтонізм) поширена у 8% чоловіків і у 0,5% жінок. Найбільш поширеним типом є неможливість розрізняти червоний і зелений кольори (в окремих випадках – блакитний і жовтий). Причини: спадковість, наслідки інфекційних захворювань, вікові зміни (пожовтіння кришталика).

Є ще ряд хвороб, які впливають на помилки людини, – це короткозорість, далекозорість, астигматизм.

Короткозорість – аномалія рефракції ока, при якій фокус переміщається вперед, а на сітківку потрапляє вже розфокусоване зображення. При короткозорості подальша точка ясного зору лежить в межах 5 метрів (в нормі вона лежить в нескінченності). Короткозорість буває помилковою (коли через перенапруження циліарного м'яза відбувається

його спазм, у результаті чого кривизна кришталика залишається занадто великою при зорі вдалину) і справжньою (коли очне яблуко збільшується в передній-задній осі).

Далекозорість називається така аномалія рефракції, при якій промені світла, що потрапляють в око, фокусуються не на сітківці, а позаду неї. У легких формах око з хорошим запасом акомодатії компенсує зоровий недолік за допомогою збільшення кривизни кришталика циліарним м'язом. Далекозорість викликається більше коротким, ніж звичайно зоровим яблуком.

Астигматизм – дефект оптики ока, викликаний неправильною формою рогівки і (або) кришталика. У всіх людей форми рогівки і кришталика відрізняються від ідеального тіла обертання (тобто всі люди мають астигматизм тієї чи іншої міри).

При цих хворобах помилки можна виключити за допомогою щорічного профілактичного огляду у окуліста і правильно підібраних окулярах.

Найнебезпечнішою хворобою для фахівця авіаційного підприємства, що виконує зовнішній огляд, магнітопорошковий контроль, рентгівський контроль і т. д. – є глаукома. На рис. 1 показана динаміка зміни поля зору при глаукомі. Фахівець, який має це захворювання, може не помітити дефектів, які потрапляють не в зону його видимості.

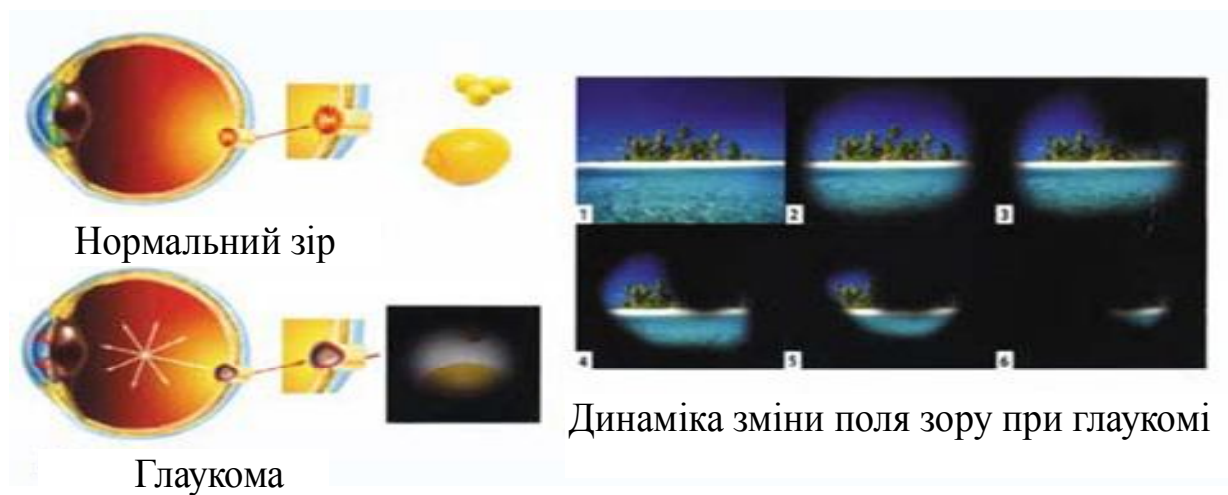


Рис. 1 – Зміна поля зору при глаукомі

Наприклад, дефектоскопісту з метою підвищення якості контролю доцільно через кожну годину роботи з огляду деталей робити перерву на 10–15 хв. Робота дефектоскопістів магнітного контролю в нічну зміну взагалі недоцільна.

Саме тому до роботи на дефектоскопах допускаються лише особи, які пройшли атестацію. Переатестація проводиться не рідше одного разу на рік, що знижує ймовірність появи помилок в їх роботі.

ИЗМЕРЕНИЕ КАЧЕСТВА ЧЕЛОВЕКА: РАЗВЕ ТАКОЕ ВОЗМОЖНО?

В настоящем докладе, представлены результаты дальнейших исследований по реализации концепций оценивания качеств человека – основного участника устойчивого развития всех сфер мировой экономики (Sustainable Development) и/или оператора/менеджера производства/потребления в различных отраслях мировой индустрии, включая судостроение и судоходство, по данным открытых публикаций и авторских разработок. Показано, что на данный момент оценка человека с помощью таких инструментов, как IQ-, EQ-, CQ-test, достаточно широко применяемых в экономически развитых странах Запада, имеет положительный эффект и тенденцию к дальнейшему совершенствованию. К сожалению, эти и им подобные инструменты, методы, подходы почти полностью игнорируются на землях русофона.

На вопрос в названии доклада ответим сразу: ЭТО ВОЗМОЖНО И ДАЖЕ НУЖНО! Оценки, очевидно, будут не идеальными (а что такое «идеальная оценка?»), но вполне разумными и достаточными для дальнейшего развития научно-технического прогресса (НТП – славно известная аббревиатура из недавнего советского жаргона). Тем более, по определению международных стандартов ISO серии 9000, 14000 и им подобных, включая всемирную концепцию TQM, «Качество – это степень, с которой собственные характеристики отвечают требованиям существующим и ожидаемым». Давно известно, что нельзя управлять тем, чего нельзя измерить – научная парадигма. Сейчас термин «управление» в мировой науке кибернетике расширился до понятия «менеджмент». Отсюда – нельзя осуществлять менеджмент того, чего нельзя измерить и/или выразить числом/цифрой. При этом заметим, что математика как является, так и остается царицей всех наук....

Измерение способностей/показателей качеств человека, испытание (измерение) или тестирование тех либо иных способностей (возможностей, характеристик) человека давно и видимо успешно практикуется в экономически развитых странах Запада в системах менеджмента персонала в трех направлениях. Дадим их кратко описание.

Test I.Q. (intelligence quotient) – измерение коэффициента умственных способностей человека разработан более 50 лет назад в Велико-

британии и США. В настоящее время этот метод испытания человеческих способностей широко используется в армии, в школах и в университетах этих же и других стран с рыночной экономикой. В Украине Test IQ не нашел широкого применения, поскольку, во-первых, не является обязательным ни в каких сферах деятельности; во-вторых, объективно не востребован предприятиями, организациями и учреждениями Украины, которые в основной своей массе еще не разобрались и вообще слабо представляют, что такое открытый рынок, прозрачная конкуренция, менеджмент качества, управление персоналом, глобализация и другие «заморочки ненавистного» капитализма. Понятно, 40 лет еще не прошло. Правда, отдельные примеры использования Test IQ в вузах Украины имеются – см. авторскую статью «33 тезиса о качестве высшего образования в Украине...» [5].

Test E.Q. (emotion quotient) – измерение коэффициента эмоциональных способностей человека разработан и применяется в тех же развитых странах Запада. На территориях русофона, думается, этот вид тестирования вообще мало кому знаком. Это и понятно: кто в СССР занимался организационной психологией или психологией организаций? Никто, кроме ЦК КПСС, да и то с полным запретом области подсознания и методов психоанализа.

Test C.Q. (cultural intelligence quotient) – измерение коэффициента общей культурности человека. Это вообще новейшие разработки консорциума профессоров из Великобритании, США и Сингапура в области менеджмента и психологии любого вида организаций для условий современной эпохи возрастающей глобализации. Украинским профессорам, особенно тем, которые пишут это слово с двумя «фф», такой вид тестирования, вероятно, вообще неизвестен. А жаль! В настоящее время независимое тестирование уровня развития общей культуры человека уже нашло применение в мировом крьюинге при комплектовании экипажей торговых судов моряками из разных стран и континентов – представителями различных мировых культур. В заключении отметим, что экономические и экологические проблемы во всем мире, их конвенционная и законодательная обеспеченность обуславливают интерес к процессам оценивания качества человека как основного элемента всех систем менеджмента. И этим процессам в прогрессе мировой индустрии, включая судостроение и судоходную отрасль, нет сегодня альтернативы [1–4].

Литература

1. Кривошеков, В.Е. И опять «человеческий фактор», который везде, всегда и во всем... «Человек как мера всех вещей» / В.Е. Кривошеков // Качество, стандартизация, контроль: теория и практика: Мат. 18-й Международ. науч.-практ. конф., 03–07 сент. 2018 г., г. Одесса. – К. : АТМ України, 2018. – С. 57–59.
2. Кривошеков, В.Е. Надежность и качество – близнецы-братья // В.Е. Кривошеков // Инженер-механик. – 2019. – № 3 (84). – С. 18–19.
3. Кривошеков, В.Е. Надежность человека – оператора технических систем / В.Е. Кривошеков // Методы менеджмента качества. – 2020. – № 4. – С. 50–56.
4. Кривошеков, В.Е. Межкультурные коммуникации в мировом сообществе: инновация для Украины 2041 года / В.Е. Кривошеков // Уч. записки Таврического нац. ун-та им. В.И. Вернадского. Серия «Филология. Социальные коммуникации». – Симферополь : ТНУ, 2012. – Т. 25 (64), № 1. Ч. 1. – С. 88–90.
5. www.krivoshchekov.at.ua Copyright Krivoshchekov™ © 2007–2021

*Лавріненко В.І., Ільницька Г.Д., Пасічний О.О.,
Зайцева І.М., Тимошенко В.В.* Інститут надтвердих матеріалів
ім. В.М. Бакуля НАН України, Київ, Україна

АЛМАЗНІ ШЛІФПОРОШКИ СИНТЕТИЧНОГО АЛМАЗУ АБРАЗИВНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ШЛІФУВАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

В машинобудуванні в процесах механообробки широко застосовуються порошки синтетичних алмазів марок АС6-АС20, оскільки саме алмаз, завдяки своїм унікальним фізичним властивостям, зокрема, високій твердості серед мінералів (і в той же час крихкості), і найбільш високій теплопровідності серед всіх твердих тіл, з давніх часів має широке застосування, та часом є єдиним можливим робочим інструментом для обробки широкого сегменту важкооброблюваних матеріалів. Однак можливості екстенсивного зростання застосування алмазів в промисловості в даний час практично вичерпані, необхідно різке підвищення ефективності їх використання. В результаті проведених досліджень, та випробувань створено процес сортування шліфпорошків алмазу, синте-

зованих із застосуванням сплавів розчинників Ni-Mn і Fe-Si для перетворення графіту в алмаз, який забезпечує отримання шліфпорошків алмазу марок АС6-АС20 з підвищеною абразивною здатністю і однорідних за фізико-механічними та розмірними характеристиками, для створення шліфувального інструменту підвищеної зносостійкості.

До алмазних шліфпорошків абразивного призначення відносяться порошки з різним вмістом внутрішньокристалічних домішок і включень, що розрізняються між собою за величиною питомої магнітної сприйнятливості і абразивної здатності. На основі проведених досліджень та випробувань розроблена технологічна інструкція «Виготовлення алмазних шліфпорошків спеціального призначення для шліфувального інструменту».

Для оцінки якості шліфпорошків алмазу абразивного призначення розроблено технічні умови ТУ У 23.9-05417377-284 «Алмазні шліфпорошки синтетичного алмазу спеціального призначення для шліфувального інструменту».

Технічні умови поширюються на алмазні шліфпорошки спеціального призначення з різним вмістом внутрішньокристалічних домішок і включень, що розрізняються між собою за величиною питомої магнітної сприйнятливості і абразивної здатності. В залежності від величини питомої магнітної сприйнятливості алмазні шліфпорошки поділяються на чотири категорії. Приклад умовного позначення алмазних шліфпорошків марки АС6 - магнітні категорії М-1 зернистістю 160/125: Шліфпорошок АС6-М1 160/125 ТУ У 23.9-05417377-284.

Алмазні шліфпорошки спеціального призначення рекомендується використовувати в шліфувальному інструменті в залежності від категорії: М-1 для електроерозійного шліфування; М-2 для електроіскрового шліфування; М-3 для електрохімічного шліфування, допускається використання для шліфування з охолодженням; М-4 для шліфування без охолодження. Категорія, величина питомої магнітної сприйнятливості і величина абразивної здатності алмазних шліфпорошків повинні відповідати вказаним в табл. 1 і 2.

В результаті проведеної фізико-механічної обробки, сортування за формою зерен і додаткової класифікації на ситах R-20 отримані алмазні шліфпорошки зернистості 125/100, що розрізняються між собою за магнітною сприйнятливістю, дефектністю поверхні і абразивною здатністю, та які відносяться до марок АС6-МІІІ, АС6-МІV. Алмазні шліфпорошки абразивного спеціального призначення різних зернистостей і марок розріз-

няються між собою за величиною питомої магнітної сприйнятливості, абразивної здатності і коефіцієнту поверхневої активності (табл. 3).

Таблиця 1 – Величина питомої магнітної сприйнятливості алмазних шліфпорошків абразивного призначення

Зернистість, мкм	Питома магнітна сприйнятливість, $\chi, \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$, категорії			
	I	II	III	IV
160/125	більше 1000 до 500 вкл.	від 500 до 100 вкл.	від 100 до 10 вкл.	не менше 10,0
125/100	800–400	400–100	100 –7	$\geq 7,0$
100/80	700 –350	350–50	50–5	$\geq 5,0$
80/63	600–300	300–50	50–3	$\geq 3,0$
63/50	500–250	250–50		

Таблиця 2 – Величина абразивної здатності зерен алмазних шліфпорошків абразивного призначення

Зернистість, мкм	Абразивна здатність(не менше), А, мг, категорії			
	I	II	III	IV
160/125	10,0	9,5	9,0	8,5
125/100	9,5	8,5	8,0	7,5
100/80	9,0	8,5	8,0	7,5
80/63	8,7	8,0	7,5	7,0
63/50	8,7	8,0	7,5	7,0

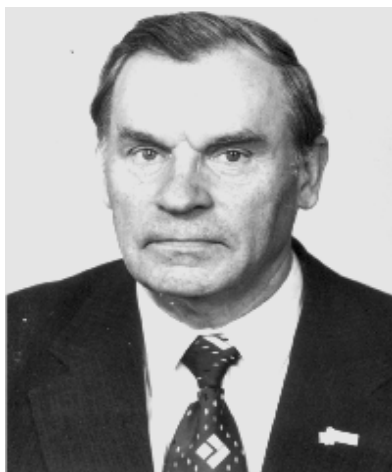
Таблиця 3 – Результати розділення алмазних шліфпорошків марки АС6 зернистості 125/100, синтезованих в системі Ni-Mn-C, в магнітному полі різної напруженості

Напруженість магнітного поля, $H, \text{ кА/м}^2$	Фракція розділення	$\chi, \times 10^{-8}$ $\text{м}^3/\text{кг}$	K_a , %	A, мг	P, Н	Марка*
1	магнітна 1	88,7	1,92	6,9	6,81	АС6-МІІІ
5	магнітна 2	62,8	1,87	6,4	7,15	
10	магнітна 3	24,5	1,71	5,7	7,25	
20	магнітна 4 (немагнітна)	8,9	1,23	4,3	7,97	АС6-МІV
Вихідна		18,3	1,54	4,8	7,17	

*Марку порошоків алмазу визначали за ТУ У 23.9–05417377–284 «Алмазні шліфпорошки спеціального призначення для шліфувального інструменту»

Лавріненко В.І. Інститут надтвердих матеріалів
ім. В.М.Бакуля НАН України, Київ,
Солод В.Ю. Дніпровський державний технічний
університет МОН України, Кам'янське, Україна

ЗАХАРЕНКО ІВАН ПАВЛОВИЧ – ФУНДАТОР НАУКОВОЇ ШКОЛИ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНОЇ ОБРОБКИ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ І КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ІНСТИТУТУ НАДТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ



Виповнився 60-ти річний ювілей Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України і разом з тим, в цьому році виповнюються також ювілеї співробітників Інституту, які були і залишилися знаковими для історії Інституту. Ось і нині нещодавно виповнилося 100 років з дня народження ветерана Інституту надтвердих матеріалів (ІНМ) Захаренка Івана Павловича.

В Інституті надтвердих матеріалів при Держплані УРСР була організована у 1962 р. лабораторія різального інструменту для дослідження питань механічної обробки металів, деревини і пластмас. Начальником лабораторії і, у підсумку, засновником наукової школи алмазно-абразивної обробки Інституту саме і став кандидат технічних наук Захаренко Іван Павлович, що прибув за переводом в ЦКТБ твердосплавного і алмазного інструменту (предтеча ІНМ) з м. Томська, де працював на Томському інструментальному заводі ім. В.В. Вахрушева головним інженером.

Актуальність створення такої лабораторії зумовлювалася тим, що після успішного освоєння синтезу алмазів у 1961 р. почав освоюватися випуск алмазного інструменту. Створення цієї лабораторії стимулювало подальший випуск інструменту. Так, у 1962 році випуск алмазних інструментів на Дослідному заводі ІНМ у порівнянні з 1961 роком зріс у 3,3 рази, а вже у 1963 році таке зростання склало 20 разів, у 1964 році – в 48 разів, а у 1965 р. у 71 раз у порівнянні із 1961 роком. Наслідком такої динаміки і стало природне виділення спеціалізованої лабораторії заточки інструмента, що відбулося у 1970 р. і реально стало початком активного функціонування наукової школи Інституту надтвердих матеріалів по алмазно-абразивній обробці інструментальних і композиційних матеріалів інструментами з НТМ. Очолив лабораторію заточки інструменту і наукову школу – кандидат технічних наук Захаренко Іван Павлович.

ЗАХАРЕНКО Іван Павлович народився 1 січня 1921 р. в с. Сергіївка на Дніпропетровщині в Україні.

Закінчив Томський політехнічний інститут у 1945 році і отримав спеціальність інженера-механіка. Працював інженером, а потім головним інженером Томського інструментального заводу. Без відриву від виробництва закінчив аспірантуру і пройшовши дослідницьку школу професора Розенберга О.М. у 1960 році захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук у Томському політехнічному Інституті за темою «Исследование работы метчиков».

У ІНМ І.П. Захаренко пропрацював 30 років (з 1960 по 1990 рр.) на посадах начальника та завідувача лабораторій різального інструмента та заточки інструмента, а з 1983 р. – провідного наукового співробітника. Він був керівником створеного ним в Інституті наукового напрямку «Синтетичні надтверді матеріали у інструментальному виробництві». За його безпосередньої участі виконано 50 тем планів НДОКР, створено біля 40 важливих науково-технічних розробок, реалізованих у промисловості з високою ефективністю. За ці розробки нагороджений золотою та срібною медалями ВДНГ СРСР. Захаренко І.П. – автор більш як 400 наукових праць, в том числі 18 монографій і книг, біля 100 брошур і методичних посібників, 30-ти винаходів. У 1966 році отримав вчене звання старшого наукового співробітника.

Наукову та трудову школу І.П. Захаренка пройшли багато молодих спеціалістів і аспірантів Інституту 60–80-х років, а також студенти ВУЗів. Ним підготовлено 11 кандидатів наук. Серед його учнів кандидати технічних наук: Аліханян Е.С., Ахундов Е., Гаджієв А., Гордашник К.З., Дегтяренко С.М., Лавріненко В.І., Мовла-Заде В., Савченко Ю.Я., Солод В.Ю., Шепелєв А.О., Епштейн В.М. Передостаннім (12-м) аспірантом який успішно захистився у 1983 році, був Валерій Іванович Лавріненко, нині доктор технічних наук, професор, завідувач відділу «Алмазно-абразивної та фізико-технічної обробки» Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України. Останнім (13-м) аспірантом, який успішно захистився у 1988 році, став Володимир Юрійович Солод, нині декан механічного факультету Дніпровського державного технічного університету МОН України.

Іван Павлович Захаренко був знаним організатором і пропагандистом наукового підходу у застосуванні НТМ в промисловості, активним лектором товариства «Знання», учасником багатьох міжнародних, всесоюзних, республіканських і галузевих конференцій, симпозіумів, шкіл-семінарів. Він був дійсно піонером промислового впровадження вітчизняних синтетичних алмазів і кубоніту в інструментальному виробництві.

Створена І.П. Захаренком лабораторія заточки інструмента, у якій працювали окрім згаданих вище, такі відомі фахівці як к.т.н. Кункин Я.А., к.т.н. Линенко-Мельников Ю.П., к.т.н. Краснік В.Г., Іжик В.Й., Черних В.П., Вінников М.П., Сінчило О.М., Пірожніков О.В., Рохман А.Д., Захарченко В.П., спрямувала свою науково-технічну діяльність на розробку і впровадження нових інструментів з надтвердих матеріалів для знімання великих припусків. Для цього лабораторією була розроблена технологія повної алмазної заточки інструмента. Промислове впровадження алмазної обробки провадилося на низці провідних заводів України та ССРСР, в т.ч.: ГАЗ (м. Горький), «Серп и молот» (м. Харків), Завод верстатів-автоматів (м. Київ), Завод важкого машинобудування (м. Маріуполь), Нікопольському кранобудівному і Сестрорецькому інструментальному заводу, Мінському автозаводі, Вінницькому ДПЗ-18, Нижньодніпровському трубопрокатному заводу, Ловозерському гірничо-збагачувальному та Тирніаузькому гірничо-металургійному комбінатах, практично на всіх цукрових підприємствах України і багатьох інших.

На початку 80-х років І.П. Захаренком була сформульована задача розробки високопродуктивних наукоємних гібридних технологічних процесів обробки новітніх інструментальних матеріалів кругами з НТМ, як важливий науковий напрямок. На вирішення вказаної вище задачі була направлена науково-технічна діяльність створеної у 1983 році лабораторії «Технології шліфування інструментальних і композиційних матеріалів», яку за спадковістю очолив його учень – к.т.н. Шепелєв А.О. Як наслідок, надалі з лабораторії вийшли три доктори технічних наук, розробки яких і підтримали цей напрямок: В.Г. Краснік, В.І. Лаврінченко і А.О. Шепелєв.

Іван Павлович Захаренко в цей період на посаді провідного наукового співробітника основну увагу приділив викладанню лекцій в КПІ (отримав вчене звання – доцента), а головне – підготовці і виданню низки монографій: «Эффективность обработки инструмента сверхтвердыми материалами» (М.: Машиностроение, 1982), «Сверхтвердые абразивные материалы в инструментальном производстве» (Київ: Вища школа, 1985) і у співавторстві – «Глубинное шлифование кругами из сверхтвердых материалов» (М.: Машиностроение, 1988), «Прогрессивные методы абразивной обработки металлов» (Київ: Техніка, 1990). Науковим визнанням діяльності Івана Павловича Захаренка за цей період стало видання тритомника трудів ІНМ «Синтетические сверхтвердые материалы», присвячену 25-річчю Інституту. Тільки завдяки невгамовній енергії заступника

редактора І.П. Захаренка така праця була видана у 1986 році і по нині є настільною книгою співробітників Інституту і не тільки його. З 1990 року Іван Павлович знаходився на пенсії після 45 років трудової діяльності і 30 років наукової роботи в Інституті. У 1997 році після тривалої хвороби його життя обірвалося, на жаль співробітників Інституту. Тим не менш розробки, думки, наукові праці І.П. Захаренка не забуваються і реалізуються в діяльності Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України та науковому і навчальному процесі Дніпровського державного технічного університету МОН України.

Лавров О.С., Голякевич А.А., Семковський К.В.
ТОВ «ТМ.ВЕЛТЕК», Київ, Україна

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРОШКОВИХ ДРОТІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЯКІСТЬ ПРОЦЕСУ ЗВАРЮВАННЯ

На сьогодні ринок зварювальних матеріалів в Україні і в світі диктує нові вимоги до якості зварювальних матеріалів та зварних з'єднань. Основні вимоги до зварювальних дротів вказані в стандартах EN 13479, EN ISO 544, EN ISO 15792.

Для виготовлення якісної і конкурентоспроможної продукції на підприємстві повинна бути діюча і постійно розвиваюча система управління якістю згідно до вимог EN ISO 9001:2015 [1].

Технологія виробництва порошкових дротів має свої особливості [2] оскільки при формуванні та подальшому досягненні необхідного діаметра порошкового дроту необхідно врахувати спільну деформацію сталевих стрічки оболонки та шихти сердечника, в який входять мінеральні, легуючі та інші інгредієнти.

До основних технологічних параметрів, які необхідно контролювати при виготовленні порошкових дротів можна віднести:

1. діаметр дроту;
2. виправлення дроту;
3. наявність технологічної мастила на поверхнях дроту;
4. коефіцієнт заповнення дроту шихтою (відношення ваги оболонки до ваги сердечника дроту).

Якість процесу зварювання (наплавлення) порошковим дротом оцінюється:

1. Зварювально-технологічними характеристиками:

- зовнішній вигляд і форма металу шва;
- стабільність процесу і розбризкування електродного металу;
- відділення шлакової кірки з поверхні металу шва;
- наявність дефектів металу шва (пори, несплавлення і т.д.).

2. Санітарно-гігієнічними характеристиками.

3. Експлуатаційними показниками металу шва.

У першій частині цієї роботи розглядається вплив відхилень технологічних показників – діаметра дроту і виправлення дроту – на якість процесу зварювання порошковими дротами.

Одним із важливіших технічних показників порошкового дроту є фактичний його діаметр. Відхилення від діаметру повинно буди в межах вимог, зазначених в стандарті EN ISO 544 (табл. 1).

Таблиця 1 – Допустиме відхилення діаметрів згідно EN ISO 544

Номінальний діаметр	Суцільні та електродні дроти		Порошкові дроти та електроди
	G, W, L, EB	S, ES, EG	T, S, EG
0,5	+0,01	—	—
0,6	−0,03		+0,02 −0,05
0,8	+0,01 −0,04		
0,9			
1,0			
1,2			
1,4			
1,6		±0,04	+0,02 −0,06
1,8			
2,0			
2,4			
2,5			
2,8	+0,01 −0,07		
3,0			
3,2			
4,0			
5,0	—	+0,02 −0,08	
6,0			
8,0			

Невідповідність діаметра порошкового дроту вимогам EN ISO 544 призводить до проблем з подачею дроту по зварному шлангу і застряганням дроту у зварному наконечнику. Все це призводить до нестабі-

льного процесу зварки і як наслідок до поганого формування зварного шва (рис. 1). Правка дроту повинна буди згідно вимог EN (рис. 2).



Рис. 1 – Зварки дротом з відхиленням по діаметру дроту з більшим наконечником 1,8 мм (а) і без відхилення по діаметру з наконечником 1,6 мм (б) в газі M21 (Ar+CO₂)



Рис. 2 – Вимоги EN до вільного діаметра витка

Правка дроту необхідна для забезпечення рядної намотки на касети і в бочки (рис. 3) з метою забезпечення беззатримкової подачі дроту по рукаву і зварному наконечнику і відсутності коливання кінця дроту у різних просторових положеннях при зварці.



BS 300



S300



box 650x400

Рис. 3 – Приклад рядної намотки на касети і в бочки

Література

1. Тимошенко, В.В. Впровадження стандарту ДСТУ ISO 9001:2015 в промисловості на прикладі ТОВ «ТМ.ВЕЛТЕК» / В.В. Тимошенко, Л.А. Луканова, А.А. Голякевич // Мат. 21-ї Міжнарод. наук.-техн. конф. «Інженерія поверхні та реновація виробів (М21-2)», 07–11.06 2021 р., м. Свалява. – К. : АТМ України, 2021
2. Походня, И.К. Производство порошковой проволоки / И.К. Походня, В.Ф. Альтер, В.Н. Шлепаков и др. – К. : Вища школа, 1980. – 231 с.

Манохін А.С., Клименко С.А., Конєйкіна М.Ю. Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України, Київ
Береснев В.М., Стобловий В.О. Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Харків, Україна

ЗАЛИШКОВІ НАПРУЖЕННЯ В ВАКУУМНО-ПЛАЗМОВИХ НІТРИДНИХ ПОКРИТТЯХ СИСТЕМИ TiAlSiYN

У процесі формування в покриттях виникають залишкові напруги, які значно впливають на напружений стан системи «основа-покриття». Як правило, залишкові напруження обумовлені різними факторами: – різницею температурних коефіцієнтів розширення матеріалів покриття і основи, при цьому температура в процесі формування покриття відрізняється від температури його експлуатації; – наявністю в покритті атомів газу, які захоплені в процесі нанесення і неповним структурним упорядкуванням в покритті при формуванні останнього; – «заморожуванням» дефектів решітки при конденсації; – утворенням на поверхні розділу системи «основа-покриття» проміжних фаз, що обумовлено взаємною дифузією.

Як відомо, залишкові напруження в покриттях обумовлені як структурою матеріалу покриття, так і температурою, при якій воно формувалося і використовується. Залишкові напруження, що виникають в системі «основа-покриття» в процесі формування покриття можуть мати різні знак і абсолютні величини. Залежно від знака самих напружень і умов експлуатації виробу з покриттям, залишкові напруження в покритті знижують або збільшують напруження від зовнішнього термобаричного навантаження. Особливо небезпечні залишкові напруження розтягнення, які разом з нормальними напруженнями від зовнішнього

навантаження ще до початку експлуатації можуть призводити до когезійного розтріскування покриття.

Наявність залишкових напружень стиску (при відсутності само відшарування може відігравати позитивну роль, зменшуючи сумарні напруження з експлуатаційними напруженнями від зовнішнього навантаження. Вважається, що залишкові напруження стиску – одна з причин підвищення міцності при циклічному навантаженні, межі текучості і міцності при статичному навантаженні при цьому рівень залишкових напружень в напиленому вакуум-плазмовому покритті в значній мірі частиною визначає працездатність інструменту при обробці різанням.

З метою оцінки величини залишкових напружень в захисних покриттях проведена серія вимірювань за допомогою метода рентгенівської дифрактометрії. Дифрактометричні дослідження проводилися на рентгенівському дифрактометрі ДРОН-4-07 в мідному Cu-K α випромінюванні із застосуванням нікелевого фільтра селективного поглинання. Відбиті промені реєструвалися сцинтиляційним детектором. Для досліджень були взяті зразки багатокомпонентних та багат шарових нітридних покриттів системи TiAlSiYN, отримані методом вакуум-плазмового осадження на установці «Булат-6»: – TiAlSiYN/CrN (інтервал 10сек, 520 шарів); – TiAlSiYN; – TiAlSiYN/MoN (інтервал 10 с, 328 шарів); – TiAlSiYN/CrN+TiAlSiYN (через підшар хрому, загальний час напилення 2,5 часа); – TiAlSiYN/CrN (чередування шарів «твердий/м'який», т.е. «нітрид/ метал»; CrN – верхній шар; – TiAlSiYN/CrN (чередування шарів «твердий/м'який», т.е. «нітрид/ метал»; TiAlSiYN – верхній шар).

Дослідження макронапружень в зразках проводилося $\sin^2\psi$ -методом. В основі методу лежить доведений факт, що зональні напруження однорідно зміщують положення дифракційного піку, отже, так само змінюються і міжплощинні відстані d . Аналіз макронапружень проводився по лініях, що знаходяться в прецизійної області кутів 2θ і мають достатню інтенсивність і гостру форму профілю для точного визначення міжплоскостним відстані d .

Для підвищення точності методу зйомки проводять під декількома похилими кутами $\psi \rightarrow \psi_i$ (0° , 30° , 45°).

Оскільки в деяких зразках спостерігається сильна текстура, то вибір певних кутів похилій зйомки ψ_i для таких зразків проводився шляхом розрахунку кутів між віссю текстури і відбитками в прецизійної області.

Також з $\sin^2\psi$ -графіків було визначено міжплоскістьна відстань в ненапруженому стані d_0 , кут ψ_0 , який відповідає недеформованому пе-

ретину еліпсоїда деформації, і значення параметра решітки a_0 в ненапруженому стані.

Анализ дифрактограм зразків покриттів показує, що практично у всіх зразках (крім TiAlSiYN) присутній аксіальна текстура – (111) в зразках TiAlSiYN/CrN та (200) в зразку TiAlSiYN/MoN. Субструктурні характеристики визначалися тільки для фази TiN, оскільки для цієї фази присутні лінії з достатньою інтенсивністю. Потрібно відзначити, що у всіх зразках діють великі напруження стиску (від $-1,51$ до $-5,85$ ГПа). На мікрорівні також виявляються великі мікродеформації (до $\varepsilon = 1,13 \cdot 10^{-2}$). Отримані результати для всіх зразків додатково зведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Структурні і субструктурні параметри досліджуваних зразків

Зразок покриття	Фазовий склад	Параметр решітки, Å	Макро-напруження σ_ϕ , ГПа	Размер ОКР L , нм	Мікродеформація ε , $\times 10^{-3}$
TiAlSiYN/CrN	TiN	$a = 4,241$	$-5,39$	14,60	5,81
	CrN	$a = 4,161$			
	Ti ₂ N	$a = 4,94$ $c = 2,98$			
TiAlSiYN	TiN	$a = 4,245$	$-1,51$	8,70	6,10
	Ti ₂ N	$a = 4,49$ $c = 2,98$			
TiAlSiYN/MoN	TiN	$a = 4,244$	$-5,85$	7,30	8,51
	MoN	$a = 5,726$ $c = 5,963$			
TiAlSiYN/CrN+ TiAlSiYN	TiN	$a = 4,243$	$-5,47$	26,70	10,90
	CrN	$a = 4,126$			
	Ti ₂ N	–			
	Cr	$a = 2,872$			
CrN/ TiAlSiYN	TiN	$a = 4,188$	$-5,28$	29,80	8,72
	Cr	$a = 2,901$			
TiAlSiYN/CrN	TiN	$a = 4,232$	$-4,54$	42,00	11,30
	Ti ₂ N	$a = 4,493$ $c = 3,009$			

СУЧАСНИЙ СТАН ВПРОВАДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРІНГУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ УКРАЇНИ

На сучасному етапі розвитку промислового виробництва найбільш ефективнішим способом управління є впровадження інтегрованих систем. Безумовно, пріоритетним для підприємства є системи управління якістю, але не менш важливе значення мають проблеми екології, безпеки умов виробництва. Порівняльний аналіз результативності впровадження інтегрованих систем свідчить про популярність цих заходів на підприємствах Європи. Зокрема, за даними національних організацій зі стандартизації впровадження інтегрованих систем безперервно зростає.

Трагічні події у світі, що наразі відбуваються, глобальні пожежі, понаднормові викиди забруднюючих речовин у повітря підприємствами, забруднення світового океану, безжальне антропогенне навантаження на довкілля, як наслідок, призвели до значних змін клімату планети, поступового знищення різноманіття флори і фауни, природних катаклізмів як екологічного явища.

Така екологічна ситуація, а також тенденції її зміни багато в чому визначаються промисловим виробництвом і господарською діяльністю в цілому. Не зважаючи на окремі успіхи і досягнення, загальна картина тут продовжує погіршуватися, що веде до подальшого розвитку екологічної кризи в світі. Основна причина такого становища, зокрема в Україні, полягає в низькій ефективності механізмів екологічного контролю і управління при промисловому виробництві, переважно заснованих на жорстких адміністративних методах.

Однією з найбільш вагомих міжнародних природоохоронних ініціатив можна вважати появу в 1996 р. міжнародних стандартів систем екологічного менеджменту на підприємствах і в компаніях ISO серії 14000.

Моделлю для стандартів служать британські стандарти BS 7750, опубліковані в 1992 р., в реалізації яких зараз беруть участь близько 500 компаній. Система стандартів ISO 14000 вміщує в собі модель міжнародних стандартів в системах контролю якості продукції, що вдало зарекомендували себе (ISO 9000), відповідно до яких зараз сертифіковано більше 70000 підприємств і компаній по всьому світу.

Система стандартів ISO 14000, на відміну від багатьох інших природоохоронних стандартів, орієнтована не на кількісні параметри (об'єм викидів, концентрації речовини і т.п.) і не на технології (вимога використовувати або не використовувати певні технології, вимога використовувати "якнайкращу доступну технологію"), тому основним предметом ISO 14000 є система екологічного менеджменту – *environmental management system, EMS*). Типові положення цих стандартів полягають в тому, що в організації повинні бути введені певні процедури, документи, призначені відповідальні за певну галузь.

Стандарти серії ISO 14000 не містять ніяких «абсолютних» вимог до впливу організації на навколишнє середовище, за винятком того, що організація в спеціальному документі (екологічній політиці) повинна оголосити про своє прагнення відповідати національному природоохоронному законодавству і національним стандартам.

Такий характер стандартів обумовлений, з одного боку, тим, що ISO 14000, як міжнародні стандарти, не повинні вторгтися в сферу дій національних нормативів. З другого боку, попередником ISO є "організаційні підходи" до якості продукції, (наприклад, концепція "глобального управління якістю" – *total quality management*), згідно яким ключем до досягнення якості є вибудовування належної організаційної структури і розподіл відповідальності за якість продукції.

Світовими лідерами по впровадженню стандартів ISO 14000 є такі країни, як Японія, Німеччина, Великобританія, Швеція. В Україні міжнародні стандарти ISO серії 14000 були прийняті в якості національних в 1997 р. Однак їх впровадження здійснюється досить повільними темпами.

Ключовим поняттям серії ISO 14000 є поняття системи екологічного менеджменту в організації. Головним документом стандарту вважається ISO 14001 – "Специфікації і керівництво по використуванню систем екологічного менеджменту". Цей документ містить чіткі вимоги до компаній та організацій, а саме: створення певної екологічної політики, тобто екологічної мети та завдань, дотримання процедури впливу на оточуюче середовище, розробка програми екологічного менеджменту та механізму відповідальності за порушення положень даного нормативу, навчання персоналу до дій в нестандартних ситуаціях, проведення моніторингу тощо.

Екологічна сертифікація може проводитися в обов'язковій і добровільній сферах. Обов'язковій сертифікації в національній системі УкрСЕПРО підлягають об'єкти, які відповідно до чинного законодавства, повинні відповідати вимогам з охорони навколишнього середовища,

забезпечення екологічної безпеки та збереження біологічного різноманіття. При вагомих результатах перевірки органи з сертифікації видають заявникам екологічні сертифікати встановленого зразка і дозвіл на право маркування об'єктів сертифікації екологічним знаком відповідності.

Організація може використовувати стандарти ISO 14000 для внутрішніх потреб, наприклад, як модель EMS або формат внутрішнього аудиту системи екологічного менеджменту. Стандарти можуть використовуватися і для зовнішніх потреб – щоб продемонструвати клієнтам і громадськості відповідність системи екологічного менеджменту сучасним вимогам. Нарешті, організація може отримати формальну сертифікацію від третьої (незалежної) сторони. Згідно досвіду використання стандартів ISO 9000, саме прагнення отримати формальну реєстрацію, мабуть, буде головною рушійною силою в упровадженні систем екологічного менеджменту, відповідних стандарту.

Підприємства, які отримують сертифікацію по ISO 14000 в першу чергу тому, що така сертифікація (або реєстрація по термінології ISO) буде однією з неодмінних умов маркетингу продукції на міжнародних ринках (наприклад, нещодавно ЕЕС оголосило про свій намір допустити на ринок країн Співдружності тільки ISO-сертифіковані компанії).

В Харківській області органом по сертифікації систем управління навколишнім середовищем є ДП «Харківстандартметрологія» – територіальний підрозділ Держспоживстандарту України.

ДП «Харківстандартметрологія» є одним з найбільш діяльних органів з сертифікації систем управління навколишнім середовищем. Кожна третя система екологічного управління в Україні сертифікована Харківським центром стандартизації, метрології та сертифікації.

Першим підприємством, що запровадило і отримало національний сертифікат на систему управління навколишнім середовищем, було харківське ПП «Екотон» – виробник аераторів полімерних і фільтруючих елементів. У числі інших першопроходців, які працюють на основі міжнародних стандартів екологічної безпеки на Харківщині, – ЗАТ «Завод «Південкабель», Богодухівський нафтопереробний завод і ТОВ «МКС».

Крім того, ДП «Харківстандартметрологія» сертифікувало системи управління навколишнім середовищем ISO 14000 ДК «Укртрансгаз» НАК «Нафтогаз України», АТЗТ «Веско» (глиновидобувне підприємство в Донецькій області), ТОВ «Регіон» (будівельна компанія в Дніпропетровську), ТОВ НВО «Інкор» (фенольне виробництво в Дзержинську Донецької області) та інші.

В середньому стандартний процес реєстрації займає від 12 до 18 місяців, приблизно стільки ж часу, скільки займає упровадження на підприємстві системи екологічного менеджменту. Однак витрати виправдовуються, адже це буде одним з ключових факторів доступу підприємства на світові ринки, сприятиме поліпшенню економії енергії та ресурсів, покращить систему управління підприємством, призведе до поліпшення його образу в області виконання природоохоронних вимог, збільшить оціночну вартість основних фондів підприємства, сприятиме залученню висококваліфікованої робочої сили.

Отже, проблеми екологічних наслідків науково-технічної діяльності людини та її впливу на навколишнє середовище в Україні вимагають особливої уваги та впровадження екологічних норм і вимог, що стають сьогодні одним з найбільш важливих інструментів взаємовідносин між країнами, загострення боротьби за ринки збуту продукції, екологічними бар'єрами для обмеження ввезення в країну багатьох видів промислової і сільськогосподарської продукції.

Мікосянчик О.О., Шамрай В.Б. Національний
авіаційний університет,
Кулижський В.М. Інститут проблем міцності
ім. Г.С. Писаренка НАН України,
Бурлаченко О.М., Лопата В.Н. Інститут електрозварювання
ім. Є.О. Патона НАН України, Київ, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Якість сільськогосподарських машин в значній мірі визначається ресурсом їх роботи. Ресурс обумовлений зносостійкістю деталей, яка є важливою експлуатаційною характеристикою, що лімітує термін їх служби. Головною причиною порівняно низького ресурсу сільськогосподарської техніки є знос деталей, який становить 80–90% від загальної кількості відмов. Знос деталей призводить до порушення агротехнічних вимог, і як наслідок – до зменшення врожайності. В результаті зносу змінюються властивості деталей, сили тертя, збільшуються зазори, порушується герметичність, а також виникають зміни у внутрішній структурі матеріалу. Розробку ефективних способів боротьби з зносом, збі-

льшення довговічності деталей з метою підвищення ресурсу сільськогосподарських машин можна віднести до однієї з важливих народногосподарських завдань.

Аналіз численних досліджень показав, що одним із найбільш раціональних і економічно доцільних рішень цього завдання є нанесення зносостійких покриттів на робочі поверхні деталей. У вітчизняному сільськогосподарському машинобудуванні виготовлення деталей з зносостійкими покриттями обмежено, що є однією з причин їх недостатнього ресурсу.

Найбільш перспективним методом підвищення терміну служби малоресурсних деталей сільськогосподарської (грунтообробної, зернозбиральної, кормозбиральної, переробної та ін.) техніки, в умовах сформованої в даний час економічної ситуації в агропромисловому комплексі України (АГПК У), є формування на робочих поверхнях деталей зносостійких шарів з найбільш доступних і дешевих для покриттів матеріалів в поєднанні з низьковартісними технологіями їх нанесення і подальшої обробки для підвищення експлуатаційних характеристик створюваних виробів.

У більшості випадків в якості найбільш доступних і низько вартісних матеріалів покриттів використовуються залізовуглецеві сплави (сталі). Крім того, головною особливістю матеріалу покриттів повинна бути здатність до певних фазових перетворень і структурних змін як на стадії нанесення покриттів і зміцнюючих обробок, так і на стадії експлуатації. Це дозволить підвищити зносостійкість робочих поверхонь деталей. Тому розробка ефективних способів виготовлення деталей з зносостійкими покриттями – одна з актуальних задач матеріалознавства.

Можливими шляхами вирішення завдання підвищення зносостійкості деталей з залізовуглецевих сплавів є формування в них високоміцних поверхневих шарів з градієнтною структурою за допомогою раціонального активування процесів нанесення покриттів і подальшу їх зміну термомеханічними методами. Використання комбінації технології нанесення покриттів і подальшого термомеханічного зміцнення відкриває широкі можливості в створенні зносостійких покриттів. Керуючи процесами структуроутворення при високоенергетичному впливі можна конструювати градієнтні шари з необхідним комплексом експлуатаційних властивостей. Комбінування технологій інженерії градієнтних шарів з широко відомими традиційними способами нанесення покриттів є перспективним напрямком в області зміцнення і відновлення деталей сільськогосподарських машин. Об'єднання нанесення покриттів з модифікацією поверхні і

обробкою покриттів дозволяє створити комбіновані методи інженерії поверхні. Високу зносостійкість, твердість і інші властивості робочих поверхонь деталей сільськогосподарських можна забезпечувати такими методами модифікування, як термомеханічне зміцнення.

Таким чином, активація процесу нанесення покриттів і подальше модифікування поверхневих шарів термомеханічним зміцненням дозволяють шляхом управління структурно-фазовими перетвореннями в покриттях з залізовуглецевих сплавів формувати в них високоміцні поверхневі шари з градієнтної структурою, що є ефективним шляхом вирішення завдання підвищення зносостійкості деталей сільськогосподарської техніки.

У зв'язку зі сказаним, доцільним є розробка нового підходу до проектування технології нанесення покриттів з залізовуглецевих сплавів, в основі якого має лежати створення і використання фазово-структурних деформаційних перетворень і метастабільних станів, що забезпечить підвищення зносостійкості робочих поверхонь деталей сільськогосподарської техніки та комплексне поліпшення їх фізико-механічних і експлуатаційних властивостей.

Ночвай В.М., Полонський Л.Г., Шостачук А.М.
Державний університет «Житомирська політехніка»,
Житомир, Україна

ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ГАРТУВАННІ ГАЗОВИМ ПОЛУМ'ЯМ

При виконанні процесу полуменевого поверхневого гартування поверхню деталі нагрівають газовим полум'ям (полум'ям суміші пального газу з киснем) з наступним швидким охолодженням. Для полуменевого поверхневого гартування застосовано пост газополуменевої обробки металів з використанням майже всіх технічних палих газів. Нагрівання деталі виконували відновлювальним або нейтральним полум'ям до температури, яка знаходиться в інтервалі гартувальних температур. Вимірювання температури поверхні деталі виконували контактним та безконтактним методами.

Для вимірювання температури поверхні деталі контактним методом використовували вимірювальні прилади типу Ш4500 та Ш4541.

Прилад Ш4500 магнітоелектричної системи класу 1,5 застосовано в комплекті з термоелектричним перетворювачем градувальних характеристик ХА. Діапазон вимірювання температур від 0 до 1300 °С. Основна похибка мілівольтметра на всіх числових поділках шкали не перевищує $\pm 1,5\%$ від діапазону вимірювання.

Прилад Ш4541 застосовано в комплекті з термоелектричним перетворювачем градувальних характеристик ХА(К). Діапазон вимірювання температур від 0 до 1300 °С. Межа допустимої основної похибки приладу дорівнює $\pm 1,0\%$.

Основним недоліком контактних методів вимірювання температури деталі є руйнування термопари, так як температура горіння суміші пального газу з киснем значно перевищує верхню межу діапазону вимірювання приладу. Температура горіння з киснем ацетилену, пропан-бутану та метану відповідно дорівнюють 3100–3200 °С, 2700–2900 °С, 2400–3200 °С. Тільки при короткочасному введенні давача в полум'я допускається вимірювання температури вище 1000, 1300, 1600 °С для перетворювачів ХА(К), ПП(S), ПР(В) відповідно. Приймаючи це до уваги необхідно при виконанні вимірювання температури деталі полум'я пальника відводити від деталі в сторону.

Цього недоліку позбавлений метод безконтактного вимірювання температури. Для реалізації цього методу застосовано візуальний пірометр «Промінь», який є пірометром із зникаючою ниткою змінного розжарювання. Діапазон вимірювання температур від 800 до 5000 °С (800–1400 °С, 1200–2000 °С, 1800–5000 °С). Межа основної допустимої похибки вимірювання температури дорівнює 14, 20, 150%.

Прилад дозволяє виконувати вимірювання температури поверхні деталі одночасно з процесом нагрівання. При цьому відводити полум'я пальника від деталі немає необхідності.

*Павлова Г.О., Косач Н.І. ДП «Харківський
машинобудівний завод «ФЕД», Харків, Україна*

ЩОДО ХАРАКТЕРИСТИК ЯКОСТІ АВІАЦІЙНИХ АГРЕГАТІВ

Основною характеристикою якості роботи вузлів і механізмів є забезпечення безперебійного функціонування у відповідності з технічними даними на протязі визначеного проміжку часу (ресурсу). Все це досягається не тільки конструктивними та технологічними рішеннями, а

й додержанням правил експлуатації. Зазвичай, остаточно повністю оцінити ці характеристики агрегатів можна лиш при здійсненні ремонту агрегатів. Це, в першу чергу, відноситься до агрегатів з підвищеними вимогами надійності, наприклад, агрегатів паливних систем авіаційних двигунів, де вимоги до технічних характеристик і регламентні роботи чітко визначені та ведеться їх облік. При кожному ремонті досліджується технічний стан агрегату, інформація щодо експлуатування, тому невластиві дефекти, стани, пошкодження чітко фіксуються. Наприклад, останнім часом, при перевірці агрегатів, які надходять в ремонт з експлуатації, помічені невластиві пошкодження, які не пояснюються традиційними впливами. При більш детальному дослідженні причиною є сторонні частки у системі, які не могли потрапити туди ззовні, було зроблено припущення, що однією з причин є паливо.

З відкритих джерел щодо досліджень біодеструкторів авіаційних палив відомо, що в паливних системах може спостерігатися розвиток мікроорганізмів, що призводить до погіршення фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей палив в результаті зміни їх вуглеводневого складу, накопичення мікробної слизу і осаду, утворення стійких емульсій. У зв'язку з цим, з метою правильного встановлення причини дефектів авіаційних агрегатів паливних систем для конструктивного їх ремонтування і запобігання можливих відмов, пов'язаних зі зміною якості палива, виникає необхідність проведення додаткових досліджень та отримання інформації стосовно:

1. Статистики випадків пошкоджень в агрегатах паливних систем до яких могла призвести зміна характеристик палива.

2. Розвитку методів і способів (створення документованих методик) виявлення наявності мікроорганізмів у авіаційному паливі, які включають можливість оцінювання за залишковим принципом (у агрегатах, що поступають у ремонт).

3. Детальних досліджень щодо результатів діяльності мікроорганізмів та вплив на поверхні, з якими контактує паливо.

Оперуючи вищезазначеною інформацією, можливо розробити варіанти вирішення проблеми: захист чи очистка палива або паливних систем взагалі в експлуатації, конструктивні заходи тощо.

ОСОБЛИВОСТІ НАДАННЯ ЯКІСНОЇ ПСИХОЛОГІЧНОЇ ДОПОМОГИ ПОСТРАЖДАЛИМ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ

На сьогодні, більше уваги, зазвичай, приділяється організації та наданню першої психологічної допомоги в надзвичайній ситуації (НС) саме спеціалістами психологічної служби, в той час як практика свідчить що в умовах проведення аварійно-рятувальних робіт саме рятувальник Державної служби з надзвичайних ситуацій (ДСНС) є основною особою, що приймає на себе надання найпершої екстреної психологічної допомоги, паралельно з наданням першої парамедичної допомоги та виконанням безпосередньо технічних задач. Недостатньо розробленим, на наш погляд, є саме аспект особистісної обумовленості успішності надання допомоги постраждалому в НС рятувальником ДСНС.

Суттєвий внесок у вивчення сутності змісту екстреної психологічної допомоги в екстремальних умовах здійснили Н.В. Оніщенко, О.В. Тімченко, Т.Н. Нікітіна, G.J.R. Seynaeve [1–3].

Технічні складності ведення рятувальних робіт в зонах катастроф, стихійних лих можуть приводити до того, що постраждалі протягом досить тривалого часу опиняються в умовах повної ізоляції від зовнішнього світу. У цьому випадку проводиться «інформаційна терапія», з метою психологічної підтримки життєздатності постраждалих, зменшення почуття страху, полишеності. Після звільнення потерпілих з-під уламків будов психологічна допомога продовжується в стаціонарних умовах, її здійснюють професійні психологи ДСНС, які практично приймають потерпілих разом із медичною службою від рятувальників та здійснюють необхідні терапевтичні заходи для зменшення негативних наслідків. Тож, фактично контакт рятувальника з постраждалим відбувається в досить короткий проміжок часу, що, проте, не зменшує його значущість [4].

Як можна побачити з аналізу досвіду ліквідації наслідків НС за останні три роки, надання психологічної допомоги в НС психологами ДСНС стає можливим в найліпшому випадку не раніше ніж через годину після прибуття до місця подій аварійно-рятувальних підрозділів, коли вже проведено розвідку і розпочато роботи по ліквідації наслідків НС. Отже, протягом цього часу рятувальники ДСНС як виконують свої

функціональні обов'язки, так і самотужки намагаються надавати екстрену психологічну допомогу постраждалим. Це ж стосується робіт по вивільненню з-під завалів, робіт на висоті і т.п., де психологи просто не мають права перебувати. Тож, в даних випадках, психолог приймає постраждалих вже від рятувальників, що «вели» його весь час доки не були закінчені роботи по їх вивільненню. Звісно це короткий термін, проте важливий для подальшої роботи з постраждалими вже психолога.

Зауважимо, що існує велика кількість фундаментальних праць як вітчизняних, так і закордонних вчених, присвячених вивченню професійно важливих якостей особистості рятувальника, їх діагностиці та, також питанням надання екстреної психологічної допомоги постраждалим в осередку НС, проте, на наш погляд, проблема надання екстреної психологічної допомоги постраждалому саме рятувальником ДСНС залишається не розробленою.

Рятувальник ДСНС України, виконуючи свої професійні обов'язки у НС, стикається з шоківим станом людей, яким надає екстрену допомогу, саме він приймає на себе сплески горя і паніки, тож відбувається триваюче забруднення «психологічного простору» особистості рятувальника ДСНС України, а згодом вірогідне виникнення професійних деструкцій, так званого професійного вигорання, що є однією з причин плінності кадрів, формального ставлення до виконання службових обов'язків, або навіть психосоматичних захворювань.

Література

1. Seynaeve, G.J.R. Psycho – social support in situations of mass emergency / G.J.R. Seynaeve // A European policy paper concerning different aspects of psychological support and social accompaniment for people involved in major accident and disasters. – Brussels : Ministry of Public Health, 2001.
2. Оніщенко, Н.В. Теорія і практика екстреної психологічної допомоги постраждалим у надзвичайних ситуаціях / Н.В. Оніщенко : автореф. дис... д-ра психол. наук. – Харків : НУЦЗУ України, 2015. – 44 с.
3. Екстремальна психологія : підруч. / за заг. ред. О.В. Тімченка – Харків : УЦЗУ, 2007. – 502 с.
4. Кризова психологія : навчальн. посібн. / за заг. ред. О.В. Тімченка. – Харків : НУЦЗУ, КП «Міська друкарня», 2010. – 383 с.

Подгорный Г.В. ОАО «НПО Центр» НАН Беларуси,
Шолоник В.Е. ПРУП «Мингаз», Министерство
энергетики Республики Беларусь,
Чернякова О.В., Якутович Е.Н. Институт прикладной
физики НАН Беларуси, Минск, Беларусь

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАЧЕСТВА В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Достижение целей в области качества оказывает позитивное воздействие на надежность сложных технических систем (СТС), эффективность их работы, финансовые показатели и, следовательно, на удовлетворенность потребителей и уверенность в безопасности заинтересованных сторон, как производителей, так и пользователей. Это означает, что менеджмент качества проводится с целью достижения максимального экономического эффекта по всему жизненному циклу СТС, и при административном управлении качеством упор должен осуществляться на экономические методы. Цель эта может быть обеспечена путем создания результативной системы менеджмента качества по международному стандарту ISO 9001 (табл. 1).

**Таблица 1 – Рекомендации по ориентации системы менеджмента качества
при насыщении рынка**

Вопросы ориентации	Рекомендации	
	для производителя	для пользователя
Достижение экономического эффекта	Повышение рентабельности, увеличение контролируемой доли рынка	Сокращение затрат, улучшение функциональной пригодности товаров
Затраты	Сокращение издержек вследствие неудовлетворительного сбыта и конструктивных недостатков (переделки, ремонт, замена и т.п.)	Обеспечение приемлемой стоимости приобретения, безопасности, снижение эксплуатационных затрат, затрат на техническое обслуживание, простой, ремонт и утилизацию
Риски	Связаны с дефектами и ведут к потере репутации, рынка, претензиям, искам, рекламациям, растрачиванию ресурсов	Связаны со здоровьем и безопасностью людей, неудовлетворенностью, эксплуатационной готовностью и т.д.

При оценке научно-технических мероприятий эффективность рассматривается как способность системы достигать экономического эффекта ($\mathcal{E}$), равного разности между результатом экономической деятельности (P) и затратами (Z), произведенными для его получения (Z_n) и использования или эксплуатации (Z_o)

$$\mathcal{E} = P - Z = P - (Z_n + Z_o).$$

Введя в формулу экономического эффекта отпускную цену продукции (C), имеем

$$\begin{aligned}\mathcal{E} &= P - (Z_n + Z_o) + C - C = (C - Z_n) + (P - [C + Z_o]) = \\ &= (C - Z_n) + (P - C_n) = \mathcal{E}_n + \mathcal{E}_o,\end{aligned}$$

где C_n – цена потребления; $\mathcal{E}_n$ и $\mathcal{E}_o$ – экономические эффекты производства и эксплуатации соответственно.

Следовательно, существует зависимость между экономической эффективностью и уровнем качества продукции. При улучшении качества продукции изготовителем, как правило, увеличиваются его затраты. Увеличение затрат ведет к увеличению производственной цены продукции.

За счет роста отпускной цены изготовитель стремится не только компенсировать увеличение затрат на качество продукции, но и повысить свой экономический эффект, используя его в дальнейшем для развития производства. При этом он заботится о повышении экономического эффекта потребителя, в первую очередь путем сокращения затрат на эксплуатацию, снижая и исключая дефекты при использовании продукции.

Если изготовитель желает увеличить прибыль за счет совершенствования качества выпускаемой им продукции, то он должен учесть интересы потребителя – главным образом, желание иметь новую продукцию с меньшей ценой потребления, чем прежняя. В этом случае продукция изготовителя будет реализована и он увеличит прибыль.

В международных стандартах отмечается, что затраты, связанные с качеством, калькулируются (классифицируются) внутри организации согласно ее собственным критериям. При этом к затратам, связанным с качеством, относят затраты, возникающие при обеспечении и гарантировании удовлетворительного качества, в том числе и при совершенствовании качества, а также связанные с потерями, когда не достигнуто удовлетворительное качество.

Международные стандарты с целью единообразия, сопоставимости и обобщения хозяйственной информации дают рекомендации по некоторым методам калькуляции затрат на качество для внешней (финансо-

вой) отчетности о деятельности изготовителя (производителя) в рамках системы качества (табл. 2).

Таблица 2 – Рекомендуемые методы калькуляции затрат на качество

Перечень затрат	Методы			Примечания
	калькуляция затрат на качество ПОД	калькуляция затрат, связанных с процессами	определение потерь вследствие низкого качества	
На профилактику	+			Предотвращение дефектов
На оценивание	+			Испытания, контроль, обследование
Связанные с дефектами	+ (+)			До и после поставки продукции
Стоимость соответствия		+		Полное удовлетворение потребителя без изменения имеющегося процесса
Стоимость несоответствия		+ (+)		Полное удовлетворение потребителя за счет изменения имеющегося процесса
Материальные потери			+ (+)	Внутренние и внешние затраты вследствие дефектов
Нематериальные потери			+ (+)	Снижение производительности труда, сокращение объема сбыта

+, (+) – затраты в результате внутренних (внешних) работ

Метод калькуляции затрат на качество ПОД. Метод определяет затраты на качество (ЗК), которые подразделяются на затраты, являющиеся результатом внутренней хозяйственной деятельности (*Vm*) и

внешних работ ($V_{ш}$). Составляющие затрат, связанных с внутренней деятельностью, анализируются на основе модели калькуляции затрат ПОД: профилактика ($П$), оценивание ($О$), дефекты ($Д$). Затраты на профилактику и оценивание считаются выгодным капиталовложением, а затраты по дефектам – убытками.

К составляющим *затрат на качество* ($ЗК$) относятся следующие:

- 1) *профилактика* ($П$) – деятельность по предотвращению дефектов;
- 2) *оценивание* ($О$) – испытание, контроль и обследование для оценки выполнения требований к качеству;
- 3) *дефекты* ($Д$) – убытки при их обнаружении и деятельность по их устранению;
- 4) *внутренние затраты* ($V_{т}$) – потери от дефектов, возникающих до поставки продукции (вследствие того, что продукция не отвечает требованиям к качеству);
- 5) *внешние затраты* ($V_{ш}$) – потери от дефектов, возникающих после поставки продукции (когда выясняется, что продукция не отвечает требованиям к качеству).

Метод калькуляции затрат, связанных с процессами. Метод использует понятия стоимостей соответствия и несоответствия любого процесса. Причем стоимость соответствия и стоимость несоответствия могут быть источниками экономии средств:

- 1) *стоимость соответствия* – затраты, понесенные с целью удовлетворения всех сформулированных и подразумеваемых запросов потребителей при безотказности существующего процесса;
- 2) *стоимость несоответствия* – затраты, понесенные от нарушения существующего процесса.

Метод определения потерь вследствие низкого качества. Метод уделяет основное внимание внутренним и внешним потерям из-за низкого качества продукции и определяет материальные и нематериальные потери. Материальные потери представляют собой внутренние и внешние затраты, являющиеся следствием дефектов. Типичными внешними нематериальными потерями являются сокращения в будущем объемов сбыта из-за неудовлетворенности потребителя, внутренними – снижения производительности труда из-за переделок, неиспользованных возможностей и т.п.

АЛМАЗНІ І СПОРІДНЕНІ ТЕХНОЛОГІЇ У АЕРОКОСМІЧНІЙ ГАЛУЗІ

Уважні представники старшого покоління добре пам'ятають стривожене обличчя М.С. Хрущова на трибуні мавзолею під час травневої демонстрації. Потім до нього хтось підійшов і щось сказав на вухо, після чого М.С. Хрущов став упевнений у собі, як завжди. Візьмемо на себе відповідальність стверджувати про ключове значення цього моменту. М.С. Хрущову доповіли, що літак-розвідник пілота Пауерса збито над Уралом радянською ракетою.

Коротка преамбула. Ракета комплексу С-75 є двоступінчастою і вражає цілі осколками. Перша твердопаливна ступінь розганяє ракету за лічені секунди до надзвукової швидкості, після чого від'єднується. Далі усі маневри, включаючи зближення з ціллю, виконує друга рідкопаливна ступінь. Ця ступінь має переваги над літаком, навіть винищувачем, за швидкістю, маневреністю і висотою польоту. Останнє забезпечується наявністю на борту не тільки палива, але і окислювача, якого у літака немає. Окислювач – це азотна кислота (джерело кисню) з інгібітором корозії і називається меланж. До речі, в Україні до цього часу є проблеми з переробкою величезного надлишку цієї речовини. Вважається, що залп з трьох зенітних ракет дає результат 97% враження цілі. Комплекс С-300 ("Бук"), яким було російськими військовиками збито недавно малайзійсько-нідерландський пасажирський літак над Донбасом, є модернізацією комплексу С-75. Тільки випускає по цілі ракета не осколки, а кульки діаметром 3,5 мм у кількості кількох десятків тисяч. Так що літак не втече.

Але американці не знали про існування такої "чудо-техніки" в СРСР у кінці 50-х років минулого століття і вирішили за допомогою літака-розвідника просканувати весь Урал з півдня на північ, і зафіксувати військові об'єкти, які розміщено там.

Знищення ворожого літака-розвідника мало нищівні наслідки для радянської авіації і армії у цілому. Почалися масштабні скорочення військових і авіаційної техніки. Бо навіщо нам стільки літаків, коли є ракети протиповітряної оборони? Військові ветерани і зараз згадують ті часи злим і не тихим словом.

Директор Інституту надтвердих матеріалів В.М. Бакуль блискуче скористався з ситуації. Справа у тому, що у м. Чугуєві Харківської області було організовано авіаційну базу-завод, де майже нові бойові винищувачі типу МиГ переробляли у тренувальні або розбирали зовсім на запчастини. Реактивні двигуни у останньому випадку йшли на сушіння кукурудзи або прибирання снігу із залізничних колій. У інституті завжди ж був великий запас "стратегічного матеріалу" – етилового спирту для промивання алмазів. Проте не весь спирт використовувався за призначенням, а ставав своєрідною внутрішньою, а нерідко і зовнішньою "валютою". Частина цього спирту уживали як бартер на базі у Чугуєві. За два-три літри спирту можна було отримати повний грузовик ГАЗ-51 новеньких авіавузлів. До цього часу можна зустріти в інституті авіаційні вузли, зносу яким немає: гідроциліндри, компактні двигуни постійного струму, шланги, трубопроводи, бустери, шестеренні насоси, кріплення тощо (рис. 1).



Рис. 1 – Перший поверх стаціонарної виставки Інституту надтвердих матеріалів. На передньому плані модернізований універсально-заточний верстат із гідроциліндром з літака МиГ

У момент загибелі тридцяти чотирирічного майже генерала Ю. Гагаріна з В. Сєрьогіним, які вилетіли у свій останній трагічний політ (27 березня 1968 р.) на навчально-тренувальному МиГ-15 відремон-

тованому у м. Чугуєві в інституті перебував у відрядженні майор Варкаліс. Він був начальником цеху гідравлічних систем Чугуївського підприємства, тому КДБісти його забрали у готелі інституту серед ночі, а потім відпустили як невинного у цій події. Стосовно загибелі пілотів маємо і свою приватну думку. Вона полягає у тому, що перший космонавт не витримав "випробування мідними трубами".

У ті роки в інституті побувало півдюжини космонавтів, зокрема тих, що мали відношення до науки і техніки.

До речі телеграфно про експерименти на орбіті одного з гостей інституту Валерія Кубасова. У 1969 р. він, перебуваючи у космосі як борт-інженер, досліджував зварювання у вакуумі на установці "Вулкан". Цей процес є необхідною операцією при ремонті систем безпосередньо у космосі. Крім того, зварювання як процес є надзвичайно актуальним для космічної техніки. У заправленому стані ракета мала знаходитись якомога довше, що вимагало надзвичайної герметичності баків, люків, трубопроводів тощо. У паливі ракет як окислювач використовувався рідкий кисень, що при перевезенні і збереженні у звичайних цистернах і резервуарах швидко випаровується. Тому будь-який дефект зварного чи паяного шва може викликати катастрофу. Пригадаймо хоча б потужний вибух на відкритій стартовій площадці у Байконурі 24.10.1960 р., коли разом з Головнокомандувачем стратегічними ракетними військами Маршалом М.І.Неделєним загинуло багато людей. Тому спільним зусиллями кількох інститутів Академії наук України герметичність алюмінієвої космічної техніки вдалось успішно вирішити.

Про візит космонавта Георгія Гречка (рис. 2). Відповідаючи на досить гостре питання щодо куріння і випивки у космосі, він сказав: "Курити не можна. А от зі спиртним, як антидепресантом, справа дещо інша." Американські астронавти під час автома-



Зустріч космонавта Георгія Гречка в Інституті надтвердих матеріалів

тичної фази польоту до Місяця пили сухе вино, яке підіймало їм настрій протягом довгих трьох діб. До речі цей політ, як потім признались самі американці, відбувся за схемою українця Юрія Кондратюка (Шергея). Вживання вина було науково обґрунтовано, тим більше, що американські вчені, як не бились, нічого кращого ніж алкоголь, не могли запропонувати астронавтам для зняття стресів. Про це дізнались наші медики, які працювали на космос. Вони разом з біологами отримали команду розробити для космонавтів щось подібне, тільки "нечто суто русское". І розробили. Потім були випробування. Рота звичайних солдатів, що проходили строкову службу у Підмосков'ї, пили цей 40-градусний напій протягом року. По 150 грамів щодня під наглядом медиків. І нічого погано з ними не сталося. Через рік дійшло до високих дозволів про напій для космонавтів. Проте ніхто з високопосадовців дозвільний підпис не поставив. Побоялися за свої посади. З тих пір, сказав променисто посміхаючись Г.Гречко, коли спостерігаєте по телевізору, як космонавти ідуть до корабля із валізками, у цих валізках знаходиться саме воно. Тобто за неписаним взаємним узгодженням хлопці проносять на борт спиртне, а керівництво робить вигляд, що цього не знає, отже ні за що не відповідає.

І на сам кінець, про першого в історії незалежної України космонавта Леоніда Каденюка на основі його зустрічі зі студентами та професорсько-викладацьким складом одного з університетів м. Києва 14.04.2003 р.

У світі зараз є тільки два центри підготовки космонавтів – у РФ та США. У першому випадку це коштує 20 млн. доларів. В Україні зараз не ведеться підготовка космонавтів. Проте перспективи української космонавти добрі. Адже ракета-носій "Зеніт" зараз є кращою у світі. Готується до випуску ракети "Циклон", "Дніпро", "Січ-1".

У США Леоніда Каденюка готували безкоштовно. Підготовка тривала близько одного року у Хьюстоні, що включало у тому числі і вивчення англійської мови. Політ відбувся на човнику "Колумбія" 19 листопада – 5 грудня 1997 р. Основне завдання Л. Каденюка – біологічні експерименти із соєю і мохом. Мета досліджень – роль рослин у системі біологічного забезпечення космічних польотів. Після посадки було два тижні адаптації до земних умов.

При виробництві "Бурану" застосовано понад 300 нових технологій.

Таким чином, бачимо, що синтетичні надтверді матеріали і аерокосмічна галузь тісно пов'язані. З однієї сторони це наукові розробки та новітні технології виробів галузі з чорних та кольорових металів і неметалевих матеріалів. З іншого – це використання деталей, вузлів і ме-

ханізмів літаків і ракет для виготовлення та дослідження надтвердих матеріалів. І нарешті, відвідання самих космонавтів Інституту надтвердих матеріалів та обмін взаємним досвідом. Усе це В.М. Бакуль і його наступники блискуче використали [1, 2].

Література

1. Посвятенко, Е.К. Бакуль та діамантова епоха / Е.К. Посвятенко. – К.-Житомир : Рута, 2018. – 160 с.

2. Посвятенко, Е.К. Історична спорідненість розвитку прикладних технічних наук / Е.К. Посвятенко, О.Є. Тверитникова, Н.І. Посвятенко, Т.В. Мельник. – Харків : НТУ "ХПІ", 2017. – 224 с.

*Псярнецька Т.О., Цисар М.О., Лещук О.О.,
Косенчук Т.О. Інститут надтвердих матеріалів
ім. В. М. Бакуля НАН України, Київ, Україна*

КОНТРОЛЬНІ ВИМІРИ ТА ВИПРОБУВАННЯ ЛИТТЄВИХ ЗАГОТОВОК З ПЛАСТИФІКОВАНИХ КЕРАМІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Для забезпечення якості виробів з керамічних матеріалів у процесах їх виробництва широко застосовують проміжний контроль і випробування. Проте у деяких технологіях такими дослідженнями нехтують, вважаючи, що вони не є суттєвими для оцінки якості остаточного виробу. Так, наприклад, в технології інжекційного формування керамічних виробів регламентується відповідний вхідний контроль вихідної сировини (порошку, наповнювача, зв'язуючого), після чого вже контролюють властивості матеріалу готового виробу (щільність, твердість, міцність тощо). Проте контроль якості литтєвих заготовок з пластифікованих керамічних матеріалів (ПКМ) до етапу відгонки зв'язуючого в більшості випадків не проводять, що пов'язано із відсутністю відповідних стандартів. Розробка відповідного регламенту для контролю якості ПКМ є досить складною задачею: потрібно інтерпретувати стандарти ДСТУ на більш широкий спектр їх використання з можливістю оцінки якості нестандартних матеріалів.

На етапі виготовлення литтєвої заготовки з ПКМ стандартизовані вимоги до її матеріалу відсутні: контроль якості не вважається за потріб-

бне, хоча матеріал заготовки вже суттєво відрізняється від вихідної суміші, для якої контрольні вимірювання щільності упаковки та оптимальної кількості зв'язуючого є обов'язковими. Виходячи з даних по вихідній суміші, приймається рішення про такі параметри технологічного процесу, як тиск та швидкість інжектування, час відгонки зв'язуючого. Однак відсутність контролю на стадії інжекційного лиття може призвести до утворення різного роду дефектів (ліній спаю, повітряних пустот), що обумовлені недостатнім тиском інжектування, невірним розташуванням інжекційного отвору тощо. Експериментально-розрахункові відомості щодо щільності, міцності і довжини ліній спаю в литтєвій заготовці дасть змогу скорегувати дані по температурі, тиску формування, часу витримки заготовки після інжектування.

За результатами комп'ютерного моделювання було обрано оптимальне місце розташування інжекційного отвору та час витримки після інжектування в прес-форму при виготовленні керамічних виробів різного функціонального призначення. Після вилучення заготовок з прес-форми проводили їх огляд на наявність візуальних дефектів, ряд вимірювань лінійних розмірів і границі міцності під час стиску. Проведений контроль заготовок підтвердив оптимальність рішення щодо розташування інжекційного отвору в прес-формі і часу її витримки після інжектування.

Для вимірювання щільності матеріалу заготовки було використано два методи: прямий та гідростатичний. Порівнюючи обидва методи, слід зазначити, що гідростатичний метод має вищу точність, однак при визначенні щільності прямим методом відсутні обмеження по матеріалу, а всі обмеження пов'язані виключно зі складністю форми досліджуваного зразка. Гідростатичний метод має обмеження щодо матеріалу, однак дає можливість дослідження як порошків, так і спечених виробів. Тому для випадку нестандартних матеріалів проводять подвійні вимірювання однієї і тієї самої величини за різними стандартами, щоб у подальшому використовувати лише найбільш обґрунтовані методи.

Оцінювання ваги заготовок здійснювали на аналітичних вагах АДВ-200М та обладнаних для гідростатичного зважування ВЛКТ-500-М. Щільність та пористість матеріалів визначали за методикою, регламентованою ГОСТ 20018-74. За результатами вимірювання щільності визначали залишок зв'язуючого у заготовці і відповідний час його відгонки.

Таким чином, розроблено експериментально-розрахункову методику, що дає можливість проміжного контролю якості литтєвих заготовок з пластифікованих керамічних матеріалів, що не підпадають під стандартизоване метрологічне забезпечення.

ЯКІСТЬ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ ТЕРТЯ ЗІ ЗНОСОСТІЙКИХ КОМПОЗИТИВ ДЛЯ ДРУКАРСЬКИХ МАШИН ПРИ ЕЛЬБОРОВОМУ ШЛІФУВАННІ

Якість деталей високооберткових друкарських машин і їх вузлів є гарантом забезпечення високих параметрів надійності та зносостійкості у широкому діапазоні умов роботи, особливо у важких режимах. У таких умовах швидкості обертання сягають >1500 об./хв. за одночасної дії навантажень 3–8 МПа. Для цих умов експлуатації важливим завданням є забезпечення стабільної роботи контактних деталей, зокрема, підшипників ковзання, від якості яких залежить тривала і надійна робота вузла і друкарської машини у цілому.

Автори [1, 2] розробили нові композиційні підшипники для важких умов експлуатації на основі регенерованих шліфувальних відходів інструментальних сталей. Нові деталі показали стабільно високі триботехнічні властивості у важких умовах експлуатації. Проте на сьогодні дослідження впливу фінішної механічної обробки, зокрема, ельборового шліфування, робочих поверхонь таких деталей тертя на параметри якості проведено недостатньо. Так, залишились нез'ясованими питання утворення наклепу у поверхневих шарах, що виникають при ельборовому шліфуванні. Це не дозволяє цілеспрямовано призначати режими різання для отримання стабільно високих параметрів якості поверхонь, що безпосередньо впливають на час припрацювання деталей у пускові періоди і на стабільну роботу вузла у процесі експлуатації.

Метою роботи є визначення ступеню наклепу при тонкому ельборовому шліфуванні робочих поверхонь самозмащувальних композиційних підшипників ковзання на основі відходів інструментальної сталі Р2АМ9К5 з домішками твердого мастила CaF_2 .

Результати досліджень параметрів зміцнення поверхневого шару при тонкому ельборовому шліфуванні зразків наведені у табл. У всіх випадках використовували шліфувальні круги з ельбору звичайної міцності (ЛЮ) та підвищеної міцності (ЛП) на бекалітно-гумовій (Бр1) і зв'язках зі 100%-ю концентрацією ельбору. Для порівняння – круг 63С10Гл з карбиду кремнію зеленого (63С) на гліфталевій зв'язці (Гл); режими шліфування: однопрохідне плоске з виходжуванням, верстат FF–250 “Abawerk” (ФРН); швидкість круга дорівнює 22 м/с; швидкість

виробу $V_B = 2$ м/хв.; глибина різання $t = 2$ мкм; охолодження – 3% розчин содової емульсії.

Як видно з таблиці, при тонкому ельборовому шліфуванні деталей тертя з нового композиту виявлено залежність параметрів наклепу від матеріалу зерна ельбору, на основі якого формується шліфувальний інструмент. Експериментально доведено, що мінімальні спотворення II роду, мікротвердість та ступінь наклепу поверхневого шару забезпечують застосування шліфувальних кругів на основі ельбору звичайної міцності (ЛО).

При цьому як для крупнозернистих, так і дрібнозернистих інструментів, спостерігається зменшення наклепу порівняно з обробкою кругами з карбіду кремнію зеленого (63С).

Таблиця 1 – Залежність наклепу від матеріалу зерен при ельборовому шліфуванні зразків з композиту P2AM9K5+5%CaF₂ дрібнозернистими кругами

Абразивний інструмент	Параметри наклепу			Охолодження при обробці
	$\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	H_d , МПа	K	
ЛОМ28Бр1 100%	16,6–17,6	3875	1,07	емульсія
ЛОМ28Бр1 100%	17,3–18,2	3917	1,08	без охолодження
ЛПМ28Бр1 100%	16,4–17,2	3859	1,06	емульсія
ЛПМ28Бр1 100%	17,2–17,9	3910	1,08	без охолодження
ЛОМ20Бр1 100%	15,5–16,7	3820	1,05	емульсія
ЛОМ14Бр1 100%	12,3–14,2	3730	1,03	
ЛПМ14Бр1 100%	12,1–12,4	3698	1,02	
ЛОМ10Бр1 100%	10,3–12,2	3657	1,01	
ЛПМ10Бр1 100%	11,2–11,8	3725	1,03	без охолодження
ЛОМ7Бр1 100%	10,7–11,3	3686	1,02	емульсія
ЛПМ7Бр1 100%	11,6–12,7	3704	1,03	без охолодження
63СМ14Гл	23,0–23,5	4140	1,15	емульсія

Примітка: Величина $\Delta a/a$ – спотворення 2-го роду; H_d – мікротвердість деталі за Віккерсом після шліфування; мікротвердість зразка до шліфування $H_3 = 3600$ МПа. K – ступінь наклепу (H_d/H_3); показники наклепу зразків без обробки, а саме, спотворення 2-го роду складала $\Delta a/a \cdot 10^{-4} = 0$

Зменшення наклепу можна пояснити достатньо гострою формою ріжучого леза кожного окремого зерна ельбору та більшою міцністю їх, здатних при шліфуванні сприймати та передавати деформованим мікрооб'ємам металу менші навантаження, ніж зерна карбіду кремнію зеленого (63С). Аналіз таблиці показує, що існує фактичний зв'язок між

параметрами наклепу та зернистістю ельборового інструменту: зі зменшенням зернистості (у діапазоні 100–7 мкм) параметри наклепу зменшуються. Мінімальний наклеп забезпечує шліфування кругами зернистістю 14 мкм на основі ельбору (ЛО) на бакелітно-гумовій зв'язці (Бр1) зі 100%-ю концентрацією ельбору (ЛОМ14БР1 100%).

Підвищення ступеню наклепу зі збільшенням розміру зерна пояснюється суттєвим збільшенням силової дії на мікрооб'єм металу, у зв'язку з чим зростає ступінь пластичної деформації.

Література

1. Гавриш, А.П. Шліфування і доводка зносостійких антифрикційних композитних деталей друкарських машин / А.П. Гавриш, П.О. Киричок, Т.А. Роїк и др. – К. : Видавничий дім «АртЕк», 2019. – Ч. 2. – 132 с.

2. Гавриш, А.П. Шліфування і доводка зносостійких антифрикційних композитних деталей друкарських машин / А.П. Гавриш, Т.А. Роїк, О.А. Гавриш и др. – К. : Видавничий дім «АртЕк», 2021. – Ч. 3. – 202 с.

*Руденко П.М., Антіпін Є.В., Дідковський О.В., Зяхор І.В.,
Кавуніченко О.В., Завертанний М.С., Наконечний А.О.*
Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона, Київ, Україна

КОНТРОЛЬ ВІДПОВІДНОСТІ ЯКОСТІ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ ЗАЛІЗНИЧНИХ РЕЙОК ВИМОГАМ ДІЮЧИХ СТАНДАРТІВ

В основу технології контактного стикового зварювання оплавленням (КСЗО) покладено програмну зміну основних технологічних параметрів з одночасним використанням зворотних зв'язків для регулювання їх миттєвих значень [1, 2]. В Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона розроблено системи керування процесом КСЗО і контролю якості зварювання, які забезпечують видачу змінного рапорту по кожному із зварних стиків рейок. У результаті багатофакторного керування параметрами процесу забезпечується виконання технології КСЗО для отримання показників якості зварного з'єднання згідно з технічними умовами (ТУ) [3, 4].

Задані і виміряні значення параметрів КСЗО реєструються у вигляді електронного протоколу, який видається для інформації оператору в процесі зварювання і передається в діагностичний центр АТ «Укрзалізниця»

для статистичної обробки [2, 3]. При неприпустимих відхиленнях параметрів від заданих програмою значень, система видає команду на припинення роботи і надає рекомендації щодо усунення відхилень. При розробці технологій КСЗО сучасних високоміцних рейок згідно із стандартом ЄС [5], необхідно додатково до вимог ТУ забезпечувати задані діапазони зміни твердості в зоні термічного впливу (ЗТВ) зварного стику та ширини ЗТВ. Контроль цих параметрів складно виконати у виробничих умовах і здійснюється тільки в процесі випробувань контрольних партій рейок.

Мета роботи полягала в розробці алгоритму контролю в реальному часі процесу КСЗО сучасних рейок з прогнозуванням ширини ЗТВ зварних стиків і оцінкою відповідності її вимогам стандарту ЄС.

Відомі методи чисельного розрахунку теплових полів при нагріванні методом кінцевих різниць, які можна було б використовувати для розрахунку теплового поля при КСЗО рейок, для застосування в реальному часі вимагають недоступної в даний час обчислювальної продуктивності системи управління. Статистичні регресійні залежності різних видів, в тому числі і нейронні мережі, значно простіші для реалізації. Однак для їх побудови потрібні експериментальні дані, які задовольняють умові репрезентативності, зокрема, рівномірного покриття всієї можливої області існування, зокрема, і за результатами зварювання. Ці умови на практиці дуже складно виконати, тому що вартість експериментів досить висока, а виробничі дані зі зварювання зразків зазвичай концентрується у вузькому діапазоні і даних з позитивним результатом значно більше, ніж з негативним.

Для отримання масиву репрезентативних даних була використана математична модель кінетики температурного поля при безперервному оплавленні з урахуванням багатофакторного впливу на інтенсивність нагріву процесів утворення і руйнування одиничних контактів при КСЗО. Модель була налаштована, перевірена і уточнена за експериментальними даними при оплавленні рейок типу Р65 марки К76Ф на мобільному рейкозварювальній комплексі.

Температуру нагрівання в експериментах контролювали за допомогою термопар, які були встановлені на різній відстані уздовж рейки. У розрахованих масивах було збалансовано кількість оцінок для процесу, який відповідає і не відповідає вимогам стандарту ЄС. Ширина ЗТВ відповідала відстані між точками нагрівання до температури 500 °С уздовж рейки. Контрольними параметрами були величина припуску S_0 і швидкість V_0 оплавлення, електрична енергія за час оплавлення Q_0 і параметри для оцінки температурного поля (ширини ЗТВ) – відстань

точки нагріву 500 °С від стику. При моделюванні напруга і зварювальний струм в розробленій моделі самостійно не впливали на температуру нагрівання і враховувалося в розрахунковому значенні енергії Q_0 .

Були проведені розрахунки регресійних моделей для ширини ЗТВ від параметрів S_0 , V_0 , Q_0 у вигляді полінома 1 і 2 порядку, найпростіших нейронних мереж типу багат шарового персептрона (multilayer perceptron – MLP зі структурою 3-2-1, тобто три вхідних нейрона, два в прихованому шарі, один вихідний), радіальних базових функцій (radial basic functions – RBF зі структурою 3-10-1) і адаптивних нечітких нейронних мереж з кластеризацією (Subtractive – SBT і fuzzy c-mean – FCM). В останніх двох алгоритмах архітектура і функції приналежності були практично однакові і відрізнялися способом виділення кластерів (3 кластера в кожному алгоритмі). У всіх випадках в якості функції помилок використовувалася сума квадратів помилок.

За отриманими даними найбільшу точність розрахунку мали нечіткі моделі з субтрактивною кластеризацією (середнє квадратичне відхилення $S = 0,50$ мм, середня відносна помилка $\varepsilon_{\text{ср}} = 1,01\%$). Далі йдуть MLP нейронні мережі ($S = 0,55$ мм, $\varepsilon_{\text{ср}} = 1,16\%$) і регресивні залежності у вигляді неповного полінома другого порядку ($S = 0,56$ мм, $\varepsilon_{\text{ср}} = 1,23\%$). Якщо оцінювати складність алгоритму за кількістю розрахункових параметрів, то кращими з них є рівняння регресії у вигляді неповного полінома другого порядку і MLP нейронні мережі. Отже, для розрахунку ширини ЗТВ в реальному часі з необхідною для практичного застосування точністю можна використовувати регресійну залежність у вигляді полінома другого порядку або MLP нейронної мережі зі структурою 3 вхідних нейрона 2 в прихованому шарі і один на виході.

З урахуванням моделі розрахунку ширини ЗТВ на основі відомого алгоритму операційного контролю нечіткої логіки був розроблений алгоритм (рис. 1) контролю в реальному часі процесу КСЗО. В ньому використовуються обидва основні методи ідентифікації – класифікація (віднесення об'єкта, заданого набором параметрів, до одного з наперед визначених класів (відповідає технічним умовам, чи ні)) і регресія (результат розрахунків є не кінцеве множина класів, а множина дійсних чисел – значення ширини ЗТВ).

Запропоновану систему проектували як нечіткий класифікатор у вигляді системи Сугено, в якій для вихідного показника «Відповідність ТУ та ЕН» приписували значення «1» при відповідності вимогам [4, 5] за даними механічних випробувань і «0» при невідповідності. Очевидно, що даний алгоритм можна відкоригувати за даними періодичних

механічних випробувань зварних стиків рейок. На виході блоку розрахунку отримуємо чисельне значення ширини ЗТВ в натуральних одиницях, яку можна порівнювати з виміряною величиною при випробуваннях і ці дані використовувати для уточнення регресійної залежності.

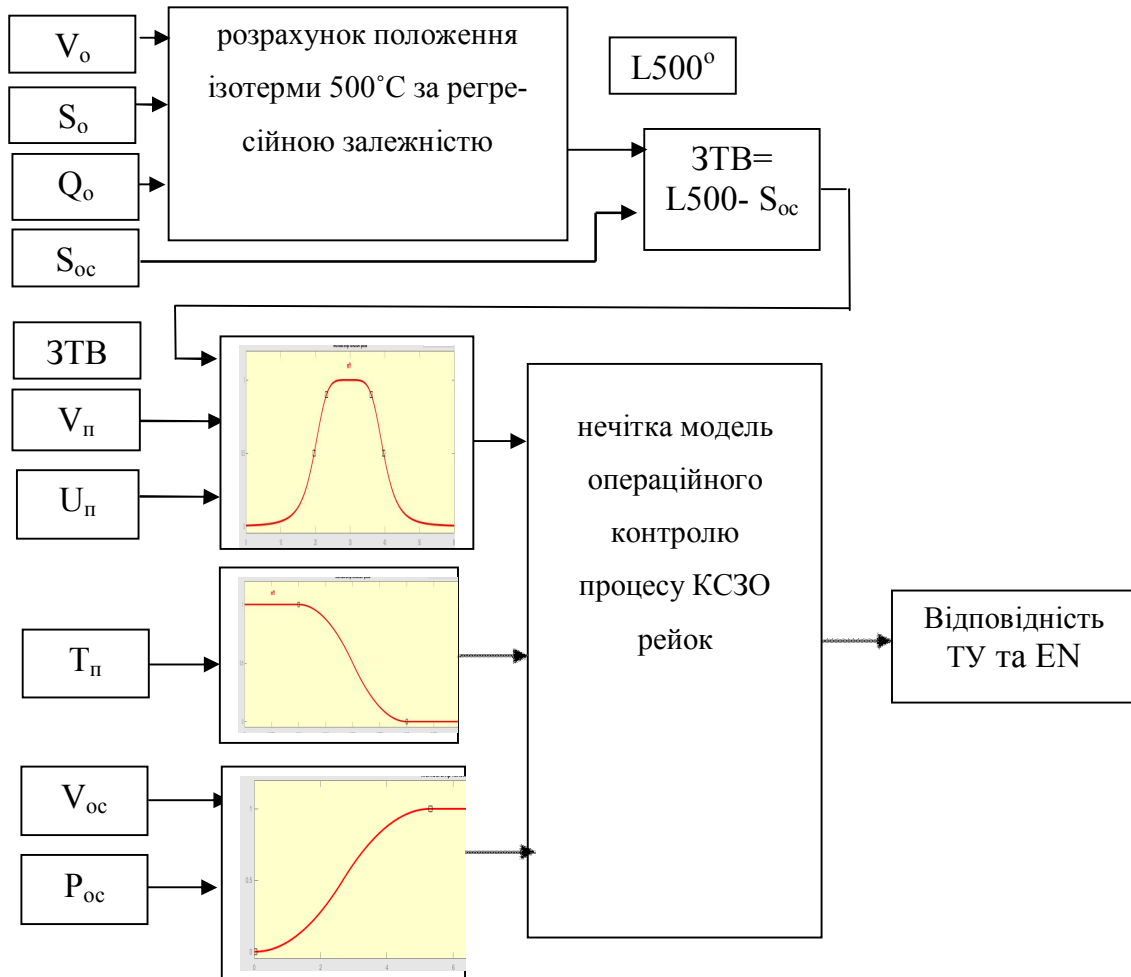


Рис. 1 – Схема алгоритму контролю в реальному часі процесу КСЗО

Оцінка відповідності якості зварних стиків рейок за описаним алгоритмом з використанням архівних даних процесу КСЗО рейок Р65 із сталі К76Ф на рейкозварювальних підприємствах України показала неспівпадіння даних контролю тільки в 5 випадках з 162. У 6 випадках результат був неоднозначним, тому що розрахунок показав ймовірність відповідності ТУ та EN 14587-2:2009 (Е) – близько 0,5.

Висновки.

1. Для розрахунку ширини ЗТВ в реальному часі з необхідною для практичного застосування точністю можна використовувати регресійну залежність у вигляді полінома другого порядку або MLP нейронної мережі зі структурою 3 вхідних нейрона 2 в прихованому шарі і 1 на виході.

2. Розроблений алгоритм нечіткої логіки з розрахунком ширини ЗТВ зварних стиків по регресійній залежності дозволив збільшити точність і надійність операційного контролю процесу КСЗО в реальному часі.

3. Розроблено алгоритм контролю в реальному часі процесу КСЗО сучасних високоміцних рейок з прогнозуванням ширини ЗТВ та інформацією про відповідність показників якості зварних стиків вимогам міжнародного стандарту EN 14587-2:2009 (E).

Література

1. Saita, K. Trends in Rail Welding Technologies and Our Future Approach / K. Saita, K. Karimine, M. Ueda at al. // Nippon Steel and Sumitomo Metal Technical Report. – 2013. – № 105.

2. Кучук-Яценко, С.И. Технологии и оборудование контактной сварки рельсов: 60 лет непрерывных инноваций / С.И. Кучук-Яценко // Автомат. сварка. – 2018. – №11–12. – С. 29–45.

3. Kuchuk-Yatsenko, S.I. Real-time operational control in information management system for flash-butt welding of rails / S.I. Kuchuk-Yatsenko, A.V. Didkovsky, E.V. Antipin // Mining Informatics, Automation and Electrical Eng. – 2017. – 1 (529). – P. 35–42.

4. ТУ У 24.1-40075815-002 : 2016. Рейки нові зварені для залізниць. Технічні умови.

5. EN 14587-2 : 2009 (E). Railway applications – Track – Flash butt welding of rails - Part 2 : New R220, R260, R260Mn and R350HT grade rails by mobile welding machines at sites other than a fixed plant.

*Руденко П.М., Антіпін Є.В., Дідковський О.В., Зяхор І.В.,
Кавуніченко О.В., Завертанний М.С., Наконечний А.О.*
Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона, Київ, Україна

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ І УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ КОНТАКТНОГО СТИКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ ОПЛАВЛЕННЯМ ЗАЛІЗНИЧНИХ РЕЙОК НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Для будівництва нових та ремонту існуючих залізничних колій на рейкозварювальних підприємствах (РЗП) АТ «Укрзалізниця» використовуються стаціонарні та мобільні машини для контактного стикового

зварювання оплавленням (КЗСО). Зварювальні машини обладнані системами прямого цифрового управління та контролю процесу КЗСО на основі промислового контролера Siemens SIMATIC S7-300.

Відповідність показників якості зварних стиків рейок вимогам діючих стандартів [1, 2] забезпечується за рахунок стабільного відтворення встановленого режиму КЗСО. На показники якості зварних стиків рейок впливають відхилення реальних параметрів процесу КЗСО від заданих значень. Результати реєстрації зміни основних технологічних параметрів у процесі КЗСО кожного із зварених стиків рейок та дані про величину відхилень цих параметрів від заданих значень надсилаються у вигляді протоколів зварювання до Діагностичного центру (ДЦ) АТ «Укрзалізниця» для їх систематизації.

Для обробки та аналізу протоколів зварювання в ІЕЗ ім. Є.О. Пато-на був створений програмний комплекс з використанням алгоритмів штучного інтелекту (ШІ). Програмний комплекс був налаштований та випробуваний за даними більше 80 тис. стиків рейок, зварених протягом 2012–2020 рр.

За загальним визначенням, штучний інтелект (ШІ) (*artificial intelligence*) – це область інформатики, яка займається розробкою інтелектуальних комп'ютерних систем, що мають можливості, які традиційно пов'язані з людським розумом. За визначенням фахівців ШІ це методи отримання та аналізу даних з метою виявлення закономірностей, виконання рутинної роботи по ідентифікації і пошуку рішення (*data mining, data science, machine learning*) і не виходять за межі програми, прописаної людиною. Ці методи є нащадками статистичної обробки інформації, мета яких звільнити людину від обробки великих обсягів даних і подання їх у стиснутому вигляді для прийняття рішень, що можуть виходити за межі визнаних правил.

Розроблений програмний комплекс виконує наступні функції:

1. Статистичний контроль виробництва для виявлення закономірностей у ході процесу за традиційними оцінками для кожного параметру процесу КЗСО коефіцієнтів точності $K_T = 6S/\delta$, та налаштованості $K_H = (x - x_\delta)/\delta$, де x , S – середнє значення та середнє квадратичне відхилення, $\delta = x_\epsilon - x_n$ – поле допуску на параметр згідно технічними умовам (ТУ), $x_\delta = (x_\epsilon + x_n)/2$ – середина поля допуску.

2. Контроль відповідності процесу КЗСО технічним умовам на основі традиційного допускового контролю та нечіткої логічної моделі від параметрів процесу зварювання.

3. Контроль показників якості зварного стику – ширини зони термічного впливу (ЗТВ) – за регресійними залежностями (нейронним мережами).

4. Ідентифікації збурень по показникам п.1, за деревом ухвалення рішень (*tree decision*). Для виявлення виду збурень (зовнішніх умов виробництва, технічного стану обладнання, технологічної дисципліни, налаштування режиму зварювання та інше) оцінки робили із групуванням даних за РЗП, типами машин, режимами, маркою рейок, виконавцями робіт.

5. Налаштування (адаптація) моделей контролю процесу КСЗО: допусків на відхилення параметрів операційного контролю, регресійних залежностей для прогнозування ширини ЗТВ зварного стику, логічних моделей для контролю відповідності процесу вимогам ТУ та ідентифікації збурень. Використовуються оцінки якості зварних стиків за результатами ультразвукової дефектоскопії, випробувань на статичний згин, металографічних досліджень зразків.

Результати обчислень подаються у вигляді таблиць, графіків, діаграм та гістограм і наочно відтворюють хід зварювального процесу у галузі у цілому, а також по кожному РЗП, зварювальній машині, режиму КСЗО, марці рейок та оператору установки.

Висновки.

1. Розроблено програмний комплекс статистичної обробки протоколів КСЗО залізничних рейок з використанням алгоритмів штучного інтелекту (нечіткої логіки, нейронних мереж, дерева прийняття рішень).

2. Програмний комплекс дозволив отримати об'єктивну інформацію по великому обсягу даних, які надсилаються до Діагностичного центру АТ «Укрзалізниця» та забезпечив можливість висококваліфікованим спеціалістам приймати рішення по оптимізації процесу контактного стикового зварювання оплавленням рейок та підвищенні якості зварних стиків.

Література

1. Кучук-Яценко, С.И. Технологии и оборудование контактной сварки рельсов: 60 лет непрерывных инноваций / С.И. Кучук-Яценко // Автомат. сварка. – 2018. – №11–12. – С. 29–45.

2. ТУ У 24.1-40075815-002 : 2016. Рейки нові зварені для залізниць. Технічні умови.

3. EN 14587-2 : 2009 (E). Railway applications – Track – Flash butt welding of rails - Part 2 : New R220, R260, R260Mn and R350HT grade rails by mobile welding machines at sites other than a fixed plant.

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ КРУГІВ З КНБ ПРИ ЗУБОШЛІФУВАННІ

Якість обробки зубчастих коліс залежить від процесу фінішного шліфування та працездатності шліфувальних кругів – одного з показників ефективності його роботи.

Ефективність роботи кругів з КНБ при зубошліфуванні оцінювали наступними показниками: потужність шліфування $N_{\text{еф}}$ (Вт), шорсткість поверхні Ra (мкм), точність евольвентного профілю f_f , величиною знімання оброблюваного матеріалу і розміром зносу шліфувального круга по торцю (h) і діаметру (l).

Потужність шліфування визначалася за результатами оцінки осцилограм (де потужність визначалася з точністю до 1 Вт), записаних за допомогою магнітоелектричного осцилографа К-115, підключеного за допомогою перетворювача трифазної потужності П005 до електродвигуна приводу шліфувального круга. Вона визначалася як різниця між загальною активною потужністю, споживаної двигуном і потужністю холостого ходу двигуна під час прямого ходу каретки верстата.

Шорсткість поверхні по Ra визначалася уздовж евольвенти зуба, без знімання зубчастого колеса з каретки верстата. Для цього використовувався профілограф «Суртронік-3Р» (Велика Британія). Шорсткість поверхні визначалася з точністю 0,01 мкм. Точність евольвентного профілю f_f оброблюваного колеса контролювалася до 0,5 мкм на евольвентомірі фірми «Zeiss» (Німеччина).

Для визначення фактичного знімання матеріалу з евольвентного профілю зуба на кожному торці зуба оброблюваного зубчастого колеса алмазним різцем наносили тонкі (шириною 0,01 мм) базові лінії А і Б в районі ніжки зуба, (рис. 1, а).

Потім ділянку зуба в полі огляду у ніжки фотографували на мікроскопі МБС-2 зі збільшенням до 4–5 разів, а потім отримані негативи переглядали і замальовували збільшене зображення на приладі 5По-1, поєднуючи базові лінії А і Б. Фактичний з'єм визначали по нормалям до евольвенти, як різницю між становищем евольвентних поверхонь оброблюваного зуба до і після обробки. На рис. 1, б і в наведені фотографії ділянок зуба колеса до обробки і після виконання кількох проходів з гли-

биною різання $t = 0,05$ мм. В процесі обробки експериментальних даних по фактичному зніманню застосоване загальне збільшення $\times 150$. Значення фактичного знімання уздовж всього профілю зуба визначали по евольвентограммі, використовуючи різницю величини знімання матеріалу у ніжки зуба, зіставляючи з радіусом кривизни евольвенти в даній точці.

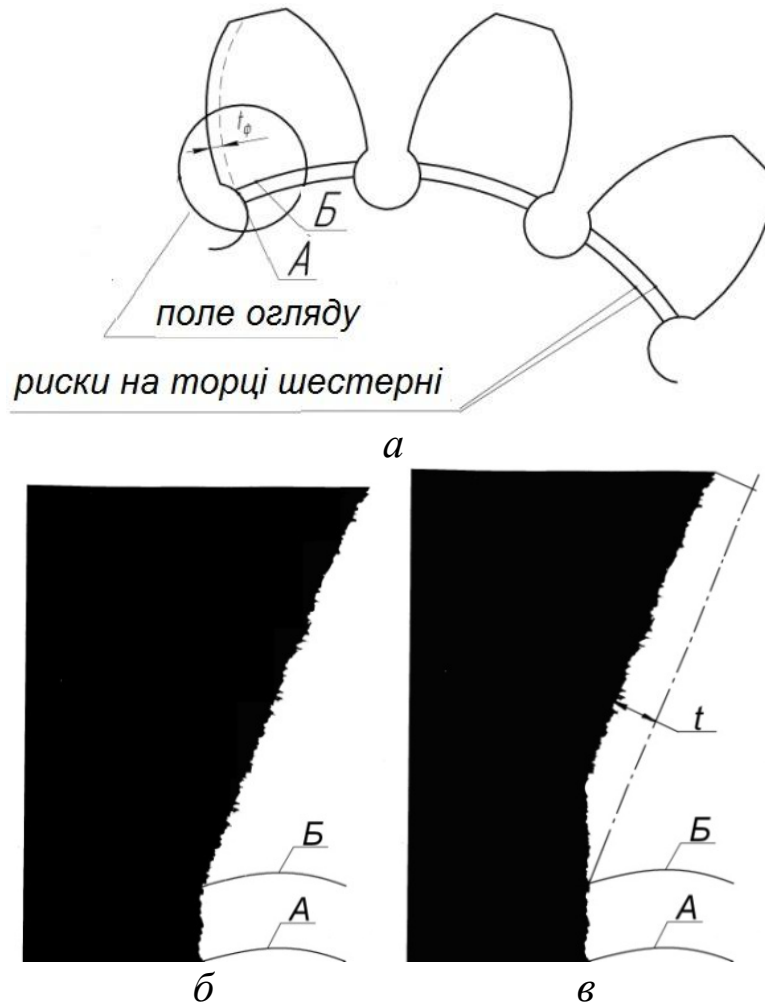


Рис. 1 – Зубчасте колесо з базовими лініями для визначення фактичного з'єму (а) та ділянка профілю обробки зуба ($\times 50$).

б – до обробки; в – після обробки

Висновки. Розроблена методика дослідження працездатності шліфувальних кругів з КНБ дозволяє визначити параметри роботи кругів при зубошліфуванні та оцінювати ефективність процесу зубошліфування. Дана методика може бути впроваджена для використання при оцінці ефективності обробки зубчастих коліс на підприємствах машинобудування України.

АНАЛІЗ МІЖНАРОДНИХ ДОКУМЕНТІВ ЩОДО НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

У сучасному світі освіта, наука та інновації відіграють дедалі більшу роль у розвитку держави і суспільства, забезпеченні потреб та підвищенні якості життя людей. Україна має вагомий науковий та науково-технічний потенціал, відомі наукові школи та визначні наукові досягнення, що сконцентровані в академічній, вузівській та галузевій сферах.

У доповіді ЮНЕСКО щодо розвитку світової науки (UNESCO Science Report: towards 2030) зазначається, що у світі на 21% зросла кількість дослідників та на 23% – наукових публікацій. В умовах підвищення ролі програмного регулювання міжнародних відносин у сфері науки, технологій та інновацій елементи правового статусу наукових працівників закріплені в різних двосторонніх і багатосторонніх науково-технологічних програмах. У контексті тісної взаємодії міжнародного і національного права елементи правового статусу науково-дослідних працівників, які сформульовані в міжнародних документах рекомендаційного характеру (рекомендаціях, резолюціях, модельних законах), не кажучи вже про елементи правового статусу, що містяться в міжнародному «твердому» праві, знаходять свою деталізацію в національному законодавстві. Це багато в чому пов'язано не тільки з підвищенням ролі міжнародного права в урегулюванні відносин, що виникають на національному рівні і пов'язані з питанням визначення прав і обов'язків фізичних осіб, але і з підвищенням ролі міжнародних рекомендаційних актів.

Стандартна модель правового статусу наукових працівників, що включає їхні права, обов'язки і відповідальність, конкретизована на рівні рекомендаційних міжнародних документів, тобто в міжнародному «м'якому» праві. Універсальний міжнародно-правовий рівень регулювання статусу наукових працівників має Рекомендація ЮНЕСКО щодо статусу працівників, які виконують науково-дослідну роботу (зі змінами). Рекомендація увібрала в себе підходи раніше прийнятих документів Всесвітньої федерації наукових робітників — Хартії наукових працівників 1948 року, Декларації прав наукових працівників 1969 р. і Декларації прав і обов'язків вчених 1990 р. Рекомендація містить стандарти як правового, так і соціального статусу даної професійної групи. Рекомендація ратифікована урядами більшості країн світу та зробила зна-

чний внесок у справу захисту прав наукових працівників і сприяння науковому прогресу. ЮНЕСКО переглянула Рекомендації, тому що з моменту її прийняття відбулися серйозні зміни в науково-дослідному секторі і в науково-технологічній політиці. На сьогодні Рекомендація, яка визнана 195-ма державами-членами ЮНЕСКО, залишається міжнародним документом універсального характеру, що містить систематизовані міжнародні стандарти правового статусу наукових працівників та має безсумнівний вплив на науково-технічну політику держав.

У цьому документі зазначається, що наукові працівники покликані зіграти важливу роль в ефективнішому використанні науки та наукових методів на благо людства, сприяти збереженню миру і послабленню міжнародної напруженості. Також підкреслюється особлива відповідальність усіх гілок влади та урядів держав у справі захисту прав наукових працівників та створенні задовільних умов для проведення наукових досліджень. Самі ж наукові працівники мають право: брати активну участь у визначенні шляхів розвитку науки і техніки та напрямків їх застосування в інтересах людства, а саме: аналізувати необхідні соціальні умови в кожному випадку та інформувати громадськість про можливі соціальні наслідки, брати участь як у підготовці, реалізації, контролі прийнятих рішень, так і в аналізі їх результатів; проводити наукові дослідження і здійснювати навчання в рамках своєї професійної діяльності; втручатися і виявляти ініціативу за свідомого вибору предмета і методів дослідження, за забезпечення доступу до джерел інформації, необхідної для виконання своїх обов'язків; виявляти, аналізувати і повністю усвідомлювати ризик, пов'язаний із проведенням наукових досліджень; спілкуватися і обмінюватися інформацією, отриманою як у ході власних досліджень, так і з зовнішніх джерел; сприяти співробітництву і здоровій конкуренції між науковими працівниками, розповсюдженню знань із гуманною метою; використовувати сучасні засоби комунікації з метою забезпечення доступу до наукової інформації і стимулювання дискусій як у науковому співтоваристві, так і в суспільстві в цілому, що полегшить визнання моральних цінностей, науково-технічних досягнень; відігравати свою роль на основі власної наукової діяльності в процесі роботи і визнання досягнень у науковій і громадській діяльності для всіх наукових працівників, особливо молодих вчених; використовувати можливість для наукових працівників будувати свою наукову кар'єру незалежно від сімейних і батьківських обов'язків і створювати рівні умови і можливості для їхнього професійного зростання; отримувати винагороди відповідно до кваліфікації і результатів праці; змінювати соціальне оточення людей та

природне середовище, розглядаючи розвиток людини і охорону природного середовища як визначальні критерії в разі вибору засобів використання наукового знання тощо.

Рекомендація ЮНЕСКО наполягає на дбайливому ставленні до кадрів, які виконують науково-дослідну роботу. Усвідомлення відповідальності науки є умовою і результатом виконання науковими працівниками своїх обов'язків перед наукою, її інтересами та перед суспільством. Соціальна відповідальність наукових працівників вимагає, щоб вони дотримувалися високих стандартів наукової чесності і якісного контролю.

У 2005 році було прийнято Рекомендації Європейської комісії щодо Європейської хартії дослідників та Кодексу працевлаштування наукових працівників для того, щоб розвивати відкритий і сталий європейський ринок праці для наукових працівників, залучати та зберігати в науковій сфері висококваліфікованих вчених. У 2018 р. Міністерство освіти та науки України закликала заклади вищої освіти, наукові установи, Національну академію наук та галузеві академії враховувати у своїй роботі принципи і вимоги цього документа. Серед найважливіших принципів і вимог Хартії та Кодексу є: належне ставлення вчених до провадження наукової діяльності, зокрема, професійна відповідальність, постійний професійний розвиток, засади безпеки в наукових дослідженнях, поширення та використання наукових результатів, нагляд та відповідальність в управлінні, участь у соціальному житті суспільства, належні стосунки з науковими керівниками, етичні принципи та свобода наукових досліджень; створення умов праці, які забезпечували б поєднання професійного та сімейного життя; професійний підхід до наукових досліджень; визнання професії; створення сприятливих умов для провадження наукової діяльності; підтримка мобільності наукових працівників тощо.

З огляду на викладене вище значну роль у фактичній спрямованості науки, технологій та інновацій на благо людства відіграють наукові працівники. На жаль, негативною залишається динаміка чисельності та мотивації молодих вчених, а загальна кількість працівників наукових установ зменшується. Найчастіше несприятливе ставлення до оцінки та оплати праці наукових працівників призводить до їхнього переходу в інші сфери діяльності або еміграції з України.

Основні положення поданих до розгляду міжнародних документів цілком актуальні, хоча в Україні відповідних цілей у повному обсязі ще не досягнуто.

Сенють В.Т., Витязь П.А., Валькович И.В.
Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,
Хейфец М.Л. Институт прикладной физики
НАН Беларуси, Минск, Беларусь
Колмаков А.Г. Институт металлургии и материаловедения
им. А.А. Байкова РАН, Москва, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛО-МАТРИЧНЫХ КОМПОЗИТОВ ЖЕЛЕЗО–НАНО/МИКРО СВН, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ МЕХАНОСПЛАВЛЕНИЯ, ДЛЯ МАГНИТНО- АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

Одним из основных методов получения материала для магнитно-абразивной обработки (МАО) является высокотемпературное спекание порошков абразива и железа [1]. К недостаткам такого способа относят сложность технологического процесса, в частности необходимость применения высокотемпературных печей и прессового оборудования, длительных операций термической обработки, а также короткий ресурс службы производимых металло-матричных композитов (ММК) для МАО.

Альтернативным способом получения ММК является метод механосплавления компонентов [2], осуществляемый в атриторах и высокоэнергетических планетарных шаровых мельницах. Основными преимуществами этого способа является интенсификация различных физико-химических процессов в материалах, что способствует изменению их структурно-фазового состояния. При этом регулирование степени диспергирования абразивной компоненты также будет способствовать снижению шероховатости обрабатываемых поверхностей.

В качестве абразива в ММК для высокопроизводительной обработки высокотвердых износостойких материалов перспективно использование порошков алмаза [3]. Однако микро- и нанодисперсные порошки синтетического алмаза, отличающиеся высокими абразивными свойствами, имеют достаточно низкую стойкость к окислению и графитизации [4], что влияет на скорость съема обрабатываемого материала и снижает ресурс работы алмазных ММК. В то же время использование кубического нитрида бора (сBN), обладающего высокой твердостью и абразивной способностью, но более высокой, по сравнению с алмазом, термостойкостью, будет способствовать повышению физико-механических и эксплуатационных свойств ММК.

Для основы ММК был использован порошок железа ПЖВ (ГОСТ 9849-86). фракции 100–315 мкм. Первый тип абразива представляет собой микропорошок cBN с зернистостью основной фракции 40/28 мкм, второй тип абразива – наноструктурный порошок cBN с размером частиц в пределах 50–200 нм, содержащий примесь гексагонального BN.

Механосплавление ММК осуществляли в атриторе вертикального исполнения при скорости вращения импеллера 700 об/мин в течение 45 мин. Отношение масс размольных тел $M_{\text{ш}}$ к массе обрабатываемого порошка $M_{\text{п}}$ составило $(M_{\text{ш}}/M_{\text{п}}) = 60$. На рис. 1 представлена структура полученных ММК.

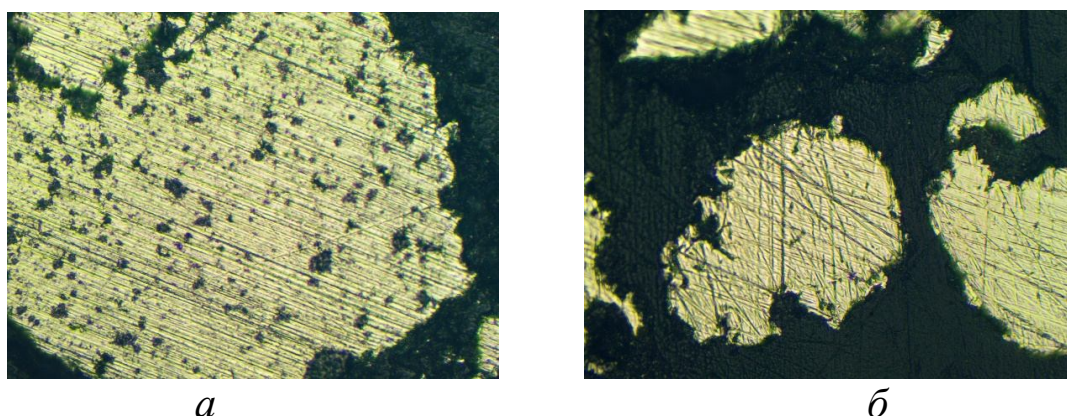


Рис. 1– Структура ММК Fe-cBN:

a – ММК с матричной структурой Fe-микропорошок cBN; *б* – ММК с плакированной структурой Fe-нанопорошок cBN; x400

В результате анализа полученных ММК установлено, что при использовании в качестве абразива микропорошка cBN формируется композит с матричной структурой с преимущественным размером частиц cBN 1-10 мкм (рис. 1, *a*), равномерно распределенных в металлической матрице.

Применение наноструктурного порошка cBN приводит к локализации cBN в процессе механоактивации главным образом в поверхностном слое композита с образованием ММК с плакированной структурой, рис. 1, *б*. В данном случае также отмечается внедрение наноструктурного cBN в объем частиц железа, однако доля внедренных частиц существенно ниже, чем в случае использования микропорошка cBN.

Литература

1. Ящерицын, П.И. Патент ВУ № 8085. Способ получения материала для магнитно-абразивной обработки / П.И Ящерицын, А.П. Ракомсин, М.И. Сидоренко и др. – 2006.

2 Витязь, П.А. Механосинтез композиционных порошков Fe/SiC для магнитно-абразивной обработки / П.А. Витязь, Т.Ф. Григорьева, В.И. Жорник и др. // Механика машин, механизмов и материалов. – 2016. – № 1. – С. 52–57.

3. Галицкий, В.Н. Алмазный абразивный инструмент на металлических связках для обработки твердого сплава и стали / В.Н. Галицкий, А.В. Курищук, В.А. Муровский. – К. : Наук. думка, 1986. – 144 с.

4. Ножкина, А.В. // Прочность алмазных материалов после нагрева под давлением / А.В. Ножкина, В.И. Бугаков, А.И. Лаптев // Породо-разрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: сб. науч. тр. – Вып. 21. – К. : ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2018. – С. 151–160.

*Сенють В. Т., Григорчик А.Н., Жорник В.И.,
Валькович И.В.* Объединенный институт машиностроения
НАН Беларуси, Минск, Беларусь

ИЗУЧЕНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА ПОРОШКА НАНОАЛМАЗОВ ПОСЛЕ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ БОРОМ И КРЕМНИЕМ

Наноалмазы отличаются уникальным сочетанием присущих собственно алмазу высокой твердости и износостойкости с чрезвычайно высокой поверхностной активностью и структурообразующими качествами, характерными для ультрадисперсной среды. Отличительная черта наноалмазов детонационного синтеза от других алмазов заключается в их способности содержать на поверхности различные функциональные группы, состав которых можно регулировать путем соответствующей химической обработки (модифицирования), обеспечивая при этом получение специфических свойств, требуемых для конкретного применения наноалмазов [1].

При получении алмазных композитов инструментального назначения, износостойких покрытий перспективно применение наноалмазов, модифицированных различными тугоплавкими соединениями, в частности кремнием и бором. Так, модифицирование поверхности наноалмазов указанными элементами способствует повышению механических свойств (твердость, трещиностойкость) наноалмазных спеков, полу-

ченных в условиях высоких давлений и температур [2]. Применение наноалмазов с бором при формировании никель-алмазных гальванических покрытий позволяет увеличить микротвердость покрытия на 40–60% и повысить их износостойкость по сравнению с покрытиями, содержащими только добавки очищенных наноалмазов без бора [3]. Поэтому разработка методов получения порошка наноалмазов, содержащих в качестве легирующих добавок кремний и бор, и изучение структуры и свойств такого порошка представляется актуальной задачей.

Целью настоящей работы является изучение фазового состава наноалмазов после их модифицирования бором и кремнием методом химико-термической обработки.

В качестве исходного материала использовали очищенный порошок наноалмазов детонационного синтеза НП ЗАО «Синта» (г. Минск) с размером кристаллитов 4–10 нм и долей несгораемого остатка 1 мас. %.

Модифицирование бором, а также совместно кремнием и бором проводили газофазным способом путем отжига порошка наноалмазов в герметичном контейнере из окалиностойкой стали Х12Н18 в защитной атмосфере на основе аммиака NH_3 с добавлением соответствующих соединений при температурах 700–950 °С [1]. Исследования фазового состава наноалмазов до и после борирования осуществляли на рентгеновской установке ДРОН-3 в Cu-K_α –излучении в угловом диапазоне 20–100 град.

В результате проведенных исследований установлено, что исходный наноалмаз содержит наряду с фазой алмаза также фазу графита. После борирования при температуре 700 °С кроме указанных фаз отмечается присутствие бора без образования соединений на его основе.

Фазовый состав порошка наноалмазов после совместного модифицирования кремнием и бором при температуре 950 °С представлен на рис. 1. Помимо алмаза в модифицированном порошке отмечено присутствие бора, фазы карбида кремния Si_3C_3 , а также бориды и оксиды железа FeB и FeO . Присутствие соединений железа после высокотемпературной обработки обусловлено взаимодействием железа (основной материал контейнера) с бором и адсорбированным кислородом на поверхности наноалмазов [1, 3].

Таким образом, методом химико-термической обработки получены порошок наноалмаз–бор и порошок наноалмаз–бор–карбид кремния, содержащий также соединения FeB и FeO . Для исключения железа и его соединений в конечном продукте представляется целесообразным

использовать при модифицировании наноалмазов бором (кремнием) контейнеры на основе тугоплавких соединений бора и кремния.

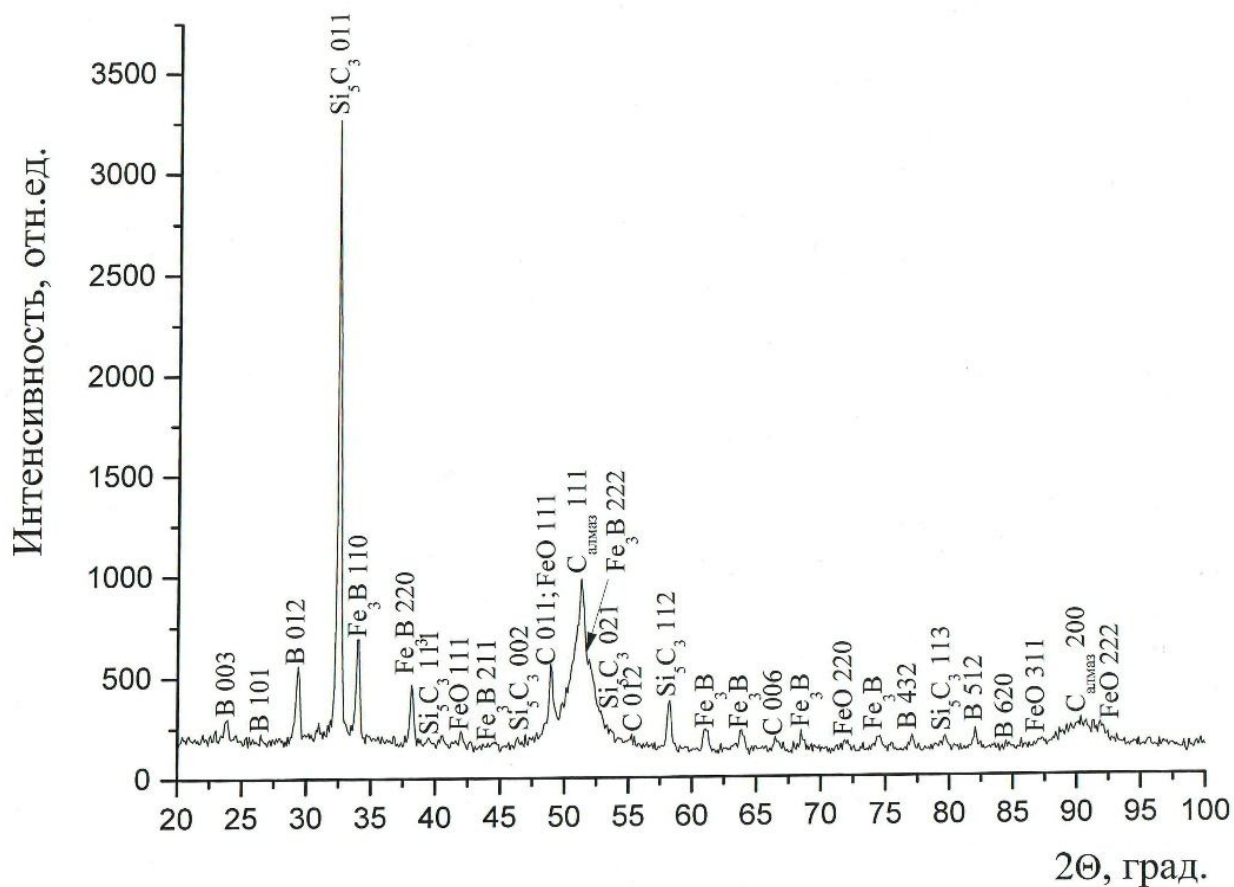


Рис. 1 – Рентгенограмма порошка наноалмазов после химико-термического модифицирования кремнием и бором

Литература

1. Витязь, П.А. Наноалмазы детонационного синтеза: получение и применение / П.А. Витязь и др. – Мн. : Белорус. наука, 2013. – 381 с.
2. Витязь, П.А. Модифицирование материалов и покрытий наноразмерными алмазосодержащими добавками / П.А. Витязь и др. – Мн. : Белорус. наука, 2011. – 522 с.
3. Долматов, В. Ю. Детонационные наноалмазы. Получение, свойства, применение / В.Ю. Долматов. – Санкт-Петербург : НПО «Профессионал», 2011. – 536 с.

*Солових Є.К., Магопець С.О., Катеринич С.Є.,
Солових А.Є. Центральноукраїнський технічний
університет, Кропивницький,
Брусило Ю.В., Шамрай В.Б. Національний
авіаційний університет, Київ, Україна*

ВИКОРИСТАННЯ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Деталі автомобільного транспорту в процесі експлуатації піддаються дії статичних, динамічних або циклічних навантажень, тому їх робочі поверхні для поліпшення триботехнічних властивостей повинні бути зносостійкими, а в умовах тертя без змащення (або при обмеженні мастила) – мати високий опір до схоплювання і помірний коефіцієнт тертя. До основних причин втрати працездатності деталей автомобільного транспорту (ДАТ) можна віднести: різні види зносу; поломки і викривлення в результаті втомного зношування, корозійні ураження, руйнування внаслідок повзучості і всі можливі поєднання вищевказаних причин.

Основна мета процесу відновлення та зміцнення деталей автомобільного транспорту – підвищення їх триботехнічних властивостей, міцності та відновлення їх геометричної форми.

Сьогодні основним напрямком при поліпшенні триботехнічних властивостей ДАТ можна вважати нанесення зносостійких покриттів на їх швидкозношуємі поверхні. Нанесення покриттів – один з основних шляхів підвищення поверхневої твердості і зносостійкості ДАТ і збільшення терміну їх служби. В даний час існують різні способи відновлення шляхом нанесення покриттів, різноманіття яких пояснюється тим, що жоден з них не може претендувати на універсальність: кожен спосіб має свою область застосування; один і той же матеріал покриття може бути нанесено різними способами; більшість способів можна розглядати як альтернативні.

У вітчизняній практиці відновлення зношених деталей, або виготовлення нових, використовують методи нанесення захисних покриттів наплавленням, напиленням, припіканням та ін. У практиці відновлення зношених деталей застосовуються методи газотермічного напилення покриттів (табл. 1).

Методи ГТН в порівнянні з іншими методами нанесення покриттів мають ряд переваг, які сприяють більш широкому впровадженню їх у виробництво: висока продуктивність, керованість процесів, універсальність використовуваних матеріалів (нанесення матеріалів різних складів), можливість отримання шарів у великому діапазоні товщини з широким спектром властивостей та інші. Витрати на відновлення деталей становлять 15–20% у порівнянні з знову виготовленими деталями, а зносостійкість підвищується в 2,5–3 рази. Вони є одними з найбільш гнучких способів відновлення робочих поверхонь і збільшення терміну служби деталей. Методи ГТН – наймасовіші технології, що застосовуються в ремонті. До переваг напилення, особливо цінним для ремонтного виробництва, відноситься можливість здійснення процесу в різних виробничих умовах (на ремонтних підприємствах, в ремонтних майстернях).

Таблиця 1 – Характеристика методів газотермічного напилення (ГТН)

Параметр	Спосіб напилення			
	газополуменевий	плазмовий	детонаційний	електродуговий
Продуктивність, кг/ч	1–10	0,5–8,0	0,1–6,0	3–36
Коефіцієнт використання напилюваного матеріалу	0,8–0,95	0,7–0,9	0,3–0,6	0,8–0,95
Температура, °С	до 2000	до 3000	до 3000	до 2000
Швидкість матеріалу, що напилюється, м/с	20–180	50–600	350–1000	50–240
Міцність зчеплення, МПа	до 50	до 120	до 200	до 40
Пористість, %	16,0–35,0	3,0–4,0	0,5–1,0	10,0–30,0

При виборі способу ГТН необхідно враховувати основні умови формування якісних покриттів:

- термічний вплив на деталь повинен повністю запобігати фазовим або структурним перетворенням в основному металі;
- участь основного металу в покритті повинна бути близька до нуля;
- в зоні з'єднання не повинні розвиватися процеси релаксаційного характеру, які здатні змінити її структуру і фазовий склад.

У світовій практиці відновлення деталей і антикорозійного захисту, електродуговий (ЕДН) і газополуменевий (ГПН) методи напилення набули значного поширення. Цими методами можна відновлювати близь-

ко 75% найменувань деталей, що зношуються, які забезпечують зносостійкість на рівні нових. Габарити деталей не лімітують їх застосування. Устаткування для напилення є порівняно простим, легким і його можна досить швидко переміщати. Доцільність застосування ЕДН і ГПН при відновленні деталей автомобільного транспорту забезпечується його такими перевагами:

- доступністю джерела енергії для напилення металу;
- простотою і технологічністю процесу; технологічною гнучкістю застосування до різних типорозмірів деталей;
- високою продуктивністю нанесення покриття (до 20 кг/год. сталі);
- отриманням покриттів товщиною від 0,1 до 3,0 і більше міліметрів;
- зносостійкість в 1,5–1,8 рази вище загартованої сталі 45;
- відсутністю значного термічного впливу на деталь (температура нагріву деталі 100–150 °С);
- відсутністю деформації деталей, яка неминуча при наплавленні;
- можливістю нанесення покриття на поверхні деталей з різних матеріалів (сталь, чавун, і ін.);
- отриманням покриттів з різних матеріалів із заданими властивостями;
- собівартістю нанесення покриття (в 1,4–1,8 рази нижче наплавлення).

Сороченко В.Г., Сохань С.В. Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, Киев, Украина

ВЛИЯНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ ИЗ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

Исследовано влияние функциональных наполнителей (дисульфид молибдена, графит и др.) на работоспособность металлических и металлополимерных композитов из сверхтвердых материалов при шлифовании материалов с широким диапазоном физико-механических свойств: конструкционная керамика, твердый сплав, хрусталь, камень и др.

Исследования проводили на технологическом стенде на базе шлифовального станка модели 3Е642М. Испытаниям подвергались экспериментальные опытные образцы шлифовальных кругов формы 12А2-45° 125×5 АС15 80/63-50 на металлической связке марки М2-01 и шли-

фовальных кругах формы 12A2-45° 125×5 AC6 200/160 и 12A2-45° 125×5 AC6 125/100-100 на металлополимерной связке В2-01-1. Технологические режимы: скорость резания 20 м/с; продольная подача 2 м/мин; поперечная подача 0,05 мм/дв.ход. Содержание функциональных наполнителей в составе связок кругов варьировалось от 0 до 12% (по массе). Результаты испытаний кругов на металлических связках приведены в табл. 1, металлополимерных в табл. 2.

Таблица 1 – Влияние содержания дисульфида молибдена на относительные затраты алмаза и твердость рабочего слоя круга на металлической связке при шлифовании твердого сплава марки Т15К6 (числитель) и хрусталя (знаменатель)

Показатель	Дисульфид молибдена, % (по массе)					
	0	3	5	7	10	12
Относительный расход алмаза, мг/г	1,4/0,02	0,8/0,015	0,4/0,010	1,2/0,02	1,5/0,0,040	1,8/0,050
Твердость рабочего слоя круга, HRB ₆₀	97/97	96/94	95/95	96/96	93/96	92/97

Таблица 2 – Влияние содержания дисульфида молибдена (числитель) и графита (знаменатель) на относительные затраты алмаза и твердость рабочего слоя круга на металлополимерной связке системы Cu-Sn-ПБ при шлифовании твердого сплава марки ВК6

Показатель	Дисульфид молибдена/графита, % (по массе)					
	0	3	5	7	10	12
Относительный расход алмаза, мг/г	3,0/3,1	4,3/4,5	3,9/3,2	3,2/5,4	5,2/5,9	5,6/5,9
Твердость рабочего слоя круга, HRB ₆₀	75/73	77/73	76/69	75/68	75/62	75/60

Установлено, что уменьшение внешнего трения и улучшение показателей работоспособности шлифовальных кругов достигается благодаря структурному построению рабочего слоя, включая функциональные наполнители. Последние обеспечивают снижение внешнего трения за счет скольжения слоев одного относительно другого, при этом нагрузка в зоне обработки уменьшается на 10–15%.

Анализируя металлические связки (см. табл. 1) видим, что варьируя содержанием функциональных наполнителей можно, во-первых, определить оптимальный по своей функциональности состав, обеспечивающий высокую работоспособность инструмента, и во-вторых, определить рациональный интервал их концентрации, в котором связка может иметь наиболее оптимальный по своей функциональности состав с наименьшими затратами сверхтвердых материалов. Так для дисульфида молибдена его оптимальное содержание в связке составляет 5–7% (по массе). Высокие результаты получены при использовании в качестве добавки графита при концентрации примерно 5% (по массе).

В табл. 3 представлены коэффициенты износостойкости разработанных металлополимерных композитов из сверхтвердых материалов. Показано, что функциональные наполнители – дисульфид молибдена, графит и ультрадисперсный алмаз, а также их смеси MoS_2 – графит и MoS_2 -УДА повышают износостойкость металлополимерных композитов из сверхтвердых материалов примерно в 1,4–2,0 раза.

Таблица 3 – Влияние функциональных наполнителей на износостойкость шлифовальных кругов

Металлополимерный композит	Коэффициент износостойкости	Относительные затраты алмаза, мг/г
Cu-Sn-ПБ	1,00	4,55
Cu-Sn-ПБ- MoS_2	1,81	2,51
Cu-Sn-ПБ- графит	1,85	2,46
Cu-Sn-ПБ- MoS_2 -графит	2,09	2,18
Cu-Sn-ПБ- MoS_2 -УДА	1,91	2,38

Установлено, что наиболее эффективным является многокомпонентный композит системы Cu–Sn–ПБ– MoS_2 –графит при массовом соотношении MoS_2 – графит равном 2:1.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать вывод, что введение в состав металлической и металлополимерной связки таких наполнителей, например, как дисульфид молибдена или графит, приводят к снижению внешнего трения и напряженности процесса резания.

СПЕЦИАЛЬНЫЙ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ШЛИФОВАНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ШАРИКОВ

Наиболее сложным и трудоемким при изготовлении гибридных подшипников качения является технологический процесс изготовления керамических шариков (рис. 1).



Рис. 1 – Внешний вид керамических заготовок после спекания и готовых шариков

Требования к точности и качеству изготовления прецизионных керамических шариков очень высокие – согласно стандарту ISO 3290-2:2014 для керамических шариков степени точности G16 (диаметром до 50 мм) отклонение от сферической формы шариков 0,4 мкм, вариации диаметров шариков 0,4 мкм, разноразмерность диаметра шариков в партии 0,4 мкм и качество изготовления по параметру шероховатости поверхности изделия Ra 0,025. Указанные требования обеспечиваются после придания заготовкам керамических шариков сферической формы на операции алмазно-абразивного шлифования с последующей групповой доводкой керамических шариков в несколько переходов с последовательным уменьшением зернистости алмазного порошка на каждом переходе. Важная роль в этом технологическом процессе принадлежит специальному алмазно-абразивному инструменту.

В Институте сверхтвердых материалов имени В.Н. Бакуля НАН Украины созданы опытные образцы специального алмазно-абразивного инструмента для шлифования керамических шариков. Характеристика алмазного инструмента: 6A2 300(400)×3×80-AC15 200/160, 125/100, 50/40 MX5, B2-01-1, 100% (ДСТУ16170-90).

Новизна разработки состоит в определении состава и характеристики металлических и металлополимерных композитов (связок), использовании порошков синтетического алмаза с коэффициентом однородности 1,1–1,3, применении специальных конструкций рабочего слоя алмазно-абразивного инструмента для шлифования керамических шариков.

Исследована работоспособность алмазного инструмента формы 6A2 300 на металлических связках М2-01, МП1 и МХ5 с алмазами марок АС6, АС15 и АС32 зернистостью 50/40, 125/100, 200/160 и концентрацией алмазного порошка 50, 100 и 150 %. Усилие прижима алмазно-абразивного инструмента составляло 9,8–49,0 Н/шарик, усилие прижима шарика в базовых дисках – 2,9–9,8 Н/шарик. Обработывали заготовки шариков диаметром 27 мм с отклонением по диаметру $\pm 0,05$ мм. Скорость вращения шлифовального инструмента составляла 15 и 30 м/с. Шлифование выполняли с применением смазочно-охлаждающей технологической среды. Количество одновременно обрабатываемых шариков было восемь штук.

Физико-механические характеристики материала шариков на основе карбида бора: предел прочности при изгибе 380–400 МПа; предел прочности при сжатии 2000–2800 МПа; коэффициент вязкости 3,4–3,6 МПа·м^{1/2}; твердость 80–100 HRC; микротвердость 42 ± 2 ГПа; плотность 2,4–2,6 г/см³; пористость 0,1–3,0%. В необходимых случаях для сравнения обрабатывали шарики из карбида кремния, оксида алюминия и композитного сплава КХН.

Проведенные исследования позволили установить следующие рациональные области применения специального алмазно-абразивного инструмента для обработки керамических шариков. Наибольшую работоспособность имеют алмазно-абразивные инструменты на связке марки МХ5 зернистостью АС6 200/160 100%-й концентрации. Время обработки одного шарика из карбида бора составляет порядка 10–15 мин.

Наибольшую износостойкость имеют алмазные инструменты на связках МП1 и М2-01 зернистостью 125/100–200/160 100% концентрации. Затраты алмазного порошка на обработку одного шарика из карбида бора составляют для кругов на связках марок МП1 и М2-01 – 7,1 карата. Обрабатываемость шариков из карбида бора, карбида кремния, оксида алюминия и сплава марки КХН находится для соответствующих связок в следующем соотношении 1,0:0,7:0,5:0,8. Результаты оптимизации применения алмазно-абразивного инструмента при шлифовании керамических шариков из карбида бора представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Характеристика алмазно-абразивного инструмента для шлифования шариков из карбида бора

Операция	Сферичность шарика, мкм	Характеристика алмазно-абразивного инструмента	Режимы шлифования		
			$v_{кр}$, м/с	S , мм	P , кГс
Черновое шлифование	50–70	6A2T 300×3×80AC15...AC32 315/250...125/100-MX5-100	20–30	1,0–1,5	3–5
Чистовое шлифование	5–10	6A2T 300×3×80AC6 125/100...100/80-MX5-100		0,2–0,5	
Доводочное шлифование	0,2–1,0	6A2T 300×3×80 АСМ40/28...28/20		0,05–0,10	1–3

Тихоненко В.В., Тихоненко Т.В. ООО «ВАТТ», Союз специалистов-экспертов по качеству, Киев, Украина

СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ПРОИЗВОДСТВО ПРОДУКЦИИ И ПРЕДОСТАВЛЕНИЕ УСЛУГ

Наличие систем менеджмента качества (далее – СМК) на предприятиях нефтегазовой промышленности является обязательным требованием большинства заказчиков, условиями тендеров. Каким же стандартам должна соответствовать СМК? Это – базовый стандарт ISO 9001:2015, который подходит для любого предприятия, а не только нефтегазового. Это также – специальные стандарты для нефтегазовой сферы деятельности, а именно:

- ISO 29001:2020 “Нефтяная, нефтехимическая и газовая промышленность. Отраслевые системы менеджмента качества. Требования к организациям, поставляющим продукцию и услуги”;
- API Spec Q1 “Спецификация на требования системы менеджмента качества для производственных организаций нефтяной и газовой промышленности” (9-я ред.);
- API Spec Q2 “Спецификация требований к системе менеджмента качества для организаций, предоставляющих сервисные услуги для нефтяной и газовой промышленности” (2-я ред.).

Стандарт ISO 29001:2020 введен в мае 2020 года. Спецификации Американского института нефти API Spec Q1 (9-я ред.) и API Spec Q2 (2-я

ред.) опубликованы в 2013 и 2021 гг. соответственно. API Spec Q2 (2-я ред.) начнет действовать с 14.01.2022 г., хотя аудиты для новых заявителей будут проводиться уже с 14 октября 2021 г. Новая 10-я редакция API Spec Q1 по состоянию на август 2021 г. находится в предпубликационной стадии. Отличие введения стандартов ISO от спецификаций API состоит в том, что стандарты ISO вводятся в действие с момента публикации, а спецификации API вводятся в действие по другому принципу: на титульной странице спецификаций API указано, с какого времени они действуют (это может быть, например период в 6 месяцев или более длительный).

Отметим, что одной из причин разработки API Spec Q2 послужила авария, произошедшая на платформе (Deepwater Gorizon) в Мексиканском заливе в 2010 году.

Требования API Spec Q1 и API Spec Q2 существенно шире требований ISO 9001:2015. Поэтому при сертификации СМК по требованиям API Spec Q1 или API Spec Q2 выдается и сертификат соответствия СМК требованиям ISO 9001:2015.

Как подготовиться к сертификации СМК или лицензированию продукции Американским институтом нефти можно посмотреть на сайте, пройдя по ссылке: http://usq.com.ua/API_r.jpg

Также отметим, что хотя и опубликована матрица сравнения требований для СМК по ISO 29001:2020 и API Spec Q1 (9-я ред.) и API Spec Q2 (1-я ред.), требования спецификаций API для СМК остаются все же более существенными (<https://committee.iso.org/files/live/sites/tc67/files/Workgroup2/Correlation%20matrices%20ISO%2029001.pdf>).

API Spec Q1 и API Spec Q2 требуют наличия и выполнения достаточно многих обязательных документированных процедур и записей, которых нет в требованиях ISO 29001:2020 и ISO 9001:2015.

Обратим внимание на следующее: предприятие, желающее получить лицензию на выпуск продукции по спецификации API должно обязательно иметь СМК по требованиям API Spec Q1 на любую продукцию для нефтегазового сектора (а не только на продукцию, соответствующую выбранной спецификации API).

В чем выгода сертификации/лицензирования API для предприятий, производящих продукцию и предоставляющих услуги для нефтегазовой промышленности? Здесь можно отметить высокий авторитет API в нефтегазовой сфере и экономическую составляющую, когда за один аудит можно получить несколько сертификатов/лицензий как на СМК, так и на продукцию.

Если предприятие, которое изготавливает продукцию и/или предоставляет услуги для нефтегазовой промышленности только собира-

ється внедряють СМК, рекомендуємо робити це одразу в відповідності з вимогами специфікацій API по новим, актуальним версіям. Така СМК надасть суттєву підтримку конкурентоспроможності підприємства, підвищення довіри до нього, постійному удосконаленню результативності та ефективності його діяльності.

*Тихоненко В.В., Тихоненко Т.В. ТОВ «ВАТТ»,
Спілка фахівців-експертів з якості, Київ, Україна*

СТІЙКІСТЬ ОРГАНІЗАЦІЇ

Сьогодення формує зовсім нові вимоги до стійкості організації. Існують такі визначення стійкості організації:

- **стійкість (Resilience)** – здатність підготуватися до змінних умов та адаптуватися до них і швидко одужати від експлуатаційних збоїв. Стійкість включає здатність протистояти навмисним атакам, аваріям або природним загрозам чи інцидентам та відновлюватися. (FCD-1: Federal Continuity Directive 1 Issue Date: January 17, 2017, USA);
- **організаційна стійкість** – здатність організації передбачати, готуватися і реагувати та пристосовуватися до поступових змін та раптових збоїв, щоб вижити і процвітати (BS 65000:2014);
- **організаційна стійкість** – здатність організації абсорбувати (поглинати) та адаптуватися у мінливих умовах (ISO 22316:2017).

Що має забезпечити організація для її стійкості:

- управління активами (ISO 55000);
- управління ризиками (ISO 31000, IEC 31010);
- управління зацікавленими сторонами та співпрацю (ISO 44001);
- управління репутацією (ISO 37001, 37002);
- сканування горизонту (“Horizon Scanning: A Practitioners Guide”, IRM, 2018);
- екологічний менеджмент (ISO 14001, 14007, 14052, 14053, 14064, 14067);
- охорону здоров'я та безпеку працівників (ISO 45001, 45003, 45005);
- контроль за шахрайством (ISO 37002);
- неперервність бізнесу (ISO 22301, 22316, 22317);
- інформаційну, комунікаційну та технологічну (ІКТ) неперервність (ISO 27031);
- кібербезпеку (ISO 27032, PAS 555);

- управління змінами (ISO 10020);
- інформаційну безпеку (ISO 27001);
- фізичну безпеку (ISO 22340, 22341, 22342);
- засоби управління (ISO 37000);
- управління інфраструктурою (ISO 41001)
- управління надзвичайними ситуаціями (ISO 22320);
- антикризове управління (BS 11200, ISO 22360, 22361);
- управління ланцюжком поставок (ISO 20400, 28000, 22318, PAS 7000);
- планування людських ресурсів (ISO 30408, 10015);
- фінансовий контроль (ISO 10014, 55010, 20022);
- управління якістю (ISO 9001);
- управління проектами (ISO 21502, 10006);
- соціальну відповідальність (ISO 26000)
- комплаєнс менеджмент (ISO 37301).

Як бачимо вимог багато, але це все допоможе організації, чим би вона не займалась, передбачати, готуватися, реагувати та пристосовуватися до швидких та поступових змін, раптових збоїв, щоб вижити і процвітати.

*Kharlamov Y.A. Volodymyr Dahl East Ukrainian
National University, Severodonetsk, Ukraine*

PARAMETERS OF COATED TRIBOLOGICAL SYSTEMS

The inhomogeneity of the composition, structure, and, accordingly, the mechanical and thermo-physical properties of parts with coatings, the possibility of their physicochemical interaction, etc. lead to a difference in wear mechanisms in comparison with parts made of traditional structural materials. These differences are associated with the possibility of damage to the interface, for example, delamination, segregation, chipping, cracking of the coating. The types of wear of surfaces with coatings can be divided into three groups: 1. with the separation of particles of the destroyed coating layer and the base material (gradual removal of detachable particles of the coating, exfoliation of areas of the coating with weakened adhesion strength, tearing out of areas of the coating with an adjacent layer of the base material, etc.). The gradual removal of particles of the coating material is similar to the mechanisms of wear of structural materials, including abrasive, cavitation, seizure, fatigue spalling, fretting corrosion, etc.; 2. without removing

particles of coating and base materials due to plastic (irreversible) deformation of both the coating and the base, including the topography of the friction surface; 3. mutual transfer of materials between contacting surfaces.

The control of coated tribological systems (TS) is a very complex problem, since friction and wear in them depend on many interdependent parameters. In such a TS, at least one of the parts is coated, which significantly complicates the analysis of their contact interaction during friction. The characteristic features, parameters and processes occurring during frictional interaction in such vehicles in various zones of the coated part are summarized in Table. 1. In order to meet tribological requirements, a coated surface must have a suitable combination of properties in its various zones.

Table 1 – Features, parameters and processes occurring during frictional interaction in various zones of coated parts

	Key elements of the TS		Special features and parameters	Frictional interaction processes
Tribological system (TS)	Counterbody (Element 2)		Material: metal; ceramics; polymer; composite. Surface layer parameters: thickness; the degree of hardening or modification; gradient of properties across thickness, etc.	Interaction with E1; change and destruction of the surface layer
	Friction contact		Working environment; contact area; actual pressure, etc.; third body	Change in physical contact; mass and heat transfer; corrosion, etc.
	Coated part (element 1)	coating	Material: metal; ceramics; polymer; composite. Surface layer parameters: thickness; the degree of hardening or modification; gradient of properties across thickness, etc. Type of coating (single-layer, multi-layer, composite, gradient, discrete, etc.), etc.	Wear; corrosion; change in cohesive strength, etc.;
		interface	Contact areas; the nature of the adhesion;	Diffusion; change in physical contact; change in adhesive strength
		basic material	Material: metal; ceramics; polymer; composite. Surface layer parameters: thickness; the degree of hardening or modification; property gradient across thickness; design features and compliance, etc.	Heat removal and absorption; strain hardening, etc.

Let us consider the most important parameters of parts with coatings that affect the *coefficient of friction*. In a number of applications, other parameters are also taken into account – the characteristics of the counterbody, the shear strength of the coating, the chemical properties of the coating, the hardness of the base, etc. Coating thickness: for soft coatings there is an optimal value, thinner or thicker coatings lead to an increase in the coefficient of friction. For thin coatings, the coefficient of friction will be influenced by the surface roughness of the substrate at the interface. Increasing the thickness of soft coatings can lead to a large real contact area and an increase in the coefficient of friction. The effect of the surface roughness of a coating depends on its hardness, the roughness of soft coatings is prone to plastic deformation, while for a hard coating, plastic deformation is very limited. Therefore, the requirements for surface cleanliness are higher for hard coatings than for soft ones. Modulus of elasticity of the base: with thin coatings, the load is predominantly supported by the base material. However, for thick hard coatings, the coefficient of friction is independent of the elastic modulus of the substrate, since the load is mainly supported by the coatings. Normal load: for soft surfaces, the coefficient of friction decreases with increasing normal load or contact pressure. For hard pavements, the change in the coefficient of friction with load depends on a set of factors. The values of the friction coefficient depend to a large extent on a set of operational factors – the working medium, sliding speed, counterbody parameters, etc.

The influence of a much larger number of TS parameters has been revealed on the *wear of coated parts*. The hardness of the coating is usually considered as the most important parameter of wear resistance; however, high hardness does not always lead to increased wear resistance, since the production of super- or super-hard coatings usually occurs due to the loss of ductility and fracture toughness. Increasing the hardness of the base material can increase the life of the coating. The elastic moduli of the coating and the base and their difference determine the residual stresses at the interface. Hard coatings have a higher modulus of elasticity than the base, and at high loads the coatings cannot withstand the deformation of the base, which leads to the initiation and propagation of cracks in the coatings. A significant mismatch in the modulus of elasticity (E_c - E_s) is the most important parameter for impact wear, as it causes high tensile stresses at the coating-substrate interface and their delamination. The role of the ratio of hardness and modulus of elasticity of the coating (H_c / E_c) is especially pronounced during abrasive wear. The higher the H_c / E_c ratio, the better the part's resistance to abrasive wear. However, with different types and conditions of wear, the role of this factor is ambiguous. Crack resis-

tance (fracture toughness) of coatings is a very important parameter in fatigue, impact and erosion wear. The adhesion strength of coatings to the base material depends on a large number of design and technological factors and determines the possibility of peeling off local areas of the coating. However, the method for estimating this parameter should be linked to the prevailing wear mechanism and frictional contact conditions. The parameters of the microstructure of the coating and the adjoining base layer are very numerous; they are in many respects determining the tribological properties of hardened parts and require a separate discussion. The thickness of the coating is the determining factor in the life of the part. However, its increase is limited by the growth of residual stresses, as well as by the technological conditions of coating deposition. The roughness of the substrate surface at the interface with the coating affects the wear resistance of thin coatings, where the wear rate of the coatings usually increases with increasing roughness.

The choice of the main parameters discussed above, as well as a number of additional parameters of coated parts should be carried out taking into account the conditions of frictional contact (normal load (contact pressure); sliding speed; working medium, etc.). The control of the specified parameters in production conditions must also be ensured with the provision of the required equipment with control and measuring instruments.

*Kharlamov Y.A. Volodymyr Dahl East Ukrainian
National University, Severodonetsk, Ukraine*

RELIABILITY OF TECHNOLOGICAL ASSURANCE OF THE QUALITY OF THERMAL SPRAYED COATINGS

The reliability of the technological processes (TP) of thermal spraying (GSP) is determined by the ability of deposition of coatings with the required properties and permissible productivity and costs. Statistical methods for analyzing the accuracy and stability of TP GTN and their statistical regulation are at an early stage of development. To assess the reliability of TP GTN, the permissible ranges of the controlled parameters of the quality of thermal gas coatings (thickness, adhesion strength, porosity, microgeometry, microstructure parameters, etc.), their limiting values X_{imax} and X_{imin} must be established; as well as the standard deviations σ_i and the arithmetic mean $\bar{X}_i$ of these parameters in production conditions. TP GTN must ensure the main-

tenance of the selected quality indicators within the established limits. To do this, you can use the coefficients of technological capabilities of TP

$$K_{\text{thi}} = \frac{\min \{ (\bar{X}_i - X_{i\min}), (X_{i\max} - \bar{X}_i) \}}{3\sigma_i}$$

This parameter takes into account both the spreading of TP and the shift of the average value of the considered coverage quality indicator relative to the established range. It implicitly determines the probability that a given quality parameter is within the required range. There are two main ways to improve the technological capabilities of TP: to reduce the quality indicator.

When assessing the reliability of TP GHP, it is necessary to take into account their insufficient stability associated with a large number of standard deviations σ_i and place the average value of the indicator in the center of the band of factors and phenomena. The stability of the TP GTN can be ensured by a set of requirements:

1. Possibility of changing the parameters of TP within reasonable limits, not leading to a sharp deterioration in the properties of coatings with their going beyond the permissible values. This is especially true for batch and mass production conditions. The statistical control of the quality indicators of the coatings should be consistent with the temporal characteristics of the change in the TP parameters, since the process variations are quite intense during thermal spraying.

2. TP GHP should be based on the procedures for scheduled maintenance of technological equipment; its unscheduled inspections, adjustments and parts replacement, and troubleshooting should be exceptional events.

3. TP GTN must ensure the deposition of coatings with quality indicators within the specified limits. Provision shall be made for the elimination of defects in sprayed coatings, the possibility of removing defective coatings and their re-deposition. All possible reasons for the appearance of coating defects must be known, as well as the corresponding procedures for regulating the equipment and TP in general.

4. TP should provide sufficient productivity of deposition of coatings with reasonable economic indicators while ensuring the required quality of coatings.

5. Supervision of GHP TP, maintenance and quality control should be targeted at personnel with a reasonable level of qualifications.

The operating charts of the GHP TP should indicate the range of permissible changes in the input parameters that is acceptable to ensure the required parameters of the coating quality and the required technological ca-

pabilities of the process. It is necessary to distinguish between the working windows of the determining parameters, which is associated with the selected defining parameter of the process, and the working windows of the process with a multidimensional set of all relevant working windows of parameters (current or voltage of the plasmatron, flow rates of the main gases, flow rate of the carrier gas, spraying distance, powder properties, etc.).

The working window is always determined taking into account the controlled properties of the coating. From a practical point of view, it must meet two requirements: 1. The sensitivity of the quality parameters to changes in the parameters of the operational TP is small within the working window. This allows the GHP to be carried out for a long time without equipment changeover. 2. When changing the process parameters, the properties of the coating should change monotonically. This makes it possible to regulate the process. When determining the working window of parameters, one should take into account the parameter control tolerances, possible parameter deviations, as well as stochastic changes and deviations of the coating properties due to changes in other parameters.

Additional factors affecting the capabilities of the process, making the coating process more or less susceptible to all kinds of variations, include:

1. Coating material. Different coating materials have different sensitivity to process variations.

2. Technical requirements for coating properties: microstructure; thickness and its distribution, etc. The stricter these requirements, the lower the expected technological capabilities of the process.

3. The size of the parts to be sprayed. Increased coating time increases the likelihood of abnormalities during spraying. Spray spot size and powder feed rate affect the achievable quality and consistency of the coating. The mass of the part affects the stability and accuracy of positioning the part in fixtures in relation to the spray gun. The required gun power depends on the size of the component. The size and weight of the spray gun can affect the positioning accuracy in relation to the sprayed part. Temperature control is more difficult to maintain with large parts. Part Complexity - hard-to-reach parts are usually less stable in terms of coating quality.

4. Place of coating in the production chain. Certain prior manufacturing steps (such as drilling cooling holes) can make it difficult to coat the part.

5. Approach to programming of coating deposition kinematics; usually, the more complex the mutual movement of the part relative to the gun, the higher the sensitivity of the resulting coating thickness to the position of the gun, clearances in mechanisms, etc.

Хейфец М.Л. Институт прикладной физики
НАН Беларуси, Минск, Беларусь
Клименко С.А. Институт сверхтвердых материалов
им. В.Н. Бакуля НАН Украины, Киев, Украина
Колмаков А.Г. Институт металлургии и материаловедения
им. А.А. Байкова РАН, Москва, Россия

УЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ КАК ОСНОВА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ИЗДЕЛИЙ

Важнейшей задачей, стоящей перед современным производством, является максимальное удовлетворение требований к качеству продукции, предъявляемых глобальным международным рынком. В условиях возрастающей конкуренции качество продукции должно расти опережающими темпами, а это возможно обеспечить только на основе научного анализа производственного процесса с учетом результатов всесторонних исследований формирования показателей качества изделий.

Одной из ключевых проблем машиностроения является обеспечение безотказности и долговечности деталей и узлов машин технологическими методами [1–3]. Надежность деталей во многом определяется состоянием их поверхностного слоя, параметры которого формируются на протяжении всего технологического процесса и стадий эксплуатации.

Правильно выбранные маршруты и операции, режимы обработки и управляемые воздействия являются основой технологического обеспечения надежности деталей. В то же время, ошибочное назначение режимов обработки и отсутствие учета накопления дефектов на предшествующих операциях, может привести к формированию дефектного поверхностного слоя уже при изготовлении детали или к преждевременному отказу при ее эксплуатации.

Не вызывает сомнения необходимость учета технологического наследования при совершенствовании существующих и проектировании новых технологических процессов. Научные основы изучения и управления технологической наследственностью в производственных процессах заложены в исследованиях П.И. Ящерицына, А.М. Дальского, Э.В. Рыжова, В.М. Смелянского, их коллег и учеников.

Под наследственностью в технологии машиностроения подразумевается явление переноса свойств обрабатываемого объекта от предшествующих операции и переходов к последующим, что в даль-

нейшем сказывается на эксплуатационных свойствах изделий. Носителями наследственной информации служат материал обрабатываемого изделия и поверхностный слой детали во всем многообразии описывающих их параметров. Носители информации активно формируются в технологическом процессе, проходя через различные операции и переходы, испытывая воздействия технологических факторов.

В современных условиях требуется с единых позиций наследования параметров качества функциональных элементов рассматривать проектные и производственные этапы жизненного цикла изделий в технологических комплексах и при их эксплуатации. Для этого предложена синергетическая концепция, в соответствии с которой, при проектировании методов обработки изделий необходимо учитывать доминирование свойств отношений технологических решений, описывающих обеспечение контролируемых параметров технической системы. В основе такой подхода лежит комплексная математическая модель технологического наследования эксплуатационных показателей качества, описывающая различные режимы поведения при производстве и эксплуатации изделий.

На основе статистического анализа предложен метод управления многофакторными процессами, использующий комплексные диаграммы. При этом, проектирование систем управления технологическими комплексами базируется на использовании структурного анализа и заключается в выполнении последовательных этапов: – определение класса решаемых задач; разработка программных модулей; – моделирование динамических объектов; – расчет параметров математической модели; – анализ результатов моделирования; – решение о целесообразности применения разработанной модели.

Сочетание статистического и структурного анализа расширяет возможности моделирования и обеспечивает эффективное управление многофакторными технологическими операциями по комплексу параметров, определяет и позволяет оптимизировать факторы, через которые осуществляется процесс управления в технологических комплексах, и указывает основные параметры для контроля в режиме реального времени при изготовлении и эксплуатации изделий.

Технологическая наследственность при выполнении операций многофакторной обработки определяется воздействиями, формирующими структуру материала поверхностного слоя и рельеф поверхности изделия. При этом, важной задачей является определение трудноформализуемого, но необходимого условия структурного анализа при

выборе маршрутов и детализации операций технологического процесса – выделение из многочисленных воздействий управляющих технологических факторов обработки. При использовании структурного анализа маршрутов, операций, воздействий в процессе обработки, для детализации на структурной диаграмме технологической операции следует разделять группы формируемых параметров качества изделий. Для оперативного управления процессами, а также длительного контроля определяющих параметров качества изделий большое значение имеет возможность регулирования технологических воздействий.

Технологическое наследование следует рассматривать как совокупность сложных явлений переноса, зависящих друг от друга параметров качества изделия. Оно не может быть описано одномерными моделями, а рассмотрение цепочки «режим обработки-состояние поверхностного слоя изделия-эксплуатационные свойства изделия» предполагает наличие сложных функциональных связей. Модели технологического наследования в виде системы функционалов определяют характер описания физических закономерностей формирования поверхностного слоя деталей. Наличие такого описания позволяет не только проследить закономерности явления, но и применить их для пооперационного контроля с использованием физических методов и проектирования технологий, обеспечивающих высокую долговечность изделий.

Литература

1. Васильев, А.С. Технологические основы управления качеством машин / А.С. Васильев, А.М. Дальский, С.А. Клименко и др. – М. : Машиностроение, 2003. – 256 с.
2. Технологические и эксплуатационные методы обеспечения качества машин / под общ. ред. П.А. Витязя. – Мн. : Белорус. наука, 2010. – 110 с.
3. Обеспечение качества изделий в технологических комплексах / под ред. М.Л. Хейфеца. – Мн. : Белорус. наука, 2019. – 248 с.

ЗАСТОСУВАННЯ ВИХОРОСТРУМЕНЕВОГО КОНТРОЛЮ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ СТАНУ ДИСКІВ КОМПРЕСОРА ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА В ЕКСПЛУАТАЦІЇ

При виконанні злету повітряного судна Ан124-100М в аеропорту Алжир 31.05.2019 двигун Д18Т автоматично вимкнувся. Зліт було перервано.

При виконанні огляду було виявлено множинне пошкодження деталей проточної частини двигуна.

Двигун Д18Т відсторонений від експлуатації та направлений для дослідження і відновлення на державне підприємство «Івченко-Прогрес».

При розборці двигуна встановлено, що причиною пошкодження проточної частини стало руйнування диска 2 ступені компресора середнього тиску (КСТ).

За результатами металургійного дослідження фрагментів диска 2 ступені КСТ встановлено, що руйнування обідної частини диска носить багатоговищевий характер із зародженням від викружки денця пазу робочої лопатки зі сторони входу та гострого кута. Руйнування розвивалось від вогнищ вздовж паза, а потім у напрямку маточини диску (рис. 1)

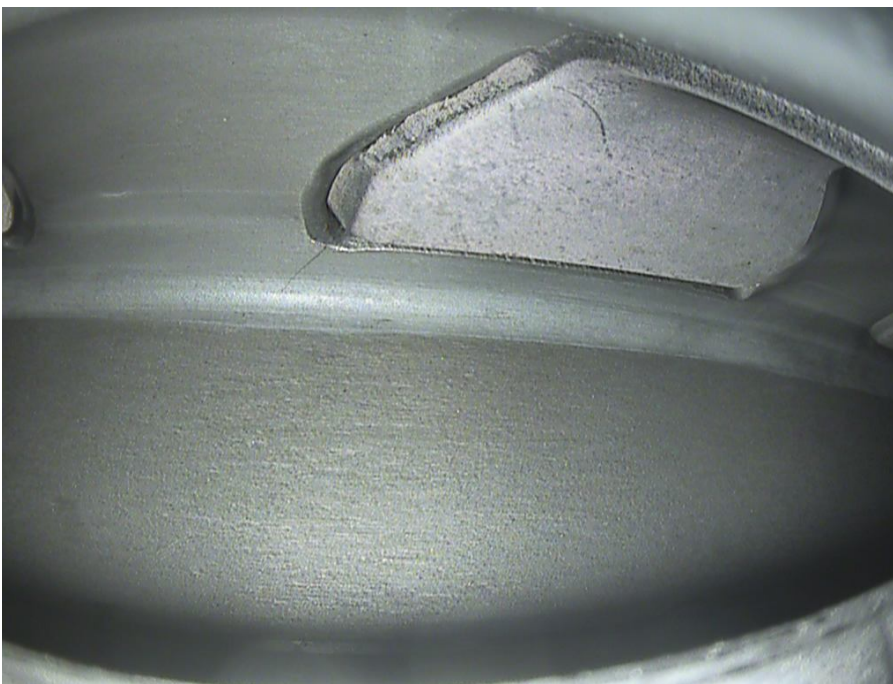


Рис. 1 – Зона утворення тріщини

Для забезпечення подальшої безпечної експлуатації двигунів Д18Т на літаках Ан124 та Ан225 необхідно було виконувати діагностику їх стану з метою запобігання виникнення аналогічних дефектів.

Аналізом особливостей конструкції компресора середнього тиску була встановлена можли-

вість візуального огляду зони можливого виникнення тріщини за допомогою ендоскопа Olympus IPLEX з робочою частиною Ø6 мм. При цьому встановлено, що візуальним контролем можливо виявляти тріщини, що мають значні розміри.

Диск 2 ступені КСТ виготовляється із титанового сплаву BT3-1. Для контролю якості диску при виготовленні та ремонті використовується капілярний контроль по ОСТ1 90282-79, рівень чутливості I, при цьому метод ЛЮМ1 ОВ дозволяє виявляти тріщини, що мають розкриття 0,005 мм.

На сьогоднішній день фірмами «Olympus», «General Electric», «Argus» розроблені та пропонуються на ринку діагностичне обладнання, що дозволяє виконувати люмінесцентний контроль деталей та складальних одиниць газотурбінних двигунів без їх розборки.

При розгляді даного виду діагностики стану диска 2 ступені ротора КСТ брався до уваги накопичений підприємством «Івченко-Прогрес» досвід контролю деталей з титанових сплавів при ремонті двигунів після відпрацювання в експлуатації. Так при контролі робочих лопаток вентилятора та барабанів компресора високого тиску, встановлено, що виникненні тріщин по їх краям виникають лінії напруги, що призводять до зменшення розкриття тріщин, та перешкоджають проникненню пенетранту, і як наслідок зменшують достовірність люмінесцентного контролю. І тільки нагрів деталей до високих температур (порядку 300 °C) дозволяє виявляти дефекти люмінесцентним контролем в деталях із титанових сплавів.

В ситуації що склалася, застосування візуального контролю, чи контролю ЛЮМ1 ОВ признано недостатньо ефективним для забезпечення безпечної експлуатації двигунів Д18Т.

Групою фахівців нашого підприємства був запропонований метод вихорострумовевого контролю диска 2 ступені КСТ. Для застосування даного метода необхідно було вирішити низку задач, а саме:

- виготовлення малогабаритного вихорострумовевого перетворювача;
- забезпечення доставки вихорострумовевого перетворювача в зону контролю та розташування його перпендикулярно до площини диска;
- забезпечення візуального контролю за зоною сканування вихорострумовевого перетворювача.

Для забезпечення реалізації поставленої задачі були виготовлені вихорострумеві перетворювачі діаметром 2 мм та довжиною 4 мм. Запроектовано та виготовлено пристрій, що дозволяє вводити вихорострумевий перетворювач в зону контролю через штатне вікно огляду

КСТ із розворотом перетворювача у робоче положення . Для нагляду за зоною контролю на пристрої передбачена установка 4-х міліметрового відеоендоскопа (рис. 2).

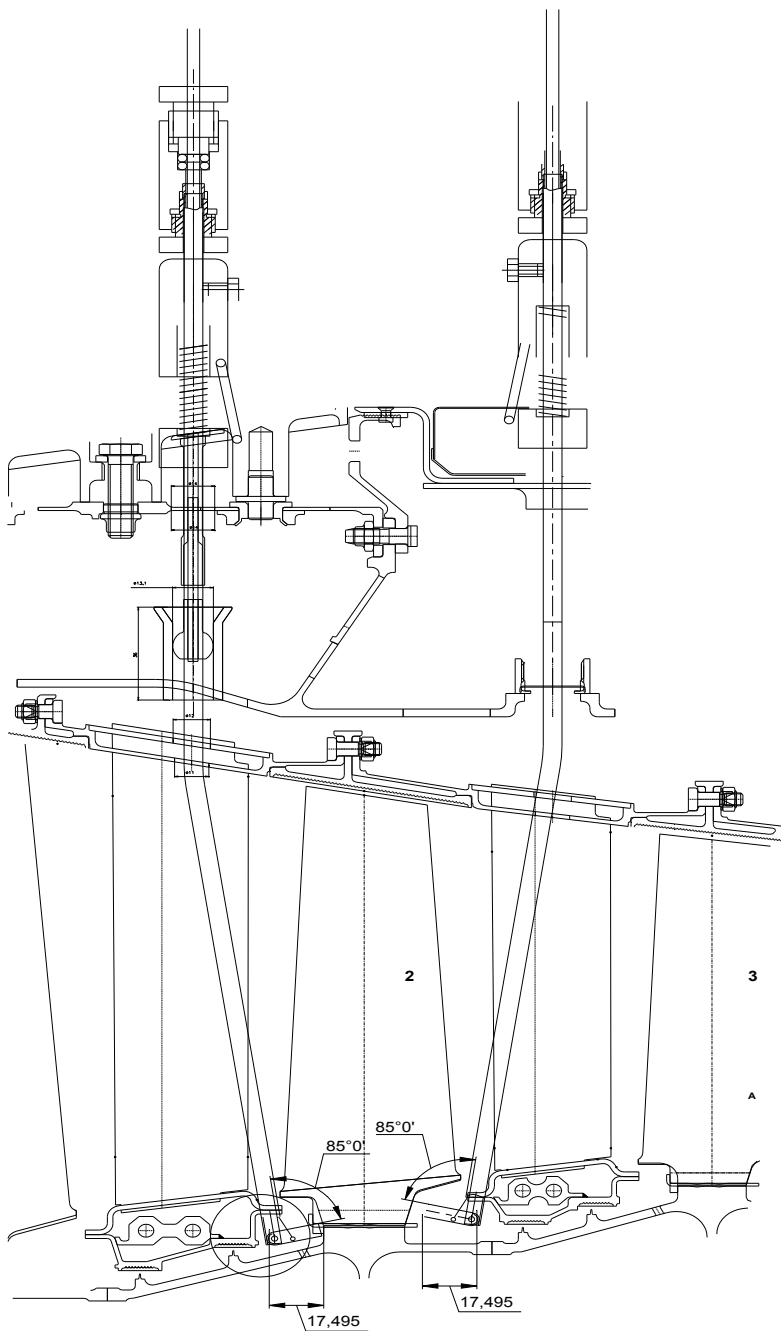


Рис. 2 – Розташування пристрою для вихороструменевого контролю диска 2ст. КСТ

Перевірена чутливість вихороструменевого перетворювача пристрою на відстороненому від експлуатації диску КСТ двигуна Д18Т з раніше виявленими тріщинами. Вихороструменевий перетворювач пристрою впевнено виявляв в радіусі переходу робочої поверхні пазу до його денця довжиною не менше 2 мм, що відповідає вимогам інструкції з експлуатації прибора ВД-3-03. Виконано відпрацювання методики вихороструменевого контролю диска 2ст. КСТ на двигуні Д18Т в умовах складального цеху з використанням розробленого пристрою та пристрою для прокрутки ротора КСТ.

Розроблений пристрій із встановленим в ньому робочим зондом відео ендоскопа Olympus IPLEX Ø4, забезпечує контроль обумовленої

зоні у відповідності до вимог інструкції на проведення вихороструменевого контролю И82.25000.00013, на підставі виконаного відпрацювання можливості проведення вихороструменевого контролю розроблена методика для діагностики стану диска 2ст. КСТ в експлуатації. На даний час вона успішно застосовується при виконанні технічного обслуговування двигунів Д18Т в експлуатації.

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА

Одно из основных эксплуатационных свойств, сложной технической системы (СТС) – это ее надежность. Под надежностью понимают свойство объекта сохранять во времени и в установленных пределах значения параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, хранения и транспортирования.

Надежность – это комплексное свойство, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения включает безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость или сочетания этих свойств. Надежность предлагает поддержание СТС в работоспособном состоянии. Широкое развитие получили наиболее ответственные и активно используемые системы: авиационно-космические комплексы, нефтедобывающие платформы, газотранспортные системы и др.

Системный анализ надежности газотранспортной системы на диаграмме Исикавы, описывающей графом причинно-следственные связи (рис. 1), показал целесообразность оценивания безотказности, в первую очередь послеремонтной наработкой, а лишь затем, с накоплением статистических данных, вероятностью ее безотказной работы.



Рис. 1 – Диаграмма «причина–результат» для СТС

Повышение долговечности предполагает продление ресурса узлов и участков, определяющих наработку, путем их восстановления и ремонта для увеличения срока службы газотранспортной системы.

Улучшение ремонтпригодности обеспечивается не столько устранением и обнаружением дефектов, сколько предупреждением отказов путем активного контроля и диагностики при внедрении информационной системы, рассматривающей сохраняемость газопровода в течение всего жизненного цикла.

Статистический анализ по диаграмме Парето, с накоплением статистических данных, позволяет выявить основные причины недостаточной послеремонтной наработки СТС (рис. 2): малый ресурс элементов системы по усталостной прочности и низкое качество сборки (сварки); недостаточный контроль при дефектации и сборке; отсутствие системного управления процессами контроля и др.

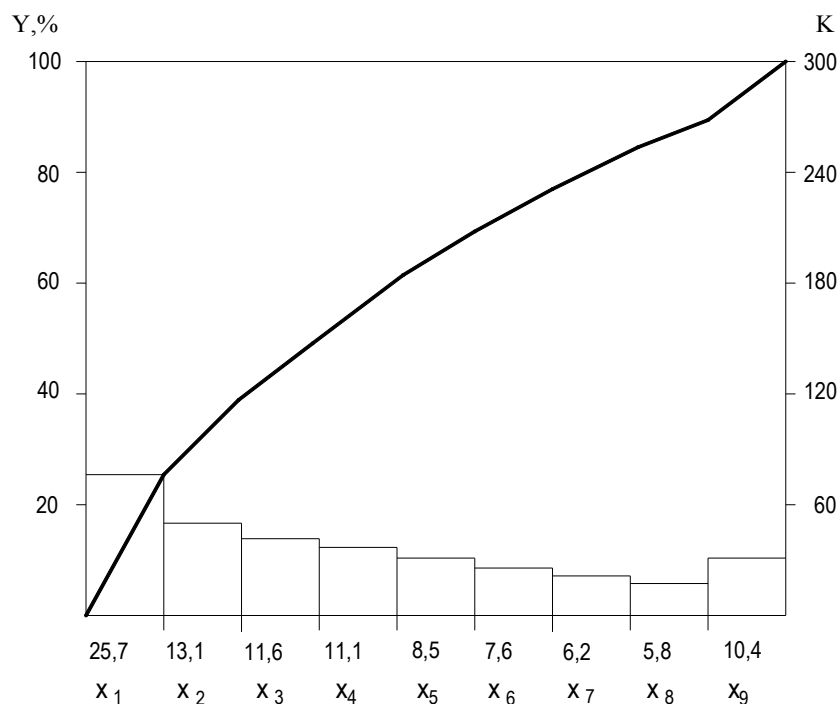


Рис. 2 – Диаграмма Парето для количества признанных рекламаций K и относительная накопленная частота Y по видам дефектов X

По результатам комплексного анализа можно делать начальные предположения, после сбора статистических данных, о стабилизации эксплуатационных параметров качества на уровне требуемых характеристик, формирующихся в технологических и эксплуатационных процессах, и предложения по мероприятиям, повышающим наработку на отказ отремонтированной газотранспортной системы.

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВОЇ ОБРОБКИ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПТИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ПРИЛАДІВ

Області застосування сучасних оптико-електронних приладів, які постійно розширюються, гостро ставлять проблему підвищення їх ефективності при експлуатації в екстремальних умовах. Оптичні елементи приладів в цих умовах піддаються інтенсивним зовнішнім впливам (підвищені температури нагріву, зовнішні тиски, ударні термовпливи в умовах надзвукового обдуву потоком повітря і вісесиметричного обертання і т. п.).

Ці зовнішні впливи призводять до утворення на поверхні оптичних елементів і в їх поверхневих шарах тріщин, сколів, хвилеподібних поверхонь, які порушують їх площинність, і інших негативних дефектів. При цьому погіршуються експлуатаційні характеристики оптичних елементів, що впливають на точність і діапазони вимірювань оптико-електронних приладів при їх експлуатації.

Нові можливості покращення експлуатаційних характеристик оптичних елементів приладів відкриваються завдяки цілеспрямованій зміні фізико-механічних властивостей їх поверхневих шарів шляхом їх модифікації. Одним з ефективних методів поверхневої обробки оптичних матеріалів є рухомий електронний промінь, який дозволяє модифікувати поверхневі шари оптичних елементів, змінюючи їх експлуатаційні характеристики, точність і діапазони вимірювань приладів.

Для дослідження впливу параметрів електронного променя на експлуатаційні характеристики елементів з оптичного скла (К8, К208, БК10) і керамік (КО1, КО2, КО3, КО5, КО12) використовувалися диски діаметром $3 \cdot 10^{-2}$ – $5 \cdot 10^{-2}$ м і товщиною $4 \cdot 10^{-3}$ – $6 \cdot 10^{-3}$ м.

Для проведення експериментальних досліджень використовували сучасні методи фізико-хімічного аналізу: методи растрової електронної мікроскопії і трансемісійної електронної мікроскопії для дослідження структури поверхні і поверхневих шарів деталей, а також визначення товщини оплавлених шарів; методи атомно-силової мікроскопії і мікроідентування по Віккерсу для вимірювання залишкових мікронерівностей на поверхні деталей, а також її мікротвердості; методи зйомки в рентгенівських променях на дифрактометрі ДРОН 2,0 і ДРОН 3,0 для вимірювання величин

термопружних напружень в поверхневих шарах деталей; спектрометричні методи хвильової дисперсії для аналізу елементного складу поверхневих шарів деталей; спектрофотометричні методи для вимірювання коефіцієнтів розсіювання і пропускання ІЧ-випромінювання деталей.

В результаті проведених досліджень встановлено, що для оптимальних діапазонів зміни параметрів електронного променя (щільності теплового впливу $F_n = 7 \cdot 10^6 - 8 \cdot 10^8$ Вт/м² і швидкості переміщення $V = 5 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^{-2}$ м/с) спостерігається покращення експлуатаційних характеристик оптичних елементів:

- зменшується кількість негативних дефектів на поверхні оптичних елементів (подряпин, тріщин, бульбашок і ін.) і займана ними площа в 1,8–2,7 рази;
- висота залишкових мікронерівностей на поверхні елементів зменшується від 30–40 нм до 0,5–1,2 нм, а максимальна товщина оплавлених шарів досягає 250–300 мкм;
- мікротвердість поверхні елементів збільшується в 1,3–1,7 рази, формуються зміцнені шари товщиною до 210–230 мкм;
- відбувається зміна структури шарів і їх гомогенізація, кремнекиснева сітка стає близькою до кварцового скла на глибину до 20–40 мкм;
- для елементів з оптичної кераміки відбувається помітна зміна структури по глибині до 200–250 мкм, помітний грубий рельєф деформованого походження з елементами "в'язкого" руйнування, збільшуються блоки мозаїки в 3,3–7,7 рази і зменшуються мікродеформації кристалічних ґраток в 3,7–5,9 рази;
- коефіцієнт світлорозсіювання оптичних елементів зменшується на 10–30%, а коефіцієнт пропускання ІЧ-випромінювання збільшується на 2–5%.

Таким чином, в світлі сучасних новітніх технологій, що використовуються в оптико-електронному приладобудуванні, електронно-променева обробка оптичних елементів визначається як потенційно здатна покращувати експлуатаційні характеристики елементів оптико-електронних приладів, а також отримувати на поверхні функціональні мікропрофілі за допомогою електронних променів, які можуть бути використані в якості елементної бази в мікрооптики, інтегральної і волоконної оптики, оптоелектроніки, функціональної електроніки та т. п. Крім цього, незаперечними перевагами електронно-променевої технології є її екологічна чистота і здатність отримання на загальній платі з оптичного матеріалу в єдиному технологічному циклі мікродеталей з покращеними експлуатаційними характеристиками, використання яких в оптико-електронних приладах сприяє підвищенню надійності в екстремальних умовах експлуатації.

ЗМІСТ

Артемьев В.М., Наумов А.О.

ДВУХЭТАПНОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ С
УЧЕТОМ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ 3

Баев А.Р., Асадчая М.В., Размыслович Г.И., Радькова В.Е, Бурнос А.Ю.
ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ТРАНСФОРМАЦИИ
ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН НА АКУСТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ ДЛЯ
КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СОЕДИНЯЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ 6

Балицька Н.О.

МОЖЛИВОСТІ ПЛАНУ AUTODESK EDUCATION ДЛЯ ЯКІСНОЇ
ПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ ІНЖЕНЕРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ 8

Бондаренко Ю.К., Потап`євський А.Г., Артюх К.О.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРИ
РОЗВИТКУ СИСТЕМИ ОБСТЕЖЕННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО
РЕГУЛЮВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗВАРНИХ ТРУБОПРОВІДІВ ДЛЯ
МІСТА 10

Бурикін В.В., Клименко С.А., Манохін А.С.

ОБРОБКА ДЕТАЛЕЙ З ВАЖКООБРОБЛЮВАНИХ МАТЕРІАЛІВ
БАГАТОЛЕЗОВИМИ ІНСТРУМЕНТАМИ, ОСНАЩЕНИМИ
ПОЛІКРИСТАЛІЧНИМИ НАДТВЕРДИМИ МАТЕРІАЛАМИ 14

Даниленко Ю.А.

СТАНДАРТИЗАЦІЯ ПРОДУКЦІЇ ПІДПРИЄМСТВ 18

Девін Л. М., Стахнів М.Є., Ричев С.В.

СИГНАЛ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ НА ЕТАПІ ВРІЗАННЯ І ВИХОДА
СВРДЛА З АТП ПРИ СВЕРДЛІННІ ВУГЛЕПЛАСТИКА 20

Довгаль А. Г., Варюхно В. В., Попов А.В., Евсюков Е.Ю.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАСТОСУВАННЯ
ПРОТИКРИГОУТВОРЮЮЧОЇ РІДИНИ ІV ТИПУ НА
МАЙДАНЧИКАХ ПРИТИКРИГОВОЇ ОБРОБКИ АЕРОПОРТУ 22

Качинський В.С., Коваль М.П.

РЕЄСТРАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА КОНТРОЛЬ
ЯКОСТІ В ПРОЦЕСІ ПРЕСОВОГО ЗВАРЮВАННЯ ТРУБ
МАГНІТОКЕРОВАНОЮ ДУГОЮ 25

Kovalenko Yu., Kit R., Bondarenko M., Antonyuk V.

COMPUTERIZED PROBING SYSTEM OF TAPE ELECTRON FLOW 29

<i>Коваленко Я.П., Мельничук П.П.</i> Державний університет «Житомирська політехніка», Житомир, Україна МЕТОДИ ОЦІНКИ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ В КОНТАКТНІЙ ЗОНІ ПРИ РІЗАННІ ЗАГАРТОВАНИХ СТАЛЕЙ ІНСТРУМЕНТОМ ІЗ ПКНБ ГРУПИ VL	31
<i>Кокотіна В.В., Лєсна Л.А., Степаненко С.М.</i> ВПЛИВ ЗОРУ НА ПОМИЛКИ ЛЮДИНИ ПРИ СТВОРЕННІ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ	33
<i>Кривошеков В.Е.</i> ИЗМЕРЕНИЕ КАЧЕСТВА ЧЕЛОВЕКА: РАЗВЕ ТАКОЕ ВОЗМОЖНО?	36
<i>Лавріненко В.І., Ільницька Г.Д., Пасічний О.О., Зайцева І.М., Тимошенко В.В.</i> АЛМАЗНІ ШЛІФПОРОШКИ СИНТЕТИЧНОГО АЛМАЗУ АБРАЗИВНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ШЛІФУВАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ	38
<i>Лавріненко В.І., Солод В.Ю.</i> ЗАХАРЕНКО ІВАН ПАВЛОВИЧ – ФУНДАТОР НАУКОВОЇ ШКОЛИ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНОЇ ОБРОБКИ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ І КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ІНСТИТУТУ НАДТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ	41
<i>Лавров О.С., Голякевич А.А., Семковський К.В.</i> ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРОШКОВИХ ДРОТІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЯКІСТЬ ПРОЦЕСУ ЗВАРЮВАННЯ	44
<i>Манохін А.С., Клименко С.А., Конєйкіна М.Ю., Береснев В.М., Стобловий В.О.</i> ЗАЛИШКОВІ НАПРУЖЕННЯ В ВАКУУМНО-ПЛАЗМОВИХ НІТРИДНИХ ПОКРИТТЯХ СИСТЕМИ TiAlSiYN	47
<i>Мельник Т.В., Ругаленко Т.В.</i> СУЧАСНИЙ СТАН ВПРОВАДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРІНГУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ УКРАЇНИ	50
<i>Мікосянчик О.О., Шамрай В.Б., Кулижський В.М., Бурлаченко О.М., Лопата В.Н.</i> ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН	53
<i>Ночвай В.М., Полонський Л.Г., Шостачук А.М.</i> ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ГАРТУВАННІ ГАЗОВИМ ПОЛУМ'ЯМ	55

<i>Павлова Г.О., Косач Н.І.</i> ЩОДО ХАРАКТЕРИСТИК ЯКОСТІ АВІАЦІЙНИХ АГРЕГАТІВ	56
<i>Павлова О.О.</i> ОСОБЛИВОСТІ НАДАННЯ ЯКІСНОЇ ПСИХОЛОГІЧНОЇ ДОПОМОГИ ПОСТРАЖДАЛИМ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ	58
<i>Подгорный Г.В., Шолоник В.Е., Чернякова О.В., Якутович Е.Н.</i> ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАЧЕСТВА В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	60
<i>Посвятенко Е.К., Посвятенко Н.І.</i> АЛМАЗНІ І СПОРІДНЕНІ ТЕХНОЛОГІЇ У АЕРОКОСМІЧНІЙ ГАЛУЗІ	64
<i>Псярнецька Т.О., Цисар М.О., Лещук О.О., Косенчук Т.О.</i> КОНТРОЛЬНІ ВИМІРИ ТА ВИПРОБУВАННЯ ЛИТТЄВИХ ЗАГОТОВОК З ПЛАСТИФІКОВАНИХ КЕРАМІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ	68
<i>Роїк Т.А., Бровкин А.О.</i> ЯКІСТЬ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ ТЕРТЯ ЗІ ЗНОСОСТІЙКИХ КОМПОЗИТІВ ДЛЯ ДРУКАРСЬКИХ МАШИН ПРИ ЕЛЬБОРОВОМУ ШЛІФУВАННІ	70
<i>Руденко П.М., Антіпін Є.В., Дідковський О.В., Зяхор І.В., Кавуніченко О.В., Завертанний М.С., Наконечний А.О.</i> КОНТРОЛЬ ВІДПОВІДНОСТІ ЯКОСТІ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ ЗАЛІЗНИЧНИХ РЕЙОК ВИМОГАМ ДІЮЧИХ СТАНДАРТІВ	72
<i>Руденко П.М., Антіпін Є.В., Дідковський О.В., Зяхор І.В., Кавуніченко О.В., Завертанний М.С., Наконечний А.О.</i> СИСТЕМА КОНТРОЛЮ І УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ КОНТАКТНОГО СТИКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ ОПЛАВЛЕННЯМ ЗАЛІЗНИЧНИХ РЕЙОК НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	76
<i>Рябченко С.В., Нежебовський В.В.</i> МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ КРУГІВ З КНБ ПРИ ЗУБОШЛІФУВАННІ	79
<i>Сахнюк І.О., Рудак Н.П., Кириленко Л.В., Битков М.Х.</i> АНАЛІЗ МІЖНАРОДНИХ ДОКУМЕНТІВ ЩОДО НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ	81

<i>Сенють В.Т., Витязь П.А., Валькович И.В., Хейфец М.Л., Колмаков А.Г.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛО-МАТРИЧНЫХ КОМПОЗИТОВ ЖЕЛЕЗО–НАНО/МИКРО СВН, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ МЕХАНОСПЛАВЛЕНИЯ, ДЛЯ МАГНИТНО- АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ	84
<i>Сенють В. Т., Григорчик А.Н., Жорник В.И., Валькович И.В.</i> ИЗУЧЕНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА ПОРОШКА НАНОАЛМАЗОВ ПОСЛЕ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ БОРОМ И КРЕМНИЕМ	86
<i>Солових Є.К., Магопєць С.О., Катєринич С.Є., Солових А.Є., Брусило Ю.В., Шамрай В.Б.</i> ВИКОРИСТАННЯ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ	89
<i>Сороченко В.Г., Сохань С.В.</i> ВЛИЯНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ ИЗ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ	91
<i>Сороченко В.Г., Сохань С.В.</i> СПЕЦИАЛЬНЫЙ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ШЛИФОВАНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ШАРИКОВ	94
<i>Тихоненко В.В., Тихоненко Т.В.</i> СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ПРОИЗВОДСТВО ПРОДУКЦИИ И ПРЕДОСТАВЛЕНИЕ УСЛУГ	96
<i>Тихоненко В.В., Тихоненко Т.В.</i> СТІЙКІСТЬ ОРГАНІЗАЦІЇ	98
<i>Kharlamov Y.A.</i> PARAMETERS OF COATED TRIBOLOGICAL SYSTEMS	99
<i>Kharlamov Y.A.</i> RELIABILITY OF TECHNOLOGICAL ASSURANCE OF THE QUALITY OF THERMAL SPRAYED COATINGS	102
<i>Хейфец М.Л., Клименко С.А., Колмаков А.Г.</i> УЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ КАК ОСНОВА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ИЗДЕЛИЙ	105

Худзіцький П.Г.

ЗАСТОСУВАННЯ ВИХОРОСТРУМЕНЕВОГО КОНТРОЛЮ ДЛЯ
ДІАГНОСТИКИ СТАНУ ДИСКІВ КОМПРЕСОРА ГАЗОТУРБІННОГО
ДВИГУНА В ЕКСПЛУАТАЦІЇ

108

Шолоник В.Е., Гориченко С.Ф., Хейфец М.Л., Гаркун А.С.

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И
ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ
ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА

111

Яценко І.В., Семенчук К.М., Антонюк В.С.

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВОЇ ОБРОБКИ НА
ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПТИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ
ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ПРИЛАДІВ

113

ЯКІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ, КОНТРОЛЬ: ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА

Матеріали 21-ї Міжнародної науково-практичної конференції

06–10 вересня 2021 р., м. Одеса

Комп'ютерна верстка: Копейкіна М.Ю.

Підписано до друку 25.08.2021

Формат 60×84×1/16. папір типографський

Друк офсетний. Ум. вид. арк. 11.

Тираж 150 прим.

Асоціація технологів-машинобудівників України

04074, м. Київ, вул. Автозаводська, 2

Тел. /Факс +38-044-430-85-00, www.atmu.net.ua

E-mail: atmu@ism.kiev.ua, kopevkina@voliacable.com, atmu@meta.ua