

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра материаловедения, технологии  
и управления качеством

**ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ КАЧЕСТВА НА УЧАСТКЕ  
НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 4101 группы  
направления 27.03.02 «Управление качеством»  
института физики

Столбова Владимира Николаевича

Научный руководитель,  
доцент, к.ф.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_  
должность, уч. степень, уч. звание

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

И.В. Синев

\_\_\_\_\_  
инициалы, фамилия

Зав. кафедрой,  
д.ф.-м.н., профессор

\_\_\_\_\_  
должность, уч. степень, уч. звание

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

С.Б. Вениг

\_\_\_\_\_  
инициалы, фамилия

Саратов 2024

**Введение.** Нанесение PVD покрытия является важным производственным процессом, обеспечивающим защиту и функциональность изделий и материалов. Обеспечение высокого качества покрытий имеет решающее значение для их надежности, долговечности и соответствия техническим требованиям. Контроль качества на участке нанесения покрытия является неотъемлемой частью процесса производства, гарантирующей соответствие стандартам и требованиям заказчиков.

Инструменты контроля качества играют жизненно важную роль в выявлении и устранении дефектов, поддержании согласованности процессов и обеспечении того, чтобы наносимые покрытия соответствовали ожидаемым характеристикам. Понимание и правильное использование этих инструментов контроля качества позволяет предприятию повысить качество покрытий, снизить затраты на переделку и брак, а также повысить удовлетворенность клиентов.

Практическая часть работы была выполнена на предприятии ООО «ТехноТерм-Саратов». Основными направлениями деятельности компании являются [1]:

- вакуумная термическая обработка сталей и сплавов;
- производство прецизионных сплавов;
- нанесение PVD покрытий на детали машин и режущий инструмент;
- производство и восстановление режущего осевого инструмента;
- лабораторные исследования, измерения и испытания.

Важным направлением деятельности предприятия является снижение количества возникающих при производстве дефектов. Особенно актуальным является снижение количество дефектов на участке нанесения покрытия. На участке на постоянной основе реализуются мероприятия по выявлению причин дефектов и их устранению.

Целью выпускной квалификационной работы является применение методов контроля качества на участке нанесения покрытия.

На основе поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить инструменты контроля качества;
- методом стратификации установить закономерности возникновения дефектов покрытия;
- автоматизировать планирование производства на основе данных, полученных с помощью контрольного листка;
- проанализировать методом диаграмм Исикавы факторы, влияющие на качество покрытия;
- установить методом диаграммы Парето основную причину забраковывания деталей;
- исследовать стабильность процесса нанесения покрытия с помощью построения гистограммы.

Выпускная квалификационная работа занимает 74 страницы, имеет 29 рисунков и 26 таблиц.

Обзор составлен по 20 информационным источникам.

Во введении рассматривается актуальность работы, устанавливается цель и выдвигаются задачи для достижения поставленной цели.

В первом разделе рассматриваются инструменты управления качеством и их структура.

Во втором разделе изучаются различные виды автоматизации планирования.

В третьем разделе практическая часть дипломной работы, а именно применение инструментов контроля качества на участке нанесения покрытия.

### **Основное содержание работы**

Дипломная работа посвящена исследованию применения инструментов качества на участке нанесения покрытий. Целью работы является изучение методов и инструментов, способствующих повышению качества процесса нанесения покрытий на детали «Призма» и «Корпус клапан».

В ходе исследования были рассмотрены инструменты управления качеством, некоторые из них были применены в ходе выполнения практической части, такие как гистограмма, диаграмма Парето, стратификация, и диаграмма

Исикавы. Также была исследована система автоматического планирования и её методы, разработан алгоритм автоматизированного планирования производства.

Введение в работу посвящено актуальности выбранной темы и определению целей и задач исследования.

В первой главе работы проводится обзор существующих инструментов управления качеством. Инструменты качества – это различные методы и средства, предназначенные для сбора, представления, обработки, оценки состояния, анализа данных применяемые в управлении качеством [1]. Важно уметь применять их на практике для решения проблем. Инструменты помогают анализировать данные и состояние контроля качества продукции. В подпунктах главы №1 описаны инструменты: гистограмма, диаграмма Парето, диаграмма Исикавы, контрольный листок, контрольные карты (карты Шухарта), стратификация и диаграмма разброса. Описан ход построения каждого инструмента, а также приведены их преимущества и недостатки.

Во второй главе рассмотрены основные подходы к автоматизации планирования: MRP, APS и «Буфер – барабан – веревка» (ББВ).

MRP (Material Requirements Planning) – это метод автоматизации планирования, который основан на использовании данных о производстве и хранении материальных ресурсов [2]. Метод позволяет автоматически определять потребность в материалах и компонентах, а также планировать их производство и хранение.

APS (Advanced Planning and Scheduling) – это более сложный метод автоматизации планирования, который использует алгоритмы оптимизации для планирования производства, хранения и доставки материалов [3]. Метод позволяет учитывать множество факторов, влияющих на производство, включая производственную мощность, хранение и доставку.

«Буфер – барабан – веревка» (ББВ) – это метод автоматизации планирования, который основан на идее создания буфера, барабана и веревки для управления производственным процессом [4]. Метод позволяет

автоматически регулировать производство, хранение и доставку материалов, а также учитывать изменения в производственной мощности и спросе на продукцию.

Методы MRP, APS и ББВ представляют собой различные подходы к автоматизации планирования, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки.

Третья глава является практической частью выпускной квалификационной работы.

Для анализа факторов, влияющих на качество покрытия, был использован метод диаграммы Исикавы, поскольку он позволяет систематизировать и визуализировать причинно-следственные связи между различными аспектами процесса, что способствует выявлению и устранению ключевых проблем, влияющих на конечный результат.

Основной проблемой в диаграмме Исикавы рассматривается качество покрытия. Для анализа качества покрытия были выделены следующие причины влияющие на качество покрытия: персонал, внешние условия, измерения, материалы, оборудование, технология.

Следующей задачей необходимо было выявить закономерности возникновения дефектов путем стратификации данных.

Для сбора данных о процессах нанесения покрытий и дефектах покрытий на участке нанесения покрытий ООО «ТехноТерм-Саратов» была внедрена база данных.

Первым делом для выполнения задачи, с помощью запроса SQL было определено количество дефектов на каждой высоте в камере нанесения покрытия.

Далее для построения гистограммы необходимо стратифицировать данные. Стратификация данных была произведена путем соотношения дефектов к высотам в вакуумной камере. Количество дефектов – 1152, количество высот – 16.

После построения гистограммы, была выдвинута гипотеза о законе равномерного распределения дефектов по высоте. Для проверки гипотезы использовался критерий Пирсона.

Исходя из полученных в ходе работы данных, было выяснено, что гипотеза о равномерном распределении дефектов по высоте отвергается с вероятностью 95%. Таким образом, получается, что вероятность возникновения дефектов зависит от высоты расположения деталей в камере.

Для анализа параметра качества «толщина покрытия» был применен инструмент контроля качества гистограмма. После нанесения покрытия на детали «Призма» и «Корпус клапан» при контроле качества выбираются детали из каждой зон (низ, середина, верх) установки. После выбора деталей производится замер толщины покрытия, данные о толщинах хранятся в виде изображения шлифов. На основании этих замеров были построены гистограммы.

Следующим шагом была выполнена проверка гипотезы о законе распределения, используя критерий согласия Пирсона о нормальном распределении.

Из полученных расчетов, был сделан вывод, что гипотеза о нормальном распределении отклоняется с вероятностью 95%. Это означает, что данные не соответствуют нормальному распределению, что говорит о наличии некоторого фактора, который оказывает на результат измерения существенное действие и не имеет нормального закона распределения.

Для снижения брака на производстве, необходимо соблюдать требования непрерывного улучшения процесса. Усилия, направленные в рамках непрерывного улучшения, следует направлять на наиболее значимые проблемы. Для того чтобы определить наиболее перспективное направление улучшений, был проведен анализ вклада видов дефектов, в общий брак продукции, с помощью Диаграммы Парето.

Для построения диаграммы Парето, первым шагом необходимо определить какие типы дефектов были обнаружены и их количество. С

помощью запроса SQL из базы данных, внедренной на производстве, были получены эти данные, на основании которых была построена диаграмма.

Анализируя диаграмму, был сделан вывод, что 81,13% дефектов, вызывает четыре типа дефектов, а именно точка отслоения, капля, молния, механический дефект. Таким образом, для эффективного снижения количества забракованной продукции следует анализировать причины возникновения и методы устранения этих причин для указанных четырех типов дефектов.

Мотивация предприятия внедрять систему автоматического планирования заключается в повышении эффективности работы, улучшении контроля над выполнением задач, сокращении времени на планирование и прогнозирование, а также в оптимизации использования ресурсов.

На участке нанесения покрытия, была поставлена задача разработать систему автоматического планирования, для конкретных деталей «Призма» и «Корпус Клапан».

Изначально детали поставляют на склад. После их поступления, детали должны отправляться в установку, в которой проходит процесс нанесения покрытия. Установка содержит в себе восемь шпинделей, каждый шпиндель помещает в себя 15 деталей «Призма» и 360 деталей «Корпус Клапана». Пуск установки возможен только при загрузке всех 8 шпинделей, притом шпиндель может быть недогружен деталями. После нанесения покрытия, детали проверяется, Бракованные детали отправляются на склад, раскрываются, затем повторно покрываются или же детали негодны под покрытие и отправляются обратно поставщикам. Готовые детали, отправляются на склад покрытых деталей, затем их упаковывают в коробки и отправляют поставщику.

На основании этих данных была разработана автоматическая система планирования.

В качестве программного обеспечения для построение автоматической системы планирования была использована программа Excel.

**Заключение.** В ходе выполнения работы были рассмотрены семь основных инструментов контроля качества, которые включают в себя

диаграмму Парето, контрольные карты, гистограммы, диаграммы Исикавы, контрольные листки, диаграммы рассеяния и стратификацию. Понимание принципов работы и применения каждого инструмента позволило всесторонне оценить их потенциал. Также были исследованы системы автоматического планирования, которые играют ключевую роль в повышении эффективности производства, были рассмотрены различные методы автоматического планирования.

В ходе выполнения практики были получены следующие результаты:

- С помощью диаграмм Исикавы был проведен анализ факторов, влияющих на качество покрытия. Полученная диаграмма может быть использована при анализе причин возникновения брака и при разработке мероприятий по улучшению качества покрытия;

- Было установлено, что вероятность возникновения дефектов зависит от расположения деталей в камере. Таким образом, можно сформулировать рекомендацию об изменении способа формирования садки деталей: а именно избегать первых двух верхних позиций;

- Была выдвинута гипотеза о нормальном распределении толщин, по проведенным расчетам было выяснено, что данные не соответствуют нормальному распределению. Отвержение гипотезы о нормальном распределении результатов измерения толщины покрытия можно интерпретировать как наличие некоторого фактора, который оказывает на результат измерения существенное действие и не имеет нормального закона распределения;

- Анализируя полученную диаграмму Парето, следует сделать вывод, что 81,13% дефектов, вызывает четыре типа дефектов, а именно точка отслоения, капля, молния, механический дефект. Таким образом, для эффективного снижения количества забракованной продукции следует анализировать причины возникновения и методы устранения этих причин для указанных четырех типов дефектов. После внедрения улучшений, следует по мере



обновления статистических данных повторять анализ с помощью диаграммы Парето;

- Разработан алгоритм автоматизированного планирования производства. Алгоритм позволяет оптимизировать загрузку производственных мощностей, сократить время простоя оборудования, планировать отгрузку деталей для отправки заказчиком.

#### **Список использованных источников**

1 Барабанова, В. А. Инновационный технологический центр МАТИ / В. А. Барабанова [и др.]. – М. : ИЦ «Мати» - РГТУ им. Циолковского, 2001. – 48 с.

2 Гаврилов, Д. А. Управление производством на базе стандарта MRP II / Д. А. Гаврилов. – СПб. : Питер, 2008. – 416 с.

3 Загидуллин, Р. Р. Управление машиностроительным производством с помощью систем MES, APS, ERP. Полная версия : монография / Р. Р. Загидуллин. – Старый Оскол : ТНТ, 2021. – 416 с.

4 Мауэргауз, Ю. Е. Автоматизация оперативного планирования в машиностроительном производстве / Ю. Е. Мауэргауз. – М. : Экономика, 2007. – 287 с.