

УДК 658.562:621.792

ВАСИЛЕНКО І.Ю., ЗЕНКІН А.С.

Київський національний університет технологій та дизайну

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КОНТРОЛЮ СКЛАДАННЯ КЛЕЙОВИХ З'ЄДНАНЬ

Мета. Розробити методи кореляційного аналізу та побудувати математичну модель контролю складання клейових з'єднань.

Методика. Було розроблено методи кореляційного аналізу та побудовано математичну модель контролю складання клейових з'єднань.

Результати. За побудованою математичною моделлю були встановлені кількісні зв'язки між показниками якості та характеристиками контролю складання клейових з'єднань.

Наукова новизна. Запропонована для оцінки контролю складання клейових з'єднань математична модель, яка дозволяє встановити кількісні зв'язки між показниками якості та характеристиками контролю складання.

Практична значимість. Використання кореляційних критеріїв підвищує ефективність контролю, дозволяє виявити приховані тенденції зміни якості та дає можливість кількісно оцінити ступінь значущості різних характеристик і факторів з точки зору впливу їх на якість. Це має важливе значення при комплексній оцінці якості. Застосування кореляційних рівнянь для прогнозування показників якості зменшує обсяг випробувань і знижує їх вартість.

Ключові слова: математична модель, клейові з'єднання, кореляційний аналіз.

Вступ. Проблема якості є актуальною проблемою сучасного науково-технічного розвитку. Особливо ця проблема важлива для тонкостінних конструкцій, що використовуються в авіабудуванні, автомобілебудуванні, приладобудуванні та інших галузях. Найбільш масовими елементами цих конструкцій є нероз'ємні клейові з'єднання.

Постановка завдання. Основним завданням роботи була розробка математичної моделі для встановлення кількісних зв'язків між показниками якості та характеристиками контролю складання клейових з'єднань.

Результати дослідження. Визначення якості клейових з'єднань – це визначення значень характеристик клейових з'єднань із зазначенням точності та достовірності. Тому важливий ретельний аналіз одержуваної на виробництві інформації за результатами технічного контролю.

Для найбільш небезпечних в експлуатації крихких і квазікрихких руйнувань клейових з'єднань зростає значимість фактичної дефектності, обумовленої впливом виробничих факторів. У зв'язку з цим стає все більш актуальною завдання підвищення достовірності неруйнівного контролю.

Клейові з'єднання, виготовлені у виробничих умовах, мають істотний розкид характеристик. Ступінь зазначеного розкиду залежить від якості роботи виконавців, технологічного оснащення і технологічних процесів, використовуваних

напівфабрикатів, які характеризують якість клейових з'єднань. Основою, яка дозволяє уніфікувати показники і методи оцінки якості клейових з'єднань в умовах істотного розкиду їх характеристик, є статистичний підхід [1].

Статистика, яка визначена на підставі часткових сукупностей величин і характеризує ступінь та напрямок лінійної кореляції, є коефіцієнтом кореляції. Для вимірювання нелінійної кореляції використовується статистика, яка називається кореляційним відношенням.

Пропозиція про наявність зв'язку повинна ґрунтуватися на знанні істоти процесів, властивостей напівфабрикатів, матеріалів, технології виготовлення. Методи кореляційного аналізу дозволяють виявити і кількісно оцінити взаємозв'язок характеристик властивостей, які складають якість, а також вирішити ряд завдань, важливих з точки зору забезпечення якості.

До цих завдань можна віднести наступні: підвищення точності та достовірності оцінки якості шляхом виявлення та обліку взаємозв'язків характеристик; прогнозування одних характеристик, визначить які важко за інші, оцінювати які простіше і тому надійніше; встановлення кількісного зв'язку між показниками якості і характеристиками, обумовленими в результаті контролю, у тому числі неруйнівного; достовірна оцінка впливу різних факторів на показник якості; встановлення і використання кореляційних критеріїв якості; визначення ступеня значимості характеристик з точки зору їх впливу на якість, в тому числі на міцність і надійність; аналіз часових змін взаємозв'язків характеристик для виявлення потенційних змін якості; використання кореляційних рівнянь для прогнозування якості та інших завдань.

Використовуючи результати аналізу інформації, які отримуються при неруйнівному контролі можна управляти технологічними процесами, коригувати їх режими з метою забезпечення необхідної якості клейових з'єднань [2, 3].

Найважливішою ланкою в забезпеченні якості є активний контроль, що впливає на процес виробництва. У завдання активного контролю входить не тільки реєстрація та облік даних, але також аналіз даних і активний вплив на технологічний процес виготовлення. Формалізація розглянутого процесу дозволяє побудувати математичну модель управління якістю клейових з'єднань.

Використання кореляційних критеріїв, поряд з іншими критеріями, підвищує ефективність контролю, виявляючи приховані тенденції зміни якості. Кореляційний аналіз дає можливість кількісно оцінити ступінь значущості різних характеристик і факторів з точки зору впливу їх на якість. Це має важливе значення при комплексній оцінці якості. Застосування кореляційних рівнянь для прогнозування показників якості зменшує обсяг випробувань і знижує їх вартість. Наприклад, виявлення взаємозв'язку характеристик механічних властивостей з питомою електропровідністю можуть бути використані для більш широкого використання неруйнівних методів контролю якості клейових з'єднань.

Кількісна оцінка зв'язку герметичних і механічних характеристик напівфабрикатів дозволяє врахувати зміни механічних властивостей залежно від розмірів. Використання взаємозв'язків між механічними характеристиками дозволяє скоротити обсяг руйнують випробувань.

У процесі склеювання через недосконалість технології і по ряду інших причин в клейових з'єднаннях виникають дефекти, що впливають на міцність і надійність конструкцій.

Процес забезпечення високої якості виробів на стадії через виготовлення є важливим об'єктом управління в комплексній системі управління якістю продукції. Якість виробів забезпечується якістю технологічних процесів, вихідних матеріалів і використовуваних напівфабрикатів. У загальному випадку управління якістю виробів здійснюється на всіх рівнях, в тому числі на рівні підприємства, цеху, дільниці, робочого місця.

Стосовно до якості з'єднань як об'єктів управління цю мету можна конкретизувати наступним чином. Використовуючи результати, одержувані при вхідному контролі напівфабрикатів і матеріалів, операційному контролі технологічних процесів виготовлення з'єднань, а також результати приймального контролю, слід керувати технологічними процесами так, щоб забезпечити необхідну якість виконання з'єднань [1, 4].

Для побудови математичної моделі контролю, активно діючого на виробничий процес, необхідно формалізувати сам процес контролю, обробку результатів, аналіз і подальше використання їх для коригування технологічних процесів. Бажана модель будується як узагальнена функція, а сам процес моделювання розглядається як процедура побудови апроксимуючого оператора, який найкращим чином наближає функцію моделі до відповідної досліджуваної функції. При цьому необхідно враховувати, що характеристики властивостей, які складають якість з'єднань, мають великий розкид. Тому при побудові моделі необхідно шукати апроксимуючі функції не за критерієм точного збігу в «вузлових» точках, а за критерієм найменших квадратів значень розсіювання цих характеристик.

Адекватність моделі C_k та системи C оцінюється в загальному випадку неузгодженістю (1):

$$f(C_k, C) = |A_c - A_k|, \quad (1)$$

де, A_c – скалярний показник, отриманий для системи; C ; A_k – відповідний показник, отриманий для моделі.

Критерієм адекватності буде прагнення до нуля величини $f(C_k, C)$. Формалізація процесу контролю з'єднань дозволяє звести його до вимірювання фактичних значень контрольованих характеристик $x_{i\phi}$, порівняно їх з контрольними значеннями x_{ik} і оцінці допустимості відхилень $x_{i\phi} - x_{ik}$. Результати контролю можна інтерпретувати як вектор неузгодженості (2):

$$\Delta X = [x_{1\phi} - x_{1k}; x_{2\phi} - x_{2k}; \dots; x_{i\phi} - x_{ik}; \dots; x_{n\phi} - x_{nk}], \quad (2)$$

де $x_{1\phi} - x_{1k} = \Delta x_1; x_{2\phi} - x_{2k} = \Delta x_2; \dots; x_{i\phi} - x_{ik} = \Delta x_i; \dots; x_{n\phi} - x_{nk} = \Delta x_n$

З урахуванням фактору часу маємо:

$$\Delta X(t_k) = [\Delta x_1(t_1); \Delta x_2(t_2); \dots; \Delta x_i(t_i); \dots; \Delta x_n(t_n)],$$

де t_k – задані моменти часу, в які здійснюється контроль. Зазвичай на контрольовану характеристику x_i встановлений допуск $\pm\delta$, тобто $-\delta_i \leq \Delta x_i \leq \delta_i$.

Ймовірність відповідності технічним вимогам по i -й характеристиці в загальному випадку буде ставити (3):

$$P_i = P\{-\delta_i \leq \Delta x_i \leq \delta_i\}, \quad (3)$$

а для сукупності n контрольованих характеристик (4):

$$P = \prod_{i=1}^n P_i, \quad (4)$$

Отримувані відхилення від встановлених норм або технічних вимог дозволяють приймати рішення про необхідність вимірювання технологічних процесів або якості вихідних матеріалів і застосовуваних напівфабрикатів шляхом використання керуючих впливів f_+ або f_- (5):

$$y = \begin{cases} f_+ \text{ при } P < P_n; \\ f_- \text{ при } P > P_n, \end{cases} \quad (5)$$

де P_n – нормована ймовірність відповідності характеристик технологічним вимогам.

Управління впливу залежать від вектора неузгодженості і реалізуються у вигляді конкретних рішень. В результаті цих впливів змінюється значення характеристик, які можна розбити на три основні групи: вхідні характеристики, які залежать від якості використовуваних напівфабрикатів; характеристики, що залежать від процесу виготовлення з'єднань, а також вихідні характеристики. За допомогою керуючих впливів можна впливати на вхідні характеристики і характеристики процесу виготовлення, отримуючи в результаті необхідні вихідні характеристики (показники якості з'єднань).

Оптимізація контролю досягається своєчасним забезпеченням управління якістю достовірними і точними даними про виникаючих відхиленнях Δx , а також оцінкою допустимості викликаних відхилень. Для прийняття рішень про керуючі дії необхідно враховувати не тільки стан процесу виготовлення в даний момент часу, але і тенденцію його зміни в майбутні моменти часу, тобто необхідно прогнозувати якість з'єднань. Поєднання операцій, наприклад вхідного контролю, з аналізом одержуваних результатів і одночасному прогнозуванню якості клейових з'єднань дозволяє оптимізувати і підвищити ефективність технологічного процесу виготовлення [4, 5].

Висновки. Методи кореляційного аналізу дозволяють побудувати математичні моделі для прогнозування одних характеристик з іншими, а також встановити кількісні зв'язки між показниками якості і характеристиками, обумовленими в результаті операцій виробничого контролю.

Список використаної літератури

1. Бурмистров В.П. Обеспечение качества неразъемных соединений и полуфабрикатов / В.П. Бурмистров. – Л.: Машиностроение, 1985. – 223 с.
2. Неразрушающий контроль изделий из авиационных материалов: Справ. Пособие / Под ред. С.М. Рождественского. – М.: ВИАМ, 1986. С.96-117
3. Ланге Ю.В. // Дефектоскопия. 1974. № 1. С.96-107
4. Вильнав В.В. Клеевые соединения / В.В. Вильнав. – М. Техносфера, 2007. – 384 с.
5. Мурашов В.В. // Клеи. Герметики. Технологии. 2008. №7. С.21-28.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОНТРОЛЯ СБОРКИ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

ВАСИЛЕНКО И.Ю., ЗЕНКИН А.С.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Разработать методы корреляционного анализа и построить математическую модель контроля сборки клеевых соединений.

Методика. Были разработаны методы корреляционного анализа и построена математическая модель контроля сборки клеевых соединений.

Результаты. По построенной математической модели были установлены количественные связи между показателями качества и характеристиками контроля сборки клеевых соединений.

Научная новизна. Предложенная для оценки контроля сборки клеевых соединений математическая модель, позволяет установить количественные связи между показателями качества и характеристиками контроля сборки.

Практическая значимость. Использование корреляционных критериев повышает эффективность контроля, позволяет выявить скрытые тенденции изменения качества и дает возможность количественно оценить степень значимости различных характеристик и факторов с точки зрения влияния их на качество. Это имеет важное значение при комплексной оценке качества. Применение корреляционных уравнений для прогнозирования показателей качества уменьшает объем испытаний и снижает их стоимость.

Ключевые слова: *математическая модель, клеевые соединения, корреляционный анализ.*

THE MATHEMATICAL MODEL CONTROL OF ASSEMBLY ADHESIVE JOINTS

VASILENKO I., ZENKIN A.

Kyiv National University of Technology and Design

Purpose. Develop methods of correlation analysis and construct a mathematical model for control of adhesive joints.

Methodology. Methods were developed for correlation analysis and mathematical model for control of adhesive joints.

Findings. By constructing mathematical models were established quantitative relationships between indicators of the quality and characteristics of the control assembly adhesive joints.

Originality. Proposed to evaluate the control assembly adhesive joints mathematical model allows to establish quantitative relationships between indicators of the quality and characteristics of the control assembly.

Practical value. Using the correlation increases the efficiency of the control criteria, reveals the hidden quality trends and enables to quantify the degree of importance of the various characteristics and factors in terms of their influence on quality. This is important in a comprehensive assessment of quality. Application of correlation equations for predicting quality parameters reduces the amount of testing and reduces their cost.

Key words: *mathematical model, adhesive joints, correlation analysis.*

УДК 54.44+544.7

КАТАШИНСЬКИЙ А.С., БАРСУКОВ В.З., СЕНИК І.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

ВІДНОВЛЕННЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО КИСНЮ НА ПОВЕРХНІ ШПІНЕЛІ

$NiCo_2O_4$

Мета. Інтерпретація результатів експериментальних досліджень відновлення молекулярного кисню на поверхні гетерогенного каталізатора типу шпінелі $NiCo_2O_4$ на основі результатів квантовохімічних розрахунків.

Методика. Виконані *ab initio* квантовохімічні розрахунки електронної структури молекулярного кластера $NiCo_2O_{11}H_{12}$ і адсорбційних комплексів з використанням формалізму самоузгодженого поля МО ЛКАО Хартрі-Фока-Рутана в розширеному базисі функцій Гауса.

Результати. Показано, що величина енергії адсорбції H_2O_2 впливає на механізм відновлення кисню: при малих значеннях енергії адсорбції кисень відновлюється по 2-х електронному механізму до H_2O , після чого утворена молекула H_2O_2 десорбується. При великих значеннях енергії адсорбції H_2O_2 , відновлення кисню відбувається по 4-х електронному механізму до води.

Наукова новизна. Запропоновано пояснення протікання каталітичної реакції відновлення кисню в середньому по 3.7 електронному механізму, що підтверджується результатами експериментів.

Практична значимість. Експериментальне пояснення протікання каталітичної реакції відновлення кисню в середньому по 3.7 електронному механізму

Ключові слова: шпінель $NiCo_2O_4$, молекулярний кластер, енергія хемосорбції, електронна густина, механізм реакції, граничні молекулярні орбіталі.