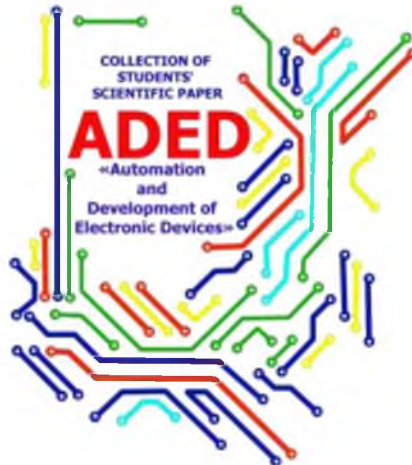


Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки
(КІТАР)



ЗБІРНИК
студентських наукових статей
«Автоматизація та приладобудування»
«Automation and Development of Electronic Devices»
ADED-2024
(Випуск 2)
[електронне видання]

Харків 2024

**СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КЕРУВАННЯ ЯКІСТЮ
ПРОДУКЦІЇ НА ВСІХ ЕТАПАХ ВИРОБНИЦТВА****С.О. Вінниченко**

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: sofia.vinnychenko@nure.ua

Анотація: У даній статті розглядається роль MES в управлінні якістю продукції на підприємстві. Описано функціональні можливості системи, які забезпечують зниження кількості браку, часу простоїв та витрат на перероблення. Особливу увагу приділено основним процесам виготовлення продукції, таким як контроль сировини, процесу виготовлення, проведення проміжних інспекцій, фінальна перевірка готових виробів. Розглянуто подальші перспективи використання MES для оптимізації виробництва та зниження витрат.

Ключові слова: MES, якість, виробництво, продукція, дефекти.

**AUTOMATION SYSTEM TO ENSURE PRODUCT QUALITY MANAGEMENT AT ALL
STAGES OF PRODUCTION****S. Vinnychenko**

Kharkiv Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av, 14

E-mail: sofia.vinnychenko@nure.ua

Annotation: This article examines the role of the MES in managing product quality within an enterprise. It describes the functional capabilities of the system that provide for reducing the amount of defective products, reducing downtime, and reducing rework costs. Particular attention is paid to the key manufacturing processes, such as raw material control, manufacturing process control, in-process inspections, and final inspection of finished products. The article also considers the further prospects for using MES to optimize production and reduce costs.

Key words: MES, quality, production, products, defects.

Сучасні підприємства прагнуть забезпечити високу якість своєї продукції, щоб відповідати змінним вимогам ринку, мінімізувати витрати та підвищувати конкурентноздатність. Одним з ефективних інструментів, які сприяють досягненню вищевказаних цілей, є система управління виробництвом MES (Manufacturing Execution System). MES-система забезпечує автоматизацію та управління всіма виробничими процесами на рівні цеху, з'єднуючи в єдиний цифровий ланцюг всі етапи – від отримання сировини до випуску готової продукції. Впровадження системи на підприємстві дозволяє не лише оптимізувати виробничі процеси, а й здійснювати постійний контроль якості продукції, що є важливим для складних та багатокомпонентних підприємств.

Даний матеріал присвячено дослідженню ролі MES-системи в забезпеченні та управлінні якістю продукції на виробничому підприємстві, охоплюючи всі етапи її виготовлення. Розглядається вплив системи на підвищення таких показників ефективності, як зниження кількості браку, зниження часу простоїв та витрат на перероблення, а також підвищення рівня відповідності стандартам та рівня задоволеності клієнтів отриманою продукцією.

MES-система керує якістю продукції на підприємстві через деякі ключові функції та процеси, забезпечуючи відповідність виробів нормативним вимогам:

– вхідний контроль сировини та комплектуючих;

- контроль якості у процесі виготовлення;
- управління проміжними інспекціями;
- перевірка готових виробів [1].

Розглянемо кожен процес більш детально.

1) Вхідний контроль сировини та комплектуючих

Даний процес є першим кроком у ланцюгу забезпечення якості продукції, націлений на перевірку відповідності вхідних матеріалів встановленим стандартам та вимогам. В MES-системі даний процес синхронізується з іншими етапами виробництва, що дає можливість оперативно виявляти та усувати сировину з дефектами.

При надходженні на склад матеріалів та комплектуючих MES реєструє їх, фіксуючи дані постачальника, дату поставки, номер партії, найменування та кількість одиниць. В систему також заноситься супутня документація, така як сертифікати якості, паспорти та специфікації. Грунтуючись на отриманих даних, система перевіряє відповідність надходжень встановленим по їхнім документам вимогам. На даному етапі співробітники можуть порівнювати фізичні дані матеріалів з записами у системі, щоб додатково впевнитися у їх відповідності специфікаціям. Якщо компанія-виробник продукції використовує галузеві або внутрішні стандарти, то MES-система може посылатися на них для додаткової перевірки параметрів сировини. При виявленні відхилень система фіксує і класифікує їх: серйозні дефекти, які виключають використання даного матеріалу, або менш критичні, які можливо усунути. MES може запропонувати подальші дії в залежності від класифікації дефектів – повернення постачальнику, доопрацювання на місці або дозвіл на використання в залежності від встановлених критеріїв відбору сировини. За результатами перевірок матеріали отримують статус у системі: «схвалено до використання», «умовно схвалено», «відхилено». Сировина, яка не пройшла перевірку, блокується для подальшого використання. Затверджені матеріали переміщуються у зону готовності до виробництва, а відхилені – в зону доопрацювання або повернення. Повідомлення про статус партії можуть бути відправлені системою на робочі термінали персоналу, електронні пошти або через інтегровану систему оповіщень компанії. MES також фіксує всі дії з матеріалами та зберігає історію перевірок у базі даних.

2) Контроль якості у процесі виготовлення

Даний процес дає можливість виявляти дефекти та запобігати їм на кожному етапі виготовлення, таким чином забезпечуючи випуск продукції високої якості. MES відіграє важливу роль у автоматизації даного процесу, відслідковуючи критичні параметри та вчасно повідомляючи про всі відхилення.

На етапі підготовки до виготовлення система завантажує параметри та стандарти для кожного виду продукції. Ці параметри включають такі показники, як температура, тиск, час обробки, швидкість обладнання та інше. Також можливе завантаження робочих інструкцій та протоколів, яким повинні слідувати оператори. Після запуску процесу система отримує дані з виробничого обладнання та датчиків в режимі реального часу. Вся інформація автоматично збирається та відображається на моніторах працівників. Якщо значення параметрів відхиляються від встановлених норм, система одразу сповіщує персонал, а в критичних випадках зупиняє обладнання, запобігаючи виготовленню продукції з дефектами. Для особливо важливих процесів виготовлення (наприклад, у фармацевтичній або харчовій промисловості) контроль може бути доповнений жорсткими нормативними вимогами, такими як GMP (Good Manufacturing Practice), HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points), які також враховуються у MES [2]. Якщо в процесі виготовлення продукції було виявлено дефекти, то MES автоматично зафіксує дані про них, вносячи інформацію про їх природу, час виникнення та етап виробництва, на якому це відбулося. Також система здатна організувати коригувальні та попереджувальні дії (CAPA – Corrective Action / Preventive

Action) при виявленні проблем [3]. Коли реєструється дефект, вона здатна запропонувати процедури для усунення причини, як, наприклад, зміна налаштувань обладнання, додаткова перевірка та інше. Система повідомляє відповідальних осіб про можливі заходи для вирішення проблеми та вимагає підтвердження для їх виконання, якщо це доцільно.

3) Управління проміжними інспекціями

Даний процес дає можливість контролювати якість продукції на ключових етапах виробничого процесу, що допомагає попередити передавання дефектів на наступні стадії розробки та мінімізувати ризик випуску бракованої продукції.

На етапі планування виробництва визначаються критично важливі точки контролю якості, в яких необхідно буде проводити проміжні інспекції. Ці точки встановлюються в залежності від характеристик продукції та етапів, де найбільш вірогідна поява відхилень. Для кожної інспекційної точки MES задає конкретні критерії перевірки (наприклад, точність розмірів, зовнішній вигляд) які відповідають стандартам якості та вимогам технічних умов. Також система автоматично планує проміжні інспекції для кожної партії продукції. Вони призначаються з визначеною заздалегідь періодичністю або після досягнення конкретного етапу (наприклад, після обробки на станку, збирання деталей або фарбування). Якщо необхідна перевірка з боку людини, то MES направляє повідомлення конкретним бригадам або спеціалістам. Також можливе блокування подальшого руху продукції по виробничій лінії з боку системи, поки інспекція не буде завершена. Результати перевірок з боку персоналу заносяться у систему і якщо в її процесі було виявлено відхилення, то вони фіксуються та класифікуються за типом, рівнем критичності та можливим причинам виникнення. Також реєструються всі дані про проблему: час виявлення, етап виготовлення та вид відхилення. При виявленні дефектів система може пропонувати коригуючі дії CAPA (описані в п. 2).

Після проведення інспекції та виконання всіх перевірок MES реєструє статус партії. Якщо продукція відповідає вимогам, то її просування на наступний етап виробництва буде дозволено. У випадку виявлення критичних дефектів, які неможливо усунути на місці, система блокує подальшу обробку даної партії та ініціює додаткові інспекції, повернення продукції на попередні етапи для доопрацювання або утилізацію партії.

4) Перевірка готових виробів

Даний процес є завершальним етапом контролю якості, який забезпечує відповідність продукції встановленим стандартам та вимогам перед відправкою замовнику або на склад. Етап є критично важливим для мінімізації ризиків повернення продукції та збереження репутації компанії.

Для кожної партії продукції формується план перевірок в залежності від її типу, вимог замовника та галузевих стандартів. План включає в себе перелік тестів, параметрів, методів перевірки та критеріїв відповідності. Перевірка може бути вибірковою (для частини виробів з партії) або повною (для кожного виробу) в залежності від рівня критичності продукції та специфіки замовлення. Загальний план перевірки якості включає в себе:

- візуальний огляд: перевіряється зовнішній вигляд виробу, відповідність фарбування, маркування стандартам;
- вимірювання параметрів: використовуються прилади для перевірки точності розмірів, маси, геометрії та інших фізичних характеристик;
- функціональні тести: перевіряються ключові робочі характеристики виробу (наприклад, електричні параметри, герметичність). Для автоматизованих процесів використовуються спеціальні стенди та обладнання.
- випробування надійності: в деяких випадках проводиться тестування на зносостійкість, ударні навантаження, температуру та вологість, з метою гарантування довговічності та якості роботи виробу.

Результати усіх тестів та перевірок заносяться у відповідні розділи в MES. Якщо вони зібрані з використанням автоматизованого обладнання, то передаються в систему безпосередньо. Вона також реєструє, скільки виробів в партії виявилися бракованими, щоб визначити рівень відповідності всієї партії стандартам. Після перевірок MES обробляє результати та автоматично присвоює продукції статуси:

- «схвалено»: продукція відповідає всім вимогам та може бути відвантажена;
- «умовно схвалено»: продукція потребує незначних доопрацювань перед відвантаженням;
- «відхилено»: продукція не відповідає вимогам та відправляється в зону доопрацювання або на утилізацію.

За результатами перевірки готових виробів MES формує звіти, які включають в себе кількість перевірених одиниць, процент відповідності, типи дефектів та частоту їх появи. Кожен продукт або партія зі схвалених системою для подальшого відвантаження замовнику маркується унікальним ідентифікатором (наприклад, штрих-кодом або QR-кодом) (рис. 1.1)



Рисунок 1.1 – Зображення QR-коду на батареї для смартфона [4]

Після завершення всіх процесів MES контролює відвантаження продукції замовнику, оновлюючи статус партії та реєструючи її переміщення.

ВИСНОВКИ. Підсумовуючи, можна зазначити, що MES забезпечує комплексне управління якістю продукції на всіх етапах виробництва: від вхідного контролю сировини до перевірки готової продукції. Система автоматизує ключові процеси, включаючи інспекції, документування даних, управління коригувальними діями та аналіз відхилень. Це дає можливість скоротити вплив людського фактору, прискорити виконання перевірок та забезпечити відповідність міжнародним стандартам. Подальший розвиток включає в себе інтеграцію з іншими компонентами MES, з системами типу ERP, SCADA, використання штучного інтелекту для предиктивного аналізу відхилень, тощо.

ЛІТЕРАТУРА

1. MES Quality Control in Manufacturing. *SkyPlanner*. URL: <https://skyplanner.ai/resources/mes-quality-control-in-manufacturing/> (дата звернення: 15.11.2024).
2. Manufacturing Execution Systems – MES / ред. J. Kletti. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2017. 271 с.
3. Production operation management using Manufacturing Execution Systems (MES) / M. I. Mahmoud та ін. *2015 11th international computer engineering conference (ICENCO)*,

м. Cairo, Египт, 29–30 груд. 2015 р. 2015. URL: <https://doi.org/10.1109/icenco.2015.7416334> (дата звернення: 15.11.2024).

4. LiFePO₄ cells QR codes decoder : gobelpower.com. *GobelPower*. URL: https://www.gobelpower.com/lifepo4_decoder.html (дата звернення: 15.11.2024).

Науковий керівник: Хрустальова Софія Володимирівна, доцент кафедри КІТАР Харківського національного університету радіоелектроніки