

Вище професійне училище №21

м. Івано-Франківська

**Олег СЕМЧУК**

## **КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

з дисципліни

**«Відновлення деталей машин і механізмів»**



2022

# ЗМІСТ

	Стор.
Види технологічної документації на відновлення виробів	4
Порядок складання ремонтних креслень	5
Засоби технологічного оснащення, їхнє призначення	5
Відновлення роботоздатності деталей і вузлів	6
Сутність процесу очистки деталей перед відновленням	7
Класифікація забруднень і способи очистки деталей	8
Сутність дефектації і сортування деталей	9
Класифікація засобів дефектації деталей	10
Контроль якості відновлення деталей машин	11
<b>Контрольні запитання №1</b>	12
Класифікація видів зношування і пошкоджуваності	13
Абразивне зношування	13
Поняття про наплавлення. Основні вимоги до наплавлення	14
Процес підготовки до металу до наплавлення	15
Дугове наплавлення покритими електродами. Техніка і режими дугового наплавлення	16
Вібродугове наплавлення. Установки для вібродугового наплавлення	16
Дугове наплавлення з газополуменевим захистом	17
Сутність процесу газополуменевого наплавлення. Наплавлення твердими сплавами	18
Автоматичне наплавлення під шаром флюсу	20
Механізоване наплавлення у захисних газах	20
Електрошлакове наплавлення. Режими електрошлакового наплавлення	21
Сутність і технологія наплавлення струмами високої частоти	22
Класифікація методів контролю наплавлювальних поверхонь	23
Причини виникнення та характеристика дефектів при наплавленні	24
<b>Контрольні запитання №2</b>	26
Загальна характеристика видів контролю якості зварних з'єднань та наплавлених поверхонь	27
Сутність процесу напилення. Класифікація способів напилення	29
Газотермічне напилення. Апаратура для газотермічного напилення	30
Плазмове напилення. Матеріали для плазмового напилення	32
Основи технології металізації. Підготовка поверхні до металізації	33
Апаратура для металізації. Значення металізації і властивості покриттів	34

Контроль якості металізаційних покриттів	35
Технологічний процес відновлення деталей з допомогою пластмас	36
Клеї. Застосування клеїв для відновлення окремих видів деталей	37
Відновлення посадкових поверхонь і герметичності з'єднань	38
Відновлення деталей пластичною деформацією. Холодне і гаряче правлення	39
<b>Контрольні запитання №3</b>	42
Сутність і призначення термічної обробки	43
Класифікація видів термічної обробки	44
Відпал. Характеристика, види та мета відпалу	44
Нормалізація. Характеристика та мета нормалізації	45
Гартування. Умови гартування сталей	46
Відпуск. Характеристика, види та мета відпуску	48
Сутність і призначення хіміко-термічної обробки	48
Класифікація видів хіміко-термічної обробки	49
Характеристика цементації, азотування та нітроцементації	49
Загальна характеристика основних видів дифузійної металізації	51
Сутність і призначення термо-механічної обробки. Класифікація видів термо-механічної обробки	52
Характеристика низькотемпературної механічної обробки	52
Характеристика високотемпературної механічної обробки	53
Сутність обробки металів холодом	54
Поверхнєве зміцнення деталей пластичною деформацією (накатування)	54
<b>Контрольні запитання №4</b>	56
Технологія відновлення корпусних деталей	57
Технологія відновлення зубчатих коліс і зірочок ланцюгових передач	58
Технологія відновлення ходової частини гусеничних тракторів	58
<b>Контрольні запитання №5</b>	61
<b>Перелік посилань на джерела</b>	62

## *Види технологічної документації на відновлення виробів*

Використовуючи класифікацію і типізацію деталей і їх поверхонь, складають технологічну документацію на відновлення виробів, базуючись на технологічних процесах відновлення типових поверхонь.

Типові поверхні являються найбільш загальними первинними елементами деталей, від стану яких залежать їх роботоздатність і ресурс.

В процесі експлуатації не всі поверхні одночасно втрачають роботоздатність, а тому в більшості випадків виникає необхідність відновлення тільки окремих поверхонь деталей.

Первинним документом, який визначає перелік усунення дефектів являється **ремонтне креслення**.

**Ремонтне креслення** являється конструкторським документом, який розробляють на основі робочих креслень на виготовлення виробів.

Для регламентації вмісту, порядку розробки, узгодження і затвердження технологічних процесів на відновлення типових поверхонь і оформлення інших технологічних документів на відновлення деталей розроблений стандарт, який розповсюджується на всю технологічну документацію на відновлення деталей автомобілів, тракторів, сільськогосподарських машин, меліоративної техніки тощо.

Технічну документацію на відновлення типових поверхонь передбачено оформлювати у виді типових технологічних процесів.

**1.Типові технологічні процеси відновлення поверхонь** рекомендується застосовувати спільно з ремонтними кресленнями, які містять технологічний маршрут і вказування по базуванню деталей.

**2.Титульний лист (ТЛ)** оформляють на окремі технологічні процеси або групу процесів.

**3.Маршрутна карта (МК)** являється основним і обов'язковим документом комплектів на одиничні і типові (групові) технологічні процеси, в якому описується весь процес в технологічній послідовності виконання операцій.

Перелік застосовуваної на операції технологічної оснастки викладають у послідовності : приспособлення, допоміжний інструмент, різальний інструмент, слюсарно-монтажний інструмент, спеціальний інструмент, засоби вимірювання.

**4.Операційна карта (ОК)** призначена для описання технологічної операції з вказуванням послідовного виконання переходів, даних про засоби технологічного оснащення, технологічних режимах і трудозатратах. ОК оформляють на формах МК 2, і 1б.

**4.Карта типової (групової) операції (КТО)** призначена для описання типової (групової) технологічної операції з вказуванням послідовності виконання переходів і загальних даних про технологічну оснастку і режимах. КТО оформляють на формах МК 2 і 1б.

**5.Відомість деталей (складальних одиниць)** до типового технологічного процесу (операції) ВТП (ВТО) призначена для вказування складу деталей або типорозмірів поверхонь, відновлювальних по типовому технологічному процесу

(операції) і змінних даних про матеріал, засобах технологічного оснащення, режимах обробки і трудозатратах.

**6.Відомість технологічних документів (ВТД)** визначає склад технологічних документів, що застосовуються при відновленні виробів і призначена для їх комплектування.

**7.Відомість оснастки (ВО)** складають на конкретний технологічний процес.

**8.Карта ескізів (КЕ)** – графічний документ, що містить ескізи, схеми і таблиці і призначений для пояснення виконання технологічного процесу, операції чи переходу відновлення деталей, включаючи контроль і переміщення. Для типових технологічних процесів відновлення типових поверхонь деталей служить ремонтне креслення.

### *Порядок складання ремонтних креслень*

**Ремонтне креслення** являється конструкторським документом, який розробляють на основі робочих креслень на виготовлення деталей.

На ремонтному кресленні в обов'язковому порядку повинні бути приведені зображення відновленої деталі, технічні вимоги до неї, специфікація ремонтного складального креслення, таблиця дефектів з вказанням способів усунення, умов і переліку дефектів, при яких деталь не приймають на відновлення, рекомендований основний технологічний маршрут відновлення.

**В технічних умовах вказують :** допустимі відхилення розмірів, шорсткості відновлених поверхонь, розкид твердості, допустимість наявності пор, раковин, міцність зчеплення нанесеного покриття і інших параметрів, що обумовлені застосуванням того чи іншого способу, а також допуску розташування, які повинні бути витримані в процесі відновлення.

**Таблиця дефектів містить :** перелік дефектів та їх величину, коефіцієнти повторюваності дефектів і допустимі способи усунення дефектів.

При відновленні деталей способами зварювання, наплавлення, напилення і іншими способами вказують найменування, марку, розміри використовуваного матеріалу, захисне середовище.

**Ремонтні креслення розробляють у дві стадії для :**

- дослідного відновлення (РО);
- серійного відновлення деталей (РА).

На ремонтному кресленні одночасно допускається вказувати декілька варіантів відновлення одних і тих же елементів деталі із відповідними роз'ясненнями.

В позначеннях ремонтних креслень додають тире римську цифру I, II або III, при чому перший варіант являється основним.

### *Засоби технологічного оснащення, їхнє призначення*

**Засоби технологічного оснащення (ЗТО)** створюють для забезпечення виконання операцій технологічного процесу відновлення виробів із заданою продуктивністю і точністю у відповідності із запроєктованими режимами.

Режими виконання операцій в більшості випадків залежать від фізичної суті і технологічних можливих способів, а також стійкості інструментальної або технологічної оснастки. Наприклад, для наплавлю вального процесу характерна швидкість наплавлення, при якій забезпечуються задані якісні показники наплавленого металу; для гальванічного процесу – швидкість осадження металу; для процесів механічної обробки – швидкість різання.

Для технологічної оснастки основними являються вимоги по забезпеченню необхідної точності базування і мінімуму затрат праці і часу на установку, витягування і закріплення деталі.

У загальному вигляді технологічні процеси відновлення деталей можна представити як комплекси операцій по підготовці деталей до відновлення, отримання заготовки, механічної і зміцнювальної обробки, контролю якості і пакування.

ЗТО безпосередньо, що використовуються в технологічних процесах відновлення деталей, поділяють на :

- обладнання;
- оснастку.

Для обладнання основною класифікованою ознакою являється спосіб відновлення; способи відновлення визначають конструкцію, призначення і технічну характеристику ЗТО.

На спеціалізованих ремонтних ділянках підприємств рекомендується застосовувати універсальне механізоване обладнання з елементами автоматики на мікроелементній базі, що дозволяє швидко переналагоджувати обладнання на різні типорозміри відновлювальних деталей.

### ***Відновлення роботоздатності деталей і вузлів***

**В залежності від масштабів виробництва** застосовують наступні організаційні форми відновлення деталей :

- піддефектну;
- групову;
- маршрутну;
- маршрутно-групову.

**Піддефектна** форма полягає в усуненні кожного дефекту окремо. Комплектування деталей в партії здійснюють тільки по найменуванню.

По **груповій** технології деталі класифікують по конструктивним і технологічним особливостям з наступним об'єднанням їх в технологічні групи.

Групова технологія базується на наступних принципах :

- загальність геометричних форм зношених поверхонь;
- загальність деталей по матеріалу, точності обробки і термічної обробки;
- наявність у деталей кожної групи однотипних дефектів;
- можливість застосування однотипних способів усунення дефектів;
- можливість здійснення технологічного процесу відновлення деталей, що входять в групу на однотипним обладнанні.

**Маршрутна технологія** оснований на взаємозв'язку дефектів, мінімальному переміщенні деталей, найменшій різниці в трудоемкості усунення дефектів, об'єднання різних дефектів, які можуть бути усунені на загальних робочих місцях однаковими технологічними способами. Дану технологію варто застосовувати на підприємствах по відновленню деталей вузької номенклатури з великими програмами.

**Маршрутно-групову** технологію застосовують при відновленні широкої номенклатури з використанням переваг маршрутної технології. В цьому випадку деталі комплектують на ділянці дефектації в технологічні маршрути по врахуванню дефектів і конструктивно-технологічним ознакам.

При відновленні окремих деталей основною задачею являється надання зношеним поверхням початкових розмірів.

Основними *технологічними прийомами* являються : наплавлення і напилення металопокриттів, осадження металу, формозміна, дифузія, структурні зміни, нанесення полімерних матеріалів.

Техніко-економічний вибір способів відновлення передбачає поетапний аналіз технічних, економічних і організаційних показників доцільності даного способу.

Технічну доцільність застосування оцінюють ресурсом відновлених поверхонь, спряжень і деталей в цілому, економічну – затратами споживача при застосування технології. Затрати споживача при застосуванні способів відновлення не повинні перевищувати затрат на нові запасні частини з врахуванням ресурсу.

Організаційними показниками являються коефіцієнти використання обладнання і приведені затрати на відновлення. Коефіцієнти використання обладнання повинні бути не нижче нормативних, а приведені затрати по переважаючому варіанту повинні бути мінімальними.

## ***Сутність процесу очистки деталей перед відновленням***

**Приймання деталей на відновлення** залежить від масштабів ремонтного виробництва і місця виконання робіт. На ремонтних підприємствах деталі відновлюють партіями у відповідності із висновком по результатам дефектації.

На централізоване відновлення приймають деталі тільки визначеної номенклатури, затвердженої у встановленому порядку.

Деталі, які здають на відновлення, очищують від забруднень до такого стану, щоб їх можна було б оглянути і виявити дефекти.

Очистка деталей від забруднень являється специфічною операцією ремонтного виробництва. Якщо не видаляти забруднення на постах мийки, то воно розноситься по цехах і потрапляє і потрапляє на пости складання у спряження що труться, викликаючи їх інтенсивне зношування. Наявність жирових і інших забруднень на деталях, які підлягають фарбуванню або гальванічному покриттю і хімічному способу, призводить до лушення і розшарування цих покриттів в процесі експлуатації.

Забруднення на деталях, відновлювальних наплавленням, викликають утворенню в наплавлених поверхнях пори.

**Забрудненнями деталей являються :**

- *дорожньо-грунтові забруднення*; вони містять дорожній бруд, рослинні залишки і масляно-грязеві відкладення;
- *залишки змащувальних матеріалів* – найбільш розповсюджений вид забруднень. Видалення таких забруднень представляє визначення труднощі, так як змащувальні матеріали в період експлуатації машини окислюються і розчинюються, в результаті чого їх зв'язок з металевою поверхнею значно збільшується;
- *лакові плівки* – особливий вид вуглецевих відкладень, які виникають в результаті термічного окислення масляних шарів невеликої товщини; масло, що попадає на нагріті поверхні деталей у виді тонкої плівки може виділяти дуже дрібні вуглецеві частинки (1мкм), які служать вихідним матеріалом для лакової плівки;
- *нагари*, представляють собою тверді вуглецеві частинки, що утворюються в результат згорання палива і масел, які осідають на тонкій плівці липучих високомолекулярних з'єднань масла;
- *осад* – це липуча, безобразна маса, що відкладається, як правило в малоканалних і брудовловлювачах;
- *накип* – утворюється на деталях системи охолодження;
- *абразивні і металеві частини* появляються на деталях в процесі їх виготовлення, експлуатації або ремонту при неретельній промивці деталей або при відсутності цього процесу;
- *біологічні відкладення* утворюються в молокопроводах, доїльних установках, механізмах зерносховищ тощо.

Попри забруднень на поверхнях деталей можуть знаходитися продукти корозії, що утворюються в результаті хімічного і електрохімічного руйнування металу, старі лакофарбові покриття.

### ***Класифікація забруднень і способи очистки деталей***

Класифікація забруднень і способи очистки деталей подана у таблиці 1.

Таблиця 1 – Класифікація забруднень і способи очистки деталей

<b>Вид забруднень</b>	<b>Спосіб очистки</b>
Дорожньо-грунтові відкладення : дорожній бруд, масляно-грунтові відкладення, рослинні залишки	В розчинах мийних засобів
Залишки палива, масел і змазки : залишки моторних і трансмісійних масел, пластичних змащувальних матеріалів, консерваційних змазок	В розчинах синтетичних миючих засобів
Асфальтно-молисті відкладення : відкладення смоли, аморфні і структуровані залишки	В розчинно-емульгуючих засобах, доочистка механізованими інструментами в галтовочних барабанах
Вуглецеві відкладення : <i>лакові</i>	В розчинно-емульгуючих засобах, доочистка механізованими інструментами в галтовочних барабанах



<i>нагар</i>	В розплавах солей, кісткоподібною крошкою, в розчинно-емульгуючих засобах із доочисткою інструментами
Неорганічні забруднення : <i>накип</i>  <i>залишки корозії і механічного зношування деталей</i>	В кислотних розчинах і розплаві солей, кісткоподібною крошкою, склосферою і піском, очистка ручним механізованим інструментом Ручним механізованим інструментом, обробка розчинами кислот
Старі лакофарбові покриття	В розчинах лужних засобів і з допомогою змивання

### Основні види очищувальних засобів :

- лужні миючі засоби;
- синтетичні миючі засоби;
- розчинники;
- розчинно-емульгуючі засоби, в тому числі : РЕС-I, РЕС-II .

### *Сутність дефектації і сортування деталей*

**Дефектацію деталей** проводять з метою визначення їх технічного стану:

- деформацію і зношення матеріалу;
- зміну властивостей і характеристик робочих поверхонь;
- збереженості форми.

**Дефектацію деталей** здійснюють у відповідності з таблицями дефектації технічних умов або вимог на ремонт машин.

Процес дефектації в значній мірі визначає якість відновлених деталей.

При дефектації виконують наступні операції.

На початку зовнішнім оглядом, неозброєним оком або із застосуванням лупи, перевіркою на дотик, простукуванням виявляють наступні пошкодження деталей : тріщини, забоїни, задири, корозію, послаблення щільності посадки.

Далі використовують універсальний і спеціальний вимірювальний інструмент – визначають геометричні параметри деталей. Для знаходження прихованих дефектів, перевірки на герметичність, пружність, контролю взаємного положення елементів деталей використовують спеціальні пристрої і пристосування.

Приміщення, де проводиться дефектації повинно мати добре освітлення.

Інструмент і деталі перед вимірюванням повинні бути однакової температури, яка рівна температурі приміщення. Ввесь інструмент повинен бути перевірений службою метрології.

Тріщини в корпусних деталях визначають *гідралічним методом*. Контрольовані деталі встановлюють на стенд поверхневі отвори закриваються кришками і заглушками, а внутрішню частину заповнюють водою створюючи тиск всередині корпусу і витримують при цьому тиску в межах певного часу. Тиск який знижується по манометрі і наявність течі свідчить про наявність тріщини.

В суцільних деталях тріщини виявляють *магнітним методом*, який оснований на виникненні полів розсіювання при проходженні через дефектну деталь магнітного потоку. Дефекти знаходять з допомогою магнітного порошку (сухого або у вигляді суспензії). На намагнічену деталь частинки порошку концентруються по краях тріщин що вказують її конфігурацію і місце розташування.

На спеціальних підприємствах в даних цілях використовують універсальні дефектоскопи типу М-217, УМД-9000, ЦНВ-3.

Для деталей із кольорових металів використовується *люмінесцентний метод*, оснований на здатності деяких речовин світитися під дією ультрафіолетових променів. В якості флуоресцентної речовини використовують розчини, що містять, % : гасу 50, трансформаторного масла 25, бензину 25 і 0,25 г на 1 л зелено-золотистого дефектолу; гасу 50 і нориолу 50.

Люмінісцентну дефектоскопію проводять з використанням дефектоскопів марок : ЛЮМ-1, ЛЮМ-2, ЛДА-3, ЛД-4.

**Внутрішні дефекти** у найбільш відповідальних деталях виявляють з допомогою ультразвукових дефектоскопів ДУК-5В, УЗД-7Н, ДСК-1.

### ***Класифікація засобів дефектації деталей***

Класифікація засобів дефектації деталей подана у таблиці 2.

Таблиця 2 – Класифікація засобів дефектації деталей

<b>Призначення засобів дефектації</b>	<b>Контролюючі показники</b>	<b>Використовувані засоби дефектації</b>
Вимірювання розмірів деталей	Лінійні розміри (діаметр, довжина, глибина тощо)  Лінійні розміри окремих елементів	Штангенциркуль, штангенінструменти, мікрометричні інструменти і важільно-зубчаті пристрої Різьбомір
Контроль відхилення форми	Відхилення від циліндричності Відхилення від прямолінійності Відхилення від площинності Відхилення від форми заданого профілю	Індикаторні приспособлення Повіркові лінійки Повіркові плити Шаблони
Контроль параметрів шорсткості	Зняття профілограф з наступною їх обробкою	Профілометр
Контроль твердості поверхонь	Визначення твердості шляхом вдавлювання сталюї загартованої кульки або алмазної піраміди	Твердоміри ТШ і ТК

Контроль цілісності деталей	Способи виявлення тріщин і інших дефектів : -магнітний; - люмінесцентний; - ультразвуковий.	Магнітний дефектоскоп Люмінесцентний дефектоскоп Ультразвуковий дефектоскоп
-----------------------------	--	---

### *Контроль якості відновлення деталей машин*

Якість відновлення деталей машин оцінюють степенню відповідності отриманих фізико-механічних властивостей і геометричних параметрів заданим заданими технічними умовами на відновлення деталі і ремонтним кресленням аналогічним властивостям і параметрам.

**При відновленні деталей** виконують : "летючий", проміжний і завершальний контроль.

**Летючий контроль** проводять вибірково як на окремих операціях технологічного процесу, так і на готових виробах.

**Проміжний контроль** виконують поопераційно і по згрупованим операціям. Перевірку як правило здійснюють виконавці робіт, також майстри, бригадири, керівники підрозділів. Періодично проміжний контроль проводять робітники відділу технічного контролю (ВТК) підприємства.

**Завершальний контроль** всіх відновлених деталей проводять робітники ВТК підприємства.

**При обробці різанням** перевіряють відповідність розмірів, форми, взаємного розташування оброблених поверхонь і їх шорсткість вимогам ремонтних креслень або технічних умов. Для цього використовують універсальні вимірювальні інструменти, калібри, пристрої тощо.

**При зварюванні і наплавленні** перевіряють якість швів, товщину наплавленого металу, оброблюваність, щільність наплавленого металу і його твердість, а також режим наплавлення. Напливи, подрізи, тріщини, кратери, непровари, пори, раковини, шлакові включення виявляють при огляді неозброєним оком і через лупу. Відповідальні деталі після попередньої обробки піддають магнітній або ультрафіолетовій дефектоскопії.

Герметичність контролюють гасом або повітрям при відповідному тиску, а при необхідності – гідравлічним випробуванням на спеціальних стендах.

Гальванічні покриття контролюють зовнішнім оглядом осадженого металу. При контролі виявляють тріщини, пори, відшарування осадку від основного металу, дендритні нарости, пригарання тощо. Твердість гальванічних покриттів контролюють на пристрої типу ПМТ-3 або з допомогою твердоміра Віккерса.

На термічних ділянках контролюються режими термообробки і твердість оброблених поверхонь з допомогою твердомірів.

Для забезпечення високої надійності контрольно-вимірювальних операцій всі вимірювальні пристрої та інструменти повинні періодично піддаватися перевірці через встановлені проміжки часу.

## Контрольні запитання №1

1. Види технологічної документації.
2. Ремонтні креслення. Їхній порядок складання.
3. Процес відновлення робото здатності деталей і вузлів.
4. Класифікація забруднень деталей машин.
5. Процес очистки деталей перед відновленням.
6. Сутність дефекації деталей.
7. Класифікація засобів дефекації машин.
8. Назвіть види контролю якості деталей машин.

## ***Класифікація видів зношування і пошкоджуваності***

**Зношування** – це процес руйнування і відділення з поверхні твердого тіла і (або) нагромадження його залишкової деформації тертя, що виявляється у поступовій зміні розмірів і форми тіла.

**Знос** – це результат зношування, що оцінюється безпосередньо зміною розмірів.

Зношення деталей вузлів тертя призводить до погіршення функціональних показників машин, що як правило регламентує її ресурс. В результаті зношування порушується кінематична точність механізмів, знижується продуктивність, зменшується міцність деталей, збільшуються витрати на ремонт машин, затрати енергії на виробництво кінцевої продукції, pojawiaються не передбачені розрахунком додаткові навантаження, вібрація, шум.

**Пошкоджуваність** – це процес різко вираженої і нерівномірної зміни геометричного стану поверхонь тертя, структури і властивостей поверхневих шарів.

**Пошкодження** – це результат пошкоджуваності, що проявляється у зміні макрогеометричних характеристик, структури, властивостей і напруженого стану поверхневих шарів.

**Примітка.** Встановлені десять класів зносостійкості виробів від 3 до 10.

**Класифікація видів зношування :**

- *механічне зношування* : абразивне, гідроабразивне, кавітаційне, втомне, зношування при фреттінг-корозії, зношування при схоплюванні;
- *корозійно-механічне* : окислювальне, зношування при фреттінг корозії, електроерозійне.

Під механічним зношуванням розуміють зношування в результаті механічної взаємодії.

### ***Абразивне зношування***

**Абразивному зношуванню** піддаються деталі і вузли тертя більшості машин і обладнання, які застосовуються у гірничобудівній промисловості, сільському господарстві, бурове обладнання і інструмент, робочі частини і ходова частина будівельно-дорожньої і транспортної техніки тощо.

Основною ознакою абразивного зношування являється участь в процесі твердих частин, що володіють різною структурою, формою і розмірами, твердістю, міцністю. Тертя в присутності абразивних частин характеризується не стаціонарністю контактів твердих частин із зношеною поверхнею, широким спектром і високою концентрацією напружень, фізико-хімічною активацією поверхонь твердих тіл.

**По характеру силової дії абразиву** деталей, що труться, розрізняють (рисунок 1) :

- а) ковзання деталі по монолітному абразиву;
- б) кочення деталі по абразиву;
- в) зіткнення з частинками абразиву;

- г) зіткнення деталі з монолітним абразивом;
- д) взаємодія потоку абразивних частинок на поверхню деталі;
- е) ковзання деталі в масі абразивних частин;
- ж) взаємодія спряжених деталей в контакті з абразивними частинами.

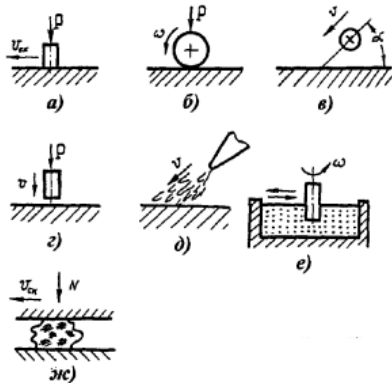
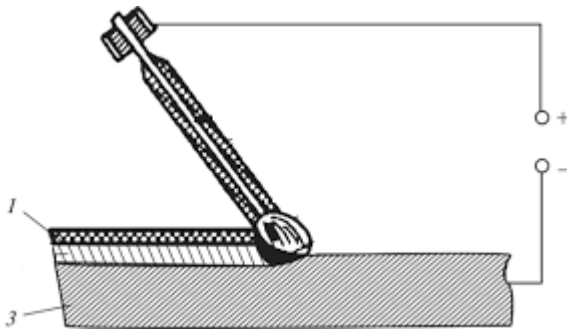


Рисунок 1 – Схема силової взаємодії абразиву з деталлю

### ***Поняття про напавлення. Вимоги до процесу напавлення***

**Напавленням** називають процес нанесення шару розплавленого металу або сплаву на поверхню виробу (рисунок 2).



- 1 – напавлений метал;
- 2 – виріб.

Рисунок 1 – Процес напавлення

#### **Напавлення проводять з метою :**

- відновлення зношених деталей;
- надання поверхні спеціальних властивостей (зносостійкість, теплостійкість, нержавіючі властивості, низький коефіцієнт тертя).

#### **Вимоги до процесу напавлення :**

- забезпечувати мінімальне проплавлення основного металу;
- необхідність високої продуктивності процесу.

*Мінімальне проплавлення досягається :*

- а) Процес напавлення виконується на зворотній полярності . Джерело живлення – випрямляч, генератор.
- б) Горіння дуги на підвищеній напрузі.

**За способом виробництва наплавлювальні матеріали** поділяються на : покриті електроди, наплавлювальні суцільні дроти й стрічки, флюси, порошкові дроти та стрічки, прутки й зернисті (порошкоподібні) сплави.

**Примітка.** Для наплавлення матеріали підбирають залежно від призначення і необхідної твердості наплавленого шару.

Згідно ГОСТ 10543- 82 виготовляється сталевий наплавлювальний дріт діаметром від 0,8 до 8 мм. Стандартом передбачений вуглецевий дріт 9 марок (Нп-25, Нп-85 тощо), легований дріт 11 марок (Нп-40Г, Нп-30ХГСА), високолегований дріт 10 марок (Нп-20Х14, Нп- Х20Н80Т).

Згідно ГОСТ 10051-75 передбачає 44 типи покритих електродів для наплавлення поверхневих шарів з особливими властивостями.

Для наплавлення під флюсом деталей використовують порошкові дроти марок ПП -АН120, ПП-АН122.

Для наплавлення в середовищі аргону і газокисневим полум'ям використовують прутки з литих твердих сплавів (діаметром від 6 до 8 мм, довжиною до 400 мм).

### ***Процес підготовки до металу до наплавлення***

Для отримання якісного наплавленого шару поверхню деталі перед наплавленням рекомендується піддавати зачистці з метою повного видалення різних забруднень (вологи, масла, порошу, іржі), а також можливих дефектів у вигляді тріщин, слідів зношування, зміцнювальних шарів тощо.

Для очищення поверхневих шарів основного металу використовують різноманітні способи обезжирювання, із яких найбільш надійним є промивання ацетоном. Для видалення оксидної плівки і дрібних тріщин використовують дискові і стрічкові інструменти із абразивних матеріалів або піскоструменеву обробку. Глибокі поверхневі тріщини видаляють різними способами обробкою різанням.

Забезпечення хорошого стану поверхні основного металу особливо важливо при напавленні сталіту. Перед наплавленням деталі можна піддавати нормалізації або відпалу для отримання стабільної структури основного металу.

Для якісного формування наплавленого шару рекомендується виконувати розробку поверхні деталі по формі для забезпечення необхідної чистоти (рисунок 3).

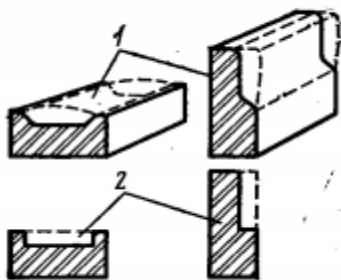


Рисунок 3 – Приклади виконання розробки основного металу

перед антикорозійним наплавленням :

1) правильна розробка; 2) неправильна розробка.

## ***Дугове наплавлення покритими електродами. Техніка і режими дугового наплавлення***

Ручне дугове наплавлення виконують плавкими і неплавкими електродами. Його використовують для відновлення спрацьованих поверхонь, браку лиття та для наплавлення поверхонь із спеціальними властивостями.

### **Особливості наплавлювальних електродів :**

- хімічний склад наплавленого шару забезпечується маркою стержня електроду і складом обмазки;
- призначені для зварювання на зворотній полярності;
- в складі обмазки є поверхнево активні речовини, які зменшують силу поверхневого натягу краплі.

**Примітка.** Є більше 200 марок наплавлювальних електродів, які вибираються за довідником.

Наприклад, електрод типу Э 35Г6, 0,35% С, 6% марганцю.

### **Недоліки способу :**

- низька продуктивність;
- для кожного наплавленого шару – складне виробництво окремої марки електродів;
- важкі умови праці зварника.

**Ручне дугове наплавлення** виконують електродами діаметром 4-6 мм.

Зварювальний струм складає 160-250 А. Напряга дуги 22-26 В.

Наплавлення виконують короткою дугою, постійним струмом зворотної полярності.

## ***Вібродугове наплавлення. Установки для вібродугового наплавлення***

**Вібродугове наплавлення** – це різновидність дугового наплавлення металевим електродом. Процес наплавлення здійснюється при вібрації електрода з подачею охолоджуючої рідини на наплавлену поверхню.

На супорті токарного верстата закріплюють наплавлювальну головку (ОКС-6569 або ОКС -1252). Для живлення використовують джерело постійного струму із жорсткою ВАХ (ВС-300 і ВС-600).

До наплавлювальної поверхні деталі, яка рухається в центрах токарного верстата, роликми подаючого механізму із касети через вібруючий мундштук здійснюється подача електродного дроту (рисунок 4).



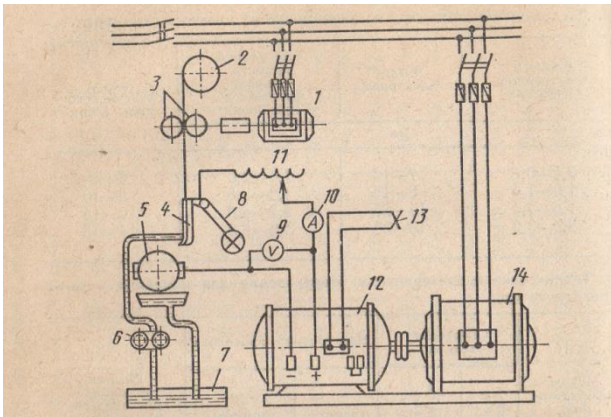


Рисунок 4 – Принципова схема вібродугового наплавлення

Із - за коливань мундштука, що викликаються ексцентриковим механізмом, дріт періодично дотикається до поверхні деталі і розплавляється під дією імпульсних електричних розрядів, що поступають від генератора. Вібрація електрода під час наплавлення забезпечує стабільність процесу за рахунок частих коливань дугових розрядів.

Якість з'єднання наплавленого металу з основним залежить від деяких факторів :

- полярність струму;
- крок наплавлення (подача супорта верстата на один оберт деталі);
- кут підведення електрода до деталі;
- якість очищення і підготовки поверхні;
- товщина шару наплавлення тощо.

При напавленні низьковуглецевим дротом Св-08 отримують твердість поверхні наплавлення 14-19 HRC.

Технологія вібродугового наплавлення передбачає відновлення деталей з циліндричними, конічними зовнішніми і внутрішніми поверхнями, а також плоскими поверхнями.

Товщина одношарового наплавлення і залежності від режимів коливається від 0,5 до 3 мм.

Для комбінованого наплавлення під шаром флюсу вібруючим електродом можна використовувати головки ОКС-1252 і ОКС-6569.

Оптимальний режим наплавлення : напруга 28-30В, сила струму 70-75А (діаметр дроту 1,6 мм), швидкість подачі дроту 1,3м/хв, швидкість наплавлення 0,5-0,5м/хв, амплітуда вібрації 1,8-2 мм.

Недоліком вібродугового наплавлення можна вважати зменшення до 40% опору втомленості напавлених деталей. Цей показник можна збільшити термообробкою.

### *Дугове наплавлення з газополуменевим захистом*

При відновленні деталей в умовах ремонтного виробництва являється дугове наплавлення з газополуменевим захистом. Спосіб дозволяє напавляти на деталі щільні шари, застосовуючи при цьому доступні матеріали. Також можна напавляти сталевим вуглецевим дротом на чавунні деталі.

Особливістю даного методу є те, що захисні гази у зварювальну ванну подаються двома концентрованими потоками (рисунок 5) :

- у зовнішньому потоці – природний газ або пропан-бутанова суміш;
- у внутрішньому потоці – кисень.

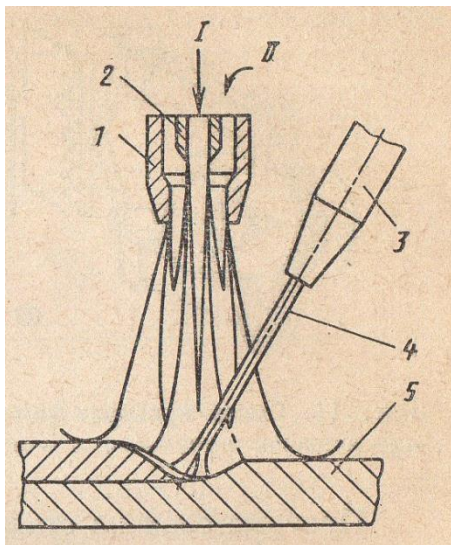


Рисунок 5 – Схема наплавлення з газополуменевим захистом :

1 – сопло для привідного газу; 2 – сопло для кисню; 3 – мундштук;

4 – дріт; 5 – деталь; I і II – подача відповідного кисню і природного газу (пропан - бутану).

При цьому природний газ і продукти його горіння захищають зварювальну ванну від проникнення азоту і повітря.

При наплавленні з газополуменевим захистом використовують двохсопловий палильник «Ремдеталь».

Для захисту від перегріву в процесі наплавлення газовий палильник і головка мундштука оснащені спеціальними пристроями охолодження, яку вмикають послідовно у систему живлення води.

Наплавлення здійснюють на наплавлювальних установках УД-209, У-653. Для живлення дуги застосовують джерела з погологоспадаючою або жорсткою характеристикою : ВС-600, ВДУ-505, ПСГ-500 тощо.

Щільні шари на сталеві і чавунні деталі наплавляють різними сталевими, зварювальними і наплавлювальними дротами : Св-08, Св-08ГА, Св-08Г2С, Нп-30ХГСА.

## **Суть процесу газополуменевого наплавлення. Наплавлення твердими сплавами**

**Наплавленням** називають процес нанесення присаджувального матеріалу на основний метал.

**Призначення наплавлення :**

- відновлення розмірів зношених деталей;
- надання поверхні спеціальних властивостей (зносостійкість, твердість, низький коефіцієнт тертя, корозійна стійкість тощо).

**Основна вимога до процесу наплавлення** – забезпечення мінімальної глибини проплавлення основного металу 0,3 – 0,5 мм. При напавленні на попередньо нагріту поверхню направляють полум'я, але не доводять основний метал до розплавлення.

Недоліком газополуменевого наплавлення є : низька продуктивність порівняно з дуговим і збільшена зона нагрівання основного металу, що може призвести до виникнення напружень і деформацій.

### Наплавлення твердими сплавами.

Тверді сплави наплавляють на деталі, робочі поверхні яких піддаються спрацюванню. Це бурові інструменти, зуби ковшів екскаваторів, деталі прокатних станів, різці, свердла, плуги, леміхи і ін. Найкраще піддаються напавленню вуглецеві сталі з вмістом вуглецю не більше 0,6 %, а також хромонікелеві й ванадієві сталі (таблиця 3).

Таблиця 2 - Тверді сплави для газополуменевого наплавлення

Матеріал	Марка	Характеристика	Твердість, НРС	Застосування	Примітка
Литі тверді сплави у вигляді прутків	Стеліт В2К В3К	Сплав вольфраму і хрому, зв'язаних кобальтом і залізом	С46–48 42–43	Деталі, що працюють при високих температурах	
	Сормайт 2 Сормайт С27 (взаємін сормайту 1)	Сплав карбиду хрому із залізом і нікелем (до 5%)	40–45 50–54	Деталі, що працюють при нормальних і підвищених температурах	Замінники стеліту, але більш крихкі
Твердий сплав у вигляді трубчастого стрижня	Реліт ТЗ	Трубка (Ø6×0,5 мм) з низьковуглецевої сталі, заповнена крихтами карбідів вольфраму	85	Буровий інструмент і деталі, що працюють в умовах сильного абразивного спрацювання	При напавленні розплавляється сталеве оболонка, а крихти-вварюються в напавлений шар з карбиду вольфраму – 85% і заліза – 15%

Матеріал	Марка	Характеристика	Твердість, НРС	Застосування	Примітка
Металокерамічні тверді сплави у вигляді пластин	ВК ТК ТТК «победит»	Карбіди вольфраму, титану, танталу, зв'язані кобальтом і залізом	86–91	Для металорізючого інструменту	Пластини паяють до основи за допомогою мідно-цинкових припоїв, щоб уникнути перегрівання

У якості присаджувальних матеріалів використовують литі тверді сплави, трубчасті стрижні ТЗ, прутки з білого чавуну БЧ або ХЧ. Білий чавун використовують для підвищення стійкості проти спрацювання деталей.

### Техніка наплавлення (рисунок 6):

- перед напавлення поверхню основного зачищають до металевого блиску (при необхідності знімають фаску);
- попередній підігрів деталі до температури 300–500°C;
- потужність полум'я становить 100–120 л/год ацетилену на 1мм товщини металу, склад полум'я – з надлишком ацетилену;
- напавлення проводять у нижньому положенні лівим і правим способом;
- використання флюсів (для захисту напавленого шару);

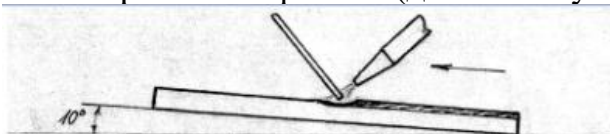


Рисунок 6 – Техніка наплавлення

**Примітка.** Не можна допускати дотик ядра полум'я до розплавленого металу, щоб не утворилися пори.

### ***Автоматичне наплавлення під шаром флюсу***

Автоматичне наплавлення під шаром флюсу виконують сталевим зварювальним дротом, порошковим дротом, стрічковим електродом, порошковою стрічкою, під плавленими або керамічними флюсами. Наплавлення можна виконувати одним електродом окремими валиками, одночасно декількома електродами й електродною стрічкою. Використовують стрічки суцільного перерізу та порошкові.

Автоматичне наплавлення ефективно в тих випадках, коли потрібно наплавити шар товщиною більше 3 мм (наприклад, при виконанні наплавки на деталях ходової частини тракторів і сільськогосподарських машин - катках, цапфах, роликах тощо); глибоке проплавлення не бажано оскільки воно збільшує деформацію деталі.

Для наплавлення низьковуглецевих і низьколегованих сталей використовують дріт із низьковуглецевих (Св-08, Св.-08А), марганцевистих (Св-08Г, Св-08ГА) і кремнієво-марганцевистих (Св-08ГС, Св-08Г2С).

**Також використовують флюси :**

- плавлені марок АН-348А, АН-60, АН-20;
- керамічні марок АНК-18, АНК-19, ЖСН-1.

За допомогою наплавлення під флюсом можна нанести шар металу будь якого хімічного складу товщиною від 2 мм. Процес наплавлення під флюсом відрізняється універсальністю і широкими можливостями підвищення продуктивності праці.

### ***Механізоване наплавлення у захисних газах***

Даний спосіб дає можливість механізувати процес у будь якому просторі положенні наплавлювальної площини. В якості захисних газів використовують аргон, гелій, вуглекислий газ тощо.

Механізоване наплавлення у захисних газах в значній мірі відрізняється від інших способів відновлення деталей – не потрібно ні флюсів, ні електродних покриттів. Дуга між електродом і наплавленим виробом горить в струмені газу, який витісняє повітря із плавильного простору і захищає розплавлений метал від дії кисню і азоту.

Автоматичне наплавлення в захисному газі має ряд переваг :

- при наплавленні немає шкідливих виділень і шлакових кірок;
  - відкрита дуга дає можливість спостерігати і коректувати процес ,
- проводити наплавлення у будь якому просторовому положенні, виконувати наплавлення на дрібних деталях (валах діаметром 10 мм і більше).

Для наплавлення використовують наступне обладнання : наплавлювальні

голівки : АБС, А-384, А-409; джерела живлення ВС-200, ВСУ-300, ВС-400, ПСГ-350; підігрівачі газу, осушувач (заповнений силікагелем), редуктори-витратоміри ДРЗ-1-5-7 або ротаметри РС-3 або кисневий редуктор РК-53Б.

Для наплавлення використовують матеріали : електродний дріт Св-12ГС, Св-08ГС, Св-08Г2С, Св-12Х13, Нп-30ХГСА; порошковий дріт ПП-Р18Т, ПП-Р19Т, ПП-4Х28Г.

Наплавлення в середовищі вуглекислого газу виконують на постійному струмі зворотної полярності. Тип і марку електрода вибирають в залежності від матеріалу відновлювальної деталі і в залежності від вимог фізико-механічних властивостей наплавлювального металу. Швидкість подачі дроту залежить від сили струму. Швидкість наплавлення встановлюють залежно від товщини наплавлювальної поверхні і якості формування наплавлювального шару.

Наплавлення валиків здійснюють з кроком 2,5-3,5 мм. Кожний наступний валик повинен перекривати попередній не менше чим на 1/3 його ширини.

Твердість наплавленого шару в залежності від марки і типу електродного дроту становить 200-300 НВ.

Витрата вуглекислого газу залежить від діаметра електродного дроту. На витрату газу впливають швидкість наплавлення, конфігурація виробу і наявність руху повітря.

Джерела живлення повинні мати жорстку вольт-амперну характеристику і швидкість збільшення струму короткого замикання 70-110 кА/с.

### ***Електрошлакове наплавлення. Режими електрошлакового наплавлення***

Для виготовлення біметалевих деталей із зносостійким шаром (більше 10 мм) використовують електрошлакове наплавлення. В даному процесі використовують теплоту, що виділяється при проходженні електричного струму через розплавлений шлак. Електрошлакове наплавлення забезпечує найбільшу продуктивність у порівнянні з іншими способами наплавлення.

Наплавлення можна проводити на плоских поверхнях, а також на поверхнях тіл обертання. Особливість даного способу полягає в тому, що можна отримати гладкі, рівні поверхні наплавленого шару. Це дає можливість використовувати деталі без попередньої термічної обробки.

Якість наплавленого металу є високим – відсутні пори, тріщини і інші дефекти.

Наплавлення виконують найчастіше на вертикально розташованих поверхнях при примусовому формуванні наплавленого шару, мідними, керамічними і графітовими водоохолоджуючими формами.

На початку процесу в зазор між деталлю і водоохолоджуючою формою заливають розплавлений флюс і збуджують дугу між електродним дротом і деталлю. Після утворення шлакової ванни достатньої глибини, дуга гасне, а струм проходить через розплавлений шлак – починається електрошлаковий процес (рисунок ).

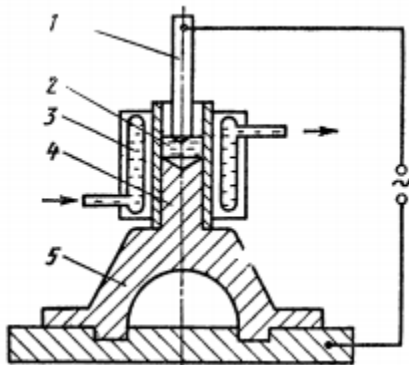


Рисунок 7 – Схема електрошлакового наплавлення :

1– електрод, 2 – рідкий флюс, 3 – мідний водоохолоджуючий каталізатор,  
4 – частина відновлювальної деталі, 5 – відновлювальна деталь.

При напавленні зносостійких поверхонь найбільше застосування знайшов флюс марки АН-22.

Режими електрошлакового наплавлення : напруга 36-40 В, сила струму 800-900 А, швидкість подачі дроту 3-3,5 м/хв, глибина шлакової ванни 80 мм, число електродів 2, швидкість подачі сормайт 50-85 г/хв, діаметр електродного дроту в даному випадку складає 3 мм, марка електродного дроту Св-08, флюс АН-348А, АН-8.

### ***Сутність і технологія наплавлення струмами високої частоти***

Наплавлення струмами високої частоти проходить за рахунок електромагнітного поля, що створюється в індукторі, до якого підводиться струм від високочастотного генератора. Для наплавлення використовують матеріал у вигляді пасти або суміші порошкоподібного матеріалу з флюсом (бурою).

Технологічний процес даного способу є наступний. Відновлювальну поверхню деталі попередньо обробляють для отримання необхідної геометричної форми і розмірів. На цю поверхню наносять шихту. Товщина шару шихти визначає необхідну товщину напавленого шару. Деталь з нанесеною шихтою вводять в індуктор струмами високої частоти (СВЧ) установки. При проходженні СВЧ через індуктор в поверхневих шарах деталі виникають струми Фуко і поверхневий шар металу нагрівається. В даному випадку шихта нагрівається за рахунок теплопередачі основного металу. Після спливання шлаків індукційний нагрів деталі завершують.

Шихта складається із магнітного порошкоподібного твердого сплаву і немагнітного флюсу із зв'язувальною речовиною.

В якості матеріалів для наплавлення використовують : високолеговані чавуни УЗОХ28Н4С4 (сормайт №1), У35Х2Н5 (ніхард) Ж4НДХ (нізериз), а також сплави на основі кобальту, вольфраму і нікелю – стеліти В2К і В3К тощо.

Приклади відновлення СВЧ : наплавлення зеркала гільзи циліндра, відновлення біметалічний вкладишів.

#### **Переваги способу :**

- низьке нагрівання та невелика глибина проплавлення основного металу;
- висока продуктивність;

- великі можливості автоматизації.

### **Недоліки способу :**

- висока енергоємність;
- складність використання для відновлення деталей з нерівномірним зношенням.

## ***Класифікація методів контролю наплавлювальних поверхонь***

Покриття, які отримані наплавлення характеризуються відсутністю пор, високими значеннями модуля пружності і міцності на розтяг (таблиця 4).

Якщо в машинобудівному виробництві наплавлення проводять для підвищення зносостійкості деталей, що труться, то в ремонтному виробництві – в основному для проведення наступних робіт щодо відновлення розташування, форми і розмірів зношених елементів. Відновлене наплавлення при цьому забезпечує також отримання нових властивостей : корозійна стійкість, ерозійні і кавітаційні властивості, зносостійкість, жаростійкість тощо.

### **Розріняють такі основні види наплавлення :**

- ручне електродугове;
- електродугове під флюсом;
- електрошлакове;
- в середовищі захисних газів;
- вібродугове;
- плазмове;
- лазерне;
- газове;
- індукційне тощо.

Таблиця 4 - Основні показники способів наплавлення

<b>Спосіб</b>	<b>Товщина шару, мм</b>	<b>Продуктивність, кг/год</b>	<b>Міцність з'єднання, МПа</b>
Електродуговий самозахисним дротом	0,5-3,5	1,0-3,0	450
Електродуговий під шаром флюсу	1,0-5	0,3-3,0	550
Електродуговий в середовищі вуглекислого газу	0,5-3,5	1,5-4,5	550
Електродуговий в середовищі аргону	0,5-2,5	0,3-3,6	450
Вібродуговий	0,5-1,5	0,3-1,5	400
Газополуменевий	0,5-3,5	0,5-2,0	480



Плазмовий (порошковий)	0,5-5,0	1-12	490
------------------------	---------	------	-----

## ***Причини виникнення та характеристика дефектів при наплавленні***

До основних дефектів при наплавленні відносять :

### **1. Тріщини.**

При наплавленні на основний метал із незадовільною зварюваністю або при високій твердості наплавленого металу утворюються тріщини, що може бути пов'язано з надмірними термічними напруженнями.

*Для попередження утворення тріщин застосовують заходи :*

- попередній і супутній підігрів;
- нагрів виробів безпосередньо після наплавлення і повільне охолодження наплавленого металу;
- наступна термообробка для зняття напружень;
- наплавлення пластичного підшару на поверхню основного металу, що володіє незадовільною зварюваністю;
- зменшення числа шарів при багатошаровому зносостійкому наплавленні;
- вибір для зносостійкого наплавлення способів, які виникають менші термічні напруження виробів;
- виконання наплавлення тільки після видалення з поверхні основного металу поверхневого основного металу наплавленого шару, який містить дефекти або має підвищену твердість.

### **2. Пори і раковини.**

*Для попередження утворення пор і раковин необхідно :*

- зачищати поверхню основного металу від іржі, масла, інших забруднень;
- забезпечувати зберігання флюсу і наплавлювальних матеріалів в умовах, які унеможливають потрапляння вологи;
- утримуватися від застосування при дуговому наплавленні великої сили струму і зайвих поперечних коливань електрода і підтримувати оптимальну довжину дуги;
- запобігати проведенню наплавлення в умовах незадовільного захисту зони дуги.

### **3. Підрізи.**

Для попередження підрізів, особливо характерними для наплавлення стрічковими електродами, необхідно :

- виключати нахил наплавлювальної поверхні більше чим на 3° до горизонту;
- утримуватися від зайвого підвищення швидкості наплавлення;
- забезпечувати надлежаче положення зони дуги, виключаючи магнітне дуття;
- вибирати оптимальний спосіб накладання валиків з необхідним перекриттям.

### **4. Інші дефекти.**



Крім вище перелічених дефектів можливе й виникнення інших дефектів, в тому числі :

- затвердіння шлаку в наплавлювальному металі;
- незадовільне сплавлення наплавленого шару з підкладкою;
- деформація виробу тощо.

**Примітка.** Одна із серйозних проблем наплавлення – деформація виробів, для попередження якої застосовують рівномірний попередній підігрів виробу, різні способи наплавлення, виключаючи нерівномірну деформацію виробу, а також зварювальні пристосування, зажимні пристрої тощо.

## Контрольні запитання №2

1. Назвіть види зношування.
2. В чому сутність абразивного зношування?
3. Що таке наплавлення?
4. Вимоги до наплавлення.
5. Підготовка металу до наплавлення.
6. Технологія електродугового наплавлення. Електроди для наплавлення.
7. Сутність газополуменевого наплавлення. Види твердих сплавів для наплавлення.
8. Механізоване наплавлення у захисних газах. Марки зварювальних дротів.
9. Види контролю наплавлювальних поверхонь.
10. Характеристика дефектів, що виникають при наплавленні.

## **Загальна характеристика видів контролю якості зварних з'єднань та наплавлених поверхонь. Руйнівні і неруйнівні методи контролю**

**Різноманітні методи контролю** зварних з'єднань і наплавлених поверхонь поділяються на дві великі групи :

- **неруйнівні** (контроль зовнішнім оглядом, капілярна, ультразвукова, рентгено-дефектоскопія);
- **руйнівні** (визначення твердості наплавленого методами : Бріннеля, Роквелла, Віккерса, Шора тощо).

**1. Контроль зовнішнім оглядом** для контролю форми наплавлених валиків, виявлення підрізів і напливів, поверхневих тріщин і перевірки розмірів з використанням лупи з невеликим збільшенням і з допомогою вимірювальних інструментів.

**2. Капілярна дефектоскопія** з використанням проникаючих рідин. Поверхню виробів покривають спеціальною рідиною – пенетрантом, яка проникає у вихідні на поверхні тріщини, раковини і виявляє ці дефекти. Проникаючі рідини бувають люмінесцентні і кольорові. Для контролю якості наплавлення широко використовують кольоровий метод контролю, який дозволяє з високою чутливістю виявити дефекти по всій поверхні наплавленого металу.

**3. Ультразвукова дефектоскопія.** Вона полягає у тому, що у виробі з допомогою зонду направляють ультразвуковий імпульс (звукові хвилі високої частоти 0,5-15 МГц) і по характеру відбитої хвилі судять про наявність дефектів і їх величині і місцях розташування.

**4. Дефектоскопія рентгенографічним** методом основана на застосуванні рентгено- і гамма випромінювання (на даний час самий популярний метод).

**Розрізняють три основні методи визначення твердості :**

1) *Метод Брінелля* (рисунок 8;9).

Суть даного методу полягає в тому, що під постійним навантаженням вдавлюється стальна загартована кулька (індентор) діаметром – 2,5; 5 або найчастіше 10мм.

На приладі можна змінювати зусилля від 2500 Н (250кг) до 30000 Н (3000кг).

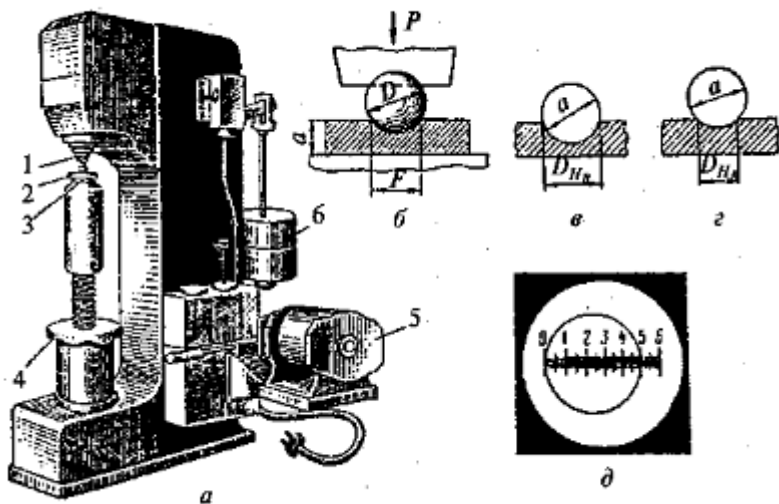
Знаючи діаметр кульки, зусилля вдавлювання і вимірявши спеціальним окуляром діаметр відбитка, за спеціальною формулою визначають твердість за Брінеллем :

$$HB = P/F, \text{ кгс/мм}^2 \text{ або МПа,}$$

де P- навантаження на кульку, Н (кгс);

F- величина поверхні відбитка, мм<sup>2</sup>.

Але практично формулою ніхто кожен раз не користується, а береться середнє значення діаметра лунки і за спеціальною таблицею визначається твердість за Брінеллем.



- а) загальний вигляд преса;
  - б) схема випробувань;
  - в) відпечаток на м'якому металі;
  - г) відпечаток на твердому металі;
  - д) перевірка результатів випробувань.
- 1 – шпindelь; 2 – взірець,  
 3 – стіл;  
 4 – маховик; 5 – електродвигун;  
 6 – вантаж.

Рисунок 8 – Схема випробування твердості за Брінеллем.

**Примітка.** Метод Брінелля не рекомендується застосовувати для металів з твердістю понад НВ 450, бо можна здеформувати кульку або поламати механізм, а також він не придатний для випробування тонколистового матеріалу.

### 2) Метод Роквелла (рисунок 9).

Суть методу Роквелла полягає в тому, що у випробовувану поверхню вдавлюється алмазний конус (індентор) з кутом при вершині  $120^\circ$  або сталевий загартований кулька діаметром 1,58 мм (1/16 дюйма).

Алмазний конус вдавлюється із зусиллям 1500Н або 600Н, а загартований кулька із зусиллям 1000Н. Сталевий кульку використовують для випробування м'яких матеріалів, а алмазний конус для твердих. Тривалість вдавлювання триває 5-6 сек. При даному методі таблиць не потрібно, а величина твердості за Роквеллом визначається на приладі за трьома шкалами :

- шкала А чорного кольору для алмазного конуса із зусиллям 600Н;
- шкала В червоного кольору для загартованої кульки із зусиллям 1000Н;
- шкала С чорного кольору для алмазного конуса із зусиллям 1500Н.

Він застосовується для визначення твердості гартованих поверхонь в межах від HR 20–100.

Твердість за Роквеллом позначається : HRA, HRB і HRC.

Наприклад, коли вимірювалась твердість тонких матеріалів із стандартним навантаженням 60кг тоді відлік ведеться по шкалі А і відповідно тоді до позначення твердості HR додається індекс А, тобто HRA (аналогічно і для інших шкал В і С).

### 3) Метод Віккерса (рисунок 9).

Суть методу Віккерса полягає в тому, що у випробовувану поверхню вдавлюється чотиригранна піраміда (індентор) з кутом між протилежними гранями  $136^\circ$ . Постійне навантаження з яким вдавлюється піраміда може бути : 50;100 (найчастіше);200;300;500;1200Н.

Вимірявши діагоналі відпечатка і вирахувавши середнє значення та знаючи зусилля вдавлювання за спеціальною формулою визначають твердість за Віккерсом:

$$HV = P/d^2,$$

де  $P$  – навантаження,  $H$  (кгс);

$d$  – довжина діагоналі відбитка, мм.

Даний метод є універсальний, оскільки має дуже широкий діапазон зусиль вдавлювання і дає можливість визначити твердість як на дуже твердих і на дуже м'яких матеріалах, тонких поверхневий шарів (наприклад, хіміко-термічній обробці), а також на тонкому матеріалі та на наплавленій поверхні.

При даному методі також користуються таблицями як і при методі Брінелля.

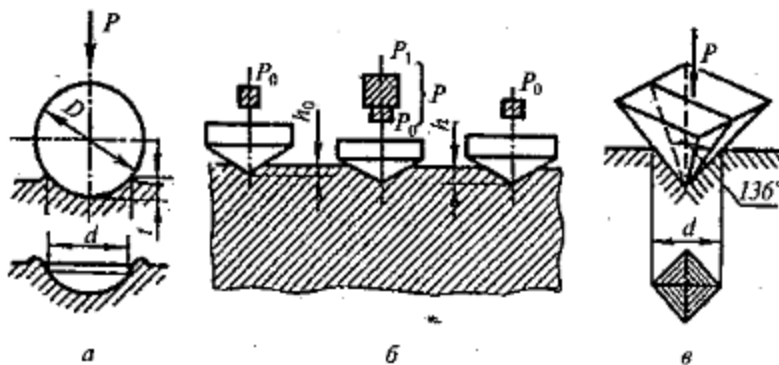


Рисунок 2 – Визначення твердості металів за методами :  
а) Брінелля б) Роквелла в) Віккерса

### ***Сутність процесу напилення. Класифікація способів напилення***

Сутність напилення матеріалу як процесом нанесення покриття полягає в нагріві матеріалу, його диспергуванню (дробленню), перенесення рухомим середовищем і ударом об відновлювальну поверхню або покриття (рисунок 10).

Напилювальний матеріал нагрівають за рахунок теплообміну з високотемпературним середовищем (продуктами горіння, електричною дугою, плазмовою або проходженні вихрових струмів).

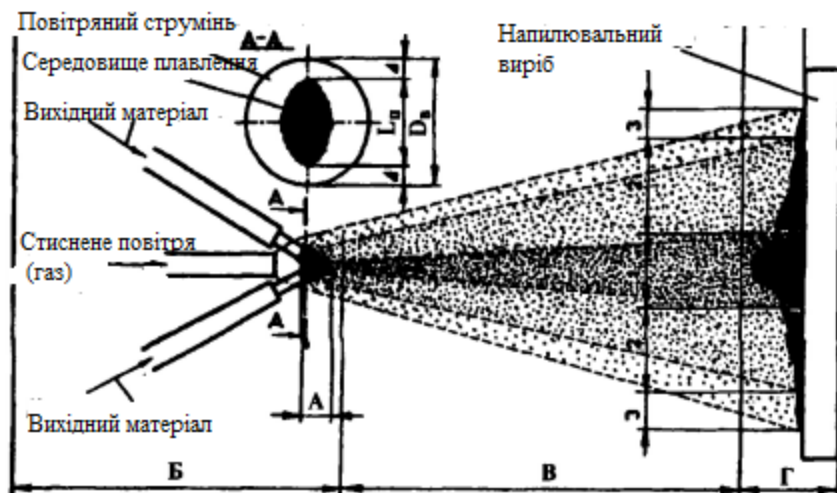


Рисунок 10 – Схема напилення

**Технологічний процес напилення включає ряд операцій :**

- попередню обробку наношувального матеріалу;
- попередню механічну обробку відновлювальної поверхні;
- підготовку відновлювальної поверхні (наприклад, дробоструменеву обробку, обезжирювання);
- ізоляцію поверхні, що не підлягає напиленню;
- нагрів деталі;
- нанесення підшару;
- нанесення основного покриття;
- оплавлення покриття;
- витримування деталі в термусі;
- зняття екранів і заглушок, очистку деталі.

В якості матеріалів для напилення покриттів використовують дріт або порошки із різних матеріалів.

Великий вплив на утворення і властивості покриття впливає швидкість руху, температура частинок, час перебування їх в хімічному середовищі і її склад.

**Розрізняють наступні види напилення :**

- електродугове;
- газополуменеве;
- плазмове;
- детонаційне;
- індукційне;
- вакуумне тощо.

### ***Газотермічне напилення. Апаратура для газотермічного напилення***

**Газотермічним напиленням** називають процес нанесення покриття, оснований на нагріванні металу до рідкого стану і розпилювання його на поверхні виробу газовим струменем.

**Використовують способи нанесення покриттів :**

- газополуменеві (описані нижче);
- дугові, дані способи є енергетично вигідними, але придатні тільки для розпилювання металевих стержнів.

Процес газополуменевого напилення характеризуються технологічною простотою, нескладністю у компактністю обладнання та дозволяють у широких межах регулювати властивості одержаного покриття.

Напилення використовують для підвищення корозієстійкості, жаростійкості, стійкості проти спрацювання тощо.

Недоліком газополуменевого напилення є низька якість покриття, зумовлена низькою температурою полум'я, низькою швидкістю перенесення частинок і великим вмістом оксидів у покритті. Вищу якість і простоту забезпечує газоелектричне напилення.

Перед початком напилення, поверхню деталей необхідно очистити механічним, а якщо є необхідність то і хімічним способом.

**Для газополуменевого напилення використовують апаратуру і устаткування:**

- порошкового типу;
- дротяного типу.

### Апарати порошкового типу.

1. Установка УГПЛ (рисунок 11) призначена для напилення покриття з порошку цинку, термопластів та інших матеріалів з температурою плавлення до 800 °С і застосовується для виготовлення будівельних конструкцій, хімічного обладнання. В якості напилювального матеріалу використовують порошок. При роботі використовують ацетилен і повітря.
2. Установка УГПТ призначена для напилення покриття з тугоплавких порошків і кераміки з температурою плавлення 2050°С. Використовують переважно для відновлення спрацьованих поверхонь колінчастих і розподільчих валів, шатунів, штовхачів, головок і блоків циліндрів. Наплавлювальний матеріал – порошок. Нагрівання здійснюють ацетилено-кисневим полум'ям, а розпилювання – динамічним тиском газового полум'я.

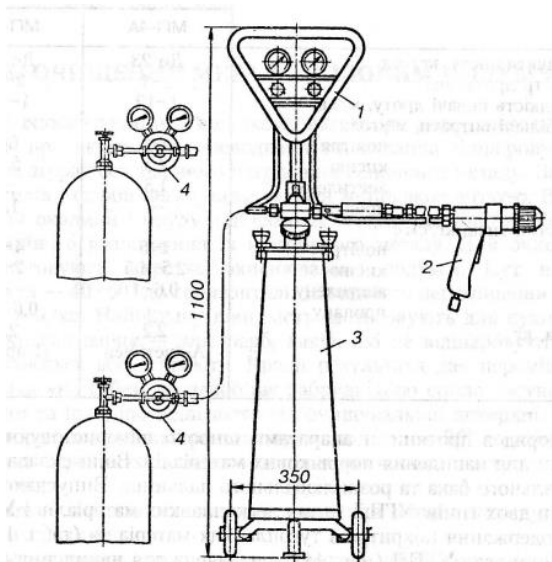


Рисунок 10 – Установка УГПЛ для газопорошкового напилення :  
 1 – щиток керування; 2 – апарат газополуменевого напилення;  
 3 – порошковий живильник; 4 – редуктори.

**Апарати дротяного типу** призначені для нанесення покриття з алюмінію, цинку, сталі і інших металів у вигляді дроту діаметром 2-4 мм для роботи вручну.

1. Установка МГІ – 4П призначена для ручного напилення деталей з алюмінію, сталі або цинку. Наплавлювальний матеріал – дріт. Робочі гази – кисень, повітря, пропан-бутан.
2. Установка МГІ – 4 має ті самі характеристики, що й МГІ – 4П, але використовується тільки ацетилен, кисень і повітря. Пропан бутан не використовується.

## Плазмове напилення. Матеріали для плазмового напилення

Плазмове напилення ґрунтується на енергії плазмового струменя, як для нагріву, так і для перенесення плазмового струменя. Плазмовий струмінь отримують шляхом продування плазмоутворюючого газу крізь дугу і стискання стінками мідного водоохолоджуючого сопла.

Плазмові покриття володіють такими властивостями : жаростійкістю, жаро- і ерозійною міцністю, тепло- і електроізоляцією, корозійною стійкістю, захистом від кавітації, напівпровідниковими, магнітними тощо.

Область застосування плазмових покриттів : ракетна, авіаційна, космічна техніка, машинобудування, енергетика (в тому числі й атомна) , металургія, хімія, нафтова, вугільна, радіо і приладобудування, ремонт машин і відновлення деталей тощо.

Висока температура і швидкість струменя дають можливість напилення покриттів із будь яких матеріалів. Плазмовим напиленням отримують покриття із металів і сплавів, оксидів, карбідів, боридів, нітридів і композиційних матеріалів.

В якості плазмоутворюючих газів при напиленні використовують : аргон, гелій, азот, водень. Плазмоутворюючі гази не містять кисню і не окисляють матеріал і напилену поверхню.

Плазмовий струмінь в плазмовому пальнику, основної частини якої є (рисунок 11) : електрод катод 1, водоохолоджуюче мідне сопло-анод 4, сталевий корпус 2, пристрій для підведення води 3, порошка 5 і газу 6.

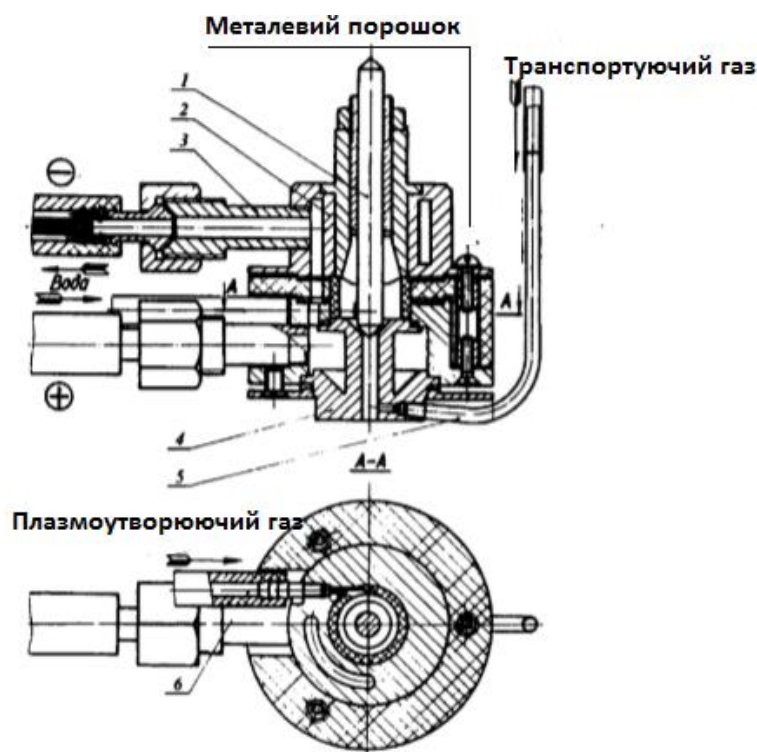


Рисунок 11 – Плазмовий пальник для напилення порошкового матеріалу

Наплавлювальний матеріал (порошок, дріт) вводять в сопло плазмоутворюючого пальника нижче анодної плями, в стовп плазмової дуги або в плазмоутворюючий струмінь.



Порошки для плазмового напилення не повинні створювати корки в транспортних трубопроводах, а повинні рівномірно подаватися в транспортний струмінь і вільно переміщуватися з газовим потоком.

Для плазмового напилення металевих і неметалевих покриттів використовують установки : УН-115, УН-120, УМП-6 тощо.

### ***Основи технології металізації. Підготовка поверхні до металізації***

Металізація – один із поширених способів отримання металевих покриттів поверхню, нанесенням на ці поверхні розплавленого металу.

Сутність процесу полягає в наступному : метал, розплавлений дугою (при електрометалізації) або ацетилено-кисневим полум'ям (при газовій металізації) і розпилений струменем стисненого повітря (тиск до 0,6 МПа), покриває поверхню відновлювальної деталі (рисунок 12). Процес дугової металізації здійснюється спеціальним апаратом (металізатором).

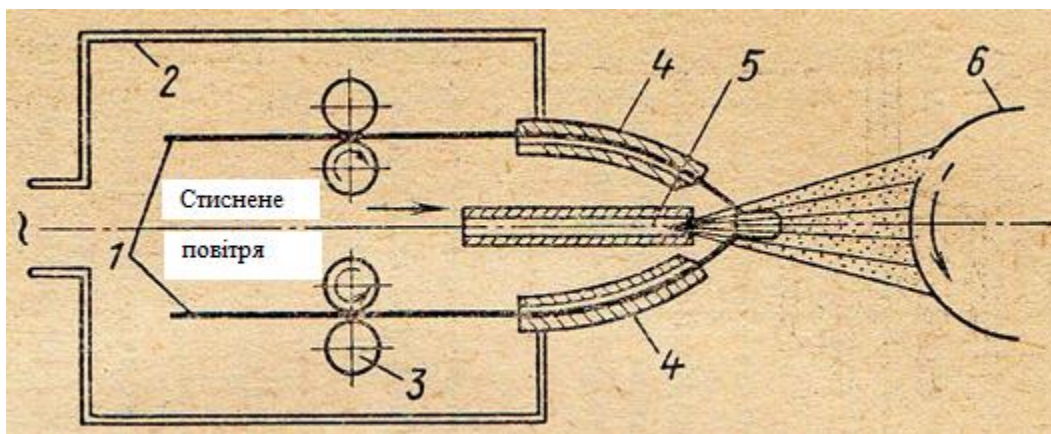


Рисунок 12 – Схема роботи металізатора :

- 1– електродний дріт; 2 – трансформаторний провід; 3– ролики;  
4 – направляючі; 5 – сопло; 6 – деталь.

При ремонті обладнання з допомогою металізації відновлюють розміри зношених деталей обладнання (шийок валів лісопильних рам, валів деревообробних верстатів, шийок вісей конвеєрів тощо), зменшують внутрішні розміри зношених посадочних отворів під підшипники, втулки й інші деталі; наносять на підшипники і втулки антифрикційні покриття із псевдо -сплавів.

#### **Рекомендовані матеріали електродного дроту для різних операцій :**

- відновлення поверхонь під нерухомі посадки : сталі – 08, 10, 15, 20;
- отримання зносостійких поверхонь : сталі – 45, У7, дріт марок – Нп-40, Нп-30Х13;
- нанесення антифрикційних матеріалів : латунь ЛС59-1;
- зароблення тріщин, раковин і нанесення антикорозійних покриттів в чавунних деталях.

Найбільше застосування знайшла дугова металізація; її виконують переносними ручними електрометалізаторами ЄМ-3А.

При підготовці поверхні до металізації окремі операції виконують у такій послідовності :

- очищають деталі від забруднень, плівок, окислів, жирів і корозії;

- виконують попередню обробку різанням поверхні для придання їй правильної геометричної форми;
- отримують на поверхні деталі шорсткість, яка необхідна для утримування нанесеного шару металу;
- забезпечують захист суміжних поверхонь деталей, що не підлягають металізації.

### ***Апаратура для металізації. Значення металізації і властивості покриттів***

**Сутність процесу металізації напиленням** полягає в тому, що розплавлений метал під дією струменя стиснутого газу (як правило повітря) розпилюється на дрібні частинки, які вдаряючись у покриваючу поверхню, розпилюються і з'єднуються з нею і між собою, утворюючи покриття товщиною від 0,02 мм. Для нанесення покриття використовується дріт діаметром 1–3 мм. За допомогою металізації можна наносити покриття із різних матеріалів - на металеві, неметалеві, керамічні, пластмасові, дерев'яні і інші вироби.

#### **Області застосування металізації :**

- відновлення розмірів зношених поверхонь (колінчасті і розподільчі вали, кулачки, цапфи);
- виправлення дефектів чорного і кольорового литва (тріщини, раковини, пори);
- захист виробів від корозії шляхом нанесення покриття із цинку і алюмінію;
- підвищення жаростійкості деталей нанесення покриття із алюмінію (алітування);
- нанесення декоративних покриттів;
- нанесення спеціальних покриттів.

#### **Технологія металізації розпиленням** складається з наступних операцій :

- підготовка дроту, поверхня вона повинна бути чистою, без іржі, масла, забруднень;
- підготовка поверхні виробу, полягає в очистці від забруднень.

#### **Розрізняють способи :**

- а) піскоструменевий;
- б) механічний;
- в) дробоструменевий;
- г) електричний.

Найбільш розповсюджені перші два способи.

#### **Апаратура для металізації.**

Типовими газовими металізаторами являються МГІ -2-65 (металізатор, газовий, інжекторний) і МГІ -3-65 (рисунок 1).

За своїм призначенням апарат МГІ -2-65 являється універсальним і призначений для нанесення покриттів із тугоплавких і легкоплавких металів; МГІ -3-65 в основному розрахований для нанесення антикорозійних покриттів із легкоплавких металів – алюміній, мідь. Два металізатора використовуються для ручних робіт, так і нанесення покриттів на верстатах.

#### **Основними вузлами дротяних апаратів являються :**

- пристрій для подачі дроту (привідний механізм);
- пристрій для нагріву і плавлення дроту;
- пристрій для розпилення розплавленого металу стисненим повітрям.

#### **Властивості покриттів :**

- хімічний склад покриття, він буде дещо відрізнятися від хімічного складу застосовуваного дроту, так як розпилюючий матеріал піддається дії високотемпературного газового потоку полум'я (для отримання покриттів без окислів перспективним являється заміна стиснутого повітря на азот або аргон);
- фізико-механічні властивості покриття, різко відрізняються від властивостей вихідного матеріалу, особливо на тимчасовий розтяг, кручення, стиск. Це пояснюється неоднорідністю шару покриття, наявністю в ньому окислів і пор, тому метал покриття не можна використовувати, як конструкційний матеріал;
- міцність зчеплення напилених частинок в основному при належних умовах виконання металізації являється більш достатньою;
- твердість покриття являється як правило нижче твердості вихідного матеріалу, що пояснюється окислими шарами між частинками покриття (наприклад, низьковуглецевий дріт використовується для відносно м'яких покриттів, а середньовуглецевий для більш твердих);
- пористість покриття, являється характерними властивостями, які обумовлюють проникність напиленого шару, що може мати, як переваги так і недоліки. Наприклад, в антикорозійних покриттях пористість шкідлива, а в покриттях, які працюють на зношення в умовах рідинного чи напіврідинного тертя, пори відіграють позитивну роль.

У виробничих умовах якість металізаційного покриття перевіряють зовнішнім оглядом.

### ***Контроль якості металізаційних покриттів***

Технологічний процес повинен виконуватися по всім трьом технологічним операціям :

- підготовка поверхні;
- процес нанесення покриття;
- після механічної обробки металізаційного шару.

**Основними показниками якості металізаційного шару являються :**

- дрібнозерниста структура (тонке розпилення) напиленого матеріалу;
- міцність зчеплення напиленого шару з поверхнею деталі.

Якість структури напиленого металу визначається зовнішнім оглядом і покриття вважається задовільним, коли поверхня напиленого шару має вид тонкого наждачного покриття.

Металізаційний шар повинен бути міцно зчеплений з основним металом. Покриття не повинно мати випуклостей, тріщин і інших дефектів.

На робочих поверхнях деталей міцність зчеплення вважається достатньою, якщо металізаційне покриття витримує механічну обробку.

У виробничих умовах якість металізаційного покриття можна визначити по зовнішньому вигляду його в процесі нанесення покриття, виявляючи тим самим брак ще до механічної обробки.

## **Дефекти металопрокатів і причини їх утворення.**

1. **Покриття з великим вмістом бризок і випуклостей.** Такі види дефектів можуть утворюватися внаслідок роботи металізаційного апарату на недопустимо підвищених для даного діаметра дроту швидкостях його подачі, що пов'язано із збільшенням сили струму. Також дефекти можуть виникнути через тиск стисненого повітря у процесі металізації нижче рекомендованими технічними умовами.

2. **Перегрів покриття.** На металізаційних покриттях виробів малих розмірів появляються кольори мінливості внаслідок перегріву і часткового перепалу металу. Це пояснюється недопустимо близькою відстанню середовища плавлення від поверхні взірця (50 мм замість 100-125 мм).

Перегрів і частковий перепал покриття знижують межу міцності на 30-40%.

3. **Крупнозернисте покриття.** Металізаційні покриття з дуже крупним розпиленням утворюються внаслідок недостатнього тиску стисненого повітря.

4. **Тріщини на покритті.** Утворення тріщин на покритті залежать від вихідного складу розпилювальної сталі. При напиленні металу із низько- і середньовуглецевої сталі тріщини можуть утворюватися при товщині шару 3-4 мм.

Гранично допустима товщина металізаційного шару неоднакова у всіх марок сталей. Менше інших марок сталей тріщиноутворенню піддаються такі марки – У7 і У10, а також нержавіючі сталі.

5. **Розшарування металізаційного покриття.** При роботі із сталлю 1Х18Н9, 2Х18Н9 і ін. має місце сильне вигорання хрому, яке інколи доходить до 50%.

Тому після кожного проходу металізаційного апарату необхідно видаляти кіптяву металу (при вигоранні хрому) із поверхні виробу мідними щітками.

**Контроль якості антикорозійних покриттів.** Як правило покриття наносять із цинку, алюмінію товщиною 0,08-0,1 мм за 2-3 проходи металізаційного апарату.

Для нанесення покриття необхідно контролювати якість підготовки поверхні, а також застосовувати рівномірність і товщину шару за допомогою спеціальних пристроїв – товщиномірів різних систем.

## **Технологічний процес відновлення деталей з допомогою пластмас.**

Пластмаси у ремонтній практиці наносять на поверхні виробів для відновлення їх розмірів, підвищення зносостійкості і покращення герметизації. Одночасно покриття із пластмаси знижує шум від тертя і підвищує корозійну стійкість.

Тонкий шар пластмаси практично не погіршує міцнісних показників металу і надає деталі піддатливість, здатність приймати форму спряженої деталі, що призводить до різкого збільшення площі контакту.

Пластмаси наносять за допомогою лиття під тиском, гарячим пресуванням, вихровим, газополуменевим і центробіжним способами.

### **Акрилові пластмаси.**

При ремонті широко застосовують акрилові пластмаси, які містять в якості зв'язувальних матеріалів акрилові смоли. До них відносять : актилат АТС-1, бутакрил, епоксидно-акрилові пластмаси СХЕ-2 і СХЕ-3.

Такі пластмаси використовують для відновлення зношених виробів в якості компенсатора зносу для відновлення зовнішніх розмірів різномірних ланцюгів верстатів і машин.

**З допомогою пластмас відновлюють :**

- кругові напрямні кареток токарних, фрезерних, розточних, зубонарізувальних і інших верстатів;
- регулювальні клини і прижимні планки механізмів всіх видів обладнання, в тому числі механічних пресів.

Пластмаси наносять на поверхню вільним заливанням або пензликом. Через можливе витікання рідкої маси при заливанні наскрізних отворів застосовують пластини.

**Відновлення підшипників ковзання.** Внутрішню поверхню підшипника зачищають наждачним папером або шабером, ретельно обезжирюють і покривають рівномірним шаром епоксидної композиції. Після відділення пластмаси можна додатково оброблювати її на токарно-гвинтовому верстаті.

**Зароблення тріщин.** Тріщини, які утворилися в корпусних деталях зароблюють епоксидними пластмасами в тих випадках, коли деталі мало пошкоджені або необхідно відновити геометрію корпусу.

Тріщини оброблюють с V-подібною розробкою кромки на ширину 8-10 мм, по обидві сторони від її країв. Краї тріщин ретельно промивають ацетоном або спиртом. Через 10-12 хв після випаровування на тріщину наносять замазку. Для того щоб зароблена тріщина відповідала кольору деталі, в замазку додають спеціальні наповнювачі або пігменти. Після зароблення тріщини, шов оброблюють напильником.

### ***Клеї. Застосування клеїв для відновлення окремих видів деталей***

**Приклеювання тонкостінних втулок на цапфи валів** – один із способів відновлення зношених цапф валів і підшипників. Для того щоб відновити необхідне спряження між поверхнями цих деталей, підшипник розраховують на видалення слідів зношення, а на цапфу вала наклеюють тонкостінну втулку, зовнішній діаметр якої повинен бути рівним внутрішньому діаметру підшипника (рисунок 13).

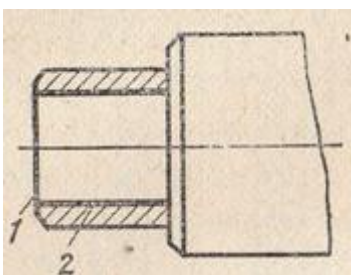


Рисунок 13 – Цапфа з накладкою у вигляді втулки :  
1 – цапфа; 2 – накладка

Цапфу вала проточують так, щоб залишкова товщина втулки була не менше 2 мм. Після цього внутрішню поверхню втулки і поверхневу цапфи ретельно промивають і покривають шаром клею. Клей наносять в такій кількості, щоб був заповнений зазор. Втулку насаджують не повертаючи, оскільки в з'єднанні можуть виникнути бульбашки. Видавлений надлишок клею при посадці знімають змоченою в ацетоні в тканиною. Після того як клей затвердіє, втулка міцно закріпиться на цапфі вала і стопорні гвинти встановлювати не потрібно.

**Ремонт муфт зчеплення.** При експлуатації фрикційних муфт зчеплення, поверхні муфт сильно труться і зношуються. При ремонті муфт зчеплення в основному необхідно замінювати облицювальний матеріал, приклеюючи його до металу диска муфти.

При ремонті дисків муфт використовують епоксидні композиції. З цією метою в сталевому диску свердлять велику кількість отворів діаметром 3-4 мм, промивають диск і ретельно обезжирюють. Після цього підготовлений диск встановлюють в спеціальне пристосування і покривають з двох сторін тонким шаром пластмаси товщиною 1-2 мм. Затвердіння пластмаси може проходити як на відкритому повітрі, так в термостаті.

Застосування фрикційної пластмаси взамін на звичайні фрикційні матеріали дає можливість в декілька разів збільшити термін служби поверхневих муфт зчеплення, які труться.

### ***Відновлення посадкових поверхонь і герметичності з'єднань***

Для відновлення посадочних поверхонь, що з'єднані натягом використовують еластоміри.

Еластомір ГЕН-150 (В) володіє високою адгезією і хорошою еластичністю, витримує значні навантаження, масло стійок, створює великий опір проходженню струму, може наноситися механічними способами (центробіжним і розпилюванням).

Герметичний еластомір ГЕН-150 (В) випускають у вигляді вальцованих листів товщиною 2-4 мм. Кожна виготовлена партія повинна бути перевірена на розчинність в ацетоні. Для цього в чисту, суху пробірку поміщують 1г дрібно нарізаного еластоміру і заливають 9 г ацетону, пробірку закривають гумовою пробкою і залишають еластомір набухати на протязі 8-10 год, після чого пробірку з вмістом періодично збовтують на протязі 2-3 год. Після цього отриманий розчин повинен бути однорідним, не містити нерозчинних частинок і при виливанні на скло давати рівну гладку плівку.

Для приготування і зберігання розчину необхідно мати скляну або алюмінієву посуду з щільною пробкою.

Приготовлений розчина еластоміра ГЕН-150 (В) потрібно зберігати в герметично закритій тарі в вогнебезпечному місці при температурі 15-20°C.

При нанесенні плівки еластоміра вручну використовують м'який пензлик. Нанесену плівку витримують на повітрі на протязі 20 хв. Наступні шари наносять тільки після витримання попереднього шару на протязі вказаного часу.



При відновленні посадочного натягу може бути застосований спосіб вклеювання сталюї стрічки. Довжина стрічки повинна бути достатньою такою щоб, після її приклеювання витримався зазор в стику 0,5-1 мм.

Посадочну поверхню внутрішнього кільця ретельно оброблюють шліфувальним папером.

Підготовлені поверхні стрічки і кільця також обезжирюють спочатку бензином, а потім ацетоном. Після цього ці поверхні просушують протягом 10 хв.

Після цього виконують склеювання. Стрічку 3 (рисунок 14) накладають на посадочну поверхню кільця 4 підшипника. Всередину кільця вставляють попередньо стиснену розрізану втулку 2, яка, розширювалась, щільно притискуючи стрічку до кільця.

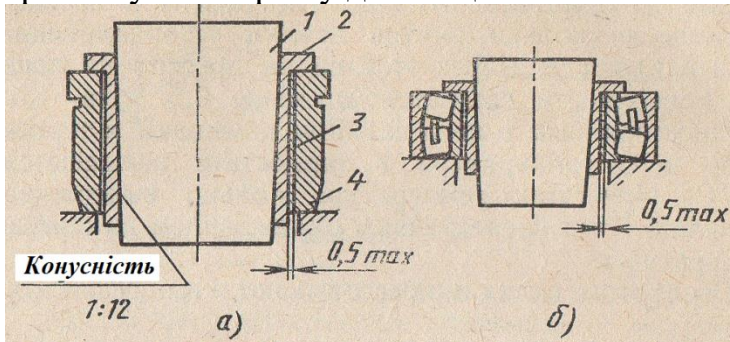


Рисунок 14 – Пристосування для приклеювання сталюї стрічки на підшипники  
а) циліндричні; б) сферичні

Для додаткового притискання стрічки до посадочної поверхні кільця всередину втулки встановлюють конусний валик 1. Через цей валик пресом на посадочній поверхні створюється тиск 0,5 МПа. Кільце із запресованим в нього валиком поміщують в термостат, після чого температура в термостаті підвищується до 120°C. При цій температурі кільце витримується на протязі 1 год з наступним охолодженням до кімнатної температури.

Потім цей валик випресовується і виймають втулку.

### ***Відновлення деталей пластичною деформацією. Холодне і гаряче правлення***

Одним із найбільш поширених методів відновлення являється метод, який заснований на пластичному деформуванні зношених деталей з наступною (при необхідності) механічною обробкою.

З допомогою пластичного деформування виправляють дефекти форми (вм'ятини, увігнутості, скручування), а також використовують цей спосіб для підвищення міцності деталей (дробоструменевий наклеп ресор) і зниження шорсткості механічною обробкою (накатування роликками шийок валів замість шліфування).

Спосіб оснований на примусовому місцевому перерозподіленні металу самої деталі, в результаті чого на її ремонт не потрібно додаткового металу.

Оптимальна температура нагріву, при якій на деталях не утворюються тріщини, складає 850-1100°C.





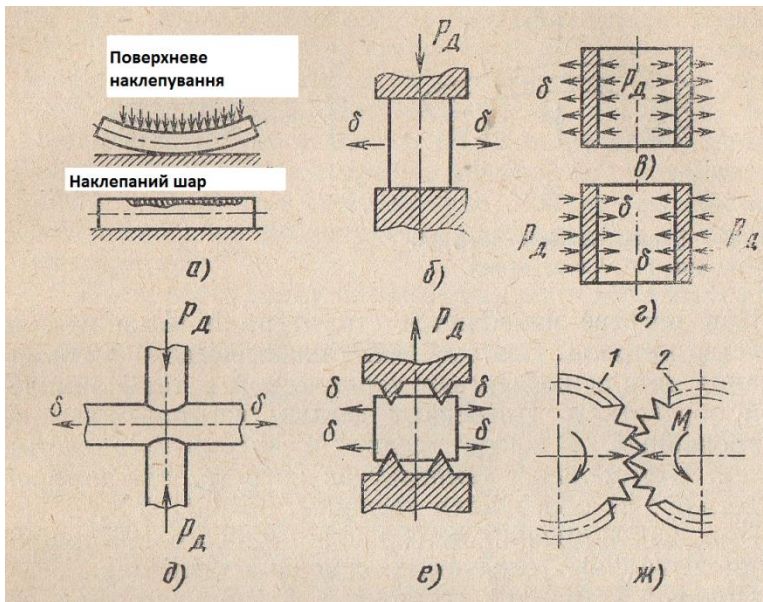


Рисунок 16 – Схеми відновлення деталей тиском

а) накатувальна деталь; б) ролик

**Електромеханічна обробка** – один із способів відновлення деталей пластичною деформацією, який полягає в примусовому нагріві металу електричним струмом в зоні деформації.

При звичайному точінні в зоні різання в результаті деформації металу і виникаючого тертя виділяється певна кількість теплоти. Такий нагрів підвищує пластичні властивості металу і полегшує різання (рисунок 17).

При нагріванні використовують трансформатор, з вторинною обмоткою якого можна отримати струм 1000 А при напрузі 0,2-2В.

Даний спосіб дає можливість оброблювати загартовані деталі і деталі, які наплавлені твердими сплавами. Оброблена даним способом деталь володіє високою зносостійкістю, чим деталь оброблена без електропідігріву.

У деталей оброблених даним способом покращується мікропрофіль поверхні, у зв'язку з чим збільшується межа витривалості відновлених деталей.

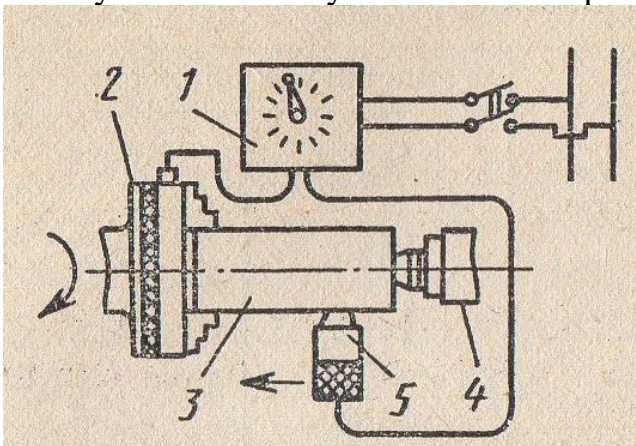


Рисунок 17 – Схема електромеханічної обробки :

1 – трансформатор; 2 – патрон; 3 – деталь;  
4 – задня бабка; 5 – інструмент

## **Контрольні запитання №3**

1. Як класифікують види контролю якості наплавлювальних поверхонь?
2. Сутність процесу напилення.
3. Технологія і апаратура газотермічного напилення.
4. Сутність процесу металізації.
5. Підготовка поверхні до металізації.
6. Технологія відновлення деталей з допомогою клеїв. Види клеїв.
7. Процес відновлення деталей пластичною деформацією.

## Сутність і призначення термічної обробки

**Термічна обробка металів** – це теплова обробка з допомогою якої змінюють структуру та фізико-механічні властивості металів у бажаному напрямку.

**Примітка.** При термічній обробці (ТО) матеріал завжди знаходиться в твердому стані.

На структуру металу при ТО впливаємо температурою і часом.

Температура суттєвіше змінює структуру матеріалу.

Тому кожен операцію ТО можна описати в координатах "температура – час".

Якщо термообробка складається лише з однієї операції то вона називається простою, а якщо з декількох – складною.

Кожна операція ТО має наступні складові (рисунок 18) :

- час нагрівання до заданої температури;
- час витримування при заданій температурі;
- час охолодження до кімнатної температури.

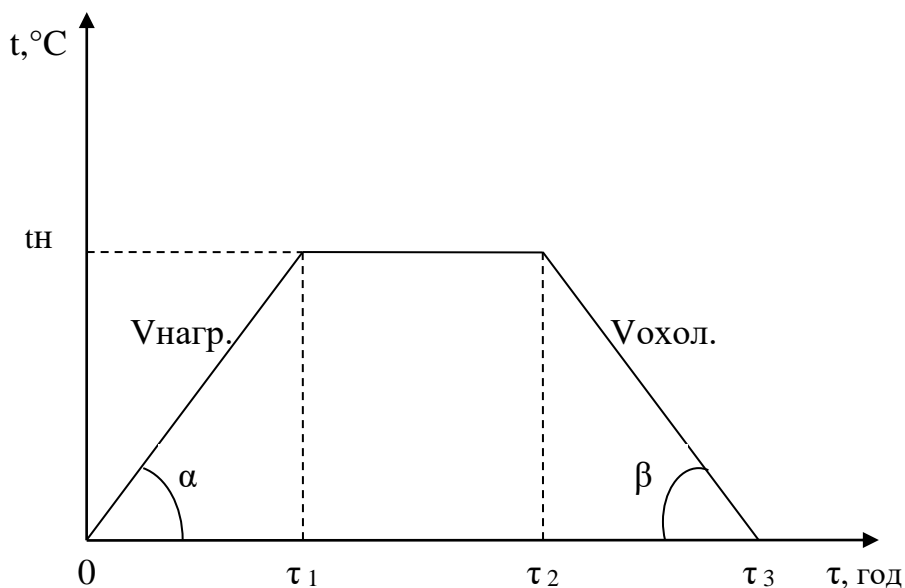


Рисунок 18 – Схематичне зображення ТО

Постійна швидкість охолодження або нагрівання показані прямими лініями з певними кутами нахилу, де  $\alpha$  – характеризує швидкість нагрівання, а  $\beta$  – швидкість охолодження.

Залежно від температури нагрівання розрізняють термообробку з нагрівом вище або нижче фазових перетворень ( $T_{\text{п}}=723^\circ\text{C}$ ).

Основними величинами, які при термообробці впливають на структуру є : температура витримування і швидкість охолодження.

## Класифікація видів термічної обробки

Нагадаємо з попереднього уроку, що *термічна обробка металів* – це теплова обробка з допомогою якої змінюють структуру та фізико-механічні властивості металів у бажаному напрямку.

**Термічна обробка поділяється на :**

- власне, на термічну обробку;
- хіміко-термічну обробку;
- термо-механічну обробку.

**Види ТО :**

- власне термічна обробка;
- хіміко-термічна обробка;
- термомеханічна обробка.

В практиці застосовують наступні види ТО (рисунок 19) :

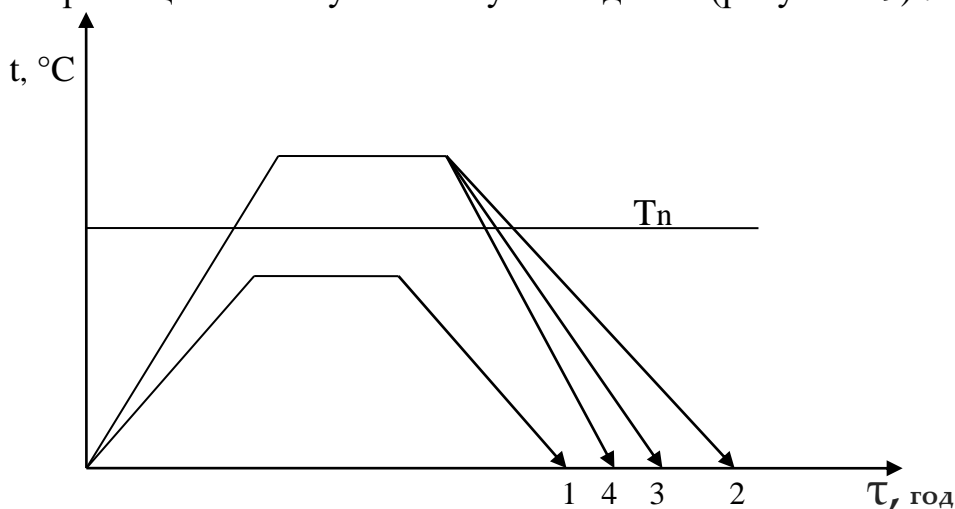


Рисунок 19 – Види ТО:

- 1 – відпал першого роду;
- 2 – відпал другого роду;
- 3 – нормалізація;
- 4 – гартування

### *Відпал. Характеристика, види та мета відпалу*

**Відпал може бути :**

- першого роду;
- другого роду.

**Відпал 1 роду**, при якому нагрівання проводять нижче температури фазових перетворень, витримання при цих температурах і охолодження разом з піччю. Проводять з метою зняття напружень і усунення неоднорідності хімічного складу.

Відпал першого роду класифікують на :

- гомогенізаційний (дифузійний);
- рекристалізаційний;
- для зменшення внутрішніх напружень.

*Гомогенізаційний відпал* забезпечує усунення дендритної ліквіації. В процесі обробки металів тиском мікроділянки, які мають різний хімічний склад, видовжуються – виникає волокниста структура. При цьому в поперечному напрямку істотно знижуються пластичні властивості. Сталі і чавуни нагрівають до температури 1100-1200 °С, потім витримують 15-20 год з температурою 800-820°С, а потім охолоджують на повітрі.

*Рекристалізаційний відпал* – це термічна обробка попередньо обробленого сплаву для зняття деформаційного наклепу. Його в основному використовують після холодної обробки тиском. Зі збільшенням ступеня холодної деформації опір холодному деформуванню зростає, а показники пластичності знижуються.

*Відпал для зменшення внутрішніх напружень.* Небезпечність таких напружень полягає в тому, що вони спричиняють зміну розмірів і жолоблення деталі. Даний відпал полягає в нагріванні до температури, нижчої А<sub>1</sub>, витримуванні при цій температурі і повільному охолодженні.

**Відпал 2 роду**, при якому нагрівання проводять вище температури фазових перетворень, витримують при цій температурі і охолоджують разом з піччю. Проводять з метою з метою отримання дрібнозернистої структури.

Відпал 2 роду може бути :

- повний;
- неповний;
- ізотермічний;
- нормалізаційний або нормалізація (буде розглянуто на наступних уроках);
- патентування.

*Повний відпал* проводиться в нагріві сталі до температури на 30-50 °С вище температур точки А<sub>с3</sub> і витримуванням з наступним повільним охолодженням зі швидкістю 20-50 °С/год.

*Неповний відпал* проводять для заевтектоїдних і евтектоїдних (інструментальних) сталей для перетворення пластинчастого перліту в зернистий.

*Ізотермічний відпал* застосовують в основному для штампованих заготовок і прокату невеликих розмірів.

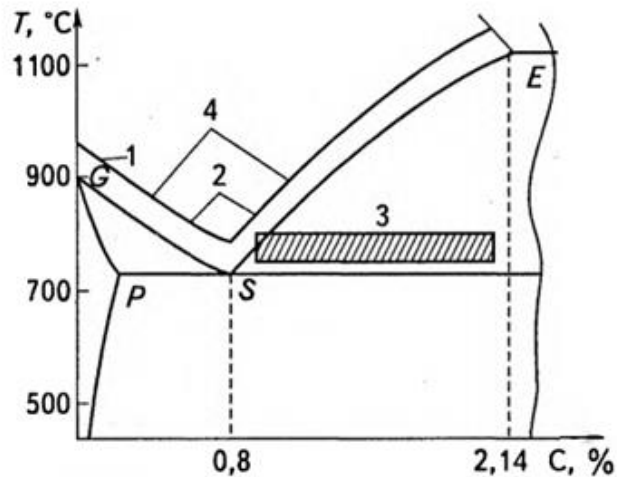
*Патентування* застосовують для обробки високоміцного канатного і пружинного дроту. Дріт із середньо- і високо вуглецевої сталі нагрівають до температури орієнтовно 1100 °С з подальшою ізотермічною витримкою в свинцевій або соляній ванні при температурі 450-550°С.

## ***Нормалізація. Характеристика та мета нормалізації***

**Нормалізація** - це вид термічної обробки, при якій нагрівання проводять вище температур фазових перетворень, витримування при цих температурах і охолодження на повітрі. Проводять з метою отримання структури, яка забезпечує підвищення міцності і твердості, а також для покращення обробки різанням сталі, виправлення структури зварних швів і структури перегрітої (після гарячої обробки тиском) і литої сталі, а також для підготовки сталі до наступної термообробки – гартування.

Нормалізаційна сталь має структуру сорбіта. Температури нагріву вуглецевої сталі для різних видів відпалу і нормалізації приведена на рисунку 20 (п.4).

**Рис. 20**  
Режими нагрівання в процесі відпалу другого роду:  
1 — повного;  
2 — ізотермічного;  
3 — неповного;  
4 — нормалізаційного



Прискорене охолодження на повітрі зі швидкістю приблизно  $7-7,5^\circ\text{C}/\text{с}$  (для невеликих мас) зумовлює дещо більше охолодження аустеніту, й у результаті утворюється тонша структура перліту або сорбіту. Отже, міцність сталей після нормалізації більша, ніж унаслідок звичайного відпалу.

Нормалізація може бути проміжною або завершальною операцією. Як проміжну операцію нормалізацію застосовують для усунення дефектів будови й загального поліпшення структури перед гартуванням, а також для пом'якшення структури перед гартуванням. Як завершальну операцію нормалізацію застосовують для середньо- й високо вуглецевих доєвтектоїдних сталей.

### **Гартування. Умови гартування сталей**

**Гартування** – це вид термічної обробки, при якому нагрівання проводять до температур вище фазових перетворень, витримування при цих температурах та швидке охолодження з метою отримання структури, яка забезпечує підвищення міцності і твердості.

Загартовують практично всі деталі машин і механізмів, інструмент і штампи. В результаті цього підвищуються міцність, твердість, опір зношуванню (зносостійкість) і межу пружності, але при цьому знижується пластичність сталі.

**Розрізняють 3 умови гартування :**

- вміст вуглецю 0,3% і більше;
- нагрів вище  $727^\circ\text{C}$ ;
- різке охолодження.

Різке охолодження обумовлене різким тепловідведенням тепла в основний метал. Якщо хоча б одна з трьох умов не буде виконана, процес гартування не відбудеться.

При нагріванні вище  $727^\circ\text{C}$  залізо має структуру аустеніту. При охолодженні до кімнатної температури може утворитися структура перліту або аустеніту.

*Мартенсит* – структура гартованої сталі (рисунок 21).

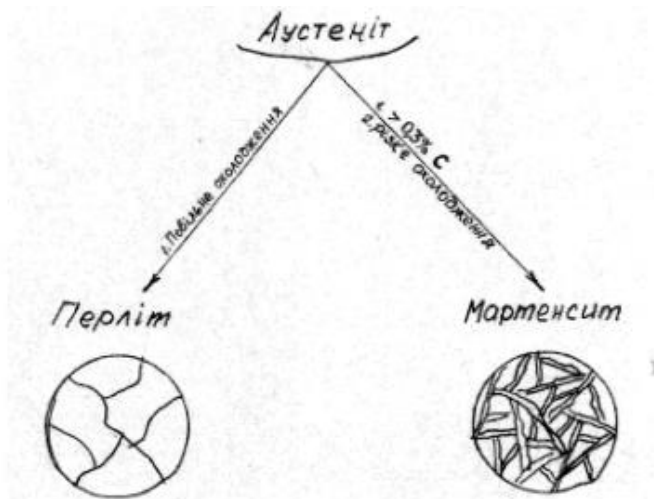


Рисунок 21– Перетворення сталі при нагріванні

Висока твердість, крихкість, великі внутрішні структурні напруження. При переході з аустеніту в мартенсит зерна видовжуються (немов голки) і тиснуть одне на інше. Можуть утворюватися тріщини відразу або потім при навантаженнях чи ударах гартованої сталі. Твердість гартованої сталі складає 51,6-66 HRC або 600-700 НВ. Мартенсит має форму тонких голок-пластин, які розділяють зерно аустеніту на декілька частин. Чим дрібніше зерно аустеніту, тим дрібніші голки мартенситу.

В якості охолодних середовищ при гартуванні використовують воду, водні розчини солей, лугів і масло, які мають різну охолоджуючу здатність.

Вода в порівнянні з машинним маслом охолоджує сталь приблизно в 6 раз швидше при 550-650 °С і в 28 раз швидше при 200°С. Тому воду застосовують для охолодження вуглецевих сталей, яким є властива більша критична швидкість охолодження, а масло – для охолодження легированих сталей, які мають малу критичну швидкість гартування.

Основний недолік води як охолоджуючого середовища – висока швидкість охолодження при понижених температурах і в області утворення мартенситу (200-300°С), яка призводить до утворення великих структурних напружень і створює небезпеку утворення тріщин. Додавання у воду солей і лугів збільшує її гартувальну здатність.

Для відповідальних деталей із вуглецевої сталі, особливо із сталей для інструменту застосовують гартування у двох середовищах : воді і в маслі.

Перевагою гартування у маслі є полягає в тому, що воно забезпечує невелику швидкість охолодження в області охолодження температур мартенситного перетворення, тому небезпека утворення тріщин різко знижується.

Недоліком гартування у маслі є – легке займання, пригорання до поверхні деталей.

**Примітка.** Спосіб гартування вибирають в залежності від марки сталі, форми і розмірів деталей, а також від технічних вимог, які пред'являються до виробів.

## ***Відпуск. Характеристика, види та мета відпуску***

**Відпуск** – це вид термічної обробки, при якому нагрівання проводиться нижче температур фазових перетворень, витримування при цій температурі і охолодження на повітрі. Проводиться нагріванням загартованого сплаву з метою зняття залишкових напружень в нерівноваженій структурі, а також запобігти утворенню внутрішніх напружень, які виникають при гартуванні, зменшити крихкість і твердість, а також підвищити в'язкість загартованої сталі.

**Примітка.** Якщо відпуск проводять в результаті тривалого витримування при кімнатній температурі чи температурі навколишнього середовища або неоднозначному нагріванні до 130-150°C, то тоді він називається старінням.

**Старіння** проводять з метою зберігання сталості розмірів та попередження короблення деталей під час експлуатації або наступної обробки. Розрізняють природне і штучне старіння.

**Природне старіння** проводять вилежуванням деталей на відкритому повітрі тривалістю не менше 3 місяців (термін може коливатись від 3 до 15 місяців).

**Штучне старіння проводять** витримуванням протягом 8-15 год при температурі 100-130 °C і після цього охолоджують разом з піччю.

В залежності від температури нагріву розрізняють 3 види відпуску :

- *низький відпуск*, який полягає в нагріві загартованої сталі до 150-200 °C, недовготривалому витримуванні (від 30 хв до 1,5 год) при цій температурі з наступним охолодженням на повітрі або в машинному маслі. Застосовується для ріжучого та вимірювального інструменту (наприклад, свердлів, мітчиків, плашок, калібрів, шаблонів тощо);
- *середній відпуск* полягає в нагріві виробів до 300-500 °C. Деталі набирають пружні властивості при збереженій високій міцності. Такому виду відпуску піддають пружини, ресори, мембрани;
- *високий відпуск* полягає в нагріванні сталених деталей до 450-650°C, витримуванні при цій температурі, а потім охолодженні.

**Примітка.** Гартування разом з високим відпуском називають *покращенням сталі*. Після цього відпуску деталі набирають підвищену ударну в'язкість, пластичність, але дещо понижено твердість поверхні. Такому виду відпуску піддають всі відповідальні деталі машин і механізмів (наприклад, вали, вісі, зубчасті колеса).

## ***Сутність і призначення хіміко-термічної обробки***

Згідно з характером умов експлуатації і навантажувальних до багатьох деталей різних машин ставляться вимоги високої міцності і зносостійкості лише поверхневих шарів за достатньо високої в'язкості глибинних шарів, особливо в разі динамічного навантажування.

Одним із способів одержання твердої і міцної поверхні деталі за збереження в'язкої і пластичної серцевини є хіміко - термічна обробка, методи якої задовольняють вимоги ефективного використання низько вуглецевих і



низьколегованих сталей в умовах досить великих навантажувальних, інтенсивного поверхневого тертя, корозійного руйнування тощо.

**Хіміко-термічна обробка (ХТО)** – це тепловий процес насичення нагрітої поверхні металу азотом, вуглецем, алюмінієм хромом та іншими елементами з метою зміни складу, структури і властивостей поверхневого шару деталі.

**Основними етапами ХТО є :**

- температура;
- тривалість насичення.

Основними процесами ХТО які відбуваються одночасно є :

- *дисоціація* молекул у насичувальному середовищі з утворенням високої концентрації насичувального елемента у вигляді вільних атомів або іонів ;
- *адсорбція* атомів поверхневого металу з утворенням хімічних зв'язків між основним металом і насичувальним елементом;
- *дифузія* адсорбованих атомів углиб, яка відбувається завдяки градієнту концентрації насичувального елемента між поверхневими і глибинними шарами та тепловому рухові елементарних частинок .

Хіміко-термічну обробку здійснюють за допомогою активних, твердих, рідких і газових середовищ.

### ***Класифікація видів хіміко-термічної обробки***

Залежно від елемента яким насичується нагріта поверхня можуть бути наступні види ХТО :

- цементация;
- азотування;
- ціанування або нітроцементация;
- дифузійна металізація полягає в насиченні поверхні деталі металами і окремими неметалами.

Розрізняють наступні види дифузійної металізації :

- а) алітування;
- б) хромування;
- в) борування;
- г) силіціювання;
- д) цинкування;
- е) сульфідкування.

### ***Характеристика цементации, азотування та нітроцементации***

**1. Цементация** – це процес насичення вуглецем низьковуглецевої сталі нагрітої до температури вище лінії GS, з метою здобуття високої твердості на поверхні, але збереження в'язкої серцевини, а також для підвищення зносостійкості і межі міцності сталевих деталей, що забезпечується термічною обробкою після цементации (гартуванням з низьким відпуском).

Цементацию проводять при температурі 880-950°C, протягом 8-20 год.

В основному цементації підлягають низько вуглецеві сталі з вмістом вуглецю до 0,25%, в результаті чого твердість внутрішніх шарів виробу після гартування не змінюється і залишається рівною 1600170 НВ, а твердість поверхневого шару збільшується до НВ 600.

Товщина цементованого шару для машинобудівних деталей становить 0,5-2 мм, для вимірювального інструменту – 0,3-1 мм, а концентрація вуглецю у поверхневому шарі – 0,8-1%.

**Розрізняють цементацію з :**

- *твердим карбюризатором;*
- *газову.*

При цементації твердим карбюризатором деталі, насичені вуглецем, після попередньої очистки від іржі і забруднень укладають в металеві ящики і засипають карбюризатором, що складається в основному з деревного вугілля з доданням вуглекислого барію, вуглекислого кальцію і крохмалю. Кришку ящика для його герметизації намазують вогнетривкою глиною. Тривалість цементації складає 10-20 год. Після цементації деталі охолоджують в печі або на повітрі, а потім піддають гартуванню і низькому відпуску.

**Цементації піддають :** зубчасті колеса, шийки валів, зірочки, ролики підшипників кочення, черв'яки тощо.

При цементації газовим середовищем тривалість процесу складає в 2,5-3 рази швидше. В якості карбюризатора використовують граничні і неграничні вуглеводи, наприклад : природний газ – метан, пропан, бутан. Деталі нагрівають до 900-950 °С в спеціальних печах, в які подається карбюризатор. Задана концентрація вуглецю в поверхневому шарі забезпечується автоматичним регулюванням складу газу.

**2. Азотування** - полягає в насиченні поверхні металу атомами азоту.

Азотування може бути в газовому або рідинному середовищі. Азотування здійснюють найчастіше при температурі 500-520 °С, протягом 24-90 год;

Азотування проводять для підвищення твердості поверхневого шару деталей, зносо- і теплостійкості, а також корозійної стійкості.

Азотуванню піддають деталі, які пройшли термообробку (гартування з високим відпуском) і обробку різанням. Деталі укладають рівномірно в герметичний муфель (реторту), який поміщують в електропіч. В муфель з балонів подається газ аміак, який при нагріванні розкладається утворюючи атомарний азот. Глибина азотованого шару складає в межах 0,25-0,65 мм.

**3.Ціанування або нітроцементация** полягає в одночасному насиченні вуглецем і азотом. Ціанування здійснюють в твердому або рідкому середовищі, а нітроцементацию в газоподібному; При ціануванні і нітроцементации глибина насиченого шару складає 0,2–1 мм протягом 2-10 год; Ціануванню піддають деталі із сталей, які містять вуглецю від 0,2 до 0,4%.

Розрізняють ціанування в твердих, рідких і газових середовищах.

Деталі, які пройшли механічну обробку, завантажують в спеціальну ванну з розплавом солей – 20-25% NaCN, а решта – NaCl і Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Залежно від певної температури можна отримати шар необхідної товщини, наприклад, температура 820-860 °С, отримують шар товщиною до 0,3 мм; тривалість процесу орієнтовно

10-40хв. Після ціанування проводять гартування і низький відпуск, в результаті чого твердість шару становить 59-63 HRC.

Цей процес називається високотемпературним ціануванням.

## ***Загальна характеристика основних видів дифузійної металізації***

**Дифузійна металізація** полягає в насиченні поверхні деталі металами і окремими неметалами.

Найбільш часто застосовують металізацію :

- алітування (алюмінієм);
- хромування (хромом);
- борування (бором);
- силіціювання (кремнієм);
- цинкування (цинком);
- сульфидування (сіркою).

**Алітування** деталей проводять для підвищення жаростійкості деталей, які працюють при температурах до 900 °С. Його здійснюють в порошкоподібній суміші, яка містить, % : алюмінію 49, оксиду алюмінію 39 і хлористого цинку 12. Суміш засипають в сталевий ящик з укладеними для алітування деталей. Температура печі 950-1050°С, тривалість обробки 4-12 год. На поверхні утворюється тугоплавка оксидна плівка товщиною 0,1-1 мм, яка захищає метал від окислення.

**Хромування** проводять з метою підвищення жаро- і корозійної стійкості. Сталі з вмістом вуглецю понад 0,3% при хромуванні набувають високої твердості і зносостійкості. Найбільш часто використовують газове хромування в середовищі газоподібного хлору. В якості карбюризатора служить ферохром або хром в реторті або в печі 950-1050°С з глибиною насичення 0,1-0,2 мм; тривалість процесу 4-6 год. Хромування широко застосовують у хімічній і нафтохімічній промисловості.

**Борування** – це процес насичення поверхні металу бором на глибину 0,1-0,4 мм для підвищення зносо-, корозійної, жаро- й окалинотійкості. Процес здійснюють за температури 850-950°С протягом 2-6 год у середовищі борвмісних речовин, після чого проводиться механічна обробка (шліфування або полірування). Борування застосовують для важко- навантажених деталей із низько- й середньовуглецевих і легированих сталей, а також тугоплавких і нікелевих сплавів.

**Силіціювання** проводять з метою підвищення окалинотійкості, кислопружності, зносостійкості і корозійної стійкості. В основі застосовують газове силіціювання (процес аналогічний газовому хромуванню, але більш швидкий). Для отримання силіційованого шару в 1 мм необхідне витримання у 2 год при температурі 1050 °С. Такий вид металізації застосовують для гнізд клапанів двигунів внутрішнього згорання, циліндрів, вкладишів підшипників тощо.

**Цинкування** проводять насичуванням поверхні сталевих виробів за температури 300-500°C – найширше застосовується у техніці. Воно добре захищає залізо та його сплави на повітрі та у воді. Товщина оцинкованого шару становить 6-36 мкм. Оцинковані листи застосовують у житловому будівництві, виготовленні місткостей, автомобільному і залізничному транспорті.

## ***Сутність і призначення термо-механічної обробки. Класифікація видів термо-механічної обробки***

**Термомеханічна обробка (ТМО)** об'єднує термічну обробку і операції пластичного деформування. ТМО дозволяє отримати дуже велику міцність при добрій пластичності і в'язкості.

Даний вид полягає в гартуванні, відпуску і наступному пластичному деформуванні.

Пластичне деформування при ТМО здійснюють прокатуванням, куванням, штампуванням.

Важливою особливістю ТМО є те, що операції пластичного деформування і термічної обробки можуть бути суміщені або перенесені в часі, наприклад виконуватися з розривом у декілька діб. При цьому важливо, щоб фазові перетворення відбувалися в умовах підвищеної щільності дефектів кристалічної будови, одержаної в результаті пластичного деформування.

В залежності від температури, при якій сталь піддають пластичній деформації розрізняють два основних способи термомеханічної обробки :

- *низькотемпературна ХТО;*
- *високотемпературна ХТО.*

## ***Характеристика низькотемпературної механічної обробки***

При низькотемпературній механічній обробці (НТМО) сталь нагрівають до температур вище точки  $A_{c2}$  (рисунок 21, графік 2 ), охолоджують до температур більш низьких, ніж температура рекристалізації сталі (450-550 °C) і підлягають деталі пластичній деформації при цій температурі (ступінь деформації 75-95%).

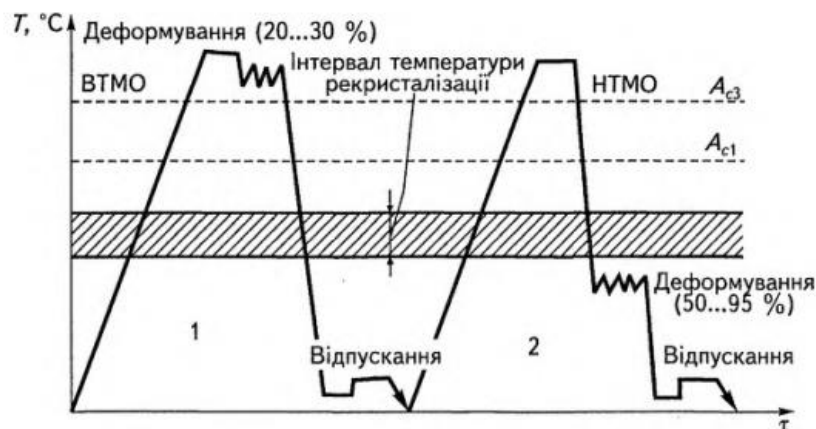


Рисунок 21 – Графік режиму НТМО (2)

Після гартування необхідно зробити низький відпуск. НТМО піддають тільки леговані сталі, які характеризуються підвищеною стійкістю переохолодженого аустеніту.

При НТМО досягають найбільшого зміцнення  $\sigma_v = 2800-3300$  МПа,  $\delta = 6\%$ , в той час коли після звичайного гартування і низького відпуску  $\sigma_v = 2000-2200$  МПа і  $\delta = 3-4$ .

Недоліком НТМО є те, що для її проведення необхідне досить потужне обладнання, оскільки опір деформування за таких температур є дуже високий. Зміцнені сталі після НТМО мають невисокий опір крихкому руйнуванню.

### *Характеристика високотемпературної механічної обробки*

При високотемпературній механічній обробці (ВТМО) сталь нагрівають до температур вище точки  $A_{c2}$  ( $1000-1100$  °С), пластично деформують при цій температурі (ступінь деформування 20-30%), частково охолоджують і проводять гартування (рисунок 22, графік 1).

Основна мета ВТМО - підвищення механічних властивостей. Оскільки деформування в процесі ВТМО здійснюється за високих температур і ступінь деформування невелика, то спеціалізоване потужне обладнання не потрібне.

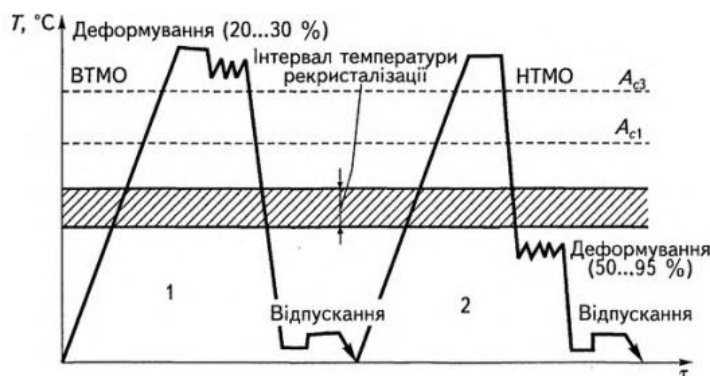


Рисунок 22 – Графік режиму ВТМО (1).

Після гартування необхідно зробити низький відпуск. В порівнянні із звичайним гартуванням при ТМО отримують більш високі механічні властивості.

За високої міцності забезпечується велика в'язкість руйнування, тобто опір поширення тріщин. За однакової міцності вуглецеві сталі після звичайного гартування й низького відпуску набагато менший опір поширення тріщин.

ВТМО піддають будь які сталі, при цьому після цієї обробки досягають високих значень :

$\sigma_{т.ч.} = 2200-2600$  МПа,  $\sigma_{0,2} = 1900-2200$  МПа,  $\delta = 7-8\%$ ,  $\psi = 25-40\%$ .

При неправильному режимі термічної обробки і її проведення в деталях можуть виникнути різні дефекти – гартовані тріщини, короблення, перепал тощо.

## Сутність обробки металів холодом

Загартування обробкою холодом полягає в додатковому охолодженні виробу, що підлягає гартуванню із сталі до температур нижче  $20^{\circ}\text{C}$  з метою більш повного перетворення залишкового аустеніту в мартенсит, так як залишковий аустеніт знижує твердість і надає сталі більшу крихкість.

Обробка холодом доцільна тільки для сталей, у яких температура кінця мартенситного перетворення  $M_k$  нижче  $18-20^{\circ}\text{C}$  (рисунок 23).

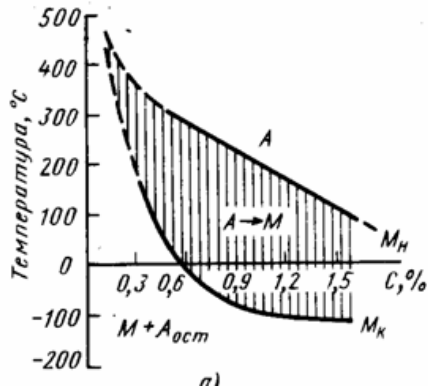


Рисунок 23 – Температура мартенситних точок  $M_n$  і  $M_k$ .

Для обробки металів холодом гартовані на мартенсит виробу поміщують в спеціальний холодильник, в якому при температурі від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $-100^{\circ}\text{C}$  залишковий аустеніт розкладається з утворенням мартенситу. Розповсюдженим охолоджувачем являється суміш із твердої вуглекислоти з ацетоном ( $-78^{\circ}\text{C}$ ).

**Обробкою холодом піддають з метою :**

- підвищення різальних властивостей швидкорізальних сталей;
- збільшення твердості інструменту, виготовленого із легованої сталі;
- підвищення магнітних властивостей сталей;
- стабілізація розмірів вимірювального інструменту і шарикопідшипників.

## Поверхнєве зміцнення деталей пластичною деформацією (накатування)

Процес накатування є одним із видів обробки металів тиском. Процес накатування полягає га витісненні робочим інструментом (шариками або роликками) матеріалу з відповідних ділянок зношеної поверхні деталі і дозволяє зменшувати внутрішній і збільшувати діаметр зовнішній діаметр накатувальних деталей на  $0,3-0,4$  мм (рисунок 24).

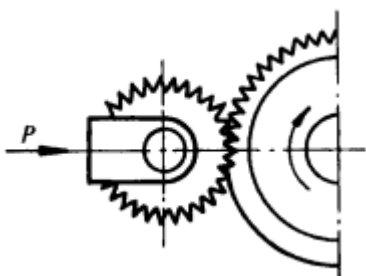


Рисунок 24 – Схема процесу накатування

Накатуванню піддають деталі без термічної обробки. Оброблена таким чином поверхня придатна для посадок. Її зносостійкість близька до зносостійкості поверхні нової деталі, а втомна міцність підвищується у зв'язку з деяким наклепом оброблювальної поверхні.

Накатування застосовують для відновлення розмірів шийок і отворів під підшипники, а також підшипників, залитих свинцевою бронзою. В останньому випадку лунки, які утворилися заливають бабітом для відновлення несучої здатності антифрикційного шару.

Поверхню накатують спеціальним інструментом – зубчастим роликком (накатником) з прямими або косими зубами. Кращу якість дає косе накатування.

Рекомендується застосовувати накатування для деталей, які сприймають контактне навантаження  $\leq 7$  МПа.

Деталі, які мають твердість  $< 32\text{HRC}$ , можна накатувати в холодному стані при струменевій подачі індустріального масла.

Піднімання гребінців металу після накатування складає приблизно половини висоти накатувальника зуба, він залежить також від кроку накатки (1,2...3 мм). Швидкість накатування середньовуглецевих сталей 10-15 м/хв, повздовжня подача 0,4-0,6 мм/об, кут загострення зуба накатувальника 60-70°. Накатування проводять так, щоб гребінці піднятого металу мали в поперечному січенні форму трапеції, а не трикутника. Поверхню після накатування шліфують.

Відновлення зубчастих профілів шестерень і зірочок накаткою проводять на стенді ОР-6400-01. Робочий профіль інструмента відповідає профілю і розмірам відновлювальних зубів.

В залежності від виду енергії, яка затрачається на пластичне деформування розрізняють : механічне, термопластичне і електрогідравлічне і інші види взаємодій.

## Контрольні запитання №4

1. Призначення термічної обробки.
2. Класифікація видів термічної обробки.
3. Дайте характеристику нормалізації і відпуску.
4. Дайте характеристику гартування і відпалу.
5. Призначення хіміко-термічної обробки.
6. Класифікація видів хіміко-термічної обробки.
7. Сутність термо-механічної обробки.
8. Особливості низько- і високотемпературної механічної обробки.
9. Технологія обробки сталі холодом.
10. Як проходить зміцнення деталей накатуванням?



## *Технологія відновлення корпусних деталей*

Ресурс відремонтованих вузлів і агрегатів в значній мірі залежить від рівня технології і якості відновлення корпусних деталей. Відновлення зношених отворів призводить до їх порушення міжвісєвих відстаней, співвісності отворів, паралельності вісєй тощо. Так, ресурс коробок передач зібраних з нових деталей і відновлених корпусів з порушеннями просторової геометрії, складає менше половини ресурсу нових.

Корпусні деталі трансмісії виготовляють із сірого чавуну.

Характерними дефектами корпусів являються – зношення посадочних отворів під підшипники і стакани, різьбових з'єднань, отворів під валики переключення передач, під установлювальні штифти, тріщини і обломи, короблення при днювальних поверхонь.

Коефіцієнти відновлення корпусів при капітальному ремонті машин складають 0,4-0,8.

**Основна задача при відновленні корпусів полягає у :**

- правильному виборі способу нанесення покриттів;
- схемі базування і технології механічної обробки, що дозволяють відновлювати зносостійкість і задачі параметри точності.

Використання комплекту технологічних баз має свої особливості. Розміри базових отворів корпусів, що поступають на ремонт, відрізняються від розмірів, які вказані на робочих кресленнях. Не використовувані при експлуатації базові отвори зношуються на 0,2-0,04 мм в процесі багатократних установок і зняття корпусів на установлювальних пристосуваннях при їх виготовленні. Крім цього, при діагональному розташуванні базових отворів у більшості корпусів у процесі експлуатації порушується їх взаємне розташування. Наприклад, у корпусів коробок передач тракторів типу МТЗ-50/80 відхилення міжвісєвої відстані складає  $\pm 0,20$  мм (допустиме  $\pm 0,05$  мм). Тому при проектуванні необхідно враховувати зміни міжвісєвої відстані і їх зношення в базових отворах.

Також потрібно враховувати, те, що у корпусів, які поступають на відновлення на базовій площині можуть бути забоїни, що виникають в процесі розбирання агрегатів і транспортування корпусів.

Технологія відновлення корпусних деталей забезпечує необхідне взаємне розташування всіх робочих поверхонь :

- очищення і миття;
- дефекація і комплектування маршрутів;
- заварювання тріщин;
- відновлення різьбових з'єднань;
- відновлення отворів під валики і фіксатори (виготовлення втулок);
- підготовлення технологічних баз;
- розточування отворів під підшипники і стакани;
- установлення скрутних кілець (виготовлення скрутних кілець);
- закріплююче розкатування скрутних кілець;
- чистове розточування і вигладжування отворів;
- миття корпусів;

- контроль якості.

Характерні дефекти для станин і напрямних : тріщини, сколи, пробоїни, відколювання виступаючих частин тощо.

#### **Тріщини ліквідовують :**

- з допомогою стяжок; по обидві сторони тріщини на певній відстані від неї свердлять два отвори і в них запресовують штифти і виступаючими кінцями; виготовляють сталъну пластину-стяжку з двома засвердленими кінцями, при можливості тріщину стягують струбциною, стяжку нагрівають і надівають штифти, при охолодженні стяжка стягує тріщину;

- з допомогою штифтів;
- з допомогою накладок ;
- заварюванням з наступною механічною обробкою.

#### **Пробіи і сколи усувають :**

- установкою скручувальника; дефектне місце розсвердлюють, нарізують в ньому різьбу і в цей отвір вкручують і стопорять кернінням різьбову пробку, попередньо змащену суриком;

- установкою пробки; невеликі сколи насвердлюють і розвертують, в отвори запресовують пробку обпилену по формі ремонтваної поверхні;
- заварювання і наплавленням сколів з наступною механічною обробкою.

### ***Технологія відновлення ходової частини гусеничних тракторів***

Деталі ходової частини гусеничних тракторів швидко зношуються і дуже металомісткі. Їх зношення виражається міліметрами і навіть десятками міліметрів, а по масі досягають декількох кілограмів.

**Схема технологічного процесу відновлення опорних катків тракторів класу 3** заливкою рідким металом є наступна :

- миття;
- дефекація;
- прогартовування при температурі 500-550°C;
- правлення або видалення ковпака ущільнювача;
- зачистка ободка;
- обфлюсування ободка;
- очистка форми і нанесення протипригарного покриття;
- нагрів ободка СВЧ;
- заливання металу у форму;
- обтискання ступиці, прошивання отвору і шпоночного пазу;
- заварювання тріщин, литих дефектів, приварювання ковпака ущільнювача;
- зачищення наплавлених поверхонь;
- контроль якості.

По аналогічній технології відновлюють опорні катки тракторів Т-70С, а також підтримуючі ролики і ведучі колеса тракторів Т-74.

Ланки гусениць тракторів тягового класу 3 являються найбільш часто відновлювальними деталями ходової частини (рисунок 25).

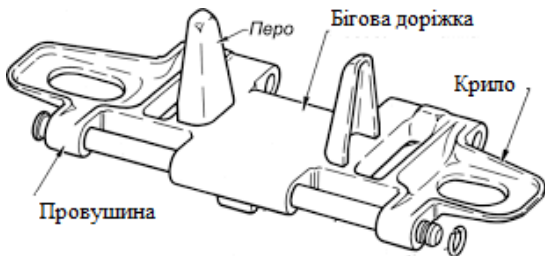


Рисунок 25 – Відкритий шарнір гусенець

Об'єми їх відновлення виражаються мільйонами штук.

Основні дефекти ланок – зношення провусин і цівок. Тріщини, зношення бігових доріжок являються вибракувальними дефектами.

**Розрізняють ряд способів відновлення провусин ланок :**

- осадження провусин;
- приварювання нових провусин;
- вставка втулок і напіввтулок у провусини;
- деформація провусин в нагрітому стані;
- наплавлення провусин ланок лежачим електродом.

Для відновлення ланок гусениць індукційним наплавленням в вогнестійкому середовищі створена спеціальна установка УВЗГ-2М, яка працює разом з високочастотною установкою.

До металомістких і швидкозношувальних деталей ходової частини тракторів тягучого класу 6 відносяться однобортні і двобортні ролики. Маса кожного з них складає від 40 до 46 кг. Твердість бігових доріжок 53 НРС. Основними дефектами являються : зношення бігових доріжок і реборд, пошкодження різьбових отворів і зношення поверхонь отворів під підшипники.

Технологія відновлення цих деталей складається з електродугового наплавлення бігових доріжок наплавлю вальним високовуглецевим дротом під шаром флюсу АН-348 і АН-60 або порошковим дротом ПП-АН122 і ПП-АН125 на спеціальних наплавлювальних установках : ОКС-11200, УД-302, У-653 тощо.

**Схема технологічного процесу відновлення двобортних і однобортних катків роликів тракторів 6 класу :**

- очищення;
- дефектація;
- нормалізація бігових доріжок;
- токарна обробка;
- наплавлення реборд;
- наплавлення бігових доріжок;
- калібрування отворів під підшипники;
- відновлення різьбових отворів;
- контроль якості.

**До основних дефектами ланок відноситься :** зношення бігових доріжок по висоті, отворів під палець і втулку, отворів під болти кріплення.

Бігові доріжки ланок гусениць відновлюють широкошаровим наплавленням порошковим дротом ПП АН-122 або ПП АН-125 під флюсом АН-348А або порошковою стрічкою ПЛ-3ХНЗНГ січенням 10x1,6 під флюсом АН-348А. Для реалізації технології використовують установки ОКС-27508 і ОКС-27414.

## **Схема технологічного процесу відновлення ланок гусениць тракторів класу 6:**

- очистка;
- дефектація;
- зачищення бокових поверхонь;
- наплавлення;
- електроконтактне оброблення під шаром рідини;
- контроль якості.

Доріжки ланок гусениць у тракторів Т-100М наплавляють лежачим пластинчастим електродом. В якості електрода використовують сталю пластину, аналогічну по формі бігової доріжки ланки. Наплавлення проводять під шаром флюсу. Для отримання заданих механічних характеристик наплавленого металу підбирають відповідний матеріал електрода, флюсу і легуючі порошкові матеріали.

## **Контрольні запитання №5**

1. Основна мета відновлення корпус деталей.
2. Процес технологічного процесу відновлення опорних катків тракторів.
3. Види способів відновлення ланок гусениць тракторів.
4. Основні етапи технологічного процесу відновлення двобортних і однобортних катків роликів.
5. Наплавлювальні матеріали для відновлення ходової частини гусеничних тракторів.

## Перелік посилань на джерела

1. Попов В.С. Зносостійкість сплавів, відновлення та зміцнення деталей машин. Навчальний посібник. – Запоріжжя : "Мотор Січ", 2006. – 420 с.
2. Технологія електродугового зварювання. І.В. Гуменюк, О.Ф. Іваськів, О.В. Гуменюк. – К.: Грамота, 2006. – 512 с.
3. В.М. Гарнець, В.М. Коваленко. Конструкційне матеріалознавство. К.: Либідь, 2007. – 384 с.
4. Молодык Н.В., Зенкин А.С. Восстановление деталей машин. Справочник. – М. : Машиностроение, 1989. – 480 с.