

**Топчій Н.В.**

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз  
Служби безпеки України

## МЕТОДИ ТА СУЧАСНІ ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ МЕХАНІЧНИХ ДЕТАЛЕЙ НА ВИРОБНИЦТВІ

*У даній статті проведено дослідження методів забезпечення якості приладів, що відповідають сучасним технологіям, які мають бути якісними та безпечними.*

*Сучасне повсякденне життя пов'язане з великою кількістю складних механізмів, приладів інфраструктури та побуту. Забезпечення якості виробів, на які ми покладемося, є пріоритетом виробників. Залежно від галузі застосування, виріб – злагоджена робота простих та складних механічних деталей та механічних деталей і електроніки. Виявлення дефектів механічних деталей, швидке їх виправлення або вилучення з виробничого процесу – завдання сучасних виробників, зацікавлених у випуску конкурентоспроможної продукції.*

*Контроль якості деталей на виробництві виконується контрольними – вимірювальними приладами: мікроскоп, дефектоскоп, товщиномір, аналізатор тощо.*

*З'ясовано, що застосування контрольних-вимірювальної техніки забезпечує два основні види контролю – руйнівний та неруйнівний. Кожний вид контролю дозволяє виявити та виправити недоліки, наявність яких небезпечна в експлуатації деталі у складі виробу: відхилення від розмірів, неякісне покриття, тріщини, невідповідна структура матеріалу тощо.*

*В залежності від складності механічної деталі, використовуються методи контролю якості: від найпростішого – візуальний контроль, до найсучаснішого – ультразвуковий.*

*Контроль якості, проведений контрольними-вимірювальними приладами повинен базуватися на вимоги, визначені державними та міжнародними організаціями стандартизації, відповідати нормативним вимогам стандартів ДСТУ, ІРС, ІСО тощо.*

*Визначено, що запровадження методів контролю сучасними засобами забезпечує отримання високоякісного продукту, безпечно та високотехнологічне виробництво.*

*Розвиток сучасного виробництва та технологій, вимагає постійного удосконалення державних нормативних документів контролю та розробки методів та засобів контролю якості у відповідності до міжнародних стандартів.*

*Стрімкий розвиток технологій та матеріалів вимагає удосконалення пристроїв контролю, які забезпечать гарантію якості як окремих деталей так і виробу в цілому.*

**Ключові слова:** *якість механічних деталей, контроль якості, метод контролю, засоби контролю, руйнівний контроль, неруйнівний контроль.*

**Постановка проблеми.** Завдання кожного виробника будь-якої галузі полягає в отриманні якісного продукту. Ця задача виконується за рахунок дотримання норм та стандартів виготовлення механічних деталей – складових виробу відповідної галузі.

Підтвердження якості механічної деталі відбувається завдяки контролю якості виробу в цілому або деталізовано, спеціальними пристроями та інструментами.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питаннями отримання якісних виробів при використанні сучасних засобів контролю займалися вітчизняні науковці: Пуга П.П., Сусліков Л.М., Студеняк І.П., Геворкян Е.С., Мельник О.М. тощо.

Вітчизняні виробники контрольних-вимірювальних виробів: METRINCO, УКРІНТЕХ тощо.

Закордонні фірми-виробники приладів контролю якості: HORIBA (Японія), FLIR (США), DELTA OHM (Італія), EZODO (Тайвань) тощо.

**Постановка завдання.** Метою статті є визначення необхідності використання пристроїв контролю якості для виявлення недоліків та отримання високоякісних виробів за рахунок використання якісних складових – механічних деталей.

Необхідність удосконалення старих засобів перевірки та розробка нових, відповідно сучасним технологічним процесам та норм стандартів виготовлення виробів.

**Виклад основного матеріалу.** Високотехнологічні галузі виробництва такі як авіабудування, машинобудування, електротехнічна, космічна галузь тощо, випускають високоякісну продукцію

запроваджуючи системи контролю якості з відповідністю параметрам державних та міжнародних стандартів, що забезпечують високу якість, безпечність виробу та процесів його виготовлення, екологічність виробу та виробництва.

Зростання промислового виробництва, запровадження нових технологій, розробка нових матеріалів, сприяє розробці та випуску більш складної продукції. Відповідно з'являються нові види характеристик, що потребують ретельного контролю якості виробу, а особливо складових частин – механічних деталей. Ретельна перевірка та забезпечення якості кожної механічної деталі, гарантує якісний функціональний виріб. Окремий процес перевірки кожної деталі формує систему контролю якості вихідного виробу.

Міжнародна система якості формується відповідно серії стандартів ISO 9000 та ISO 14001. Дана серія стандартів не відноситься до певної галузі, є універсальною для будь-якої компанії. Однак, виконання вимог забезпечує високий рівень перевірки якості продукції та вплив її виробництва на навколишнє середовище. Вимоги до якості конкретних деталей, складових та виробів в цілому регламентуються технічною документацією, стандартом виробу тощо.

Перевірка якості деталей, вузлів, готових виробів, методи та засоби перевірки якості в Україні відповідають державним та галузевим стандартам.

Приклад деяких з них:

– ДСТУ 3021-95 – Випробовування і контроль якості продукції. Терміни та визначення.

– ДСТУ 8282:2015 – Вироби електронної техніки. Правила приймання.

– ДСТУ-Н 7918:2015 – Система технологічного підготовки виробництва. Настанови щодо вибирання засобів контролювання.

– ДСТУ-Н 7919:2015 – Система технологічного підготовки виробництва. Настанови щодо проектування систем і процесів технічного контролювання.

– ДСТУ 9027:2020 – Системи управління якістю. Настанови щодо вхідного контролю продукції.

Контроль якості кожної механічної деталі визначається проведенням контрольного випробування, яке виконується відповідними методами випробувань та приладами контролю з дотриманням вимог подальшої експлуатації.

Відповідно до ДСТУ 3021-95:

– контроль якості продукції – контроль кількісних і (чи) якісних характеристик властивостей продукції;

– система контролю – сукупність засобів контролю, виконавців і визначених об'єктів контролю, що взаємодіють згідно з правилами, які встановлені відповідними нормативними документами;

– методи контролю – правила використання певних принципів засобів контролю;

– засіб контролю – технічний пристрій, речовина і (чи) матеріал для проведення контролю.

Важливими критеріями високої якості деталей машин, механізмів, приладів є фізичні, геометричні та функціональні показники, а також технологічні ознаки якості, наприклад, відсутність неприпустимих дефектів; відповідність фізико-механічних властивостей і структури основного матеріалу і покриття; відповідність геометричних розмірів і чистоти обробки поверхні необхідним нормативам і т.п. [2].

За походженням дефекти механічних деталей поділяються:

– конструктивні – недосконалість розробки, помилка конструктора;

– виробничо-технологічні – виникають при виготовленні, зварюванні, різанні, паянні, клепа́ння, склеювання, механічній, термічній та хімічній обробці тощо;

– експлуатаційні – виникають через певний період невідповідної експлуатації, недотримання технологічного обслуговування, корозії металу, зношення частин тощо.

Методи контролю механічних деталей поділяються:

– руйнівний;

– пошкоджуючий;

– неруйнівний контроль.

Руйнівний метод контролю вимагає пошкодження зразка: вирізки зразків та відбору проб, в свою чергу поділяється:

– металографія – дослідження структури металевої деталі;

– механічні випробування – для оцінки міцності та пластичності: розтягнення, вигин, ударну в'язкість тощо;

– хімічний аналіз матеріалу деталі.

Прилади контролю для перевірки якості деталі руйнівним методом:

металографія:

– відрізнi верстати серії Vaincut-M, L, HSS Plus тощо – використовується при необхідності отримання точних прецизійних різців і тонкого зрізу шару матеріалу, застосовується для широкого спектру матеріалів різної твердості, також, застосовуються при виробництві друкованих плат, в напрямках, де потрібні технології високої точності позиціонування координат різця, а також різця матеріалів без деформації;

– металографічний мікроскоп серії ОПТІКА, УІТ РМ-500 – мікроскоп світлого і темного поля для досліджень у відбитому світлі, та світлі що проходить;

– металографічний мікроскоп прямий серії УІТ MicroMet – для металографічних досліджень зразків деталей з металів та сплавів із застосуванням різних методів дослідження і контрастування;

механічні:

– універсальні портативні твердоміри серії ADL DU – вимірювання твердості, можливі методи вимірювання – ультразвуковий та динамічний;

– твердоміри стаціонарні автоматизовані за Роквеллом серії UIT HP – Автоматичний вимір твердості по 15 шкалах Роквеллу і Супер-Роквеллу при навантаженнях від 3 кгс до 150 кгс;

– модернізований твердомір Бринелля UIT HBW-1 – вимір твердості за методом Бринелля в діапазоні навантажень від 62,5 кгс до 3000 кгс. Автоматичне отримання відбитку;

– сервопривідні випробувальні машини серії UIT STM, UIT GTM – для всіх видів навантажень відповідно стандартів ASTM A370, ASTM E83, API 5L, API 5CT, ABS, DIN 50125, DIN 10002, ДСТУ ISO 6892-1:2019, ДСТУ ISO 6892-2:2020, ДСТУ 7305:2013, ДСТУ ISO 7438:2005 тощо;

– проектор вимірювальний UIT XT-12D – для оцінки геометричних параметрів деталей складної форми;

– копер маятники серії UIT IPT – для випробувань зразків деталей з високоміцних металів та сплавів на двоопорний вигін та зразків пластмас, щільного нейлону, скловолокна, кераміки для визначення поглиненої енергії;

– проектор оптичний UIT OP-50 – для оцінки геометричних параметрів деталей та виробів складної форми, зіставлення вимірюваних параметрів з документацією.

хімічний аналіз:

– аналізатор хімічного складу серії Inductar – для визначення вуглецю, сірки та кисню. Елементи аналізуються за допомогою ІЧ-детектора широкого спектру дії, який здатний визначати увесь діапазон концентрацій. Для точного визначення водню уперше використовується інноваційна технологія виявлення. Оснащений твердотілою високочастотною індукційною піччю, яка дозволяє досягти температуру зразка до 3000°C;

– спектрометри оптико-емісійні серії Metavision – для аналізу більше 55 елементів, включаючи С, N, O, Li, Na, S, P тощо, з низькими межами виявлення від 1 ppm., широка система діагностики, включаючи виявлення помилок, реєстрації і звітності;

– лазерні портативні аналізатори серії SciAps – визначають будь-які речовини, будь-якого сплаву, будь-якого елемента металевої деталі як в польових, так і в лабораторних умовах;

– рентгенофлуоресцентні аналізатори серії SciAps X – для вхідного контролю придбаної сировини, контролю якості продукції, забезпечення точності теоретичних розрахунків при проектуванні, проведення сертифікації продукції.

Пошкоджуючий метод контролю – це сукупність таких видів контролю, які проводяться безпосередньо на об'єкті, при цьому об'єкт зберігає працездат-

ність, але в місцях контролю лишаються непереборні сліди, які не перешкоджають експлуатації [2].

Види пошкоджуючого контролю:

– твердометрія – вимірювання твердості деталі чи виробу втискуванням інденторів, таких як алмазні наконечники, бабітові кульки тощо;

– стилоскопіювання – оцінка марки сталі за допомогою стилоскопу: утворення оптичного спектру вольтової дуги між електродом приладу та поверхні деталі чи виробу.

При проведенні контролю твердометрії можливе використання твердомірів, приладів які використовуються при механічних руйнівних пошкодженнях.

Прилади контролю стилоскопіювання:

– стилоскоп переносний СЛП-2 використовується для спектрального аналізу великогабаритних зразків, деталей агрегатів і машин без їх розбирання в пересувному режимі. Зразки можуть бути досліджені на місці розміщення завдяки високій мобільності приладу;

– стаціонарний стилоскоп «СПЕКТР» – виконує якісний та напівкількісний аналіз (використовуючи фотометричний клин) матеріалів у видимій області спектру.

Неруйнівний метод контролю (або дефектоскопія) – дає змогу перевірити якість продукції без порушення її придатності до використання за призначенням [1].

Неруйнівний метод контролю механічних деталей забезпечує:

– ефективний контроль на різних стадіях виробництва;

– контроль якості відповідно заданих параметрів;

– технічна доступність засобів контролю, простота методики в умовах виробництва;

– контроль сучасними засобами та можливість використання їх при різних умовах.

Види неруйнівного методу контролю:

– візуально-оптичний контроль – має велике розмаїття способів отримання первинної інформації про зовнішні дефекти деталі чи виробу незалежно від виду матеріалу, виявляє зовнішні дефекти, наявність яких виключає подальшу перевірку якості з застосуванням відповідних приладів;

– ультразвуковий (акустичний) – виявляють внутрішні та зовнішні дефектів – порушення суцільності (дефекти зварювання, пайки, склеювання), міжкристалічної корозії, неоднорідності структури деталей та виробів;

– капілярний – при застосуванні індикаторних рідин виявляються внутрішні порожнечі, термічні та шліфувальні тріщини в деталях з металів та неметалів простої і складної форми;

– радіохвильовий – для контролю деталей з матеріалів, на яких повільне згасання радіохвилі – напівпровідники, ферити, діелектрики (кераміка, пластмаса, скловолокно);

– тепловий – для визначення дефектів пайки багат шарових деталей з металів та неметалів, клейових з'єднань тощо;

– смісний – за допомогою зміни провідності, контролюють хімічний склад та несущільності пластмас, напівпровідників;

– термоелектричний – визначаються розтріскування в емалевих покриттях, вимірювання товщин плівкових покриттів, ступінь загартування деталі та при сортуванні деталей;

– магнітний – виявляє несущільність матеріалу, виявляє зміни магнітних характеристик феромагнітних сплавів;

– електромагнітний (вихрових струменів) – виявлення дефектів в магнітних і немагнітних деталях, на деталях складної конфігурації;

– радіаційний – визначають внутрішню будову матеріалу, внутрішні дефекти деталі та виробу, контроль зварних та паяних швів тощо. Вид випромінювання залежить виду деталі та завдань, що стоять перед контролем.

Прилади контролю неруйнівного методу перевірки якості:

візуально-оптичний контроль:

– інтелектуальні профілометри серії CHOTEST серії SJ57 – призначені для різьбових заготовок, дозволяють двостороннє сканування, отримання профілю об'єкта шляхом сканування поверхні Т-подібним стилусом та обчислення 2D геометричних розмірів та допусків на основі профілю. Програмне забезпечення аналізує параметри деталі, внутрішній та зовнішній діаметри, параметри профілю тощо;

– машини швидкого вимірювання серії VX8300 – використовує принцип візуального вимірювання, точні алгоритми аналізу зображень. Подвійна телецентрична подвійна лінза з високою глибиною різкості, дозволяє виконувати швидкі вимірювання деталей та виробів у галузях електроніки, машинобудування, при виробництві друкованих плат, роз'ємів, ріжучі інструменти, медичне обладнання, гуми, годинники, точне штампування тощо;

– відеоендоскопи Flasher 900, ARGUS 900, UIT VD VSE – 3100 – дозволяють проводити огляд важкодоступних порожнин, робити фото та відеофіксацію;

– вимірювач шорсткості (профілометр) TMR200 – вимірювані параметри: Ra, Rz, Rq, Rt, Rp, Rv, R3z, R3y, RzJIS, Rsk, Rku, Rsm, Rmr, Rx;

ультразвуковий:

– ультразвукові товщиноміри серії ADL-UT, 27MG, 45MG, 38DL PLUS – використовується для оперативного вимірювання товщини деталей та виробів металевих і неметалевих, з великокристалічною структурою, схильних до корозії та ерозії. Можливість виміру через покриття. Діапазон вимірювання від 0,4 мм до 600 мм;

– ультразвукові дефектоскопи серії Olympus – дозволяють отримати та обробити масиви даних про стан деталей в галузях авіабудування, машинобудування тощо;

капілярний:

– пенетрант FLUXO P 139, пенетрант організмивний SKL-SP2, пенетрант водозмивний SKL-WP2 – рідини, які забезпечують яскравість малюнку для контролю деталей при візуальному огляді або реєструючим пристроєм. Широко використовуються при контролі відповідальних деталей в авіабудуванні, машинобудуванні, суднобудуванні тощо;

магнітний:

– дефектоскопи магнітні стаціонарні DA -750, DA -1500, магнетоскоп для вимірювання залишкової намагніченості 5-0-5, 10-0-10, 20-0-20 – дозволяє виявити найменші ушкодження та виправити їх. Допоміжними матеріалами є магнітні суспензії та ґрунти для магнітопорошкового контролю;

– магнітний товщиномір пластмас Olympus Magna Mike 8600\$;

електромагнітний:

– вихрові дефектоскопи серії Olympus з двочастотним режимом, підтримкою роторних сканерів, з функцією вимірювання провідності;

– вихрострумний дефектоскоп ВД-43А – виявлення поверхневих дефектів деталей з феромагнітних і неферомагнітних металів та сплавів;

радіаційний:

– денситометри ZY-586, негатоскопи ZYVF-L10, ZY-D50 – забезпечують швидку діагностику дефектів та похибок, легко визначає оптичну щільність рентгенографічних знімків, мобільне використання в будь-яких умовах.

Як правило, руйнівний та пошкоджувальний методи контролю механічних деталей використовуються на експериментальних зразках деталей та виробів, в процесі відпрацювання документації та умов експлуатації з дотриманням відповідних вимог замовників та споживачів.

Неруйнівний контроль проводиться як на експериментальних зразках деталей при відпрацюванні розмірів, відповідності вибраного матеріалу, технології виробництва, так є обов'язковим при серійному виробництві з відпрацьованими технологічними процесами у відповідності до вимог стандартів відповідної галузі.

**Висновки.** Контроль якості механічних деталей в системі контролю якості виготовлення виробу – важливий етап для забезпечення високої продуктивності, надійності, безпеки та довговічності.

Методи контролю, забезпечені сучасними контрольно-випробувальними приладами дозволяють:

– виявити та усунути дефекти, що знижує ризики та економить ресурси;

– відповідають високим стандартам;

– мають високу якість;

– покращення репутації підприємства;  
– підвищена довіра клієнтів.  
Поєднання методів контролю якості механічних деталей, правильно організовані етапи контролю

та забезпечення їх виконання відповідно удосконаленим стандартам якості з урахуванням новітніх технологій та матеріалів – запорука стабільності виробництва та гарантія якості виробу.

#### Список літератури:

1. Геворкян Е.С., Мельник О.М., НЕРУЙНІВНІ МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ, Конспект лекцій, Харків – 2015р.

URL: <http://lib.kart.edu.ua/bitstream/123456789/2823/1/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%20%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D0%B9.pdf> (дата звернення: 21.11.2024).

2. Сусліков Л.М., Студеняк І.П. НЕРУЙНІВНІ МЕТОДИ КОНТРОЛЮ Навчальний посібник для студентів фізико-технічних спеціальностей УЖГОРОД – 2016р.

URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/45064/1/%D0%9D%D0%95%D0%A0%D0%A3%D0%99%D0%9D%D0%86%D0%92%D0%9D%D0%86%20%D0%9C%D0%95%D0%A2%D0%9E%D0%94%D0%98.pdf> (дата звернення: 21.11.2024).

3. Неруйнівний контроль: досягнення та застосування в інспекції матеріалів і контролі якості Електронний ресурс. URL:<https://simvolt.ua/neruivnyi-kontrol-dosiahnennia-ta-zastosuvannia-v-inspektsii-materialiv-i-kontroli-yakosti/> (дата звернення: 21.11.2024).

4. УКРІНТЕХ. Електронний ресурс. URL: <https://ukrintech.com.ua/> (дата звернення: 21.11.2024).

5. TMC Academy. Електронний ресурс. URL: <https://academy.tms.ua/uk/blog-uk/standarty-iso-serii-9000/> (дата звернення: 21.11.2024).

6. Будстандарт онлайн. Електронний ресурс. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=82322](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=82322) (дата звернення: 21.11.2024).

7. Діагностичні прилади – обладнання для неруйнівного контролю. Електронний ресурс. URL:[https://dp-ndt.com.ua/about\\_us](https://dp-ndt.com.ua/about_us) (дата звернення: 21.11.2024).

#### Topchii N.V. METHODS AND MODERN MEANS OF CONTROLLING MECHANICAL PARTS IN PRODUCTION

*In this article, we study methods for ensuring the quality of devices that meet modern technologies, which must be of high quality and safe.*

*Modern everyday life is associated with a large number of complex mechanisms, infrastructure and household appliances. Ensuring the quality of the products we rely on is a priority for manufacturers. Depending on the field of application, a product is a coordinated work of simple and complex mechanical parts and mechanical parts and electronics. Detecting defects in mechanical parts, quickly correcting them or removing them from the production process is the task of modern manufacturers interested in producing competitive products.*

*Quality control of parts in production is performed by control and measuring devices: microscope, flaw detector, thickness gauge, analyzer, etc.*

*It has been found that the use of control and measuring equipment provides two main types of control – destructive and non-destructive. Each type of control makes it possible to identify and correct deficiencies that are dangerous in the operation of a part as part of a product: deviations from the dimensions, poor quality coating, cracks, inappropriate material structure, etc.*

*The implementation of modern control methods ensures high-quality products, safe and high-tech production.*

*The development of modern production and technologies requires continuous improvement of state regulatory control documents and the development of quality control methods and means in accordance with international standards.*

*The rapid development of technologies and materials requires the improvement of control devices that will ensure the quality of both individual parts and the product as a whole.*

**Key words:** *quality of mechanical parts, quality control, control method, control means, destructive testing, non-destructive testing.*