

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
АЕРОКОСМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра машинознавства, стандартизації та сертифікації

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри  
д.т.н., професор

Кіндрачук М.В.

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

**ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЮ  
“МАГІСТР”**

**Тема: Процеси управління якістю захисних покриттів при  
відновленні деталей авіадвигунів**

**Виконавець:** Лоскутов Д.Ю.

**Керівник:** к.т.н., доцент Мельник В.Б.

**Консультанти з окремих розділів пояснювальної записки:**

розд. “Охорона навколишнього середовища”: к.т.н., доц. Мельник В.Б.

**Нормоконтролер:** к.т.н., доц. Мельник В.Б.

**Київ 2020**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Аерокосмічний факультет**

**Кафедра машинознавства, стандартизації та сертифікації**

**Спеціальність: «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка»**

**Освітньо-професійна програма: «Якість, стандартизація та сертифікація»**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

**д.т.н., професор**

**Кіндрачук М.В.**

**“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 р.**

**ЗАВДАННЯ**

**на виконання кваліфікаційної роботи**

**ЛОСКУТОВА Дмитра Юрійовича**

**1. Тема кваліфікаційної роботи: « Процеси управління якістю захисних покриттів при відновленні деталей авіадвигунів »**, затверджена наказом ректора від 02. жовтня 2020 року №1901/ст.

**2. Термін виконання роботи:** з 05 жовтня 2020 р. по 31 грудня 2020 року.

**3. Вихідні дані до роботи:** вихідними даними до роботи є системи контролю якості процесів нанесення захисних покриттів дослідного центру «Pratt & Whitney – Paton».

**4. Зміст пояснювальної записки:** Реферат, Вступ, Класифікування методів відновлення захисних покриттів при сертифікації, Системи управління якістю, Вдосконалення системи управління якістю нанесення покриттів. Охорона навколишнього середовища, Основні висновки, список використаної літератури.

**5. Перелік обов’язкового графічного матеріалу:** Титульний лист, Мета та задачі дипломної роботи, Використання газотермічних покриттів у промисловості, Методи сертифікації, Система досягнення конкурентної переваги АСЕ, Шестиступінчатий процес сертифікації за програмою АСЕ, Особливості сертифікації методів нанесення покриттів, Основні висновки.

## 6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1.	Ознайомитися з літературою та сформувавши структуру дипломної роботи.	05.10.-11.10.20р.	
2.	Написати вступ та розділ 1: Класифікування методів відновлення захистних покриттів при сертифікації	12.10.-25.10. 20р.	
3.	Розробити розділ 2: . Системи управління якістю	26.10-06.11.20 р.	
4.	Розробити розділ 3: Вдосконалення системи управління якістю нанесення покриттів	09.11.-20.11. 20р.	
5.	Розробити розділ 4: “Охорона навколишнього середовища”.	23.11.-30.11. 20р.	
6.	Оформити дипломну роботу та здати на рецензію	02.12-11.12. 20р.	

## 7. Консультанти з окремих розділів

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона навколишнього середовища	Доцент кафедри машинознавства, стандартизації та сертифікації Мельник В.Б.		

8. Дата видачі завдання: “05”жовтня 2020р.

Керівник дипломної роботи \_\_\_\_\_

Мельник В.Б.

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_

Лоскутов Д.Ю.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської роботи Лоскутова Д.Ю. “Процеси управління якістю захисних покриттів при відновленні деталей авіадвигунів”. - Київ: Національний авіаційний університет, 2020 р. - 111 с, рис.6, табл.5, бібл. джер. 21, додатків 1.

Ключові слова:

**МЕТОДИ ВІДНОВЛЕННЯ ЗАХИСТНИХ ПОКРИТТІВ, ЗНОСОСТІЙКИ ПОКРИТТЯ, СЕРТИФІКАЦІЯ, ПРОЦЕСИ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ, ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ.**

**Об’єкт дослідження** – сертифікація процесів нанесення та контролю якості покриттів при відновлення деталей авіаційної техніки.

**Предмет дослідження** – процеси нанесення захистних покриттів та система АСЕ (Досягнення Конкурентної Переваги).

**Мета дипломної роботи** – вдосконалення системи контролю якості процесів нанесення захистних покриттів дослідного центру «Pratt & Whitney – Paton».

**Метод дослідження** – аналізування процесів системи управління якістю методів нанесення покриттів, вдосконалення процесів системи управління якістю методів відновлення покриттів на авіаційних деталях.

Матеріали дипломної роботи рекомендується використовувати під час вдосконалення системи управління якістю методів нанесення покриттів на авіатранспортних підприємствах, при відновленні захистних покриттів на деталях авіаційної техніки, та під час практичних та теоретичних занять з сертифікації.

# ЗМІСТ

ВСТУП.....	
РОЗДІЛ 1. КЛАСИФІКУВАННЯ МЕТОДІВ ВІДНОВЛЕННЯ ЗАХИСТНИХ ПОКРИТТІВ ПРИ СЕРТИФІКАЦІЇ.....	
1.1. Аналіз сучасних технологій нанесення покриттів для відновлення деталей авіаційної техніки.....	
1.2. Загальна характеристика процесів газотермічного нанесення покриттів.....	
1.3. Процеси газотермічного напилення покриттів.....	
1.4. Основні способи газотермічного нанесення покриттів.....	
1.5. Метод нанесення електролітичних покриттів.....	
1.6. Висновки.....	
РОЗДІЛ 2. СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТТЮ.....	
2.1. Загальні поняття «системи управління якістю.....	
2.2. Економічна суть поняття якості.....	
2.3. Управління якістю в організаціях.....	
2.4. Принципи управління якістю.....	
2.5. Особливості сертифікації процесів нанесення покриттів.....	
2.6. Висновки.....	
РОЗДІЛ 3. ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТТЮ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ.....	
3.1. Класифікація об'єктів напилення покриттів по класах і групам.....	
3.2. Проектування процесів нанесення покриттів при сертифікації.....	
3.2.1. Початкові данні для проектування.....	
3.2.2. Моделювання процесів нанесення покриттів.....	
3.2.3. Побудова групових процесів нанесення покриттів.....	

3.3. Контроль процесу механічної обробки після нанесення напилених покриттів.....	
3.4. Контроль якості покриття при промиванні.....	
3.5. Особливості сертифікації процесів нанесення покриттів дослідного центру «Pratt & Whitney – Paton».....	
3.6. Висновки.....	

## РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1. Вплив шкідливих викидів	
4.2. Електромагнітне випромінювання та його параметри	
4.3. Вплив шуму на навколишнє середовище та організм людини	
4.4. Методи боротьби з шумовим забрудненням	
4.5 Висновки	

## ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

## ДОДАТОК

## ВСТУП

У сучасних умовах світовий ринок висуває жорсткі вимоги до надходжень до нього продукції. Тому при прийнятті остаточного рішення про використання виробу враховується комплекс показників: науково-технічні досягнення, використані при його створенні, експлуатаційні показники, результати маркетингу, рівень виробництва і збуту, якість сервісу та інші.

Покупець і споживач віддають перевагу новим зразкам продукції, якщо:

- Зростання ефекту від її застосування випереджає зростання її ціни;
- Продукція має новизну і високу якість;
- Продукція відповідає міжнародним і національним стандартам, умовам її застосування її в країні-покупці;

Забезпечення необхідного рівня якості продукції - єдино надійний шлях задоволення потреб у сучасній техніці, прогресивних матеріалах.

Перехід до ринкових відносин вимагає кардинальних змін у таких сферах, як стандартизація, кваліметрія, сертифікація, маркетинг, захист прав споживачів і т.д.

Продукція володіє високою якістю, якщо вона відповідає вимогам стандартів та нормативної документації. При цьому необхідно розташовувати механізмом підтвердження відповідності виробу пропонованим до нього вимогам. Таким механізмом є сертифікація.

Під сертифікацією розуміють комплекс дій, в результаті яких спеціальним документом (сертифікатом) або знаком відповідності підтверджується відповідність продукції або послуг вимогам стандартів або інших документів, взаємоузгоджених між споживачами і виробниками.

Сертифікація - один з найважливіших механізмів управління якістю дає можливість об'єктивно оцінити продукцію, підтвердити споживачеві її безпеку, організувати контроль відповідності екологічної чистоти, а також

сприяє збільшенню конкурентоспроможності.

Сертифікація є засобом інформації споживачів і може стати одним з найбільш ефективних засобів правового регулювання торгових відносин, оскільки спирається на чітко сформульовані і доступні для контролю нормативні документи.

Наявність сертифіката, який свідчить про якість продукції і результати випробування її у визнаних міжнародних центрах, сьогодні є обов'язковою умовою виходу на зовнішній ринок і показником конкурентоспроможності.

Впроваджуючи систему сертифікації процесів у організацій, видачі Сертифіката та подальшого їх інспектування, забезпечується захист громадських інтересів (пасажирів, споживачів), вплив на діяльність організації щодо забезпечення льотної придатності та контроль її, не посягаючи на її самостійність і пряму відповідальність за забезпечення безпеки авіації.

Підвищення якості деталей машин і механізмів неможливе без використання для захисту їх робочих поверхонь зносостійких та антифрикційних покриттів, саме таких, що працюють в умовах інтенсивного зношування. Отримання покриттів виконується завдяки розвитку і практичному використанню різноманітних методів їх нанесення.

Аналіз методів нанесення покриттів показав, що найбільш перспективними з точки зору якість-ціна є газотермічні покриття, саме керуючи процесом напилення можливо отримання покриття з високими зносостійкими та антифрикційними властивостями. Перевагою газотермічного методу є ті, що можливо наносити покриття з будь-яких елементів: порошків, дротів, гнучких шнурів, а також отримати високі фізико-механічні властивості: висока твердість, міцність зчеплення з основою, висока стійкість.

Застосування методів газотермічного напилення зносостійких і міцних шарів металу на робочі поверхні деталей машин і технологічного оснащення дозволяють не тільки забезпечити їхнє зміцнення, але і вирішити комплекс



взаємозалежних технічних і економічних задач, спрямованих на заощадження ресурсів. До таких задач варто віднести зниження питомої металоємності виробу і його елементів на одиницю основної характеристики підвищенням їхньої міцності і зменшенням маси завдяки застосуванню об'ємно і поверхово-зміцнених матеріалів. Відновлення зношених поверхонь методами газотермічного напилення дозволяє сполучити процеси створення нових шарів металу замість зношених, із процесами їхньої зміцнюючої обробки.

В даній дипломній роботі викладені ключові питання сертифікації процесів нанесення покриттів дослідного центру «Pratt & Whitney – Paton». Впровадження сертифікатів та прогресивної технології відновлення деталей авіатехніки газотермічними методами дозволить у відомій мірі підвищити якість нанесення покриттів та удосконалити процес освоєння передових технологій нанесення покриттів у виробничих умовах не тільки підприємств цивільної авіації, але й в інших галузях.

# РОЗДІЛ 1. КЛАСИФІКУВАННЯ МЕТОДІВ ВІДНОВЛЕННЯ ЗАХИСТНИХ ПОКРИТТІВ ПРИ СЕРТИФІКАЦІЇ

## 1.1 Аналіз сучасних технологій нанесення покриттів для відновлення деталей авіаційної техніки

Надійність та довговічність сучасної авіаційної техніки в значній мірі визначається надійністю агрегатів і механізмів, працездатність яких в свою чергу залежить від багатьох зовнішніх факторів. В комплексі заходів, спрямованих на вирішення проблеми забезпечення їх працездатності, важливе місце займають питання розробки та нанесення технологічних процесів поверхневого зміцнення та відновлення деталей сучасної техніки. Поверхнєве зміцнення деталей машин, нанесенням на їх поверхні зносостійких покриттів, може суттєво зменшити витрати матеріальних, енергетичних та трудових ресурсів, забезпечити їх працездатність в різних умовах експлуатації, підвищити якість.

Не менш актуальною є проблема підвищення жаро- та корозійної стійкості деталей авіаційної техніки (АТ), втомленої міцності, фретингостійкості ін. Все це нагальне потребує розробки і впровадження нових технологічних процесів поверхневого зміцнення деталей шляхом нанесення функціональних покриттів. В цьому випадку реалізується принципово новий підхід до виготовлення конструкційних матеріалів: механічна міцність деталі гарантується за рахунок матеріалу основи, а зносо-, жаро-, корозійна стійкість забезпечуються функціональними покриттями, які мають науково обґрунтований склад, структуру та перевірені на практиці властивості.

Нанесення таких покриттів не тільки підвищує працездатність деталей, але і дозволяє економити велику кількість дорогокоштовних та дефіцитних легуючих елементів в зв'язку з тим що покриття наносяться в більшості випадків товщиною від 5-8 до 250-300 мкм. Існує більш як 150

видів поверхневого зміцнення деталей машин, які можна об'єднати в 22 основних технологічних методи, що включають як давно відомі і широко використовуємі методи (гальванічні покриття, хіміко-термічна обробка, наплавка та інші), так і нові, а саме: лазерної обробки, саморозповсюджуючого високотемпературного синтезу, гелепокриття та інші.

Пріоритетним напрямком в технологічних процесах поверхневого зміцнення деталей є комплексні методи, що передбачають як послідовно, так і одночасно використання двох і та більшої кількості методів. Представниками таких технологій слід вважати: газотермічне напилення з подальшою лазерною обробкою; поверхневу механотермічну обробку; електромагнітну наплавку з одночасним поверхневим пластичним деформуванням. Використання цих методів значно збільшує міцність зчеплення покриття з основою, зменшує пористість покриттів, підвищує їхню якість та працездатність в різних умовах експлуатації.

Для підвищення працездатності деталей сучасної авіаційної техніки, та відновлення їх розмірів широко застосовуються методи газотермічного напилення: плазмовий, детонаційний, полум'яний електродуговий. В якості матеріалів, які напиляють на поверхню використовуються порошки різних матеріалів, дроти, стержні та гнучкі шнури.

Газотермічні покриття використовують як метод поверхневої обробки конструкційних матеріалів деталей АТ з метою підвищення їх зносо-, жаро-, тепло- та корозійної стійкості, теплоізоляційних, оптичних та електроізоляційних властивостей, а також для відновлення розмірів зношених деталей. Характерними деталями АТ, які відновлюють нанесенням газотермічних покриттів, є наступні: шасі, а саме головні вісі шасі, внутрішній циліндр, розпори, стійки і гальмівні карданні труби, сопла реактивних двигунів, лопатки турбін, лопатки компресора, камери

згорання, різні перехідники, наконечники, листи для облицювання фюзеляжу та інші.

Останнім часом з метою зменшення зазору між кінцями компресорних лопаток і елементами корпусу компресора або зазору між направляючими і робочими лопатками турбіни на ці лопатки напиляють плакований порошок системи нікель-графіт. Серед різних методів захисту конструкційних матеріалів, які працюють при температурах 850-1200°C особливе значення мають температуростійкі покриття. В багатьох випадках ці покриття працюють в умовах одночасної дії високих температур, навантаження, та агресивних середовищ. Такі покриття призначаються для:

- 1) захисту конструкційних матеріалів від газової корозії;
- 2) теплоізолюючого бар'єру між нагрітим до високих температур газом та металом;
- 3) захисту деталей від механічного зносу в умовах підвищених та високих температур.

Крім основного призначення - захисту матеріалів від руйнування в результаті корозії, ерозії і перегріву, жаростійкі та теплостійкі покриття можуть надавати поверхням деталей деякі специфічні властивості: оптичні, діелектричні та інші.

Температуростійкі покриття можуть формуватись з різних агрегатних і фізичних станів речовини: із газової і парової фази, із рідинних водних і неводних розчинів і суспензій, із гомогенних розплавів і піросуспензій та піропаст, із пластичних органокерамічних і цементно-керамічних систем, із твердих дисперсних фаз.

Практика показала, що хімічне руйнування температуростійких покриттів має локальний характер. Руйнування починається на технологічних дефектах в шарі покриття. Такими дефектами можуть бути пори, пухири, тріщини та інші. В цьому випадку одним із рішень даної

проблеми є використання пакетних покриттів, які складаються з двох, трьох і більшої кількості тонких шарів різної природи. Такі покриття є високоефективними в складних умовах експлуатації. Результати практичних досліджень показали необхідність широкого впровадження передових технологічних методів поверхневого зміцнення деталей АТ в зв'язку з багатогранністю наукових та технологічних задач необхідна консолідація зусиль фахівців різного профілю - хіміків, фізиків та металознавців.

## **1.2 Загальна характеристика процесів газотермічного нанесення покриттів**

Сутність процесів газотермічного нанесення покриттів полягає в утворенні спрямованого потоку дисперсних часток металу, який напилюється, що забезпечує перенос їх на поверхню оброблюваного виробу при оптимальних для формування шару покриття значеннях температури та швидкості.

Найбільш широке застосування знаходить метод газоплазменного напилювання, що використовують для напилювання і наступного оплавлення покриттів із самофлюсуючихся сплавів на основі нікелю і кобальту, а також для напилювання керамічних і інших тугоплавких матеріалів

У газоплазменних процесах нанесення покриттів використовується тепло, що виділяється при згорянні паливних газів (ацетилену, пропан-бутану, водню, метану, природного газу та інші.) у суміші з киснем та стисненим повітрям.

При плазменно-дуговому нанесенні покриттів з порошків плавлення вихідного матеріалу відбувається в плазменному струменю, температура якого складає 5000-55000К. Дугову плазменну струмінь одержують удмухуванням плазмообразуючого газу в електричну дугу, що утвориться

між двома електродами. Плазменна струміль являє собою потік речовини, що складає з електронів, іонів і нейтральних атомів плазмообразуючого газу. У якості плазмообразуючих газів застосовують аргон, азот, водень, аміак, водяна пара, повітря, гелій і інші гази, а також їхньої суміші. Частки вихідного порошку, потрапляючи в плазменну струміль, розплавляються і переносяться на поверхню оброблюваного виробу.

Застосовуючи плазму – високоентальпійне і високотемпературне джерело нагрівання – можна наносити покриття практично з усіх тугоплавких матеріалів, що у плазменному струменю не сублімують і не перетерплюють інтенсивного розкладання.

### 1.3 Процеси газотермічного напилення покриттів

Технологічний процес газотермічного напилення складається з наступних основних операцій: підготовка поверхні упрочнюючої деталі до напилення і напиляємих порошків; нанесення покриття; механічна обробка покриття; контроль якості покриття. В загальному вигляді схема технологічного процесу напилення порошковими матеріалами має вигляд:

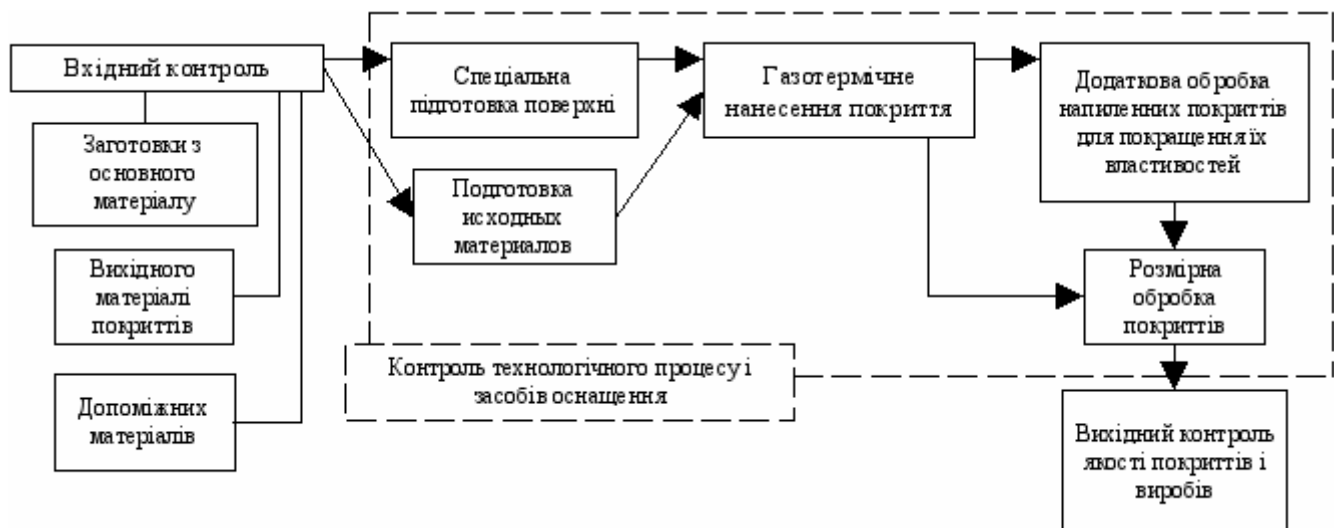


Рис. 1.1. Схема технологічного процесу напилення порошковими матеріалами

### ***Підготовка матеріалу покриття***

Порошкові матеріали, що застосовуються для газотермічного напилення, повинні пройти вхідний контроль на відповідність їх супроводжуючому документу, кожна партія порошку повинна мати паспорт зі вказаним найменуванням порошку, його марки, хімічного складу, розміру часток, дати виготовлення, терміну зберігання, заводу-постачальника.

Порошки повинні зберігатися у відповідності з вимогами технічних умов на кожний конкретний тип порошку.

Для нанесення газотермічних покриттів застосування знаходять такі порошкові матеріали: сплави, тугоплавкі з'єднання, композиції тощо.

При виборі порошкових матеріалів для газотермічного напилення покриттів необхідно враховувати:

1. Основні призначення покриттів (зносостійкі, жаро- і корозійностійкі та інші);
2. Умови роботи деталей (допустимий взнос, характер прикладення навантаження, ступень агресивності робочого середовища та інші);
3. Фізико-хімічні властивості матеріалу основи;
4. Вартість порошкового матеріалу.

Порошкові матеріали повинні мати необхідну швидкість дисоціації і сублимації в процесі напилення; мінімальну хімічну взаємодію з продуктами напилення. Вони повинні бути однорідними за хімічним складом і мати визначений гранулометричний склад і форму часток.

При виборі порошкових матеріалів необхідно враховувати також їх фізико-хімічні властивості: теплопровідність, коефіцієнт термічного розширення та інші.

Форма часток порошкових матеріалів повинна бути сферичною або грудкоподібною, що забезпечує їм текучість. Остання дозволяє регулювати

і підтримувати постійну витрату напилюваного матеріалу. Частки порошкових матеріалів іншої форми утруднюють подачу порошку, викликають нерівномірну його витрату, знижують стабільність процесу напилення, а як наслідок, і властивості покриттів.

Розмір часток напилюваних порошкових матеріалів і їх гранулометричний склад здійснюють вплив на процес напилення і властивості отримуваних покриттів. Основними факторами при визначенні оптимального розміру часток порошкового матеріалу є: теплофізичні властивості, теплопровідність, питома теплоємність, температура плавлення тощо, а також термодинамічні характеристики газотермічного потоку.

### ***Підготовка деталей***

Підготовка поверхні основи до нанесення покриттів включає наступні операції:

- очищення та знежирення;
- попередню механічну обробку;
- спеціальну підготовку;
- ізоляцію поверхонь деталі, що не підлягають напиленню.

Перед напиленням всі деталі повинні бути старанно очищені та знежирені. З поверхонь, які підлягають напиленню, повинна бути знята емульсія, мінеральне масло, нагар, старе покриття. Чистоту підготовленої поверхні нових деталей контролювати на відсутність масла та забруднень, а ремонтних – на відсутність нагару та зняття старого покриття. Знежирення проводити хімічне, у травильних розчинах. Локальні свіжі забруднення допускається видаляти протиранням бензину, ацетоном і спиртом.

Механічну обробку поверхонь роблять частіше всього на шліфувальних станках зі зняттям невеликих припусків.



Спеціальну обробку поверхонь для покращення зчеплення напилюваного матеріалу з основою можна робити:

*а) дробоструменевим методом;*

Дробоструменеву обробку можна робити пневматичним і відцентровим методом. Пневматичний спосіб подачі оброблюваних часток дешевше і частіше застосовуються. Зі збільшенням розмірів часток для обробки поверхні продуктивність росте, однак при цьому збільшується шорсткість. Тому найчастіше використовують суміш, що складається з мілких та великих часток. В якості обробляючих матеріалів використовують сталю крихту, корунд, карбід, кремнію, кварцовий пісок та інше.

*б) механічними способами обробки;*

Цей спосіб обробки застосовують перед напиленням покриттів на вали, циліндри та інші подібні деталі. Попередню обробку роблять нарізанням різьби, проточкою канавки. Механічну обробку застосовують в тих випадках, якщо основа є достатньо м'якою або легко піддається механічній обробці.

Таблиця №1

### Параметри піскоструминної технології обробки поверхні

Тиск повітря Р, 1000000 Па		Відстань до сопла, мм		Кут нахилу ерозійного струменя, град		Мінімальн ий кут, град
Піско- струмний агрегат	Інжекторні установки	min	max	Сталь	Чавун	
2,5-4	3,5-6	80-100	150	45-70	30	25-30

*в) напилення тонкого шару тугоплавких матеріалів;*

*г) електроіскровим методом;*

Електроіскрову підготовку поверхні звичайну проводять в тому випадку, якщо основа має більш високу твердість і не може бути оброблена дробоструменевим або механічним способами. Її проводять звичайним зварювальним апаратом. До недоліків цього методу слід віднести низьку швидкість обробки поверхні і значне зниження утомленостної міцності, а також структурні зміни, викликані дією високих температур.

*д) хімічним методом;*

Хімічну обробку поверхні проводять травленням поверхні різними хімічними реактивами. При цьому утворюється визначена шорсткість. До недоліків хімічної підготовки можна віднести можливість затримки в порах поверхні травильних реактивів, що може призвести до інтенсивної корозії напиленої деталі.

З порівняльного аналізу різних методів спеціальної обробки поверхонь можна сказати, що найбільш прийнятним методом для газотермічних напилень є метод пневматичної дробоструменевої обробки.

Ізоляцію поверхонь, не підлягаючих напиленню, роблять картоном або листовим залізом. Отвори або пази закріплюють дерев'яними або резиновими пробками. Після підготовки поверхні приступають до напилення покриттів не пізніше двох годин після підготовки.

#### **1.4. Основні способи газотермічного нанесення покриттів**

##### ***Газополум'яне напилювання***

При газополум'яному напилюванні джерелом теплової енергії є полум'я, що утвориться в результаті горіння суміші кисень-пальний газ. Напилювання в залежності від стану напиленого матеріалу може бути трьох типів: дротове, пруткове і порошкове. Крім того, до газополум'яного методу відноситься детонаційне напилювання, засноване на використанні енергії детонації суміші кисень-пальний газ.

На рис. 1.2. показаний принцип дротового газополум'яного напилювання. Пруткове напилювання виробляється аналогічним образом. В обох випадках напилений матеріал у виді чи дроту прутка подається через центральний отвір пальника і розплавляється у виді полум'я. Струмінь стиснутого повітря розпорошує розплавлений матеріал на дрібні частки, що осаджуються на оброблюваній поверхні.

Також можливо наносити покриття газополум'яним методом напилювання порошкового матеріалу. Порошок, який напилюється надходить у пальник зверху з бункера через отвір, розганяється потоком транспортуючого газу (суміш кисень — пальний газ) і на виході із сопла попадає в полум'я, де відбувається його нагрівання. Захоплені струменем гарячого газу частки порошку попадають на поверхню, яка напилюється. У порошкових пальниках, як і дротових, подача матеріалу, яка напилюється в полум'я і розгін розплавлених часток, що утворюються, може вироблятися за допомогою стиснутого повітря.

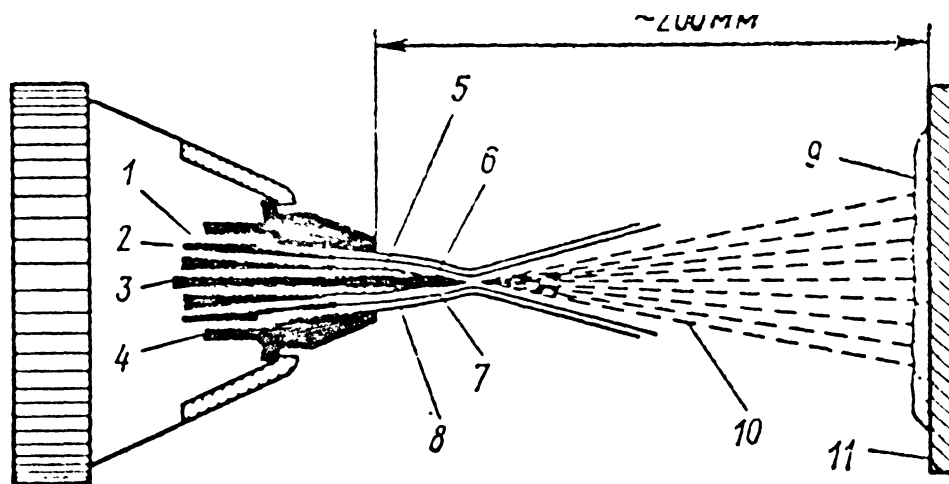


Рис. 1.2. Газополум'яне напилювання дротом

1 - стиснене повітря, 2 - ацетилено-киснева чи пропано-киснева пальна суміш, 3 - дріт, 4 - насадок, 5 - ядро ацетилено-кисневого полум'я, 6 - оплавляючийся кінець дроту, 7 - смолоскип полум'я, 8 - повітряний потік, 9 - покриття, 10 - потік часток напиленого матеріалу, 11 - основний матеріал.

У більшості випадків як пальний газ використовують ацетилен. Можна також застосовувати пропан, чи водень метілацетілен. Можна також застосовувати пропан, що попередньо піддають стабілізації. Для напилювання пластмас частіше застосовують пропан.

Температура полум'я газового пальника не перевищує 2850 °С, тому газопламенним напилюванням не можна одержувати покриття з найбільш тугоплавких матеріалів.

Технологія газополум'яного напилювання досить проста, а вартість устаткування і витрати на експлуатацію низькі. У зв'язку з цим цей спосіб є найбільш розповсюдженим.

До переваг газополум'яного напилювання покрить відносяться:

1) можливість одержання покрить з більшості матеріалів, що плавляться при температурі до 3000 °С без розкладання;

2) досить висока продуктивність процесу (до 8-10 кг/год порошків самофлюсуючихся сплавів) при високому коефіцієнті використання матеріалу (більш 95%);

3) відносно низький рівень шуму і світлових випромінювань, що дозволяє працювати оператору без додаткових засобів захисту;

4) легкість і простота обслуговування, невисокі вартість і мобільність устаткування, що дозволяє робити напилювання на місці, без демонтажу виробі.

Основними недоліками газополум'яного способу напилювання покрить з порошкових матеріалів є:

1) обмеження напилених матеріалів по температурі плавлення (не більш 3000 °С);

2) недостатня міцність зчеплення покрить з основою (5-25 МПа при іспиті на нормальний відрив);

3) висока пористість покрить (5-25%), що перешкоджає їхньому застосуванню в корозійних середовищах без додаткової обробки;

4) невисокий коефіцієнт використання енергії газополум'яного струменя на нагрівання порошкового матеріалу (2-12%).

### *Детонаційне напилювання*

Детонація — особливий вид поширення полум'я, що наближається до вибуху і за певних умов сягаючий швидкості, що перевищує швидкість звуку в даному середовищі. Якщо підпалити електричною іскрою пальну суміш газів (наприклад, ацетилен з киснем) у спеціально виготовленій трубці чи стовбурі (рис.1.3.), то фронт полум'я почне поширюватися уздовж стовбура зі зростаючою швидкістю доти, поки в газі не виникне детонаційна хвиля.

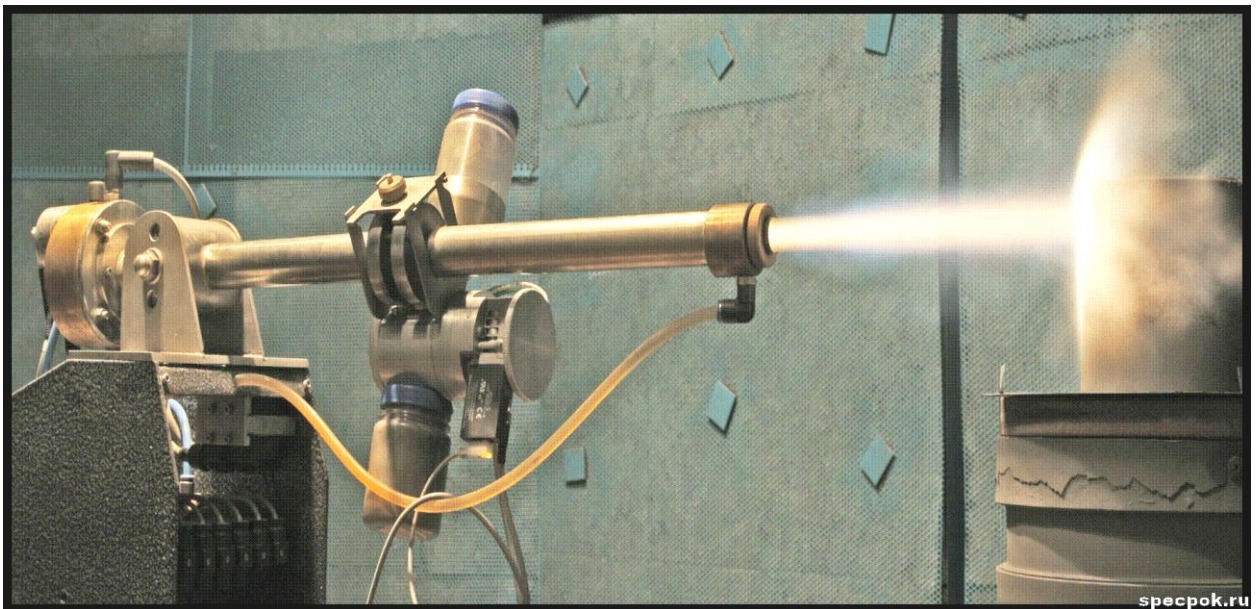


Рис. 1.3 Схема утворення детонаційних покриттів

У порівнянні з газополум'яним детонаційний метод напилювання покритть знаходить усе більше застосування в авіаційній промисловості і відповідно на ремонтних підприємствах.

Недоліки детонаційного метода напилювання:

1) високий рівень шуму (125 - 140 Дб) і інші шкідливі впливи вимагають ізоляції зони обробки;

2) визначені технологічні обмеження на одержання покриттів з матеріалів, що містять елементи, що активно взаємодіють з компонентами середовища;

3) технологічні обмеження на обробку нежорстких деталей, викликані високими імпульсними рухами при впливі струн продуктів детонації на підкладку;

4) обмеження по твердості напиленої поверхні (не повинна бути вище HRC 60).

Як робочі гази використовують азот по ГОСТ 9293-74, кисень по ГОСТ 6331-78, ацетилен по ГОСТ 5457-75, пропан-бутан по ГОСТ 20448-80.

Розміри і форма деталей при детонаційно-газовому нанесенні покриттів обмежені лише технологічними можливостями пристроїв для переміщення виробів (детонаційно-газової гармати) і розмірами звукоізовлюваного боксу (камери), у якому виробляється обробка. Внутрішні циліндричні поверхні діаметром більш 10 м і відкриті з обох кінців повинні мати довжину, що не перевищує 1,5 діаметра.

### ***Плазменне напилювання***

Плазмою називають газ, що містить більш 1 % молекул в іонізованому стані. При цьому кількість позитивних іонів повинна дорівнювати кількості електронів і негативно заряджених іонів. Плазма має високу електропровідність.

Якщо газ нагріти до температури 10 і більш тисяч градусів, то він перейде в стан плазми. Технологія плазмового напилювання набула широкого застосування в авіаційній промисловості й у ремонтному виробництві. Плазмове покриття з молібдену, вольфраму, окислів, тугоплавких з'єднань інтерметалів дозволили вирішити ряд найважливіших технічних задач, спрямованих на підвищення зносостійкості, жаростійкості й інших властивостей різних матеріалів.

Принцип напилювання показаний на рис. 1.4. Між катодом (з чистого чи вольфраму з додаванням 2% торія) і мідним водоохолоджуваним соплом, що служить анодом, виникає дуга, що нагріває робочий газ, що надходить у сопло пальника, що минає із сопла у виді плазменного струменя.

В даний час у промисловості для одержання плазми використовують два типи пальників: плазменно-дугові і плазменно-струминні. У плазменно-дуговому пальнику (рис. 1.5, а) електрична дуга горить між анодом, яким є оброблюваний чи матеріал експериментальний зразок, і катодом, виготовленим з чи вольфраму вольфрамового сплаву, що містить приблизно 2% торія. Дугу стабілізує закручений потік робочого газу, що минає із сопла пальника. У плазменно-струминному пальнику (рис. 1.5, б) дуга утвориться між вольфрамовим катодом і анодом, яким є мідною, охолоджуваною водою сопло. Дуга нагріває до високої температури робочий газ, подаваний із закрученням у камеру пальника, що впливає із сопла у виді плазменного струменя. Подача робочого газу з інтенсивним закрученням у камеру пальника робить стабілізуючу дію на процес горіння дуги і підвищує її температуру.

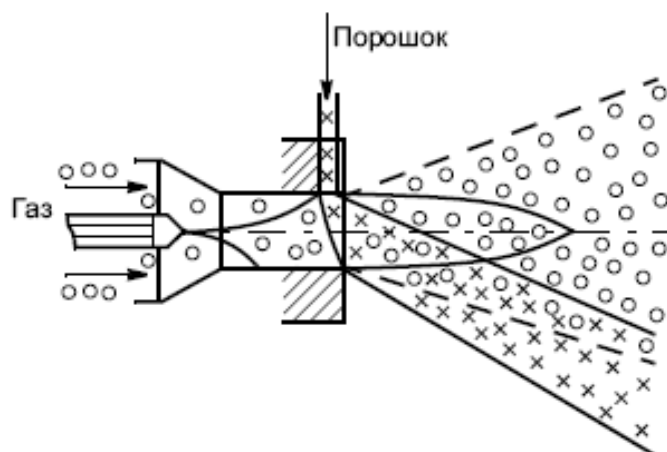


Рис. 1.4. Схема плазменного напилювання:

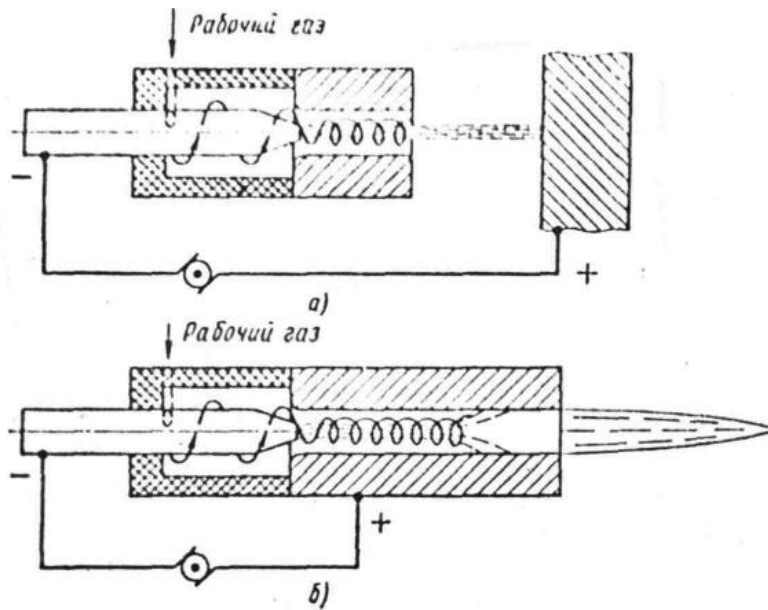


Рис. 1.5. Плазменно-дугова (а) і плазменно-струминна (б) пальника.

Плазменні пальники дозволяють легко одержати плазменну струмінь, середня температура якої на виході із сопла складає кілька тисяч градусів. Така температура є достатньою для розплавлювання будь-яких речовин, що існують у твердому виді. При напилюванні на поверхню деталі розплавлювання і термічна деформація основи небажані. Тому звичайно для напилювання застосовують плазменно-струминні пальники (плазменні розпилювачі).

Напилювання плазменним струменем має наступні особливості. Висока температура плазменного струменя дозволяє порівняно просто робити напилювання тугоплавких матеріалів. Температуру струменя можна змінювати в широкому діапазоні, підбираючи діаметр сопла і режими роботи розпилювача. Це дозволяє робити напилювання різних матеріалів (металів, кераміки, органічних матеріалів). Гак як у якості робочий газ використовується інертний газ, у напиленому покритті утвориться порівняно небагато окислів. У разі потреби напилювання можна робити в ємності, заповненої інертним газом.



На рис. 1.6. приведені результати вимірів розподілу температури в плазменній струменю, отриманій при силі струму 400 А та витраті аргону 10 л/хв.

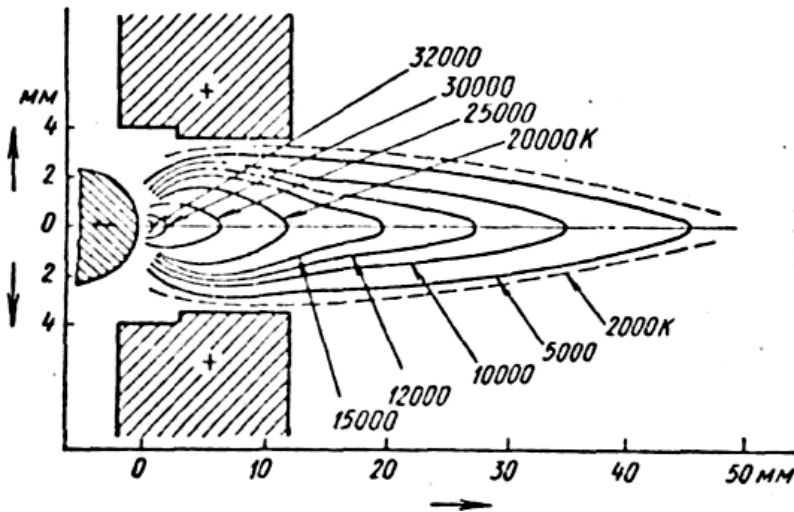


Рис 1.6 Розподіл температури в плазменній струменю.

У плазменному способі можна виділити двох груп його переваг.

До першої групи відносяться:

1) універсальність плазменного методу: ніяким іншим способом не можна нанести покриття з таких різних матеріалів, як метали, сплави, окисли, карбіди, нітриди, бориди, пластмаси і їхні різні комбінації. Великою різноманітністю відрізняються матеріали основи, на які можуть бути нанесені покриття: метали, кераміка, графіт, пластмаси і т.д.

2) легкість керування процесом одержання покриття енергетичні характеристики плазми можна змінювати в залежності від вимог технології в процесі одержання покриття.

3) можливість нанесення покриттів великі і малі поверхні, на виробі складної форми.

4) у процесі напилювання поверхня, що покривається, нагрівається до порівняно невеликих температур, що дозволяє зберегти особливості структури і властивості матеріалу основи.

До другої групи переваг відносяться наступні:

1) у плазменних пальниках використовуються, як правило, гази, що не містять кисню, що зменшує окислювання напиленого матеріалу і матеріалу основи.

2) плазменна струмінь має значно більш високу температуру. чим полум'я, що утвориться в результаті згоряння ацетилену.

3) плазменні покриття мають більш високу щільність і краще зчеплення з основою.

Властивості напиляних покриттів залежать не тільки від способу підготовка поверхні, типу напиляемого матеріалу, ступеня дисперсності його часток, але і багатьох інших факторів і особливо від режимів напилювання.

У першому наближенні основні параметри процесу напилювання можуть, бути встановлені згідно даними таблиці 2.

Таблиця № 2.

**Режими плазмового напилювання порошковими матеріалами**

Параметри напилювання	Значення параметрів для часток розміром, мкм		
	10-50	50-100	100-160
Тік дуги, А	200-250	300	350
Напруга, У	75-80	75-80	75-80
Витрати плазмообразуючого газу, г/хв	30-35	35-60	55-60
Витрата транспортуючого порошку газу, м/хв	4-6	6-8	6-8
Витрата порошку, г/хв	50-60	100-150	100-150
Відстань від деталі до анода	60-80	100-300	100-200
Температура прогріву деталі	100-150	100-150	100-150

### *Дугова металізація*

Принципова схема дугової металізації показана на рис. 1.7. Через два канали в пальнику безупинно подають два дроти (діаметром 1,5 - 3,2 мм), між кінцями яких збуджується дуга і проходить розплавлювання дроту. Розплавлений метал підхоплюється струменем стиснутого повітря, що минає з центрального сопла електрометалізатору, і в дрібно-розплавленим виді переноситься на поверхню основного матеріалу. Розпилення і транспортування металу, що розплавляється, здійснюються звичайно стиснутим повітрям, хоча при напилюванні корозійностійкого сталю з алюмінієвими сплавами використовують азот. При дуговому напилюванні на постійному струмі процес протікає стабільно, забезпечуючи одержання шаруючи покриття здрібнозернистою структурою при високій продуктивності процесу.

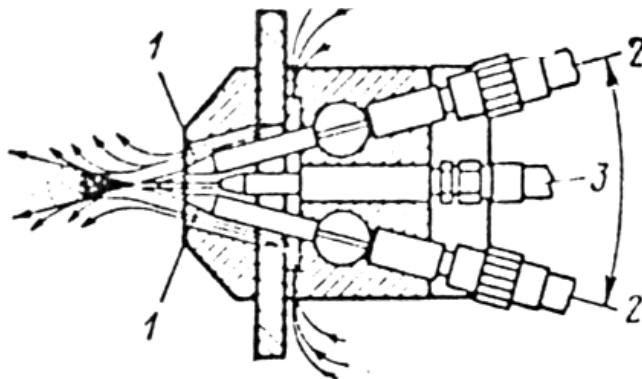


Рис. 1.7. Схема дугового напилювання:

1- насадок; 2 - місце введення напилюемого матеріалу (дроту); 3- місце подачі стиснутого повітря.

Тому в даний час для дугового напилювання застосовують джерела постійного електричного струму зі стабілізатором напруги джерела зі злегка зростаючою характеристикою.

Дугова металізація має наступні переваги.

Застосування могутніх електрометалізаційних установок дозволяє значно підвищити продуктивність процесу і скоротити витрати часу. У

порівнянні з газопламенним напилюванням електрометалізація дозволяє одержувати більш міцні покриття, що краще з'єднуються з основою. При використанні як електроди дроту з двох різних металів можна одержати покриття з їхнього сплаву. Такого роду сплави називають псевдосплавами. Експлуатаційні витрати при електрометалізації невеликі.

До числа недоліків дугового напилювання відноситься:

- небезпека перегріву й окислювання напиленого матеріалу при малих швидкостях подачі дроту, що розпоршується.
- велика кількість теплоти, що виділяється при горінні дуги, приводить до значного вигорання легуючих елементів, що входять у напилюваний сплав (наприклад, зміст вуглецю в матеріалі покриття знижується на 40-60%, а кремнію і марганцю на 10-15%).

### **1.5. Метод нанесення електролітичних покриттів**

Електролітичні покриття мають досить високі, технологічно регульовані фізико-механічні властивості і дозволяють відновлювати деталі з невеликими зносами без структурних змін основного металу, що дуже суттєво для термічно оброблених поверхонь. Гальванічне нарощування дозволяє ітонко регулювати величину припуску на наступну обробку і в окремих випадках застосовувати розмірне покриття. Корозійна Стійкість деяких видів покриттів створює добрий антикорозійний захист деталей, а гарний зовнішній вигляд - декоративність. Багато операцій електролітичного покриття може здійснюватись одночасно для великих партій деталей.

Електролізом називають хімічні процеси, які відбуваються на електродах під час проходженню електричного струму через електроліти (рис. 1.8.). Електроліти - кислоти, луги і солі, розчинені у воді, які дисоціюють, розпадаючись при цьому на позитивні і негативні іони.

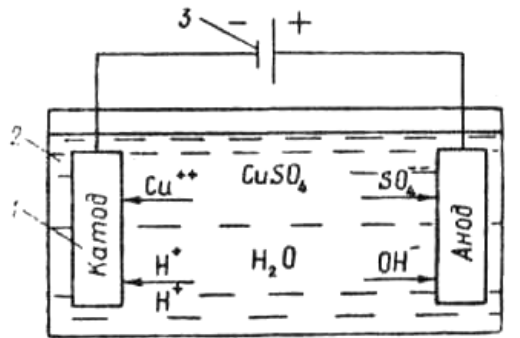


Рис. 1.8. Метод нанесення гальванічних покриттів

1 — деталь; 2 — електроліт; 3 — джерело струму

При дисоціації іони металів і водню одержують позитивний заряд (катіони) і, переміщуючись у процесі електролізу до поверхні катоду (електрод, з'єднаний з негативним полюсом джерела струму), поповнюються електронами, тобто відновлюються (електровідновлення) і перетворюються у нейтральні атоми. Аналогічно іони кислотних залишків гідроксилів, маючи негативний заряд (аніони), переміщуються до поверхні аноду (електрод, з'єднаний з позитивним джерелом струму), розряджаються, віддаючи надлишкові електрони, тобто окислюються (електроокислення) і перетворюються у нейтральні атоми.

Під час електролізу основним процесом на катоді є виділення металу із супутнім виділенням водню, а на аноді - кисню. Катодом є виріб, який покривають, і а анодом - металічні пластини, стержні або інші металічні конструктивні форми. Електроліз металів може здійснюватись із розчинними (наприклад, при залізненні) або нерозчинними (при хромуванні) електродами. У першому випадку основним процесом для них буде розчинення металу, який підлягає осадженню на деталі, тобто перехід атомів металу в розчин у вигляді катіонів, а супутнім - виділення кисню. Утворені катіони підтримують постійну концентрацію електроліту. При електролізі з нерозчинними анодами поповнення електроліту іонами металу відбувається шляхом додавання в електроліт речовини, яка містить цей метал.

Слід мати на увазі, що властивості електроосаджених металів відрізняються від властивостей тих же металів, одержаних металургійним шляхом. Це пояснюється тим, що метал виділяється на катоді в особливих умовах кристалізації (електрокристалізації) з утворенням різних структур (крупно- і дрібнокристалічна, шарувата тощо) і з певною орієнтацією кристалів - текстурою. Ці фактори надають електролітичним покриттям особливих фізико-механічних властивостей. Наприклад, електролітичне залізо за своїми властивостями за певних режимів осадження не поступається загартованій сталі, тобто значно відрізняється від властивостей чистого заліза.

Хромування надає деталям стійкості проти зношування, корозії, а також гарний зовнішній вигляд. Поряд з цим процес хромування малопродуктивний і має високу собівартість.

Пористе хромування. Електролітичні гладенькі осадження хрому характеризуються незадовільними змочуваністю маслами і припрацюванням, що обмежує їх застосування у ремонтному виробництві.

Для підвищення стійкості в умовах граничного тертя використовують осадження пористого хрому, які можна одержати електролітичним, хімічним і механічним способами.

Міднення застосовують для відновлення зовнішнього діаметра бронзових втулок і утворення підшару під час нікелювання тощо.

Нікелювання як основне покриття інколи застосовують для захисту деталей від корозії і з декоративною метою, а частіше - як підшар при декоративному хромуванні.

Хімічне нікелювання виконується без застосування електричного струму. Воно призначене для одержання твердих і стійких проти зношування покриттів. Основна перевага хімічного нікелювання - можливість нанесення рівномірно по товщині осаду на поверхні виробів складного профілю.

Основним недоліком, який перешкоджає широкому впровадженню хімічного нікелювання у виробництво, є зміна складу розчину за часом у процесі нікелювання, що призводить до зниження інтенсивності осадження нікелю але до повного припинення процесу. Добру якість осадження можна одержати тільки у свіжопри-готовленому розчині.

## **1.6. Висновки**

1. У сучасному машинобудуванні та авіабудуванні на сьогоднішній день всюди використовуються захисні покриття, без яких вже неможливо уявити собі сучасну техніку. Покриття мають безліч переваг, які дозволяють істотно збільшити експлуатаційні характеристики сучасної авіаційної техніки.

2. Найбільш вживані на сьогоднішній день покриття являються газотермічні. Ці покриття володіють великим рядом переваг в порівнянні з іншими методами нанесення покриттів.

3. Для підвищення якості нанесення так і якості самих газотермічних покриттів. Будівництво не обходимо обов'язково крім сертифікації підприємства яке здійснює нанесення покриттів сертифікувати та обладнання яке завдає захисні покриття. Ці дії є первостіпєнними для здійснення процесу сертифікації процесів нанесення захисних покриттів.

## РОЗІЛ 2 СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТТЮ

### 2.1. Загальні поняття «системи управління якістю»

*Система якості* – це перш за все організаційна система, тобто система якості, яка встановлює певну організацію процесів роботи. Підкреслимо, організація – це відносини між людьми, що включають обмін інформацією, повноваження, обов’язки, взаємодії, правила, процедури та інше.

У відповідності зі стандартом ISO 9000, система управління якістю (СУЯ) - це управлінська система, заснована на структурованому наборі елементів, які реалізують всі функції діяльності по досягненню якості.

Система менеджменту якості – має дуже просту ієрархічну структуру, у ній лише три поверхи: генеральний директор, відповідальний за якість та аудитори. На рис.2.1 зображена ця система.

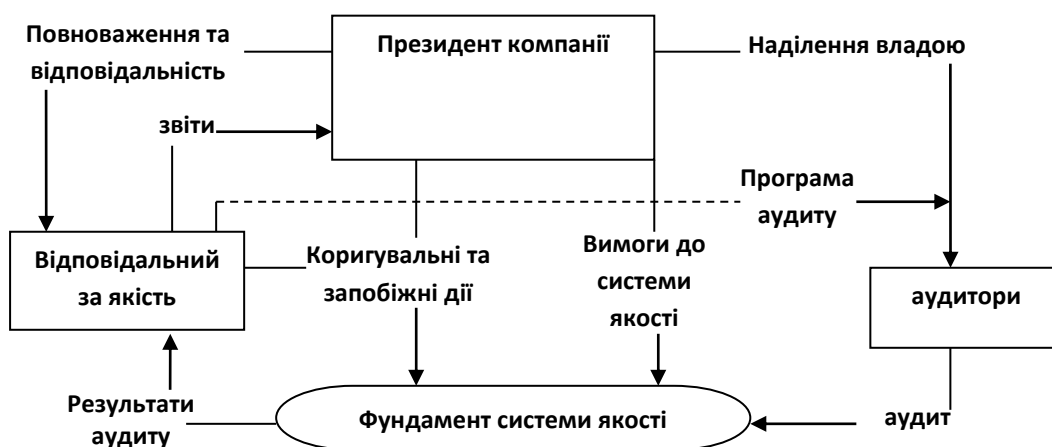


Рис.2.1. Схема менеджменту якості

Генеральний директор працює над удосконаленням системи на основі звітів з ефективності системи. Ці звіти готує відповідальний за якість на основі результатів перевірки, отриманих аудиторам.

Основними елементами ефективної СУЯ є:



- сформульована мета діяльності
- наявність ресурсів
- сформульований алгоритм досягнення мети, що дозволяє

перетворити ресурси в те, що є метою СУЯ

- Інформаційне забезпечення

Основний принцип роботи систем управління якістю у відповідності зі стандартом ISO 9001 - безперервне вдосконалення.

Персонал підприємства повинен постійно аналізувати процеси, що протікають на підприємстві, фіксувати недоліки, вносити зміни в діючі процедури й політику компанії в області якості - з однією метою - підвищити ступінь задоволеності споживача й інших зацікавлених сторін. Рішення цього завдання забезпечується ефективно діючою інформаційною системою.

В умовах сучасного ринку впровадження системи управління якістю на відповідність міжнародним стандартам серії сертифікатів ISO 9000 є одним зі способів залучення споживача й вагомим доказом заможності й конкурентоздатності.

Що дає підприємству система управління якістю:

*Внутрішні вигоди підприємства:*

- удосконалення існуючої системи керування
- побудова «прозорого» бізнесу;
- підвищення якості продукції й послуг;
- зниження внутривиробничих витрат і витрат;
- підвищення відповідальності, дисциплінованості й лояльності персоналу за рахунок чіткого розподілу відповідальності;
- систематизація документообігу та ін.

*Зовнішні переваги:*

- підвищення конкурентоздатності підприємства;
- підвищення інвестиційної привабливості підприємства;

- одержання переваги перед конкурентами при участі в тендерних торгах;
- підвищення вартості підприємства;
- можливість участі підприємства в спільних проектах з іноземними партнерами;
- просування товарів і послуг на експортні ринки;
- підвищення іміджу підприємства.

Період менеджменту якості починається з середини 60-х років.

Створюється система загального управління якістю TQM на так званих циклах Демінга, що складаються з чотирьох етапів: планування, виробництво, контроль, удосконалення управління. Об'єктом системи менеджменту є цілий життєвий цикл виробу. Необхідність такої системи пов'язана з розвитком світового ринку товарів і послуг, різким загостренням конкуренції на цьому ринку і політикою державного захисту інтересів споживачів.

TQM - це керування цілями і самими вимогами. У TQM включається також і забезпечення якості, що трактується як система мір, що забезпечує впевненість у споживача. Це ілюструє Рис. 2.2.

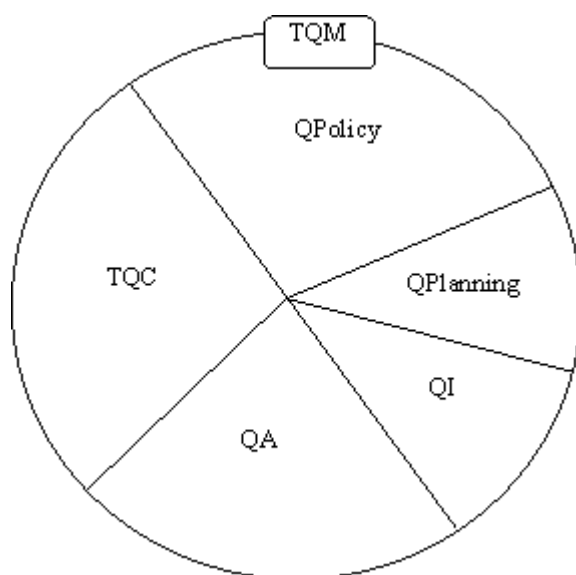


Рис.2.2 Основні складові TQM

TQM – загальний менеджмент якості;

TQC - Загальне управління якістю;

QA - Забезпечення якості;

QPolicy - Політика якості;

QPlanning - Планування якості;

QI - Поліпшення якості.

Система TQM є комплексною системою, орієнтованою на постійне поліпшення якості, мінімізацію виробничих витрат і постачання точно в термін. Основна філософія TQM базується на принципі - поліпшенню немає межі. У системі TQM використовуються адекватні цілям методи керування якістю. Однією з ключових особливостей системи є використання колективних форм і методів пошуку, аналізу і вирішення проблем, постійна участь у поліпшенні якості всього колективу.

Мотивація досягає стану, коли люди настільки захоплені роботою, що відмовляються від частини відпустки, затримуються на роботі, продовжують працювати. З'явився новий тип працівників - трудоголіки.

Навчання стає тотальним і безупинним, що супроводжує працівників протягом усієї їхньої трудової діяльності. Істотно змінюються форми навчання, стаючи усе більш активними. Так, використовуються ділові ігри, спеціальні форуми, комп'ютерні методи і т.п.

Навчання перетворюється і у частину мотивації. Тому що добре навчена людина впевненіше відчуває себе в колективі, здатний на роль лідера, має переваги в кар'єрі. Розробляються і використовуються спеціальні прийоми розвитку творчих здібностей працівників.

*Головна цільова настанова систем якості, побудованих на основі стандартів ISO серії 9000, - забезпечення якості продукції, необхідного замовникам, і надання йому доказів у здатності підприємства зробити це. Відповідно механізм системи, застосовувані методи і засоби орієнтовані на цю мету. Разом з тим у стандартах ISO серії 9000 цільова настанова на*

економічну ефективність виражена дуже слабо, а на своєчасність постачань - просто відсутня.

Але незважаючи на те, що система не вирішує всіх задач, необхідних для забезпечення конкурентоздатності, популярність системи швидко росте, і сьогодні вона займає міцне місце в ринковому механізмі. Зовнішньою ж ознакою того, чи є на авіатранспортному підприємстві система якості по стандартах ISO серії 9000, - це сертифікат на систему.

У результаті в багатьох випадках наявність у авіатранспортного підприємства сертифіката на систему якості стало однією з основних умов його допуску до тендерів по участі в різних проектах.

Для успішної роботи авіакомпаній на сучасному ринку наявність у них системи якості, що відповідає стандартам ISO серії 9000, і сертифіката на неї може бути не зовсім достатньою, але необхідною умовою. Тому й в Україні вже є багато авіакомпаній, що впровадили стандарти ISO серії 9000 і сертифікати на свої системи якості.

Розвиток якості в Україні, у відмінності від інших країн, розпочався порівняно недавно. Це дозволило врахувати досвід інших держав, що досягли значних успіхів на цьому шляху.

## **2.2. Економічна суть поняття якості**

Якість є важливим інструментом у боротьбі за ринки збуту. Саме якість забезпечує конкурентоздатність товару. При цьому конкурентоздатність визначається сукупністю якісних і вартісних особливостей товару, що можуть задовольняти потреби споживача, а також витратами на придбання і споживання відповідного товару.

Якщо не приділяти серйозну увагу якості, будуть потрібні значні засоби на виправлення дефектів та впровадження коригувальних дій.

Дослідження, проведені в ряді країн, показали, що в компаніях, що мало приділяють уваги якості, до 60% відсотків часу може йти на виправлення браку.

Демінг сформулював філософські підходи до управління якістю, що стали відомі, як «14 принципів менеджменту»:

1. Встановити постійною метою поліпшення якості продукції і послуг.
2. Прийняти нову філософію і стиль управління, що усувають тривалий економічний спад
3. Усунути постійний контроль і залежність персоналу від інспекцій.
4. Припинити практику вибору постачальників на основі пропонованих низьких цін
5. Проводити постійне і безупинне удосконалення системи менеджменту
6. Проводити навчання на робочому місці
7. Заснувати інститут лідерства
8. Усунути страх співробітників за допущені невідповідності
9. Усунути бар'єри між функціональними підрозділами, прийнявши принцип роботи єдиною командою
10. Уникати порожніх закликів, що не підкріплені системою менеджменту
11. Виключити нормування а роботі
12. Виховувати почуття гордості за приналежність до компанії
13. Заохочувати навчання і самовдосконалення співробітників
14. Залучати кожного співробітника в роботу з вдосконалення.

Ці постулати Демінг висунув у Японії, що завдяки їх втіленню в життя досягла значних результатів. Деякі керівники вважали, що підвищення вимог до якості приведе до зниження продуктивності і підвищенню витрат.

Спочатку це дійсно може мати місце. Хоча не зайвим буде питання, а чи потрібна висока продуктивність для випуску низькоякісної продукції? Адже якість, як стратегія – це спосіб підвищення продуктивності і зменшення витрат виробництва. Демінг пояснив цю аксіому японським фахівцям за допомогою наступного рисунку:

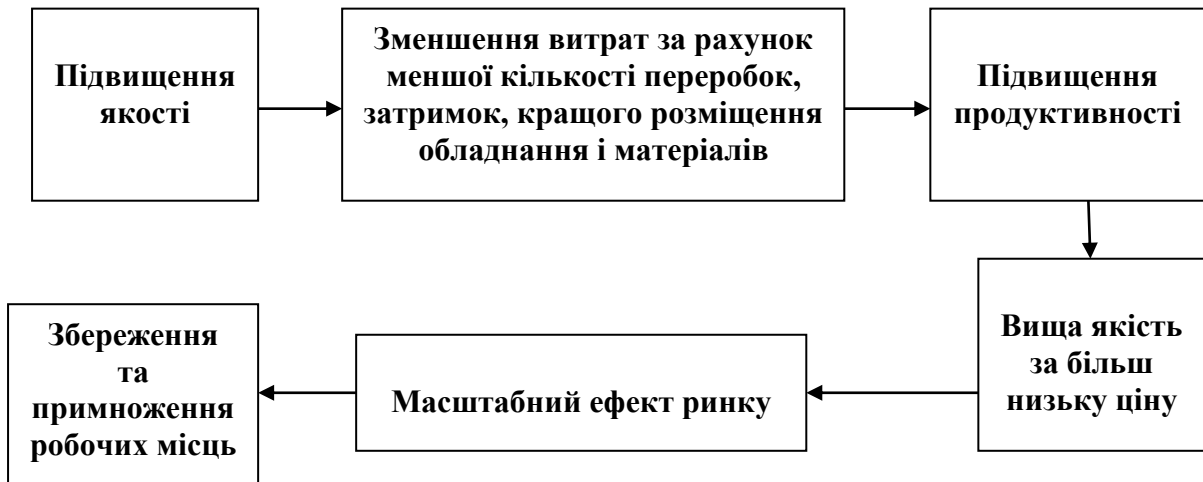


Рис. 2.3. Ланцюгова реакція Демінга

Успіх фірми залежить від того, на скільки задоволені споживачі.

Як можна побачити рисунку 3, поліпшуючи якість, змінюється і розвивається бізнес. Це досягається завдяки виконанню концепції управління організацією, що працює в умовах системи менеджменту якості, і впливає на процеси, а не на результати, яку запропонував Джозеф Джуан. В управлінні процесами він виділив три фази:

- Планування якості
- Контроль якості
- Поліпшення якості

Сформульована стратегія управління представляє по суті філософію безупинного вдосконалювання, що включає два підходи:

1. Поліпшення, досягнуте за рахунок нововведень (нові продукція, технологія, методи організації виробництва)

2. Постійне поліпшення за рахунок використання невикористаних резервів, потенційні здібності та досвід персоналу.

### 2.3. Управління якістю в організаціях

У менеджменті, орієнтованому на процес, всі процеси підприємства інтегровані, тобто взаємозалежні певним чином. При цьому в центрі уваги знаходиться точна послідовність, яка при кожному поліпшенні чи оновленні продукції має наступний вигляд життєвого циклу (рис. 2):

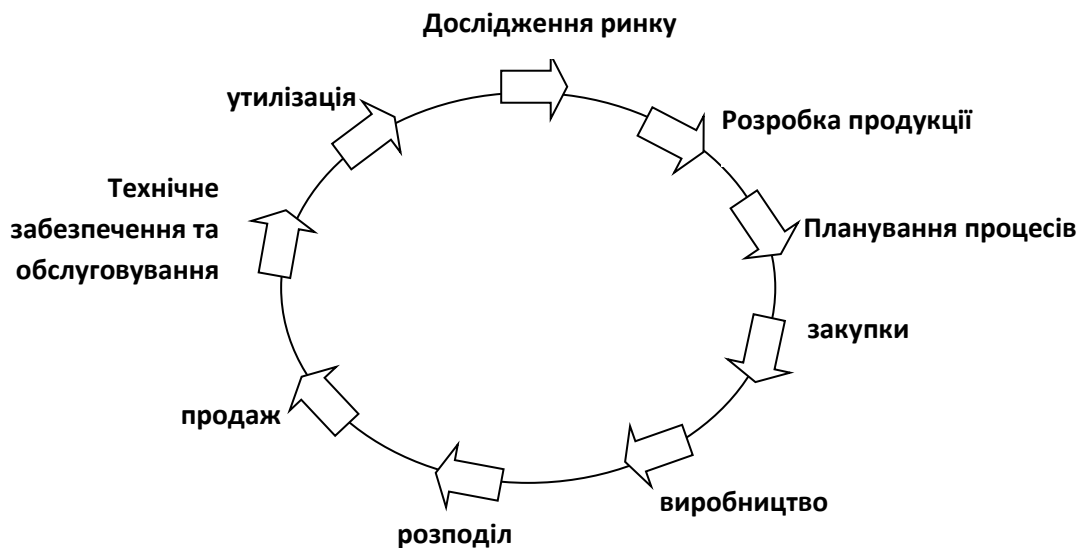


Рис. 2.4. Петля якості

На оперативному рівні управління якістю існують чотири види задач:

- Планування, рішення, розробка → планування якості (P)
- Закупівлі, виробництво, збут → керування якістю (D)
- Забезпечення → забезпечення якості (З)
- Поліпшення → постійне вдосконалення(A)

*Планування якості переслідує дві мети:*

1. З одного боку потрібно конкретизувати ринкові вимоги щодо якості. Для цього потрібно визначити єдині цілі з урахуванням вимог – «Зовнішнє планування якості»

2. З іншого боку, вимоги щодо якості потрібно конкретизувати для реалізації, приймаючи до уваги всі складові виробничого процесу – «внутрішнє планування якості»

Цілі планування якості:

Планування якості є задачею, у рішенні якої вносять вклад окремі підрозділи підприємства. Воно супроводжує розробку продукту на різних етапах петлі якості, починаючи з появи ідеї розробки.

Виділяють чотири основні цілі планування якості, а саме:

*1. Точність «влучення» або «відповідності».*

Якщо якість продукції чи послуги практично повною мірою збігаються з очікуваннями замовника, то він залишається цілком задоволеним. Якщо ціна і терміни постачання задовільні, то вони збережуть ділові контакти з постачальником.

*2. Відмінність.*

Оскільки споживач завжди порівнює пропозиції конкурентів, якість можна розглядати не як абсолютну, а як відносну категорію. Тому при плануванні якості постачальнику важливо проводити порівняння з потенційними конкурентами, тобто визначити ціну, терміни постачання і показники якості продукції.

*3. Надійність.*

Під надійністю розуміють здатність продукції стійко переносити негативні впливи, що виникають.

*4. Відсутність дефектів.*

***Керування якістю***

*Цілі керування якістю:*

1. Дотримання обов'язкових норм чи стандартів. Критерієм досягнення є відповідність стандартам продукції, що поставляються і послуг, що надаються.



2.Досягнення якості процесів. Критерієм досягнення є запобігання виникнення невідповідностей, браку, доробок, повтору операцій.

*Задачі керування якістю:*

1.Визначення структури основних процесів, що забезпечують випуск конкурентоспроможної продукції.

2.Виявлення в процесів чотирьох етапів керування якістю, що забезпечують відповідність продукції та послуг очікуванням замовника.

3.Визначення кількісних показників якості продукції та послуг.

4.Встановлення відповідальних осіб за проведення моніторингу, збір та обробку даних.

5.Використання отриманих даних у замкнутому контурі управління з наявністю зворотнього зв'язку

***Контроль якості.***

Контроль якості необхідний повсюдно при плануванні якості, при керуванні якістю, а також при експлуатації поставленої продукції. Контроль здійснюється за допомогою: визначення цифрових значень,опитувань персоналу,проведення випробувань, спостереження за діяльністю персоналу на робочих місцях.

Існують такі методи контролю якості: плани вибіркової перевірки, карти регулювання якості, статистичне управління процесом.

Контроль якості проводиться в три етапи: 1. Планування контролю, 2.проведення контролю, 3.аналіз даних контролю.

***Забезпечення якості***

*Цілі забезпечення якості:*

1.В зовнішньому середовищі стосовно споживачів і суспільства: забезпечення випуску бездефектної продукції. Тим самим виробник починає завойовувати довіру замовників і споживачів.

2.У внутрішній області: встановлення невідповідностей, усунення дефектів і їх наслідків. Тим самим власники, керівництво і персонал підвищують довіру до якості праці в середині організації.

### ***Постійне вдосконалення.***

Це четверта складова оперативного управління якістю – безупинне вдосконалення. Мова йде про постійне поліпшення роботи, процесів і підвищення потенціалу підприємства.

### ***Цілі вдосконалення:***

Найважливішим інструментом вдосконалення є проекти з поліпшення. У проектах визначаються дві різні цілі:

- 1.Підвищення результативності
- 2.Забезпечення випуску бездефектної продукції.

Споживачі і глобальна конкуренція змінюють стиль ведення бізнесу в усьому світі. У тому числі змінюється практика ведення малого та середнього бізнесу. Якість є рушійною силою цих змін, тому що тільки якісна продукція і послуги можуть забезпечити лояльність споживачів.

Однак якість не може виникнути сама по собі: тільки цілеспрямована робота, проведена в організованій формі, є основою для впровадження цілісної програми створення системи управління якістю малих і середніх організацій.

## **2.4. Принципи управління якістю**

В основу стандартів ISO серії 9000:2000 покладено наступні вісім принципів, що сприяють досягненню цілей у сфері якості:

### **1. Орієнтація на замовника**

- аналізування ринку, результати якого визначають механізм виробництва
- розуміння існуючих потреб замовника
- розуміння майбутніх потреб замовник

- задоволення вимог замовника
- прагнення перевищити очікування замовника

## **2. лідерство**

- єдність мети і напрямку розвитку організації
- Встановлення відповідного внутрішнього середовища в організації
- Розвиток корпоративної культури
- Забезпечення балансу між відповідальністю і повноваженнями персоналу.

## **3. Залучення персоналу**

- Повне розкриття і розвиток здібностей співробітників
- Використання здібностей з максимальною користю для досягнення встановлених цілей
- Систематична можливість участі співробітників у виробленні і реалізації управлінських рішень
- Принцип відмовлення від ідеї покарання з метою мотивації до творчої праці

## **4. Процесний підхід**

- Усі види діяльності описуються у вигляді взаємозалежних процесів
- Визначення ключових процесів
- Управління ресурсами як результативним процесом
- Більш ефективне досягнення бажаних результатів
- Можливість використання інформаційних технологій для своєчасного прийняття управлінських рішень

## **5. Системний підхід до управління**

- Координація всіх аспектів діяльності, постійного планування і доведення планів до робочих місць

- Управління взаємозалежними процесами системи для результативного й ефективного досягнення цілей

- Оцінка результатів не тільки за фінансовими показниками, але і не фінансовими: індекси задоволеності, показники ефективності ключових процесів, показники потенціалу росту фірми, кваліфікація персоналу

#### **6. Постійне поліпшення**

- Удосконалення як постійна мета у всіх сферах діяльності організації

- Прояв ланцюгової реакції Демінга за рахунок зниження втрат

- Навчання персоналу як визначальний фактор безупинного вдосконалення

#### **7. Прийняття рішень на підставі фактів**

- Проведення вимірів для одержання даних про процеси

- Аналізування даних і обробка інформації з погляду логіки

- Накопичення інформації, що поступово переходить у знання персоналу

- Забезпечення комунікації всередині організації

#### **8. Взаємовигідні відносини з постачальником**

- Створення цінностей через взаємовигідні і взаємозалежні відносини з партнерами

- Управління ланцюжками доданих цінностей для споживачів

- Встановлення довгострокових постійних відносин

### **2.5. Особливості сертифікації процесів нанесення покриттів**

Процесом називають сукупність послідовних дій, призначених для досягнення якого-небудь результату. Виробничий процес лежить в основі будь-якої промислової діяльності, значить - в основі отримання готової продукції. Існують різні підходи до класифікації виробничих процесів.

Відповідно з роллю, яка відводиться тому чи іншому процесу при виготовленні товарів вони поділяються на такі види:

- основні, які безпосередньо виробляють продукцію підприємства;
- допоміжні (підтримуючі), які забезпечують безперебійну і нормальну роботу основних (технологічних) процесів. Наприклад, виробництво запасних частин, комплектуючих, вироблення енергії, виготовлення додаткових інструментів;
- обслуговуючі процеси сприяють взаємозв'язку і взаємодії між допоміжними та основними процесами. Це - складські, транспортні, контрольні, логістичні, комплектувальні вантажно-розвантажувальні процедури;
- управлінські призначені для регулювання сумісності технічних процесів, для координування всієї роботи підприємства, визначення економічної ефективності та доцільності кожного процесу окремо і діяльності підприємства в цілому.

Положення «Про технічне регулювання» не вказує на обов'язковість проведення сертифікації процесів, пов'язаних з виробництвом товарів або виконання робіт, наданням послуг. Сертифікація будь-яких видів процесів є добровільною і може бути проведена в системі сертифікації, яка проводить оцінку відповідного реєстру (процесу) в необхідної галузі.

Найчастіше процедура підтвердження виконання вимог нормативів, державних стандартів, стандартів підприємств або інших встановлюють документів вимагає наявності в органу сертифікації експертів, що мають великі й глибокі знання в конкретній сфері виробничої діяльності.

Сертифікація процесів, як і будь-якого іншого об'єкту підтвердження відповідності, проводиться після подачі здобувачем заяви в акредитований сертифікаційний орган. До заяви додаються всі необхідні документи: технічна документація, технологічні регламенти та інструкції.

Процедури сертифікації виробництва, сертифікації процесів здійснюються за правилами, визначеними Держстандартом. Вони передбачають складання методики оцінки відповідності виробництва для кожного підприємства. При сертифікації процесів виробництва оцінюються чотири блоки об'єктів підтвердження відповідності:

- готова продукція;
- технологічна система;
- технічне обслуговування та ремонт;
- система технічного контролю та випробувань.

Як свідчить практика, процес підготовки до сертифікації виробництва (в особливій мірі основних процесів), має позитивний вплив на діяльність підприємства:

- чітко встановлюються ланки технологічного процесу, які володіють високим ступенем безпосереднього впливу на характеристики готової продукції, що підлягають обов'язковій оцінці відповідності;
- значно посилюється зв'язок із споживачами;
- суттєво підвищується технологічна дисципліна;
- розробляються якісні та кількісні критерії стабільності виробництва.

Сертифікація процесів, що виконують роль обслуговуючих, (деяких різновидів) в даний час оцінюється на основі державних стандартів, гармонізованих з європейськими вимогами. Найбільшого поширення набули створення та сертифікація наступних систем промислових підприємств, фірм, компаній різних сфер діяльності:

- система менеджменту якості (СМЯ) підприємства (або обслуговуючий процес контролю якості готової продукції та напівфабрикатів);
- система екологічного менеджменту (СЕМ) виробництва (або обслуговуючий процес контролю безпеки виробництва та впливу шкідливих факторів на екологічне середовище);

- системи менеджменту охорони здоров'я та забезпечення безпеки праці (ОЗіОБТ) на підприємстві.

## **2.6. Висновки**

1. Система якості на підприємстві є однією з найбільш важливою що дозволяє одержувати продукцію на високому конкурентному рівні а також дозволяє повністю задовільнити заказчика та стимулювати його заказувати продукцію саме в цьому підприємстві а не в іншому.

2. Сертифікація підприємства, обладнання та процесів підприємства є гарантом отримання якісної продукції що актуальне при сьогоднішніх ринкових відносинах.

3. Сертифікація процесів наплення захистних покриттів при виробництві складається з комплексного показника де оцінюються чотири блоки об'єктів підтвердження відповідності якості: готова продукція, технологічна система, технічне обслуговування та ремонт, система технічного контролю та випробувань.

4. Отримання підприємствами, що наносять захистні покриття, міжнародних сертифікатів дозволяє вивести вітчизняні підприємства на міжнародний рівень та признання нашої наукової продукції у світі.

## **РОЗДІЛ 3. ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ**

### **3.1. Класифікація об'єктів напилення покриттів по класах і групам**

Ознаками для класифікації деталей є: конфігурація, розміри, матеріал деталей, необхідні точність і якість обробки поверхонь. Деталі розділяються на класи, підкласи, групи і типи за принципом спільності технологічних задач, що виникають при їхньому виготовленні. Класифікація А.П. Соколовського передбачала поділ усіх деталей машинобудування на 15 класів (вали, втулки, диски, важелі, плити, і т.д.). Усі машинобудівні деталі поділяються на два класи. До першого класу відносяться всі деталі типу тіл обертання (вали, диски, циліндри), до другого – деталі не тіла обертання (важелі, корпусні деталі й ін.). Кінцевою метою класифікації є поділ деталей на типи. Під типом мається на увазі така сукупність близьких за формою і розмірами деталей одного класу, які можна обробляти по загальному – типовому – технологічному процесу. У межах типу допускаються деякі відхилення в плані обробки. Можливе чи виключення додавання деяких переходів і навіть операцій.

Типовий технологічний процес розробляється для виготовлення в конкретних виробничих умовах типового представника сукупності деталей, що володіють загальними конструктивно-технологічними ознаками. Представником типу буде деталь, обробка якої вимагає найбільшої кількості операцій.

Документація типових технологічних процесів містить класифікатор деталей і типові процеси обробки, зафіксовані у виді маршрутних і операційних карт. На кальках операційних карт розміри на проставляються, а після виготовлення синьок туди заносяться операційні розміри, допуски і т.д.



Типізація технологічних процесів передбачає також використання загальних для всіх деталей типу пристосувань. По конструкції такі пристосування є переналагоджуваними і мають регульовані чи змінні настановні і направляючі елементи.

Відбір номенклатури деталей, що придатні для відновлення, та вибір найбільш раціонального методу відновлення проводиться на основі аналізу сукупності технічних, конструктивно-технологічних і техніко-економічних умов, що визначають можливість та доцільність їх відновлення. Першочерговою задачею у вирішенні цього питання є оцінка ремонтпридатності деталі. Відрізняють граничний стан першого і другого видів. При досягненні граничного стану першого виду деталь може бути відновлений; при досягненні граничного стану другого виду відновлення деталі неможливо. Наприклад, відновлення технічно неможливо при неприпустимій втраті міцності у результаті незворотних явищ втомленості, старіння, міжкристалевій корозії.

Аналіз критеріїв граничного стану є першим етапом виконання досліджень по оцінці ремонтпридатності. Для деталей вузлів тертя критерієм граничного стану є граничний знос (чи граничний розмір деталі) і максимально припустимий зазор у сполученні.

Граничні зноси (чи розміри деталей) за допомогою технічних ознак визначають розрахунковим чи дослідним шляхом з урахуванням характеру та величини діючих на деталь навантажень, дозволеного зниження міцності, зміни умов тертя, теплової напруженості і властивостей поверхонь тертя.

Подальша оцінка ремонтпридатності проводиться сумісно з аналізом наявних методів відновлення. Відновлення справного чи працездатного станів зношених деталей може бути здійснено двома засобами:

- наданням деталі нових ремонтних розмірів;

- відновленням деталей до початкових розмірів.

У першому випадку відновлення ведеться методами механічної обробки, при яких видаляється шар металу, що визначає викривлення форми і вміщує порушення у вигляді задирів, корозії та інших дефектів.

Ремонтопридатність деталей, обробкою під ремонтні розміри, обмежується доступністю дефектної поверхні для механічної, обробки, рівнем допустимого зниження міцності, збереженням зміцненого поверхневого шару (цементованого, азатованого, тощо), можливістю збільшення розміру сполученої деталі. Виходячи з останніх трьох умов призначається граничний ремонтний розмір деталі, до якого можливо її відновлювати. Для відновлення початкових розмірів деталей найбільш широке розповсюдження набули методи нарощування зношених поверхонь наплавкою, хімічним, електролітичним та газотермічним нанесенням покриття. Алгоритм досліджень по оцінці ремонтнопридатності деталей, який визначає можливість їх відновлення вказаними методами, ілюструє рис. 3.1.

По позиції 2 оцінка ремонтнопридатності виконується на основі аналізу конструктивно-технологічних особливостей деталі (габаритні розміри, конфігурація, розташування і доступність зношених поверхонь, матеріал деталі та його обробка). Вказані фактори обмежують застосування наявних методів відновлення. Так, наприклад, не можуть бути відновлені методами газотермічного нанесення покриттів внутрішні поверхні валів малого діаметру, а також, якщо твердість матеріалу деталі перевищує 60 НКС; не рекомендується застосовувати наплавку для відновлення деталей з діаметром менше за 30 мм та деталей, які зміцнені поверхнево-пластичним деформуванням і термічною обробкою, тощо.

По позиції 3 оцінка ремонтнопридатності виявляється у порівнянні величини зносу деталі і допустимої товщини шару, який нарощується різними методами.



Рис. 3.1. Алгоритм проведення досліджень по оцінці ремонтпридатності деталей, які відновлюються методами нарощування зношених поверхонь

Умовами ремонтпридатності у цьому випадку є:

- товщина шару, що нарощується,  $h_N$  повинна перекривати величину зносу  $U$ , глибину дефектного шару  $h_d$ , що вилучається, та припуск на механічну обробку поверхні, яка відновлюється, до початкового розміру  $\Delta h$ :

$$h_N > U + h_d + \Delta h \quad (3.1)$$

де – зменшення розміру деталі після зняття дефектного шару не повинно призводити до їх допустимого зниження міцності деталі.

Величина зносу визначається при дефектації деталі замірюванням у місці максимальної виробки. Глибина дефектного шару може бути визначена методами неруйнівного контролю чи засобами металографічного аналізу мікрошліфів.

Припуск на механічну обробку призначається із умови можливості забезпечення заданої форми, точності і шорсткості поверхні, що відновлюється.

При оцінці ремонтпридатності по позиції 4 мається на увазі, що експлуатаційні властивості відновленої поверхні повинні бути не нижчі, а по можливості, вищі за початковий, встановлений нормативно-технічною документацією, рівень, а операції по відновленню не повинні призвести до недопустимого зниження міцності деталі. Ця умова виявляється співвідношенням:

$$K = \tau_n / \tau_v \geq 1 \quad (3.2)$$

де  $K$  - коефіцієнт довговічності;

- $\tau_n$  - строк служби нової деталі до досягнення граничного стану;
- $\tau_v$  - строк служби відновленої деталі.

Деталь необхідно відновити так, щоб вона відпрацювала не менш ніж один міжремонтний ресурс.

Оцінка ремонтпридатності по позиції 5 пов'язана з вирішенням питання про допустимість багаторазового відновлення деталі. Ця умова враховує те, що при кожному повторному відновленні деталь зазнає все більших змін, які знижують її показники міцності (виникає втрата міцності матеріалу деталі, накопичуються пошкодження від втоми тощо).

Умова ремонтпридатності по позиції 6 визначається економічною ефективністю і можливістю відновлення деталей в заданому обсязі та встановлений термін. Відновлення вважається доцільним, якщо питомі витрати на відновлення не перевищують 75% вартості нової деталі.

## **3.2. Проектування процесів нанесення покриттів при сертифікації**

### ***3.2.1. Початкові данні для проектування***

Змістом виробничого завдання є конструкторсько-технологічна документація на вироби АТ. На основі цієї документації за допомогою ЕОМ формується і проектується технологічний процес. Для цього визначаються методи обробки; необхідні умови для виконання вимог ТУ; фактичні і необхідні розміри, форма, геометрія деталей, вибирається обладнання і інструменти, методи транспортування і т. д. Визначаються (підбираються) бази кріплення і обробки. На основі цих даних розраховуються режими обробки деталей. Встановлюється послідовність і тривалість операцій по обробці і контролю. При цьому використовуються дані, що зберігаються в пам'яті ЕОМ. На всіх стадіях проектування технологічного процесу відновлення, виготовлення здійснюється візуальний і автоматичний контроль інформації. Розробляються і застосовуються для розрахунків на ЕОМ математичні моделі технологічних процесів.

Автоматизація проектування технологічних процесів передбачає застосування ЕОМ. Відомі деякі результати по автоматизації окремих стадій проектування: розрахунків режимів різання, гальванічної обробки, випробувань і т. д.

Тому, перспективним є комплексне рішення технологічних задач, пов'язаних з розробкою всієї технологічної документації. Для цього необхідна систематизація різних відомостей для розробки технологічних процесів: характеристики об'єктів ремонту, характеристики матеріалів, що застосовуються, характеристики обладнання, умови ремонту, збирання, випробувань, контролю, експлуатації об'єктів АТ, нормативні державні, галузеві, відомчі і заводські документи і т. д., залежність між ними. Для

технологічних процесів повинні розроблятися і після перевірок уточнюватися відповідні математичні моделі, які повинні бути перероблені для ЕОМ з метою отримання надалі в будь-який час необхідних відомостей по оптимізації технологічних процесів. Роботи в цій області ведуться в двох напрямках. Перший комплексний напрям, проектування процесу розглядається від початку і до кінця як рішення комплексу взаємопов'язаних задач. Друге - виборчий напрям, проектування процесу розбивається на стадії, етапи, які і є частковим об'єктом автоматизації усього технологічного процесу. У останньому випадку переважають більш прості, обчислювальні задачі.

*Перший напрям.* Деталь розглядається як сукупність взаємопов'язаних поверхонь, кожна з яких характеризується невеликою кількістю параметрів. Для кожної поверхні є обмежена кількість можливих і допустимих методів обробки. До таких характеристик відносяться: взаємне розташування поверхонь, їх розміри, шорсткість, бази і інші технічні вимоги і умови. У свою чергу, на ці характеристики накладають відбиток характеристики обладнання, що застосовується і інструмента, робочих матеріалів і серед, експлуатаційні умови і т. д.

*Другий напрям* передбачає автоматизацію всієї розрахункової частини розробки операцій і оформлення процесу - аж до видачі ЕОМ операційних карт. Ця робота повинна виконуватися машиною для типового технологічного процесу деяких груп деталей, розробленого без застосування ЕОМ. У основному це передбачає поступове поширення окремих ділянок автоматизації проектування технологічного процесу до повсюдної її реалізації. Спочатку угруповання може вестися по матеріалах, по мірі і різновидам їх можливої обробки, по габаритах, по точності, по обладнанню, що застосовується і т. д. Це роблять для того, щоб деталі або види обробки попали в одну групу. Кожного різновиду характеристик (групі, кресленню, характеристиці, найменуванню і привласнюється

цифровий код. Машинне сортування полегшує угруповання деталей. Кожна група деталей замінюється однією усередненою - універсальною або типовою деталлю, характерною по своїх параметрах для всієї групи.

### ***3.2.2 Моделювання процесів нанесення покриттів***

Будь-який технологічний процес можна представити як самостійну цілісну систему, характеристиками якої є склад, послідовність етапів, операцій, взаємозв'язку, вплив зовнішніх умов і т. д. Ця система є ведучою по відношенню до своїх складаючих частин. Тому процес управління такою системою є, насамперед, її упорядкуванням. Кінцевою метою управління цією системою є забезпечення оптимального технологічного і виробничого процесів, наприклад в авіаремонтному виробництві, зокрема для відновлення деталей АТ. Ефективним засобом призначення будь-якої системи і управління нею може бути моделювання відтворення цієї складної системи за допомогою більш простої системи, званою моделлю. Процес моделювання заснований на структурній або функціональній схожості (ізоморфізмі) різних систем і дозволяє відтворювати і вивчати складні системи в математичних або фізичних моделях. Математична модель реального технологічного процесу є математичним об'єктом, відповідним даному фізичному процесу.

Тому під математичною моделлю реального технологічного процесу мається на увазі сукупність співвідношень (рівнянь, нерівностей, формул, логічних умов, операторів і , які зв'язують характеристики процесу з параметрами відповідної системи, початковою інформацією і початковими умовами. Модель повинна бути в тій або іншій мірі аналогічна, тобто схожа на оригінал. Впливаючи на складові зі частини моделі, можна отримувати різну залежність між ними, тим самим забезпечуючи вибір оптимального варіанту. Спочатку виконується математичний опис або будується математична модель технологічного процесу- Таким чином, під

загальною математичною моделлю технологічного процесу можна розуміти систему умов у вигляді рівнянь, нерівностей, формул і різних кількісних показників, критеріїв, характеристик, що описують основні характерні властивості даного процесу.

Ефективність роботи фахівця авіаремонтного виробництва значною мірою залежить від рівня автоматизації виробничими, технологічними процесами ремонту АТ.

Підвищення цього рівня вимагає математичного моделювання процесів, яке дає можливість кількісно дослідити інформацію, що є і ухвалювати оптимальне рішення.

Для моделювання на ЕОМ технологічного процесу, заданого за допомогою математичної моделі, треба побудувати моделюючий алгоритм, який дасть можливість відтворити модель на машині. Звичайно запис алгоритму роблять незалежної від характеристик обчислювальної машини. Моделюючі алгоритми представляються у вигляді логічної і операторних схем, в яких вказана послідовність операторів, кожний з яких представляє одну з груп елементарних операцій. Логічна і операторна форми представлення алгоритму не враховують особливостей системи команд різних типів ЕОМ. Облік цих особливостей, побудова розгорнених схем рахунку для відтворення окремих операторів алгоритму виконується при програмуванні.

При розробці математичної моделі процесу газотермічного напилення деталей розглядається ряд умов (залежностей):

- умова можливості усунення несправностей і дефектів, яка визначається по критеріям трудовитрат та можливості виконання відновлення;
- температурна умова;
- умова міцності зчеплення покриття, яка залежить від шорсткості поверхні деталі на напилені;



- умова існування процесу, яка залежить від технологічних чинників і усталісної міцності деталей;
- умова усталеної міцності, яка залежить від величин залишкових напружень в покритті, структурних неоднорідностей наявності оксидів, пористості покриття;
- умова попередньої підготовки поверхні, яка показує залежність залишкових мікронапруг від режимів механічної обробки до напилення;
- умова стабільності властивостей покриття;
- умова конструктивної прийнятності, яка характеризує доступність деталі, для нанесення покриття і умови роботи при експлуатації

### ***3.2.3. Побудова групових процесів нанесення покриттів***

Відповідно до ГОСТ, під групою розуміється форма організації виробництва, яка характеризується спільним виготовленням чи ремонтом групи виробів різної конфігурації на спеціалізованих робочих місцях. Метод групової обробки розроблений проф. С. П. Митрофанов, він є подальшим розвитком ідеї типізації технологічних процесів. При груповій обробці створюють класи заготівель по видах верстатів (оброблювані на токарських, револьверних і т.д. верстатах). Основною задачею класифікації при груповій обробці є формування груп.

Створення групових технологічних процесів в економічному й організаційному планах є найбільш бажаним. Однак підібрати значну по номенклатурі групу таких деталей дуже важко, тому частіше використовуються схеми групової обробки.

Аналіз схем групової обробки показує різноманіття форм її організації, відкіля впливає варіантність цілей і ознак класифікації деталей. При груповому методі обробки класифікація всієї номенклатури деталей чи цеху ділянки – не однократний, а багаторазовий процес: комплектуються групи по видах операцій (токарська, револьверна,

зуборізна і т.д.). більшість деталей для виготовлення повинні проходити кілька операцій, і тому кожна з них увійде не в одну, а в кілька груп. Такі групи виходять укрупненими. Для можливості обробки деталей групи при одному налагодженні укрупнену групу розділяють на групи по типорозмірах верстатів, по методах установки заготівель і типам пристосувань, по точності і якості поверхонь. Для прискорення і полегшення роботи з класифікації і групування деталей використовують лічильно-перфораційні чи електронно-обчислювальні машини.

Після уточнення складу групи створюють її представника – комплексну деталь. Вона створюється шляхом додавання на кресленні самої складної деталі поверхонь, що маються на інших деталях групи.

Наступним кроком є проектування, стосовно до комплексної деталі, групового технологічного чи процесу групових операцій. Для кожної операції встановлюють послідовність і зміст переходів, вибирають устаткування. Груповий технологічний процес, послідовність операцій у ньому і послідовність переходів у групових операціях повинні бути такими, щоб по них можна було обробляти будь-яку деталь групи без значних відхилень від загальної технологічної схеми.

Метод групової обробки передбачає обов'язкове використання способу автоматичного одержання заданих розмірів. Тому для кожної операції розробляють схему групового налагодження верстата. Настроювання верстата, здійснене для комплексної заготівлі, дає можливість без серйозного переналагодження обробляти будь-яку деталь групи. Допускається незначне підналагодження верстата, що, однак, повинна виконуватися з мінімальною витратою часу (заміна свердлів, перестановка лінійних і діаметральних упорів, заміна змінних деталей групового пристосування).

Наступний етап – проектування і виготовлення групового оснащення – пристосувань і інструментів. В окремих випадках передбачається часткова чи повна модернізація верстата.

Розглянемо тепер питання про джерела ефективності групового методу обробки деталей. Як і при типізації технологічних процесів, при використанні групового методу скорочуються витрати праці на проектування технологічних процесів і оснащення, скорочуючи витрати засобів на виготовлення спеціального оснащення, прискорюється процес підготовки виробництва та освоєння нового об'єкта. Але при груповому методі, крім того, забезпечується значне скорочення витрат часу на виготовлення деталей, тобто забезпечуються значний ріст продуктивності праці робітників.

Розподіл об'єктів по класах здійснюється по конструктивно-технологічній спільності. У групу поєднуються ті представники класу, що крім конструктивно-технологічної подоби, характеризуються спільністю необхідного для ремонту устаткування, оснащення і спеціального інструмента. Для групи вибирається типовий технологічний процес.

В нашому випадку це сучасні технологічні процеси газотермічного напилення покриттів для відновлення деталей АТ.

### **3.3. Контроль процесу механічної обробки після нанесення напилених покриттів**

Механічна обробка напилених поверхонь (токарна, шліфівка, віброгалтування та інші) проводиться на попередньо відпрацьованих для кожного виду покриттів і конкретної деталі режимах на заводському обладнанні. Далі в п. 1.6 буде розглянуто один із видів механічної обробки – фінішна обробка.

Усі застосовувані матеріали повинні відповідати ГОСТу та ТУ.

Процес струминно-ерозійної обробки контролюється за грануляцією корунду, тиском чистого повітря, суцільністю поверхні після обробки (піскоструминної).

Контроль виконується в наступній послідовності:

1. Після піскоструминної обробки контролювати поверхню на відсутність необроблених місць візуально. У разі виявлення ці місця підлягають повітряній піскоструминній обробці.
2. У процесі напилення контролювати режим напилення відповідно діючої виробничої інструкції.
3. Товщину покриття контролювати в процесі напилення спеціальним або універсальним інструментом.
4. Якість напиленого шару контролювати зовнішнім оглядом за еталоном на відсутність сколів, шпарин, крапель, пропусків запиленості поверхні.

У разі виявлення дефектів на напиленому шарі, виниклих у процесі напилення, при подальшій обробці або складанні допускається видалення дефектного шару з усієї деталі струйно-ерозійною обробкою та повторним напиленням покриття. Місцевий ремонт покриття не допускається.

### ***Визначення міцності зчеплення покриттів***

Одним із визначальних показників якості являється міцність зчеплення і твердість.

Контроль цих якостей, в основному, дозволяє оцінити правильність призначення режимів і умов нанесення покриттів.

Варто мати на увазі, що міцність зчеплення залежить від величини залишкових напруг, що виникають у покриттях після остигання нанесеного шару.

Величина цих напруг залежить зокрема, від товщини покриття, збільшуючись з її ростом, тому в експериментах по визначенню міцності зчеплення товщини покриття по зразках – свідках повинна мало

відрізнятися від товщини покриття на реальних деталях. Відомо кілька основних методів кількісної оцінки зазначених властивостей покриттів. При їхньому виборі варто виходити з того, що вони повинні забезпечити:

- можливість кількісної інтерпретації результатів;
- максимальне наближення лабораторних умов досліджень до реальних умов експлуатації;
- можливість зіставлення отриманих результатів із заздалегідь відомими даними;
- доступність, простоту й економічну доцільність.

При визначенні міцності зчеплення дозволяється виключити з розгляду не більш двох зразків, що мають розкид більш 30%.

Міцність зчеплення конкретного покриття не повинне бути нижче величини, установлені технологічною інструкцією з його нанесення.

#### ***Визначення твердості газотермічних покриттів***

Контроль твердості покриттів дозволяє запобігти надходженню в експлуатацію відновлених деталей із твердістю покриттів вище технологічних допусків на цьому показнику, тому що завищення значення твердості ущільнювальних покриттів приводить до прискореного зносу контактуючих з покриттям сполучених деталей.

Вимір твердості здійснюється на зразках, матеріалу для яких може бути будь-яка сталь, наприклад, Ст3. Зразки можуть використовуватись багаторазово, за умови відсутності, будь-яких відхилень їхньої форми від вимоги креслень.

Для виміру твердості газотермічних ущільнювальних покриттів найчастіше використовуються методи Бринеля, що регламентується ГОСТ 9012-59.

Сутність методу полягає в тому, що кулька визначеного діаметра протягом установленного часу вдавлюється з визначеною силою у діаметр відбитка, що залишився на поверхні зразка.

Слід зазначити, що число твердості по Бринелю залежить від прикладеного навантаження, тому ці величини необхідно вибирати відповідно до рекомендації ГОСТ. Поверхню зразка варто підставити так, щоб діаметр зразка спостерігався контрастно. Товщина основи зразка повинна бути такою, щоб відбиток не викликав на зворотній стороні будь-якої помітної деформації. За число твердості приймати середнє арифметичне результату трьох вимірів.

### ***Проведення металографічних обстежень газотермічних покриттів***

Металографічний контроль якості покриттів необхіден при обробці технологічного процесу напилення, для визначення параметрів і умов, що забезпечують оптимальні властивості напиленого шару. Він проводиться після того, як досягнуті визначені властивості від покриття, що є необхідними (твердість, агдезія міцність, зносостійкість і т.п.). Структура, що відповідає оптимальним властивостям покриття, приймається за еталон.

Надалі металографічний аналіз проводиться у випадках одержання покриттів з незадовільними властивостями для з'ясування причин браку, тобто служать контролем дотримання технологічного процесу нанесення покриттів. Металографічним покриттям визначають дійсну товщину покриття, щільність прилягання між шаром, між покриттям і основою, сховану пористість, характер перехідної зони, наявність не проплавлених часток, кількість і розподіл сплавів.

Металографічний контроль відноситься до методів, що руйнують, тому він проводиться на досвідчених зразках, на яких обробляється технологічний процес чи на зразках – свідках, напилених одночасно з партією виробу.

### ***Задачі та особливості фінішної обробки газотермічних покриттів***

Фінішна обробка зносостійких покриттів у порівнянні з обробкою інших конструкційних матеріалів має свої особливості. Через високу твердість і зносостійкість покриттів, шліфування їх звичайним абразивним інструментом дуже утруднено. Застосування в цих випадках алмазного і ельборового інструмента дозволяє не тільки одержати краща якість оброблених поверхонь, але і підвищує продуктивність процесу шліфування при меншій витраті абразивного матеріалу.

Великий вплив на процес шліфування газотермічних покриттів робить мастильно-охолоджуюча рідина (МОР). Однак на відміну від шліфування звичайних конструкційних матеріалів, при обробці газотермічних покриттів, що мають підвищену пористість, а отже, збільшену проникаючу здатність МОР у пори покриттів, з метою зменшення шкідливого впливу на покриття й основу тип МОР варто вибирати з визначеними характеристиками .

Після напилювання поверхня газотермічних покриттів, як правило, має велику шорсткість і волнистість, механічна їхня обробка виробляється в два прийоми : чорнове і чистове шліфування. При цьому дуже важливо в обох випадках підібрати оптимальні режими шліфування, тому, що істотне розходження властивостей плазменних, газополум'яних і детонаційних покриттів вимагає рекомендації для кожного виду покриття своїх режимів абразивної обробки, що виключають появу тріщин, огранювання, спучування, викришування і прижогів. Помилковим вибором інструмента і призначенням режимів шліфування можна звести нанівець весь попередній технологічний процес виготовлення деталей з покриттями, а також збільшити знос дорогих алмазних ельборових кіл.

При обробці газотермічних покриттів дуже важливо також мати рекомендації з мінімально припустимій товщині покриттів після шліфування з урахуванням критеріїв їхньої працездатності і схильності до появи дефектів.

Таким чином, правильний вибір абразивного інструмента - СОР і режимів шліфування дасть можливість домогтися відсутності дефектів, забезпечити гарна якість поверхні, зменшити знос шліфувальних кіл, досягти великій продуктивності і великій економічній ефективності процесу фінішної обробки газотермічних покриттів.

### ***Рекомендації по зниженню коефіцієнта тертя деяких газотермічних покриттів***

Газотермічні покриття поряд з високою зносостійкістю мають високий коефіцієнт тертя. Це обставина в ряді випадків обмежує застосування покриттів вимагає додаткових технологічних заходів; спрямованих на поліпшення їхніх антифрикційних властивостей.

1. Коефіцієнт тертя газотермічних покриттів можна зменшити, використовуючи наступні технологічні прийоми

- вибір оптимальної жорсткості поверхні і взаємного розташування слідів механічної обробки (шліфування);

- просочення поверхні покриттів антифрикційними складами

- модифікація поверхні покриттів нанесенням твердих змащень і осадженням м'яких металевих і полімерних плівок.

2. Вихідна жорсткість і взаємне розташування слідів фінішної обробки контактуючих поверхонь значно впливають як на знос, так і на коефіцієнт тертя. Для більшості конструкційних сплавів, що працюють в умовах фретінг - корозії, ці фактори не мають вирішального значення, тому що через високу інтенсивність зношування мікро геометрія тертьових поверхонь швидко змінюється і встановлюється рівноважна жорсткість, що мало залежить від вихідної. У випадку застосування зносостійких покриттів вихідна мікро-геометрія поверхні буде тривалий час зберігатися і тим самим визначати функціональні властивості контакту сполучених деталей. Отже, жорсткість і взаємне розташування слідів обробки будуть істотно впливати на величину коефіцієнта тертя.



3. Для здійснення другого технологічного заходу необхідно, щоб пористість покриття була не нижче 5 %. Як антифрикційні добавки можна використовувати фторопласт, дисульфід молібдену, графіт. Просочення містить у собі наступні операції.

- підготовка суспензії антифрикційних компонентів у воді.
- росочення.
- сушіння.

Для більш повного заповнення пір краще робити вакуумне просочення або просочення під тиском. Операцію просочення і сушіння необхідно повторити три-п'ять разів. Після першого просочення виробляється сушіння при температурі не більш 100 С протягом 20-30 хвилин. Остаточне сушіння проводять при температурі 200 С в плин двох годин.

4. У випадку покрить, пористість яких менш 5 %, значного поліпшення антифрикційних властивостей можна досягти нанесенням на їхню поверхню твердих змащень, металічних і полімерних плівок, що володіють низьким опором зрушенню.

Найбільш низький коефіцієнт тертя має мідь і срібло. Змащення ЦВСП-ЗС дає гарний результат при нанесенні на невідшліфовані поверхні. Низьке і стабільне значення коефіцієнта тертя в даному випадку забезпечуються безупинною регенерацією мастильної плівки за рахунок надходження змащення з западин мікро рельєфу. На шліфованій поверхні шар змащення швидко руйнується і віддаляється з зони контакту, унаслідок чого коефіцієнт тертя поступово наближається до вихідного значення.

### **3.4 Контроль якості покриття при промиванні**

1. Після механічної обробки покрить із застосуванням СОР робити промивання деталей у теплій непротічній воді для видалення СОР.

2. Для повного видалення залишків СОР після промивання в теплій непротічній воді промити деталі в холодній і теплій проточній воді.

3. Після промивання у воді деталі висушити обдуванням теплим чистим чи повітрям у сушильній шафі при температурі 100 – 110 С до повного видалення вологи.

4. Деталі з покриттями після промивання і сушіння піддаються візуальному контролю лупи 4-10-кратного збільшення, у процесі якого виявляються зовнішні дефекти: тріщини, спучування, відшарування, викрашування неприпустима пористість і інші несплошності.

5. У напиляних покриттях після фінішної обробки тріщини, спучування, відшарування не допускається чи не повинні перевищувати норм, установлених Генеральним конструктором виробу

6. Контроль відкритої пористості повинний вироблятися по еталонах на кожне покриття.

7. При відсутності еталона контроль відкритої пористості. Складається у виявленні і визначенні площини черновин.

Відкрита пористість Поткр визначається за формулою:

$$Поткр = \frac{\sum S_n}{\sum S_o} \cdot 100\%$$

де  $\sum S_n$  – сумарна площа пір на поверхні покриття контрольованої деталі;

$\sum S_o$  - загальна площа покриття контрольованої робили.

### **3.5. Особливості сертифікації процесів нанесення покриттів дослідного центру «Pratt & Whitney – Paton»**

Українсько-американське товариство з обмеженою відповідальністю з іноземними інвестиціями дослідний центр «Pratt & Whitney – Paton» створено з метою:

- наукових досліджень у сфері авіації;

- проектних та впроваджувальних робіт;
- розробки технології нанесення покриттів;
- надання послуг з нанесення покриттів;
- вироблення устаткування для нанесення покриттів;
- ремонту лопатей турбін.

Предметом діяльності центру є виробництво захисних покриттів робочих і спрямовуючих лопаток для газових та авіаційних турбінних двигунів; виробництво матеріалів для захисних покриттів; розробки технології та обладнання для нанесення захисних покриттів; виробництво обладнання для нанесення захисних покриттів, ремонт робочих і спрямовуючих лопаток для газових та авіаційних турбінних двигунів

***Продукція:***

- металеві покриття;
- керамічні покриття;
- злитки керамічні для нанесення покриття;
- пресована кераміка (діоксид цирконія) для нанесення покриття;
- установки для нанесення металевих і керамічних покриттів.

Компанія сертифікована за такими стандартами та відділ контролю якості працює на їх підставі:

1. Сертифікат AS9100 від 12 жовтня 2009 року, виданий Бюро Верітас;
2. Сертифікат FAA Part 145 від 07 вересня 2012 року, виданий Департаментом транспорту США;
3. Сертифікат NADCAP від 31 липня 2011 року.

***Вимоги до якості, які висуваються центром***

Керівництво по процедурах інспекції (IPM) Покриттів:

Інспекція кваліфікації персоналу, в тому числі знання та доступність специфікацій;

Вхідні система контролю матеріалу для забезпечення того, що частини знаходяться в придатному для виконання польотів стані, коли їх отримано;

Попередня система інспекції для статей підтримується або змінена, і перевірена.

Керівництво має бути доступне всім співробітникам.

Керівники та інспектори повинні знати і розуміти зміст керівництва.

### ***Система управління підприємством.***

На підприємстві впроваджена система ACE (Achieving Competitive Excellence) (Досягнення Конкуретної Переваги).

Операційна система United Technologies Corporation - спосіб роботи.

Використовується щодня всіма працівниками для підвищення якості й потоку цінності замовнику.

### ***ACE (Achieving Competitive Excellence) (Досягнення Конкуретної Переваги):***

- Зосереджений на процесах;
- Заснований на даних;
- Орієнтований на вимоги замовників;
- Постійно спрямований на усунення прогалин між цілями і фактичними результатами;

- Використовується для поліпшення результатів роботи корпорації.

Потік цінності це основне завдання Операційної Системи ACE:

- Все обертається навколо замовника і досягнення конкурентної переваги.

- Поставки необхідної кількості виробів необхідної якості точно тоді, коли замовник очікує їх.

### ***Характеристики що допомагають визначити культуру:***

1. Керівництво всіх рівнів залучено:

- якщо керівництво визнає ACE лише на словах але не діє відповідно до принципів системи на всіх рівнях організації.

2. Ресурси доступні тоді, коли вони необхідні:

- Для виконання замовлення та задоволення Вимог наших замовників;

- Не обов'язково означає розширення штату співробітників, хоча це можливо;

- Працівники повинні думати про те, що вони роблять, - робити свою роботу добре - і розуміти її значимість;

- Керівництво готове робити необхідні інвестиції в удосконалення процесів.

3. Люди навчені основним принципам ACE - кожен розуміє основи операційної системи.

4. Кожен залучений в ACE - це робота не тільки ACE пілота або менеджера.

5. Люди задоволені - вони задоволені тим, що вони роблять, отримують задоволення від своєї роботи, зібрані, а не змучені, розтоптані, розбиті.

6. Нові ідеї сприймаються позитивно а не автоматично відкидаються, тому що "тут це не буде працювати".

7. Думка співробітників вислуховується і цінується.

8. Кожен сфокусований на замовнику – простежується зв'язок між тим, що люди роблять і тим, що необхідно замовнику.

Всього в операційній системі ACE існує 12 інструментів («набір інструментів ACE») які розбиваються на 3 блоки, це інструменти для:

1. поліпшення процесу і усунення втрат;

2. вирішення проблем;

3. прийняття рішень.

У свою чергу блоки поділяються на:

1. Поліпшення процесу і усунення втрат:

- 5S (візуальне робоче місце) - застосовується для створення безпечного, організованого, візуального робочого місця;

- управління процесом / потоком цінності (VSPM) - шлях бачення загальної картини. Акцент на ефективність системи (ефективність всього в цілому) над ефективністю окремих елементів;

- сертифікація процесів / стійкість процесів – методи скорочення варіації в процесах і визначення можливостей процесу;

- стандартна робота (SW) - застосовується для закріплення певної, повторюваною послідовності виконання робіт;

- процес Підготовки Виробництва (ЗР) - облік всіх аспектів виробничої системи на стадії проектування для забезпечення якості товару, об'ємів виробництва, цільової вартості, графіка робіт;

- загальне виробниче обслуговування (TRM) - застосовується для забезпечення максимальної ефективності обладнання;

- скорочення часу переналагодження (Set-up Reduction) - застосовується для скорочення непродуктивного часу при підготовці до роботи.

## 2. Вирішення проблем:

- аналіз реакції ринку (MFA) - спосіб розуміння думки замовника;

- діаграми клініки якості (QCPC) - спосіб розуміння голосу процесу;

- аналіз кореневих причин (RCCA) - наполегливе прагнення визначити чинники, які викликають збої в роботі;

- попередження помилок (MP) - процес створення методів і пристроїв, що дозволяють робити роботу без дефектів 100% часу.

## 3. Прийняття рішень:

- процес паспортизації (Passport Process) - процес поетапної розробки проектів.

*Існує 4 рівня компетентності підприємств з АСЕ:*

**кваліфікаційний** - це рівень підготовки, навчання, збору вихідних даних;

бронза - ви застосовуєте різні інструменти і отримуєте перші результати;

срібло - ви досягаєте значних поліпшень показників господарської діяльності;

золото - ви визнані кращим у своєму класі і постійно покращуєте показники господарської діяльності.

***Науково-дослідний відділ організації Pratt & Whitney – Paton і координації науково-дослідних робіт***

*Основні завдання відділу:*

— проведення науково-дослідних робіт щодо створення, функціонування та розвитку національної стандартизації з урахуванням світових досягнень та прогресивних вимог до розроблення, виробництва і використання продукції з метою підвищення її технічного рівня і конкурентоспроможності, сумісності та взаємозамінності, безпеки для життя та здоров'я людей, охорони довкілля, економії матеріальних та енергетичних ресурсів;

— науково-методичне керування плануванням, розробленням, упровадженням і забезпеченням функціонування стандартів та інших нормативних документів (НД) у сфері авіаремонту і авіації;

— проведення науково-дослідних робіт щодо формування і реалізації єдиної технічної політики у сфері стандартизації в рамках Міждержавної Ради із стандартизації, метрології та сертифікації (МДР);

— аналіз структури та складу чинного фонду НД, визначення пріоритетних напрямків упровадження європейських і міжнародних стандартів у сфері авіаремонту і авіації;

— підготовка аналітичних оглядів у окремих сферах діяльності чи галузях економіки, надання інформаційних матеріалів, виконання інших платних робіт (послуг);

— участь у проведенні наукових і науково-практичних семінарів та конференцій у сфері стандартизації.

*Функції відділу:*

- проведення науково-технічної експертизи, нормоконтролю у сфері авіаремонту і авіації, закріпленій за відділом;
- аналізування структури, складу та змісту чинного фонду НД і створення оптимальної структури фонду НД;
- аналізування технічного рівня НД;
- визначення пріоритетних напрямків розвитку, розроблення перспективних щорічних планів стандартизації;
- пошук, систематизація та аналіз матеріалів досліджень у галузі фундаментальних наук, які можуть бути використані у роботі;
- науково-дослідні роботи щодо формування і реалізації єдиної технічної політики у сфері стандартизації в рамках МДР;
- проведення робіт у рамках міжнародного та міждержавного співробітництва;
- підготовка аналітичних оглядів з окремих напрямів у галузі стандартизації;
- переклад, науково-технічне редагування перекладів міжнародних, регіональних та національних стандартів інших країн;
- надання консультацій, науково-методичної допомоги, відповідей на запити підприємств та організацій;
- участь у науково-практичних конференціях, семінарах;
- підготування наукових праць за результатами досліджень до видання;
- проведення заходів щодо підвищення кваліфікації працівників відділу;
- складання звітів про виконання відділом науково-дослідних робіт і науково-технічних послуг.



***Сертифікація процесів згідно UTCQR-09.1 та PWP-AP  
C0.08.0021 Плану контролю процесу***

Інженерна служба повинна забезпечити, сертифікацію всіх основних виробничих процесів підприємства після отримання всіх необхідних кваліфікаційних висновків і приймання першого виробу, якщо того вимагає замовник.

Типовий пакет документів з сертифікації, як мінімум, повинен включати:

- Затверджену форму Плану управління процесом;
- Статзвіт за кількісними ключових характеристиках, виконані, як мінімум, по 25 послідовним спостереженням, в яких не міститься невідповідна продукція і демонструють значення показника стабільності процесу  $CpK = 1,33$ ;
- Записи з приймання якісних ключових характеристик (напр., візуальний контроль, поверхневі дефекти, оцінка мікроструктури) виконання, як мінімум, по 45 послідовним спостереженнями, в яких не міститься невідповідну продукцію;
- Копія звіту про приймання першого виробу там, де це необхідно;
- Схвалення, отримані від замовника, якщо необхідно.

Інженерна служба повинна зберігати комплекти сертифікаційних доку-ментів 8 років.

Процес підлягає пересертифікацію в наступних випадках:

- Перекваліфікація;
- Невиконання більше 12 місяців;
- Зміни процесу як результат заходів по постійному поліпшенню

Якщо умови процесу сертифікації виконані, то виробнича служба і ЗККП повинні схвалити форму Плану управління процесом.

### 3.6. Висновки

1. Сертифікація процесов нанесення покриттів це комплексний підхід до підприємства, устаткуванню і методам нанесення покриттів. Тому проведено систематизація по класах і групах об'єктів та методів наесенія захисних покриттів застосовуються в аіаціонной та машинобудівної промисловості.

2. Показані принципи проектування процесов нанесення покриттів при сертифікації. Автоматизація проектування технологічних процесів передбачає використання сучасних Електрон пристроїв як для методів нанесення покриттів так і для контролю їх після нанесення і шліфування.

3. Механічна обробка має дуже важливе значення при сертифікації процесов нанесення покриттів. Механічна обробка э невід'ємна частина технологічного процесаа отримання якісних покриттів готових до експлуатації.

4. Впровадження системи якосты ACE (Achieving Competitive Excellence) (Досягнення Конкуретної Переваги) в процесі нанесення покриттів дозволить:

- зосередитись на процесах та даних процесів нанесення;
- орієнтоватися на вимоги замовників;
- постійно спрямоватися на усунення прогалин між цілями і фактичними результатами;
- Використовувати для поліпшення результатів роботи корпорації.

5. Потік цінності це основне завдання Операційної Системи ACE де все обертається навколо замовника і досягнення конкурентної переваги продукції та спрямовується на виробленні необхідної кількості продукції необхідної якості точно тоді, коли замовник очікує їх.

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Охорона навколишнього середовища – це система законодавчих актів і заходів спрямованих на зниження впливу шкідливих і виробничих факторів:

- на ґрунт;
- водоймища;
- атмосферу;
- рослинність;
- тваринний світ.

Охорона навколишнього середовища являє собою форму відносин між суспільством і природою. Вона здійснюється різними засобами: економічними, правовими, науково-технічними, санітарно-гігієнічними, біологічними та іншими.

Однією з причин забруднення навколишнього середовища є збільшення обсягу відходів та викидів. До них відносять: не використані у виробництві матеріали, що не підлягають подальшій переробці, або продукти, що відслужили свій термін споживання, різні пакувальні матеріали, всілякі відвали та терикони породи тощо.

Діяльність, пов'язана із створенням і використанням авіаційного транспорту (АТ), в сучасних умовах найважливіша сфера застосування інтелектуальних та технічних можливостей людства в інтересах вирішення оборонних, народногосподарських і наукових проблем, одна з найважливіших складових науково-технічного прогресу.

Однак негативними наслідками сучасної науково-технічної революції стали пряма і побічна дія на навколишнє природне середовище (НПС),

зменшення запасів сировинних та енергетичних ресурсів, негативний вплив на здоров'я людини тощо.

Із збільшенням інтенсивності руху АТ прийшло розуміння того, що така техніка суттєво впливає на НПС, причому не тільки в районах функціонування аеродромів, але й в значно більших просторово-часових масштабах, а сам вплив на НПС надзвичайно різноманітний – акустичний, тепловий, механічний, хімічний, електромагнітний, радіоактивний. Очевидно, що деякі з вказаних типів дії взаємопов'язані між собою і їхній вклад в загальне збурення НПС залежить, наприклад, від конструкції виробів, від висоти його польоту, умов функціонування техніки, аварійних ситуацій, від технології експлуатації АТ.

Результати досліджень дії АТ на НПС свідчать, що проблема шкідливого впливу експлуатації АТ та функціонування дійсно існує; деякі з наслідків цієї господарської діяльності вже зараз викликають серйозну стурбованість на регіональному та глобальному рівнях

Стратегічними цілями в області забезпечення екологічної і техногенної безпеки авіатранспортних процесів:

- підтримка сприятливого для здоров'я екологічно безпечного середовища для забезпечення фізичного, психологічного та соціального благополуччя населення;
- забезпечення раціонального природокористування в інтересах ефективного і стійкого соціально-економічного розвитку країни;
- збалансованість процесів відтворення і використання відновлюваних природних ресурсів, а також раціональне використання не відновлюваних ресурсів з широким залученням в господарську діяльність відходів виробництва;

- збереження біосферної рівноваги на локальному, регіональному та глобальному рівнях;
- збереження генетичного фонду, видової та ландшафтної різноманітності дикої природи, ландшафтно-архітектурних особливостей сільської місцевості та міських систем.

У зв'язку з інтенсифікацією діяльності цивільної авіації, експлуатації військової авіаційної техніки, загострилися проблеми охорони навколишнього природного середовища від матеріальних та енергетичних забруднень, від прямого впливу цих процесів на стан НПС

#### **4.1 Вплив шкідливих викидів**

Основними джерелами забруднення НПС серед авіапідприємств є аеропорти з приписаною до них технікою.

Наземні джерела забруднення можна умовно поділити на такі, що знаходяться всередині аеропорту (або авіаремзаводу), і ті, що розташовані за межами аеропорту (або авіаремзаводу). До останніх належать, насамперед, установки теплоенергетики, які працюють на різних видах місцевого палива, тому й характер забруднень визначається видом палива, способами його спалювання і шляхами відведення викидів. До основних шкідливих речовин, які містяться в димових газах теплоенергетичних установок відносяться діоксид сірки  $SO_2$ , оксид вуглецю  $CO$ , оксиди азоту  $NO_x$ , тверді частки вуглецю (сажі).

Однією з найважливіших умов мінімальних викидів шкідливих речовин із теплоенергетичних установок є вибір режиму спалювання палива, при якому досягається повне його згоряння.

В атмосферне повітря із виробничих приміщень аеропорту чи авіаремзаводу надходять пари нафтопродуктів, розчинників, лакофарбувальних матеріалів, лугів, кислот, аерозолі водних розчинів їдкового, вуглекислого і фосфорнокислого натрію, сірчистого ангідриду, оксидів азоту, окису вуглецю, пилу.

Кількість шкідливих речовин, що надходять в атмосферне повітря з виробничих приміщень аеропорту чи авіаремзаводу через вентиляційні системи, може перевищувати гранично допустимі значення, які спричиняють перевищення допустимих концентрацій (ГДК) цих шкідливих речовин. Особливо це може мати місце при груповому розташуванні вентиляційних шахт, коли виникає ефект сумації шкідливих викидів і навіть утворення нових шкідливих речовин більшої токсичності

Забруднення атмосферного повітря не тільки прямо впливають на здоров'я живих організмів, але й посередньо, змінюючи структуру, склад і навіть будову атмосфери, яка в новій якості впливає вже глобально на життєдіяльність людини, а також на рослинний і тваринний світ планети.

Діоксид сірки ( $\text{SO}_2$ ) є найбільш поширеним забруднювачем атмосфери. Він утворюється при спалюванні в транспортних і промислових установках вугілля, мазуту, нафти та інших видів палива, що містять сірку, і з продуктами згоряння викидається в атмосферне повітря. Це безбарвний газ з різким запахом, який при температурі  $+10^\circ\text{C}$  згущається в рідину. Він подразнює дихальні шляхи, викликаючи спазм бронхів. При утворенні густого туману (смогу) з діоксиду сірки вплив його різко збільшується. Загальна дія його проявляється в порушенні вуглеводневого та білкового обмінів, пригніченні окислювальних процесів в головному мозку, печінці, селезінці, м'язах. При сумісній дії з оксидом вуглецю токсичність діоксиду сірки зростає.

При вимиванні з атмосфери цих шкідливих сполук так звані “кислотні” дощі, що утворюються при цьому, знижують родючість ґрунту та ефективність застосування мінеральних добрив на орних землях, негативно впливають на довгорічні трави сінокосів і пасовищ, вражають деревні рослини, особливо дуб, липу, ялину, руйнують хлорофіл в листях

#### **4.2 Електромагнітне випромінювання, його джерела та параметри**

Електромагнітне випромінювання — взаємозв’язані коливання електричного (E) і магнітного (B) полів, що утворюють електромагнітне поле. Розповсюдження випромінювання здійснюється за допомогою електромагнітних хвиль. Електромагнітне випромінювання представляє собою потік фотонів, який тільки при великій їх (фотонів) кількості можна розглядати як неперервний процес..

Розрізняють вимушені (під впливом зовнішніх джерел) і власні електромагнітні коливання. В необмеженому просторі або в системах з втратами енергії можливі електромагнітні коливання з неперервним спектром частот. Просторово обмежені системи мають дискретний спектр частот причому кожній частоті відповідає один або кілька незалежних типів коливань (мод)

Представлення коливань у вигляді суперпозиції мод з неперервним або дискретним спектром можливе для довільної складної системи провідників та діелектриків, якщо поля, струм або заряди в них зв’язані між собою лінійними співвідношеннями.

Джерелами високочастотного електромагнітного випромінювання є радіо- і телевізійні станції різного призначення, а також радіотехнічні засоби ЦА, в які входять:

- радіоустаткування зовнішнього та внутрішнього зв'язку (зв'язкові, командні та аварійні радіостанції);
- радіонавігаційне устаткування (бортові обзорні радіолокатори, доплеровські радіолокатори вимірювання швидкості і кута зносу, радіовисотоміри, радіокомпаси, радіовідстанеміри);
- радіоустаткування систем посадки повітряних кораблів (обзорні, диспетчерські та посадкові радіолокатори, радіопеленгатори, радіомаяки).

Електромагнітні поля характеризуються напруженостями електричного  $E$  (В/м) та магнітного  $H$  (А/м) полів.

Електромагнітне поле навкруги будь-якого джерела має три зони: ближню - так звану зону індукції, проміжну - зону інтерференції та дальню - хвильову зону.

Для спрямованих випромінювачів із максимальним діаметром випромінювача  $D$  дальня зона в головному максимумі випромінювання формується на відстані  $r > 2D^2/\lambda$ , ближня на відстань  $r < D$ , а проміжна знаходиться в межах  $D < r < 2D^2/\lambda$ .

В зоні індукції людина або інший біологічний об'єкт піддається дії електричного та магнітного полів, між якими немає певної чіткої залежності. В зоні випромінювання напруженості електричного та магнітного полів співпадають за фазою і виконується умова, коли  $E = 377 H$

Інтенсивність  $\sigma$  (Вт/м<sup>2</sup>) ЕМП в зоні випромінювання оцінюється густиною потоку енергії, що проходить за одиницю часу через одиницю поверхні, перпендикулярної до напрямку поширення хвилі, за допомогою виразу:

$$\sigma = P_{\text{ср}} G_{\text{ант}} / (4\pi R^2),$$



де  $P_{\text{ср}}$  - середня потужність передавача, Вт;  $G_{\text{ант}}$  - коефіцієнт підсилення антени;  $R$  - відстань до випромінювача.

Коефіцієнт  $G_{\text{ант}}$  визначається в залежності від геометричних розмірів  $D$  випромінювача: при  $D < \lambda/2$ ,  $G_{\text{ант}} = 1 \dots 1.5$ ; при  $D > \lambda/2$ ,  $G_{\text{ант}} = 4\pi D^2 / \lambda^2$ .

### 4.3 Вплив шуму на навколишнє середовище та організм людини

Сьогодні шум – один із важливих факторів шкідливого впливу нашої цивілізації на довкілля, він небезпечний не менше, ніж забруднення повітря або води.

Шумом прийнято називати будь-які небажані звуки різної частоти та інтенсивності, які заважають трудовій діяльності чи відпочинку людей і чинять несприятливий вплив на живі організми.

За фізичною суттю шум – це механічні коливання часток пружного середовища (газу, рідини, твердого тіла), які виникають в результаті діяння будь-якої збурюючої сили. При цьому звуком називають регулярні періодичні коливання, а шумом – неперіодичні, випадкові коливальні процеси.

Джерелами шуму та інфразвуку можуть бути коливання, що виникають при співударі, терті, ковзанні твердих тіл, витіканні рідин та газів. В виробничих умовах джерелами коливань є працююче виробниче устаткування (електричні та пневматичні пилки, відбійні молотки, перфоратори, клепальні засоби, електродвигуни та генератори, турбіни, компресори, ковальсько-пресове, під'ємно-транспортне устаткування, вентилятори, кондиціонери і таке інше

Джерелами шуму є транспортні засоби (автомобілі, літаки, трамваї, тролейбуси, залізничний транспорт), джерелами звукового удару є повітряні кораблі чи тіла, що рухаються з надзвуковою швидкістю і створюють.

Для зниження рівня вібрації від приводу устаткування стінки захисного кожуху покривають вібродемпфіруючим матеріалом. Кожухи можуть бути з'ємними чи розбірними, можуть мати оглядові вікна та отвори для комунікацій чи для проходження повітря, що охолоджує закрите кожухом устаткування. В цих випадках отвори слід обладнати глушителями шуму із звукопоглинаючого матеріалу.

В автомобілях звукопоглинаючими матеріалами покривають стінки, днище, багажник і місце розташування двигуна. При цьому шум знижується не тільки в салоні чи в кабіні водія, а і в навколишньому середовищі.

При проектуванні промислових підприємств і громадських будівель устаткування, яке є джерелом шуму, розміщують в ізольованих приміщеннях. Для зниження інтенсивності відбитих звукових хвиль здійснюють акустичну обробку приміщень. Щоб запобігти відбиттю звука, стелю, стіни, підлогу тощо покривають звукопоглинаючими матеріалами.

Для запобігання шуму при закриванні дверей промисловістю випускаються спеціальні пружини, що забезпечують плавне прикриття

дверей. Зниження шуму від ліфтових установок в житлових будинках досягається виносом ліфтових шахт за межі зовнішніх стін будівлі, використанням розсувних дверей з амортизуючими прокладками, віброізоляцією механізмів, старанним регулюванням окремих вузлів і механізмів, наприклад, шляхом центрування та балансування елементів лебідки та електродвигуна.

У боротьбі з транспортним шумом використовують і організаційні засоби: заборона звукових сигналів, польотів над містом ПК тощо. Найбільш повне уявлення про шумові навантаження на довкілля дають шумові карти міста або підприємства, що є основою для розробки заходів щодо зниження шуму. Карти вміщують інформацію про розташування промислових і

транспортних підприємств, густоту населення, інтенсивність і швидкість руху транспортних засобів, типи будівель, експлуатаційні характеристики джерел шуму тощо. На карту міста наносяться джерела шуму з їх рівнями, одержаними шляхом натурних вимірювань. За допомогою таких карт можна визначити шумовий режим на транспортних магістралях і територіях житлової забудови, визначити найбільш небезпечні в акустичному відношенні райони міста. Шумова карта дає можливість встановити фактори, що впливають на акустичний режим, рекомендувати заходи щодо зниження впливу шуму на довкілля, прогнозувати рівні шуму на житловій території міста при розробці комплексних містобудівних заходів. Проблема зниження впливу авіаційного шуму на людей залишається достатньо гострою. Найбільш ефективним є комплексний підхід до вирішення цієї проблеми. При цьому передбачаються впровадження в експлуатацію малошумних літаків; застосування спеціальних експлуатаційних прийомів при зльоті і посадці; раціональна організація наземної і льотної експлуатації, вдосконалення систем управління повітряним рухом; застосування будівельно-планувальних заходів; регламентація та впровадження систем контролю авіаційного шуму. Шкідливий та небезпечний вплив шуму на організм людини встановлено тепер з повною визначеністю. Ступінь такого впливу переважно залежить від рівня та характеру шуму, форми та тривалості впливу, а також індивідуальних особливостей людини. Численні дослідження підтвердили той факт, що шум належить до загальнофізіологічних подразників, які за певних обставин можуть впливати

на більшість органів та систем організму людини. Так, за даними медиків дія шуму може спричинити нервові, серцево-судинні захворювання, виразкову хворобу, порушення обмінних процесів та функціонування органів слуху тощо. Із загальної кількості захворювань, які перераховані вище, останнім часом значно зросла частка тих, які спричинені саме шумовим впливом. У зв'язку з цим, слід звернути увагу на той факт, що протягом багатовікової еволюції людина так і не набула здатності адаптуватись до дії шуму, як і не було створено природного захисту для високочутливого та досконалого органу слуху людини від дії інтенсивного шуму.

Наближено дію шуму різних рівнів можна охарактеризувати у такий спосіб. Шум до 50 дБА, зазвичай, не викликає шкідливого впливу на людину в процесі її трудової діяльності. Шум з рівнем 50—60 дБА може викликати психологічний вплив, що виявляється у погіршенні розумової діяльності, послабленні уваги, швидкості реакції, утрудненні роботи з масивами інформації тощо. За рівня шуму 65—90 дБА можливий його фізіологічний вплив: пульс прискорюється, тиск крові підвищується, судини звужуються, що погіршує постачання органів кров'ю. Дія шуму з рівнем 90 дБА і вище може призвести до функціональних порушень в органах та системах організму людини: знижується слухова чутливість, погіршується діяльність шлунку та кишківника, з'являється відчуття нудоти, головний біль, шум у вухах. При рівні шуму 120 дБА та вище здійснюється механічний вплив на орган слуху, що виявляється у порушенні зв'язків між окремими частинами внутрішнього вуха, можливий навіть розрив барабанної перетинки. Такі високі рівні шуму впливають не лише на органи слуху, а й на весь організм. Звукові хвилі, проникаючи через шкіру, викликають механічні коливання тканин організму, внаслідок чого відбувається руйнування нервових клітин, розриви дрібних судин тощо

#### **4.4.Методи з боротьби з шумовим забрудненням**

Відносно джерела звуку, **боротьба з шумом** поділяється на:

- засоби, що знижують шум у джерелі його виникнення;
- засоби, що зменшують шум на шляху його поширення.

До заходів зменшення шуму в джерелі його виникнення відноситься поліпшена конструкція машин, застосування матеріалів, що не створюють сильних звуків, забезпечення мінімальних допусків, зміна прямозубих шестерень шевронними і т. ін.

До заходів зменшення шуму на шляхах його поширення відносяться такі методи як:

- акустичні;
- архітектурно-планувальні;
- організаційно-технічні.

До акустичного методу відноситься зменшення шуму шляхом звукопоглинання та звукоізоляції.

Звукопоглинання базується на перетворенні енергії звукових коливань часток повітря на теплоту за рахунок втрат на тертя в порах звукопоглинаючого матеріалу.

У виробничому середовищі рівень шуму значно зростає внаслідок його відбиття від огорожуючих будівельних конструкцій та обладнання. Для зменшення відбитого шуму застосовують акустичну обробку приміщень шляхом облицювання його поверхонь звукопоглинаючими матеріалами.

Ефективність звукопоглинаючих матеріалів залежить від коефіцієнта поглинання, якщо він дорівнює нулю, тоді вся енергія відбивається, якщо одиниці-вся енергія поглинається.

Звукопоглинаючими вважають матеріали, що мають коефіцієнт поглинання більше 0,2. Коефіцієнт звукопоглинання залежить від частоти звукових хвиль, кута їх падіння, товщини і типу матеріалів, ефективність яких визначається акустичними розрахунками.

Звукоізоляція, як метод зниження шуму на шляху його поширення, базується на відбитті звукової хвилі, що падає на екран, перегородку, огороження та ін. Ефективним звукоізоляційним матеріалом є метал, бетон, дерево та інші щільні матеріали.

Екранування використовують тоді коли інші методи малоефективні. Екран створює звукову тінь і є перешкодою на шляху його поширення. Екрани виготовляють зі сталених листів (1-3мм), які з боку джерела шуму вкривають звукопоглинаючим матеріалом. Акустична властивість екранів залежить від його форми, розмірів, розміщення відносно джерела шуму й робочого місця.

Для боротьби з аеродинамічними шумами застосовують глушники шуму: абсорбційні, реактивні і комбіновані.

Архітектурно-планувальні методи включають в себе акустичне планування будівель і споруд, організацію робочих місць, розміщення обладнання, створення шумозахисту та раціональних зон руху транспортних засобів.

На території промислової та житлової забудови зменшення шуму досягається шляхом створення зелених насаджень з дерев та чагарників.

Організаційно-технічні заходи боротьби з шумом включають впровадження мал шумного технологічного обладнання, дистанційне управління та використання раціональних режимів праці та відпочинку і т. ін.

Крім наведених колективних методів боротьби з шумом використовують засоби індивідуального захисту (ЗІЗ). Сюди належать протишумові навушники, що закривають слухову раковину ззовні і протишумові вставки, що закривають слуховий прохід. До ЗІЗ належать також протишумові шоломи, що закривають голову, і маски, які використовуються разом з навушниками. До профілактичних заходів щодо попередження професійної слухової патології належить скорочення часу контакту людини з шумом, влаштування короткочасних перерв для відновлення слухової функції, суміщення професій, попередні та періодичні медичні огляди. Термін проведення яких залежить від рівня шуму (від 1 разу на 3 роки до щорічного).

#### **4.5.Висновки**

1. Враховуючи великий шкідливий вплив підприємств на навколишнє середовище, слід враховувати при їх експлуатації вимоги екологічної безпеки.
2. При подальшій модернізації систем контролю і управлінням екологічною безпекою необхідно враховувати екологічні вимоги і нормативи.

Підсумувавши усе вищесказане в даному розділі, можна сказати, що діяльність підприємства завдає значної шкоди навколишньому середовищу. Має місце забруднення атмосферного повітря.

Щоб зменшити вплив шкідливих факторів на навколишнє середовище, варто впроваджувати сучасні високотехнологічні заходи щодо його захисту.

Зокрема, доцільніше використовувати більш економічні двигуни для літаків, розробляти більш екологічно безпечні енергоносії.

## ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

1. У сучасному машинобудуванні та авіабудуванні на сьогоднішній день всюди використовуються захисні покриття, без яких вже неможливо уявити собі сучасну техніку. Найбільш вживані на сьогоднішній день покриття являються газотермічні. Ці покриття володіють великим рядом переваг в порівнянні з іншими методами нанесення покриттів.

2. Для підвищення якості нанесення так і якості самих газотермічних покриттів. Обов'язково крім сертифікації підприємства яке здійснює нанесення покриттів сертифікувати та обладнання яке наносить захисні покриття. Ці дії є першоступеневими для здійснення сертифікації процесів нанесення захисних покриттів.

3. Сертифікація підприємства, обладнання та процесів підприємства є гарантом отримання якісної продукції що актуальне при сьогоднішніх ринкових відносинах.

4. Сертифікація процесів напилення захисних покриттів при виробництві складається з комплексного показника де оцінюються чотири блоки об'єктів підтвердження відповідності якості: готова продукція, технологічна система, технічне обслуговування та ремонт, система технічного контролю та випробувань.

5. Впровадження системи якості ACE (Achieving Competitive Excellence) (Досягнення Конкурентної Переваги) в процесі нанесення покриттів дозволить: зосередитись на процесах та даних процесів нанесення; орієнтуватися на вимоги замовників; постійно спрямоватися на усунення прогалин між цілями і фактичними результатами; поліпшати результати роботи компанії.

5. Потік цінності це основне завдання Операційної Системи ACE де все обертається навколо замовника і досягнення конкурентної переваги продукції та спрямовується на виробленні необхідної кількості продукції необхідної якості точно тоді, коли замовник очікує їх.

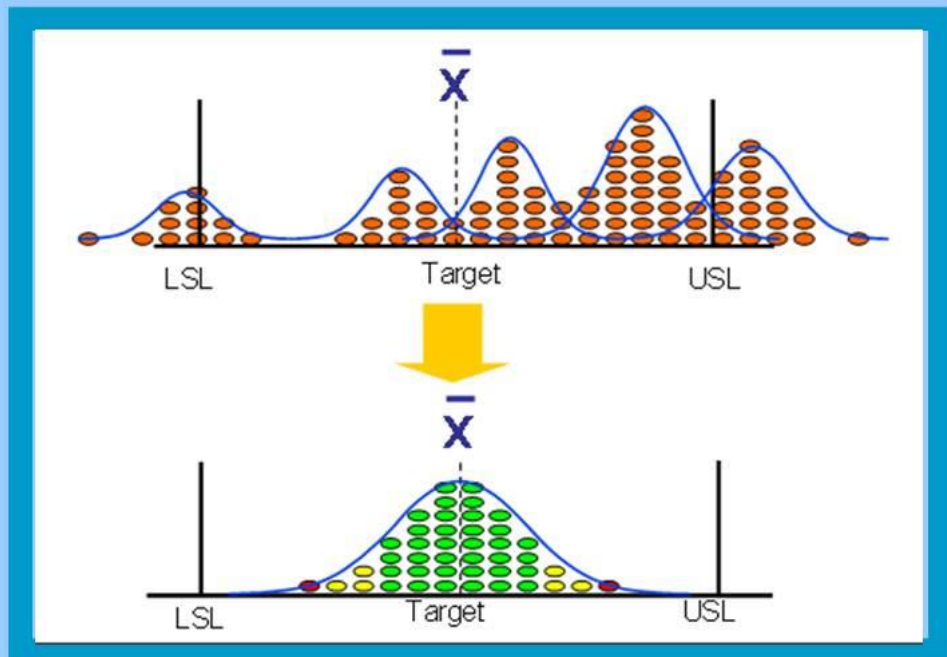


## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ ISO 9000-2001 «Системи управління якістю. Основні положення та словник»
2. ДСТУ ISO 9001-2001 «Системи управління якістю. Вимоги»
3. Указ Президента України "Про заходи щодо підвищення якості вітчизняної продукції" // Голос України, 24.12.2004р.
4. ДСТУ ISO 9001-2001 Рекомендації з поліпшення діяльності
5. Швець В.Е. Основные направления совершенствования и структуры системы менеджмента качества на базе новых версий ИСО серии 9000:2000. Материалы Международного проекта "Созвездие качества 2000". – К.: Украинская ассоциация качества. Межотраслевой центр качества "Прирост". 2000, с.62.
6. Свиткин М.З., Мацута В.Д., Рахлин К.М. Менеджмент качества и обеспечение качества продукции на основе международных стандартов ИСО. – СПб: издательство СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 1999. – 403с.
7. ГОСТ 19.001-77 Единая система программной документации. Общие положения
8. ДСТУ 2940-94 Системи оброблення інформації. Керування процесами оброблення даних. Терміни та визначення.
9. Лapidус В.А. Всеобщее качество (в российских компаниях / Гос. Ун-т управления; Нац. Фонд подготовки кадров. –М.:ОАО «Типография «Новости»,2000.-432с.
10. Лapidус В.А. менеджмент ошибок (имеют ли люди право на ошибку).- Нижний Новгород: СМЦ «Приоритет», 2002. – 85 с.
11. Мазур И.И., Шапиро В.Д. управление качеством: Учеб. пособие/- М.:Высш.шк.,2003.-334 с.
12. Никитин В.А. управление качеством на базе тандартов ИСО 9000:2000.-СПб.: Питер, 2002-272с.

13. Никсон Френк. Роль руководства предприятия в обеспечении качества и надежности.- М.: изд-во стандартов, 1990.- с.231.
14. Огвоздин В.Ю. Управление качеством: Основы теории и практики. Уч. пособие. – 4 изд.-М. «Дело и сервис».2002-160с.
15. Про заходи щодо підвищення якості вітчизняної продукції. Указ Президента України №113/2001 від 23.02.01ю
16. Про підтвердження відповідності. Закон України №2406-III від 17.05ю01.
17. « Семь инструментов качества» в Японской экономике.-М.:изд-во стандартов, 1990.-с.88.
18. Учебный курс Германского общества по качеству (DGQ), Франкфурт-на-Майне, 4-е издание, 1999. Перевод – К.:УАК, МЦ «ПРИРОСТ»-2000.
19. Фейгенбаум А. контроль качества продукции.- М.: Экономика, 1986-с.471
20. Фоксвелл К. Руководство по применению стандартов ИСО 9001:2000 в сфере услуг./РИА «Стандарты и качество», 2002.
21. Шаповал М.І. Основи стандартизації, управління якістю і сертифікації. Підручник – 3-е вид.-К:2000.

# Process Control



## Process Control Risk Assessment Pocket Guide

Rev.2.0

## **Process Control**

### **Delivering Business & Customer Benefits**

**Applying Process Certification To The “Right” Process  
= Lower Cost, Improved Quality & Delivery**

**Identifying the “Right” Processes Is Based On:  
Risk ( RPN,Escapes, Etc.) and Volume**

## **User Work Instructions**

### ***Getting Started...***

This pocket guide should be used as a tool to assess the Producer’s understanding and application of PROCESS Control tools for the production of P&W parts.

The scope of these questions should be limited to the processes that create parts for P&W Engines.

This guide should enable the assessor to fully complete the Process Control Checklist.

Each question in this guide matches a category (i.e. column) in the checklist. Each question has a satisfactory (YES) answer and the supporting evidence that an assessor should review. If the Producer cannot provide a satisfactory answer then that category should be marked as a NO (or blank for the PFMEA) in the Process Control Checklist, unless otherwise noted. Any unsatisfactory answer should be an action item for the Producer.

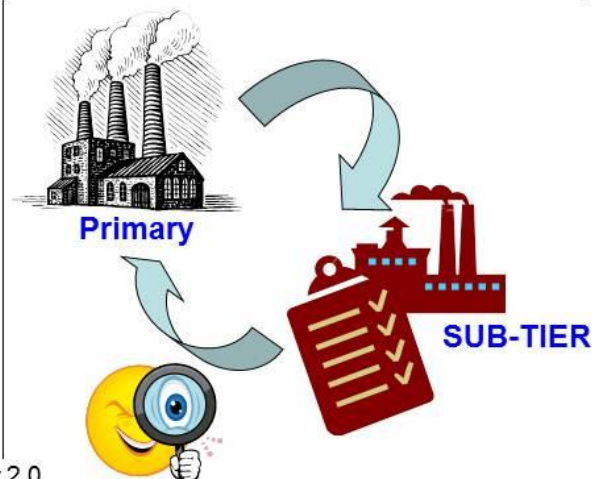
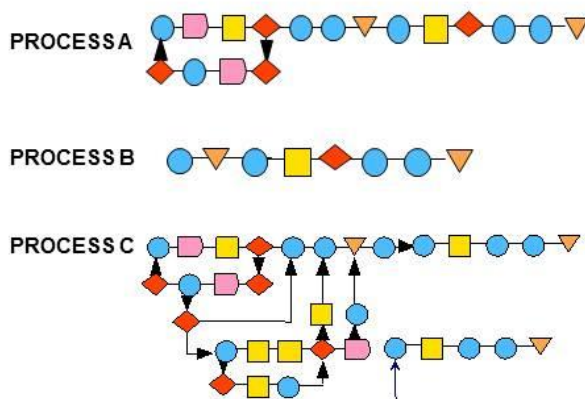
The assessor should utilize P&W experts/resources to verify/validate technical data (i.e. PFMEA, capability data) if the assessor is uncertain of the validity of the response. Data can be forwarded to the Process Certification team (DL PW ProCert in the global address book), ProCert Supplier Lead, or Module Center ProCert lead. Process Certification contacts can be found on the Process Certification website (from MySite, select Process Certification from the References & Initiatives Section).

# MILESTONE 1

Process Identification

Performed by a Sub-Tier

<p><b>Q1</b> Are all processes identified and documented for Pratt &amp; Whitney parts?</p> <p><b>A1</b> Yes. When yes, all processes utilized to produce Pratt &amp; Whitney parts should be listed on the Process Control Risk Calculator. A process may be a single operation or a group of operations. It is the supplier's responsibility to generate the list of applicable processes and determine when a process needs to be divided into two unique items due to differences in inputs.</p> <p><b>Q2</b> Is the process performed by a sub-tier Producer?</p> <p><b>A2</b> Yes. No. Skip questions 3 and 4</p>	<p><b>Q3</b> Does the Producer have a methodology to flow down Pratt &amp; Whitney requirements to Sub-tiers?</p> <p><b>A3</b> Yes. The Producer must provide evidence that Pratt &amp; Whitney requirements are being flowed down to sub-tiers. Acceptable documentation is Purchase order agreements, procedures, or any equivalent legal document.</p> <p><b>Q4</b> Does the producer have a system in place to complete sub-tier process control audits? (Min 1/Year)</p> <p><b>A4</b> Yes. The Producer must provide evidence of the audit plan. A schedule for audits, results of an audit, trip reports, findings, action items.</p>
---	---



Rev.2.0

# MILESTONE 1



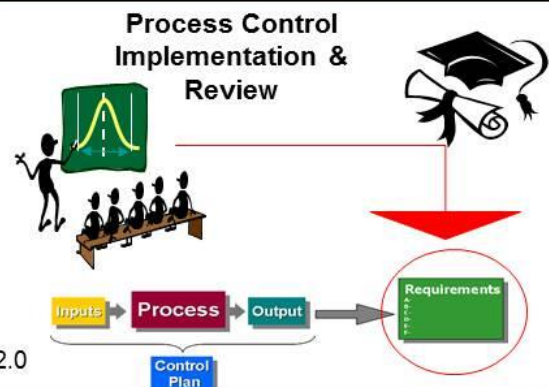
# MILESTONE 1

## Process Control Culture

<p><b>Q5</b> Does the Producer have a process in place to manage Process Control and improvement efforts?</p> <p><b>A5</b> Yes. Ensure Producer has an understanding of requirements and can provide clarification on how these are managed at each process level:</p> <p>Is it a one person job or Do they have engagement from</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Operations</li> <li>- Manufacturing Engineering</li> <li>- Quality Engineering</li> <li>- Management</li> </ul>	<p><b>Q6</b> Is there a defined organization structure, procedures, and documented roles &amp; responsibilities to ensure implementation and continuous improvement of the process?</p> <p><b>A6</b> Yes. People defined in Variation Management &amp; Continuous Improvement roles.</p> <p><b>Q7</b> Does the Producer have an established process control training matrix?</p> <p><b>A7</b> Yes. Training as defined by the Producer including training documentation as required, i.e. Certificates, attendance sheets, etc. Personnel must show a basic knowledge relative to process control and continuous improvement as defined by the Producer, a business process for Process Improvement</p>
---	---



Rev.2.0



# MILESTONE 1

# MILESTONE 2

## Risk Mitigation

Q8

Does the Producer have a methodology to detect risk?

A8

Yes. Risk Detection Matrix – Potential Failure Mode Effects Analysis or equivalent. Equivalent may be a process that successfully identifies the risks associated with each input and step of the operation/process. Where are the potential failures and how does it affect the product and ultimately the customer?

Q9

Does the Producer have a completed risk assessment with a corrective action plan in place?

A9

Review examples to manage risk, ensure demonstration of hierarchy of actions exists and status is tracked.

Q10

Has the Producer identified KPI's relative to eliminating FOD?

A10

Yes. The Producer should present evidence of their Foreign Object Damage control system.

Q11

Has the Producer identified KPI's/KPO's relating to part handling damage?

A11

Yes. The Producer should present evidence of efforts that have been completed to reduce part handling damage.

Q12

Have the risks associated with FOD and part handling damage been mitigated?

A12

If the evidence presented in Q10 and Q11 is acceptable then answer is Yes.

Q13

Does the risk analysis identify that a business process requires process control?

A13

If Yes, then validate risk assessment completion (if not completed, then the category is labeled as NO). If NO, no action required and this question would not impact the category rating.



Rev.2.0

# MILESTONE 2

# MILESTONE 2

## PFMEA or Equivalent

**Q14**

What is the highest RPN score for the process?

**A14**

Score for this category is the highest Risk Value for any step in this process (score between 0 – 1000).

RPN = Severity \* Probability of Occurrence \* Probability of Detection. Each rated on a scale of 1 – 1000.  
(1000 being the highest risk)

If PFMEA was not the tool utilized to assess risk take the measurement range of the tool that was used and develop equivalent scores on a 0 to 1000 scale.

**Example**

Scale used was Low, Medium, and High

On a 0 to 1000 scale

Low = 300

Medium = 500

High = 1000

**NOTE: This question applies to each process, i.e. each of these**

Scale used was 1, 2, 3, 4, 5

The highest possible score is  $5 \times 5 \times 5 = 125$

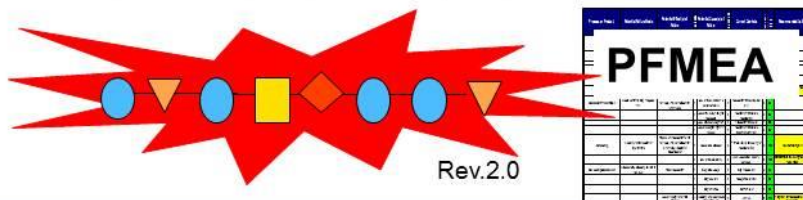
A possible RPN would be  $5 \times 3 \times 2 = 30$   
on a 0 to 1000 scale

**questions should be asked for every identified and specified process.**

$$\frac{30}{125} = \frac{X}{1000} \quad X = 240$$

Risk Detection Matrix (RPN)

POTENTIAL FAILURE MODE	POTENTIAL EFFECTS(S) OF FAILURE	SEVERITY	POTENTIAL CAUSES(S) OF FAILURE	OCCURRENCE	CURRENT CONTROLS	DETECTION	RISK PRIORITY NUMBER (rpn)	RECOMMENDED ACTION(S)
		S	x	O	x	D	= RPN	



Rev.2.0

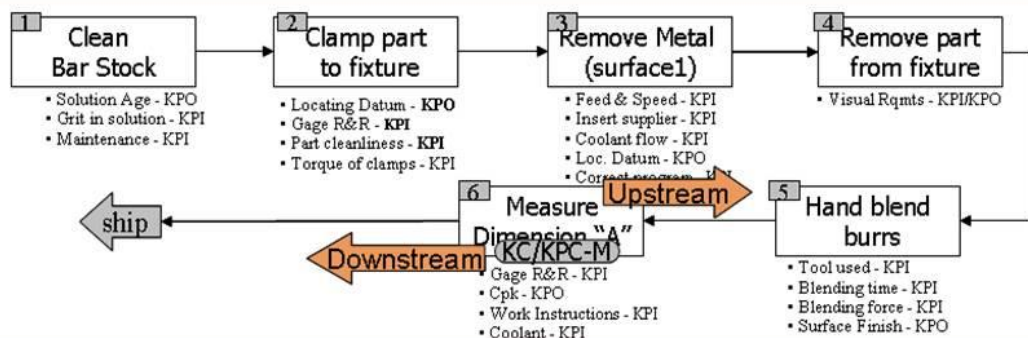
# MILESTONE 2



# MILESTONE 2

## KPI's & KPO's Identification

Q15	Have all KPI's and KPO's been identified for this process?
A15	Yes. This list should only include the inputs and outputs that are MOST important to the process
Q16	Was an acceptable method/tool utilized to identify KPI's and KPO's for the process?
A16	Examples of identification methods: (2X Tolerance Method, Serendipity Data, Accelerated Life Testing, Warranty Returns, PFMEA, Escapes, Rework, Design of Experiments or Other as defined by Producer).
Q17	Has there been an assessment to identify which KPI's are major contributors to variation in the process?
A17	Yes. There must be evidence to show that the producer can differentiate their Key Inputs from all the inputs that are applicable to this process. Key inputs are those that would cause scrap, rework, repair, or an escape if they are not controlled.
Q18	Is there a system in place to monitor KPI's and mitigate the risk associated with them?
A18	Examples of monitoring methods are: Control Plans, Control charts, Rainbow charts, Run charts, program stops, mistake proof fixtures.
Q19	Is there objective evidence that this system is being utilized continuously and is effective?
A19	Yes. If all the key inputs are being controlled and there is no proof of non-conforming output then the answer is yes.



# MILESTONE 2

# MILESTONE 2

## Measurement System Analysis (PART A)

**Q20**

Does the Producer have a quality system that includes Measurement System Analysis (MSA)/Gage R&R to ensure repeatability, reproducibility and correlation?

**A20**

Yes. Review gages and measuring equipment for validation (See Strategy Assessment questions below)

**Q21**

Does the Producer have a documented process/procedure to manage process changes and their impact on MSA/Gage R&R? Are they able to identify when a MSA/Gage R&R needs to be re-evaluated?

**A21**

Yes. If yes, ask what data has been collected and review method, procedures and tools for collection (See Data Types, Methods and Criteria below for examples)

STRATEGY ASSESSMENT QUESTIONS	Variable R&R Acceptable Limits:
Does Supplier know what is a Gage R & R (< 20%)?	>30% Unacceptable
If Gage R & R > 20%, does Supplier have a containment plan?	21-30% Conditional Acceptance if > 1.00 Cpk
Who has conducted Gage R & R? Were the gages calibrated prior to use?	≤ 20% Acceptable
How does Supplier measure the characteristic?	(5x2x2 matrix)- Two appraisers are asked to measure 5 parts, twice
Was Gage R & R conducted in the actual production environment?	<b>Attribute Gage Study Limits:</b>
Is the measuring system repeatable? (within operator)	100% agreement or
Is the measuring system reproducible? (operator-to-operator)	Lower bound greater than or equal 95% - Acceptable
What is the resolution of the measuring system (10%-25% of the tolerance)?	Lower bound < 95% - Unacceptable
Does Supplier have a Operator Gage R & R training plan?	(20x2x2 matrix - Two appraisers are asked to measure 20 parts, twice with 100% agreement.

Rev.2.0

# MILESTONE 2

# MILESTONE 2

## Measurement System Analysis (PART B)

Q22

Is there standard work that defines the required resolution of the measurement system?

A22

Yes. Examine standard work.

Q23

Does the Producer have visual evidence of calibration certification on active gages? (i.e., Labels on gages)

A23

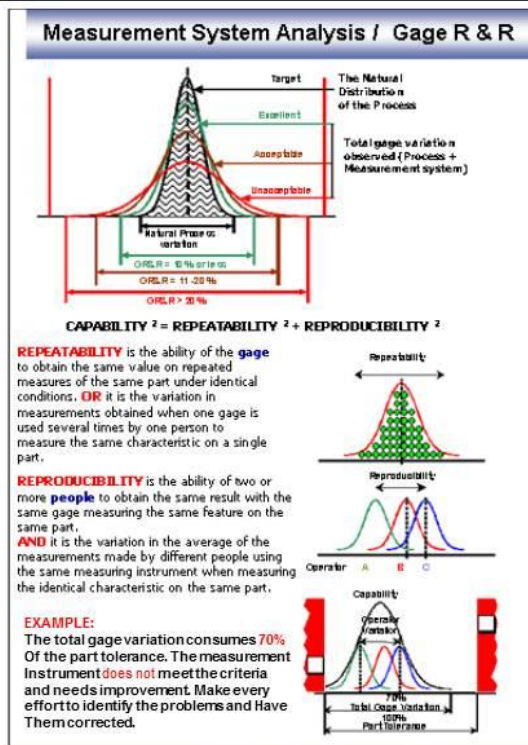
Yes. Perform a sample check of gages on the shop floor and verify that they have evidence of calibration.

Q24

Has the Producer defined pass/fail criteria for their measurement systems and applied containment limits when appropriate?

A24

Yes. If yes, ensure visual aids to determine pass/fail exist for attributes data.



# MILESTONE 2



# MILESTONE 2

## Control Plan

PROCESS CONTROL PLAN		Effective Date: 11/7/97
		Revision Level: NC
		Certification Date: 11/7/97
BU / WORK CELL	EQUIPMENT / PROCESS	CONTROL ELEMENT (MONITORING METHOD)
3108 & 3109	Turning	1. CNC Taps, 2. Periodic Audits, 3. Op. Cert./PVD
CONTROL TASK		RESPONSIBLE FOR CONTROL
Diameter W.D. +/- .001 and Surface Finish to .001		Machine Operator, Cell Leader and Mfg. Eng.
PROCESS INPUTS		
1. Tooling		5. Fixturing
2. Feeds & Speeds (NC Taps)		6. Operator Skill
3. Coolant		7. Machine Capability
4. Gaging		
REASON FOR CONTROL		
These features impact downstream processes.		
MEASUREMENT	ROUTINE REVIEWING OF DATA	CONTROL CHART
Gages per M/QI	Each part / op. Cert./PVD	Rainbow PVD
CONTROL ACTION		RESPONSIBLE FOR CONTROL ACTION
1. Maintain CPK greater than or equal to 1.33		Operator
2. Always target to basic or zero on gage		Operator
3. Ensure toolholder and insert fit and tightness for each part.		Operator
4. Monitor insert quality and replace if necessary on each part.		Operator
5. Utilize specified feeds & speeds controlled by NC Tapes.		Operator
6. Ensure coolant flow to insert tip for each part.		Operator
7. Ensure weekly coolant concentration checks completed.		Cell Leader
8. Fixture part per M/QIs.		Operator
9. Ensure proper Operator skill level is maintained.		Cell Leader
10. Ensure Machine is maintained per PMS schedule.		Cell Leader
TROUBLESHOOTING INFORMATION		
If the Operator cannot maintain CPK of 1.33 stop the job and see Cell Leader or Mfg. Eng. for assistance.		
REVIEW PROCEDURE		
Operator checks and reviews CPK data on every part. Mfg. Eng. To review PVD data monthly. Cell Leader to audit on a semi-annual basis.		
OPERATING PROCEDURE		
See work instructions (M/QI's)		
APPROVAL		
Process Owner: _____		Operator: _____
Team Members: _____		

### FORMAT EXAMPLES

CONTROL PLAN									
Gen Management									
Process/Cell Team									
Mfg. Eng. / Cell Leader / Team									
CONTROL ASPECT	SERIES	MEASUREMENT	RESPONSIBILITY	CONTROL METHOD	CONTROL PLAN	CONTROL CHART	CONTROL METHOD	CONTROL PLAN	CONTROL CHART
1. Maintain CPK greater than or equal to 1.33	100% on line	100% on line	Operator	Operator	Operator	Operator	Operator	Operator	Operator
2. Always target to basic or zero on gage	100% on line	100% on line	Operator	Operator	Operator	Operator	Operator	Operator	Operator
3. Ensure toolholder and insert fit and tightness for each part.	100% on line	100% on line	Operator	Operator	Operator	Operator	Operator	Operator	Operator
4. Monitor insert quality and replace if necessary on each part.	100% on line	100% on line	Operator	Operator	Operator	Operator	Operator	Operator	Operator
5. Utilize specified feeds & speeds controlled by NC Tapes.	100% on line	100% on line	Operator	Operator	Operator	Operator	Operator	Operator	Operator
6. Ensure coolant flow to insert tip for each part.	100% on line	100% on line	Operator	Operator	Operator	Operator	Operator	Operator	Operator
7. Ensure weekly coolant concentration checks completed.	100% on line	100% on line	Operator	Operator	Operator	Operator	Operator	Operator	Operator
8. Fixture part per M/QIs.	100% on line	100% on line	Operator	Operator	Operator	Operator	Operator	Operator	Operator
9. Ensure proper Operator skill level is maintained.	100% on line	100% on line	Operator	Operator	Operator	Operator	Operator	Operator	Operator
10. Ensure Machine is maintained per PMS schedule.	100% on line	100% on line	Operator	Operator	Operator	Operator	Operator	Operator	Operator

### Q25

Does the Producer have a process control plan that contains the following items?

### A25 Yes

- Processes to be monitored or generic process identification.
- KC description and requirement.
- Key Process Input (KPI) settings and control method.
- Expected process capability of defined KC's.
- Process step where measurements are taken.
- Type of control method to be used to monitor the process and KC's.
- Subgroup size used for process control/monitoring (if required).
- Frequency of measurements/monitoring.
- Method of measurement and gaging.
- Actions required when capability levels are not maintained.
- Self Audit based on process/KC's capability cannot exceed 12 months.

If the above items are available in the process operation (i.e., work instructions, manuals, etc.) they do not need to be documented in the process control plan. Alternate Process Control Plans that achieve the same results may be considered acceptable – if they are EFFECTIVE.

### Q26

Is the Control Plan actively used?

### A26

Yes. Control plan format can be extremely different, however, to have a good control plan all items in A1 must be included.

PROCEDURE NEXT PAGE

Rev.2.0

# MILESTONE 2

# MILESTONE 2

## Control Plan Procedure

### Process Control Plan Procedure:

The Manufacturing Engineer(s) and operator(s) responsible for the select process normally complete the control plan. The process control plan is developed during preliminary design, refined during detail design/verification and applied to the manufacturing process. The control plan is subject to internal and customer audits, as required, to confirm compliance.

### Process Control Plan Elements:

Effective Date: Enter the date the Process Control Document was compiled.

Revision Level: Enter the Process Control Document revision level.

Certification Date: Enter the date the Process was certified. If process not certified, leave blank.

- A. **B.U./Work Cell:** Enter the business unit and area work cell or departments where the process is performed.
- B. **Equipment / Process:** List type of equipment used in the process or description of the process, i.e. turning, milling, heat-treating, etc.
- C. **Primary Control Method:** This is the system used to control the process or equipment used in the process, i.e. NC program or another automated computer control system/program or work instructions.
- D. **Key Characteristic & Engineering Tolerance:** Enter key product characteristic(s) (KPCs) or key process output(s) (KPOs) and actual engineering tolerance(s) the process is producing.
- E. **Person Responsible for Control:** Enter the name(s) of the person(s) who controls, maintains and improves the process.
- F. **Key Process Inputs:** These are process variables (inputs) that have cause and effect relationships on the identified product characteristics. Key process input (KPI) and key process output (KPO) variables for process steps must be identified during the process mapping activity. Prioritization for control of these variables is identified from the process FMEA or from lessons learned. There can be more than one KPI characteristic listed for each product characteristic. In some processes, certain KPIs may affect several product characteristics. List all KPIs separately and identify each with a unique letter or numeric designation, thereby making it easier to assign a control action for each KPI per section 'J'.
- G. **Reason for Control:** Enter the reason(s) for controlling this process, see the following examples:
- |                          |  |                               |
|--------------------------|--|-------------------------------|
| (A) Customer requirement | (E) Upstream/downstream critical feature | (I) Escape item               |
| (B) Form                 | (F) High labor variation                 | (J) Significant MRB activity  |
| (C) Fit                  | (G) Drawing requirement                  | (K) Other (specify in detail) |
| (D) Function             | (H) Critical Life                        |                               |
- If using the "Other" code, avoid using generic terms such as "to maintain Cpk".
- H. **Measurement Technique:** Identify the measurement system used, including any gages, fixtures, tools and/or test equipment needed to measure the part/process/manufacturing equipment. If the system used is defined via work instruction(s), then refer to the work instruction number(s) in the block.
- I. **Monitoring Method:** Reference the type of SPC chart or data analysis method, including (but not limited to) rainbow, X-bar/R-bar, P or C charts, PVD, attribute data, turn-backs, sampling plans, etc. Significant changes in process or process capability should lead to a re-evaluation of the control method.
- J. **Control Actions:** Detail the control actions for your key process inputs. Also include the sample size and frequency when sampling is specified or permitted and the person(s) responsible for performing the action and/or task (if not required, enter N/A in the sample/frequency box). There should be at least one control action per KPI listed in section 'F', utilizing the same coding system; however, certain control actions may affect more than one KPI.
- Several control actions are automatic and are included as part of the control plan document. These include; KPC/KPO Process Capability requirements (Cpk or DPM), Preventive Maintenance schedules and Operator Skill Level. List the requirement for each of these actions.
- K. **Reaction Plan / Troubleshooting:** If the process falls out of control (i.e., one of the standard SPC control chart zone rules is violated) forcing the operator to halt the manufacturing operation, the reaction plan must be implemented. The reaction plan specifies required actions, including (but not limited to) root cause analysis, '5-Why' investigation, 8-discipline (8D) report, etc. This documented investigation must be completed prior to removing out of control data points from capability calculations. The reaction plan must also include a containment plan that details actions necessary to segregate nonconforming materials/products. These actions should normally be completed by the employees closest to the process and defined in the operating instructions if necessary.
- L. **Manufacturing Engineer Data Review Requirement:** Periodic data and process reviews insure key process inputs are controlling key product characteristics. Enter the required frequency for review and the name(s) of the responsible Manufacturing Engineer(s).
- M. **Self-Audit Requirement:** Periodic self-audits insure process owners (operators, cell leader and engineers) are following the control plan. Reference the audit or process procedure number and include the audit frequency and person(s) responsible for performing the audits.
- N. **Operating Procedures:** List the main controlling documents (typically work instructions) used to run each process step. Also reference alternate process documents when applicable.
- O. **Approvals:** The primary process owner and operators must approve (sign and date) the process control plan.

Rev.2.0

# MILESTONE 2



# MILESTONE 3

## Value Stream Impact

**Q27**

What is the relative impact of this process on the value stream? What % of total annual volume produced (pieces) utilize this process?

**A27**

Yes. This response is a percentage score. It should account for how many P&W parts require this process and the volume that these parts entail of all P&W parts from this Producer. Each process' value stream impact is independent from the other processes.

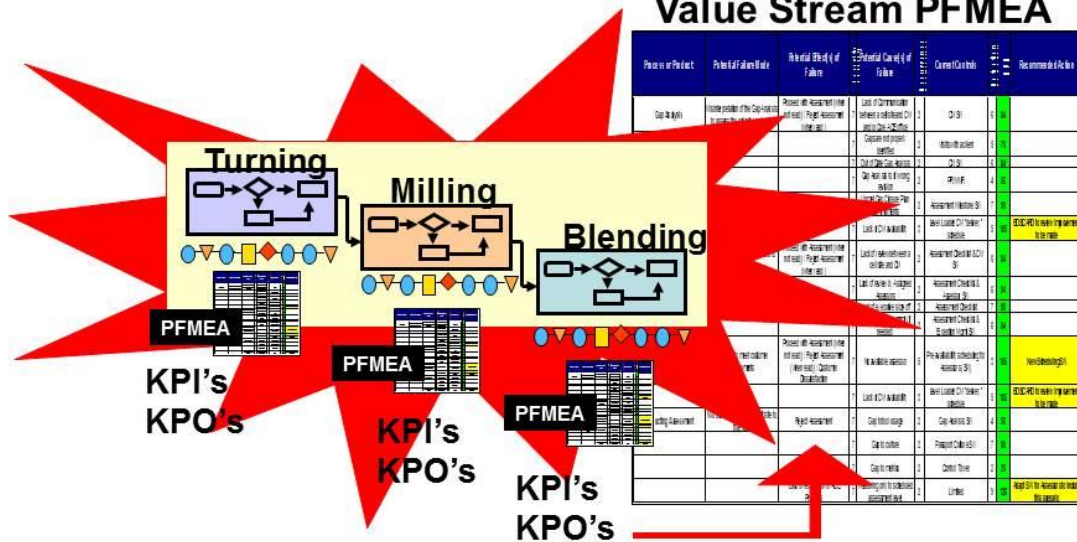
**Q28**

Has the process been improved by identifying and removing assignable causes that contribute to variation? Is the process characterized by a stable, consistent, and predictable pattern of variation over time?

**A28**

Yes. Ensure that there is an understanding of where any process may be passing on the risk to the next process. You identify this by seeing bottlenecks, SRR, redirects, impediments to flow, any non-conformances, escapes, etc. Ensure that assignable causes were identified and work was performed to remove them.

## Value Stream PFMEA



Rev.2.0

# MILESTONE 3

# MILESTONE 3

## Process In Control

### Variable & Attribute Data

Q29

Does the Producer use control charts at point of manufacture to monitor trends and assignable causes?

A29

Yes. Producer should be able to demonstrate the strategy to eliminate the assignable causes and reduce presence of the non-conformance variation in the process. Assess and evaluate the effectiveness of the control charts used by assessing if the Producer is reducing variations through time. Producer may also use run charts, rainbow charts, etc.

Q30

Does the Producer have a reaction plan for observations that are outside the control limits?

A30

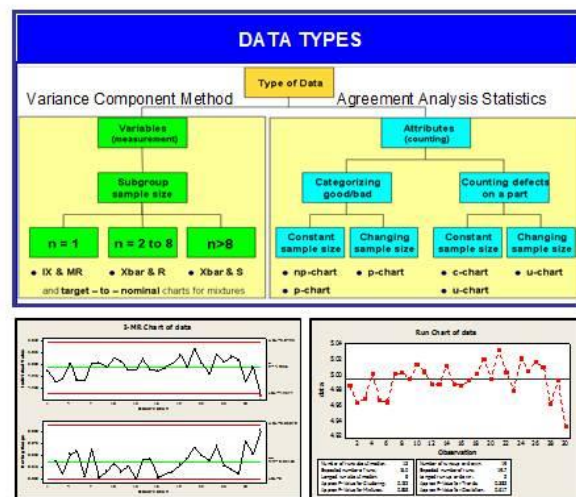
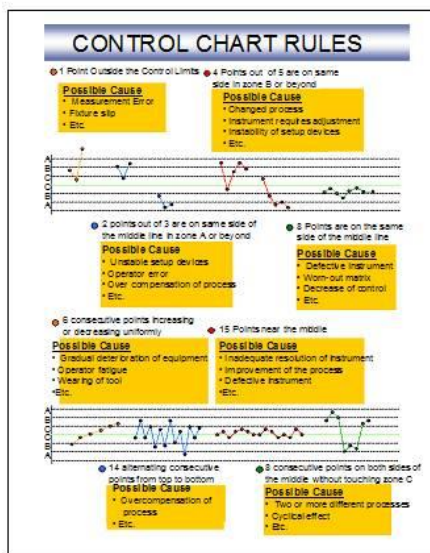
Yes. Check for an action list to address causes of non-conformances and completion status.

Q31

Does the Producer's methodology and objective evidence show that this process is in statistical control?

A31

Yes. Need to see sequential, real time data with control limits and absence of the conditions defined in the control chart rules as they refer to assignable cause.



Rev.2.0

# MILESTONE 3



# MILESTONE 3

## Process Is Capable

**Q32**

Does the data indicate appropriate distribution and stability?

**A32**

Yes. For attribute data – binomial; variable data - normal or non-normal (See distribution table).

**Q33**

Are the process capability records of the KC's available upon request? Is there objective evidence of the statistical analysis?

**A33**

Yes. Capability and Certification as described in the table below. This measure should be reflected in any part that flows through this process.

**Q34**

Is there a Preventive Maintenance Plan in place for this process? Is there evidence of the Plan being utilized?

**A34**

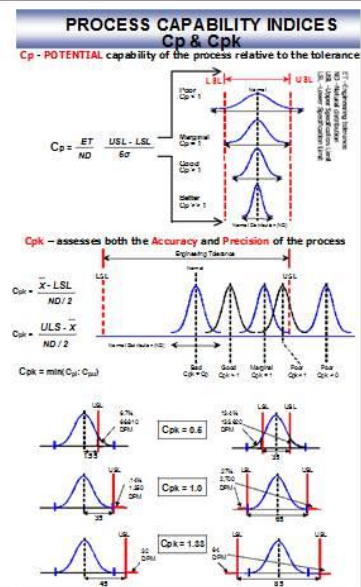
Yes. Both questions must be answered satisfactorily.

**Q35**

Does the Producer have a system in place to complete process control self audits? (Min requirement 1/year)

**A35**

The Producer must provide evidence of the audit plan. A schedule for audits, results of an audit, findings, and action items.



	Distribution Table		
	NORMAL Cpk	NON-NORMAL Ppk	BINOMIAL DPM
<b>CAPABLE (Milestone 3)</b>	1.0	1	2700
<b>CERTIFIED (Milestone 4)</b>	1.33	1.33	63

- ✓ Ensure a Procedure in place to correlate work instructions with process control plans.
- ✓ Select a sampling of parts for a given process and a sampling of multiple processes to validate process control compliance.
- ✓ Yes - Validation of both requirements met = Milestone 3
- ✓ No - Validation of both or either requirement not met ≠ Milestone 3

Rev.2.0

# MILESTONE 3



# MILESTONE 4

## Process Certified

## Self Audit of Process

**Q36**

**Is Producer sustaining (following industry standard rules for SPC), does Producer identified processes demonstrate a certified capability value (see chart on page 12) over the last 90 days for any parts in this process?**

**A36**

**Yes. Verify correct application of control method/charts on shop floor. Verify documented reactive actions for out of control signals.**

**Q37**

**For initial audit of processes reported as certified that contain Variable Measure Characteristics, do they demonstrate a Cpk of 1.33 or greater for (25) consecutive observations or (30) days of output whichever is greater with no non-conformances?**

**A37**

**Yes. Review the data, verify correct process is identified, verify the proper capability index is used, verify Capability  $\geq 1.33$ . Interview the process owner or operator.**

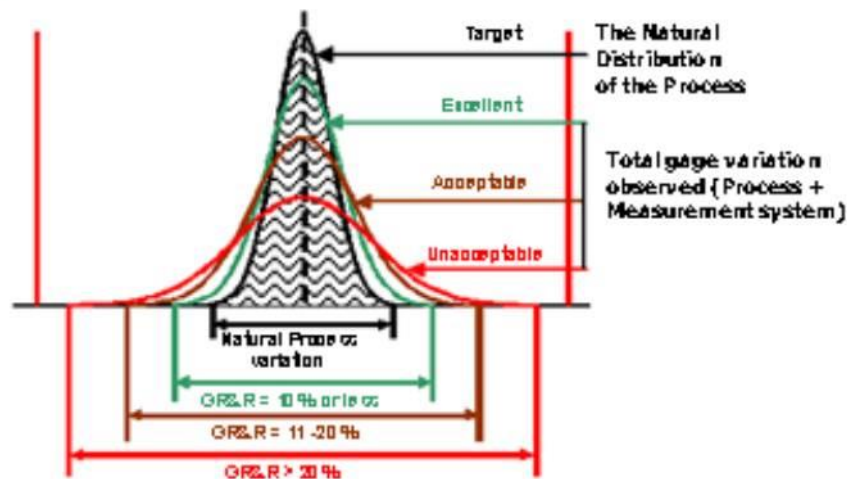
Rev.2.0

# MILESTONE 4

# REFERENCE DOCUMENTS

Rev.2.0

## Measurement System Analysis / Gage R & R



$$\text{CAPABILITY}^2 = \text{REPEATABILITY}^2 + \text{REPRODUCIBILITY}^2$$

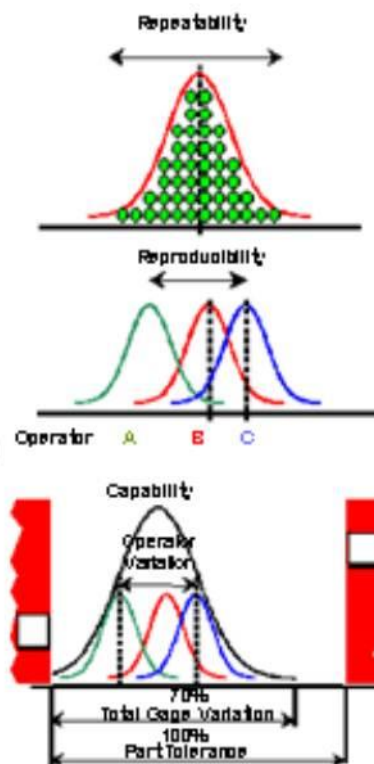
**REPEATABILITY** is the ability of the **gage** to obtain the same value on repeated measures of the same part under identical conditions. **OR** it is the variation in measurements obtained when one gage is used several times by one person to measure the same characteristic on a single part.

**REPRODUCIBILITY** is the ability of two or more **people** to obtain the same result with the same gage measuring the same feature on the same part.

**AND** it is the variation in the average of the measurements made by different people using the same measuring instrument when measuring the identical characteristic on the same part.

### EXAMPLE:

The total gage variation consumes **70%** Of the part tolerance. The measurement Instrument **does not** meet the criteria and needs improvement. Make every effort to identify the problems and Have Them corrected.



## Process Control Plan

### Process Control Plan Procedure:

The Manufacturing Engineer(s) and operator(s) responsible for the select process normally complete the control plan. The process control plan is developed during preliminary design, refined during detail design/verification and applied to the manufacturing process. The control plan is subject to internal and customer audits, as required, to confirm compliance.

### Process Control Plan Elements:

Effective Date: Enter the date the Process Control Document was compiled.

Revision Level: Enter the Process Control Document revision level.

Certification Date: Enter the date the Process was certified. If process not certified, leave blank.

- A. **B.U./Work Cell:** Enter the business unit and area work cell or departments where the process is performed.
- B. **Equipment / Process:** List type of equipment used in the process or description of the process, i.e. turning, milling, heat-treating, etc.
- C. **Primary Control Method:** This is the system used to control the process or equipment used in the process, i.e. NC program or another automated computer control system/program or work instructions.
- D. **Key Characteristic & Engineering Tolerance:** Enter key product characteristic(s) (KPCs) or key process output(s) (KPOs) and actual engineering tolerance(s) the process is producing.
- E. **Person Responsible for Control:** Enter the name(s) of the person(s) who controls, maintains and improves the process.
- F. **Key Process Inputs:** These are process variables (inputs) that have cause and effect relationships on the identified product characteristics. Key process input (KPI) and key process output (KPO) variables for process steps must be identified during the process mapping activity. Prioritization for control of these variables is identified from the process FMEA or from lessons learned. There can be more than one KPI characteristic listed for each product characteristic. In some processes, certain KPIs may affect several product characteristics. List all KPIs separately and identify each with a unique letter or numeric designation, thereby making it easier to assign a control action for each KPI per section 'J'.
- G. **Reason for Control:** Enter the reason(s) for controlling this process, see the following examples:
- |                          |  |                               |
|--------------------------|--|-------------------------------|
| (A) Customer requirement | (E) Upstream/downstream critical feature | (I) Escape item               |
| (B) Form                 | (F) High labor variation                 | (J) Significant MRB activity  |
| (C) Fit                  | (G) Drawing requirement                  | (K) Other (specify in detail) |
| (D) Function             | (H) Critical Life                        |                               |

If using the "Other" code, avoid using generic terms such as "to maintain Cpk".

Rev.2.0



## Process Control Plan (Cont'd)

- H. **Measurement Technique:** Identify the measurement system used, including any gages, fixtures, tools and/or test equipment needed to measure the part/process/manufacturing equipment. If the system used is defined via work instruction(s), then refer to the work instruction number(s) in the block.
- I. **Monitoring Method:** Reference the type of SPC chart or data analysis method, including (but not limited to) rainbow, X-bar/R-bar, P or C charts, PVD, attribute data, turn-backs, sampling plans, etc. Significant changes in process or process capability should lead to a re-evaluation of the control method.
- J. **Control Actions:** Detail the control actions for your key process inputs. Also include the sample size and frequency when sampling is specified or permitted and the person(s) responsible for performing the action and/or task (if not required, enter N/A in the sample/frequency box). There should be at least one control action per KPI listed in section 'F', utilizing the same coding system; however, certain control actions may affect more than one KPI.
- Several control actions are automatic and are included as part of the control plan document. These include; KPC/KPO Process Capability requirements (Cpk or DPM), Preventive Maintenance schedules and Operator Skill Level. List the requirement for each of these actions.
- K. **Reaction Plan / Troubleshooting:** If the process falls out of control (i.e., one of the standard SPC control chart zone rules is violated) forcing the operator to halt the manufacturing operation, the reaction plan must be implemented. The reaction plan specifies required actions, including (but not limited to) root cause analysis, '5-Why' investigation, 8-discipline (8D) report, etc. This documented investigation must be completed prior to removing out of control data points from capability calculations. The reaction plan must also include a containment plan that details actions necessary to segregate nonconforming materials/products. These actions should normally be completed by the employees closest to the process and defined in the operating instructions if necessary.
- L. **Manufacturing Engineer Data Review Requirement:** Periodic data and process reviews insure key process inputs are controlling key product characteristics. Enter the required frequency for review and the name(s) of the responsible Manufacturing Engineer(s).
- M. **Self-Audit Requirement:** Periodic self-audits insure process owners (operators, cell leader and engineers) are following the control plan. Reference the audit or process procedure number and include the audit frequency and person(s) responsible for performing the audits.
- N. **Operating Procedures:** List the main controlling documents (typically work instructions) used to run each process step. Also reference alternate process documents when applicable.
- O. **Approvals:** The primary process owner and operators must approve (sign and date) the process control plan.

Rev.2.0

# CONTROL CHART RULES

- 1 Point Outside the Control Limits
- 4 Points out of 5 are on same side in zone B or beyond

## Possible Cause

- Measurement Error
- Fixture slip
- Etc.

## Possible Cause

- Changed process
- Instrument requires adjustment
- Instability of setup devices
- Etc.



- 2 points out of 3 are on same side of the middle line in zone A or beyond

## Possible Cause

- Unstable setup devices
- Operator error
- Over compensation of process
- Etc.

- 8 Points are on the same side of the middle line

## Possible Cause

- Defective instrument
- Worn-out matrix
- Decrease of control
- Etc.

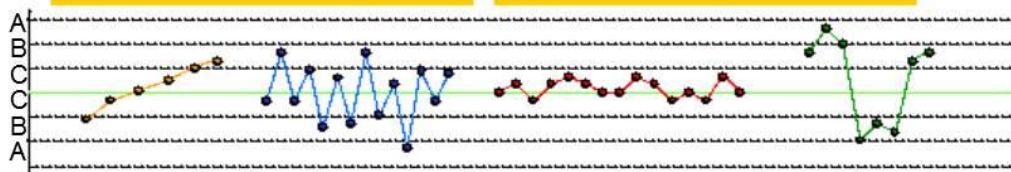
- 6 consecutive points increasing or decreasing uniformly
- 15 Points near the middle

## Possible Cause

- Gradual deterioration of equipment
- Operator fatigue
- Wearing of tool
- Etc.

## Possible Cause

- Inadequate resolution of instrument
- Improvement of the process
- Defective instrument
- Etc.



- 14 alternating consecutive points from top to bottom

## Possible Cause

- Overcompensation of process
- Etc.

- 8 consecutive points on both sides of the middle without touching zone C

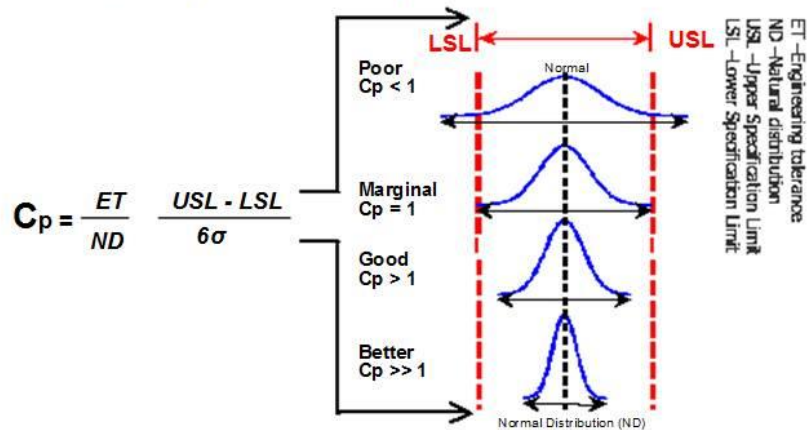
## Possible Cause

- Two or more different processes
- Cyclical effect
- Etc.

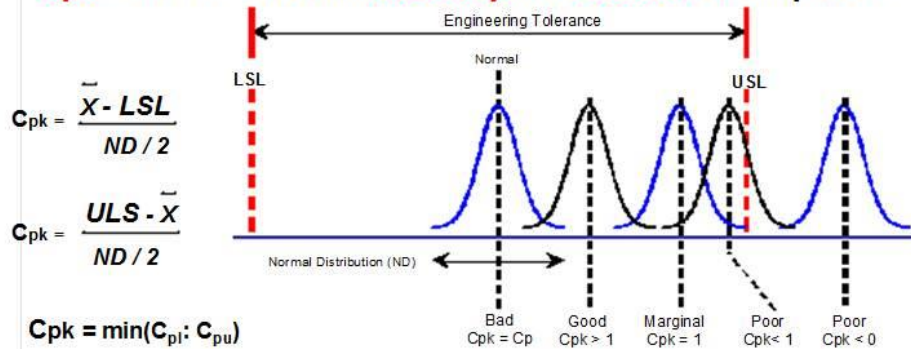
# PROCESS CAPABILITY INDICES

## Cp & Cpk

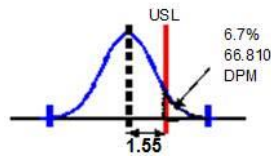
**Cp - POTENTIAL** capability of the process relative to the tolerance



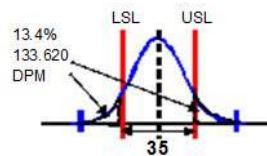
**Cpk - assesses both the Accuracy and Precision of the process**



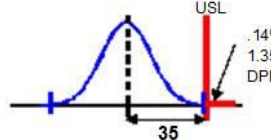
$$C_{pk} = \min(C_{pl}; C_{pu})$$



**Cpk = 0.5**



**Cpk = 1.0**



**Cpk = 1.33**

