



Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет

С. М. Яхненко

## **Обладнання ремонтно-механічних цехів хімічних та нафтопереробних виробництв**

Опорний конспект лекцій

Суми  
Сумський державний університет  
2020

Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет

# **Обладнання ремонтно-механічних цехів хімічних та нафтопереробних виробництв**

**Опорний конспект лекцій**

для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»  
освітніх програм  
«Комп'ютерний інжиніринг обладнання хімічних виробництв»,  
«Обладнання нафто- і газопереробних виробництв»  
денної та заочної форм навчання

Затверджено  
на засіданні кафедри  
«Процеси та обладнання хімічних  
і нафтопереробних виробництв»  
як опорний конспект лекцій із дисципліни  
«Обладнання хімічних виробництв і  
підприємств будівельних матеріалів».  
Протокол № 11 від 22.06.2019 р.



Суми  
Сумський державний університет  
2020

Обладнання ремонтно-механічних цехів хімічних та нафтопереробних виробництв : конспект лекцій / укладач С. М. Яхненко. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – 219 с.

Кафедра «Процеси та обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв»

# Зміст

	С.
<b>Вступ</b> .....	7
<b>Розділ 1 Організація ремонтної служби</b> .....	9
Тема 1.1 Структура ремонтно-механічної служби.....	9
1.1.1 Організація ремонтного виробництва.....	9
1.1.2 Структурні підрозділи ремонтно-механічного цеху.....	12
Тема 1.2 Обладнання ремонтно-механічного цеху.....	15
1.2.1 Обладнання механічної ділянки.....	15
1.2.2 Обладнання інших ділянок цеху.....	21
Тема 1.3 Види заготовок та методи очищення їх поверхонь.....	23
1.3.1 Матеріали, використовувані для виготовлення машин та апаратів.....	23
1.3.2 Заготовки деталей апаратів.....	31
1.3.3 Хімічні методи очищення заготовок: знежирювання і травлення.....	32
1.3.4 Класифікація механічних методів очищення.....	33
1.3.5 Устаткування для механічного очищення поверхонь.....	34
Тема 1.4 Обладнання для правки листового й сортового прокату.....	39
1.4.1 Загальні відомості про процес правлення.....	39
1.4.2 Класифікація обладнання для правлення прокату.....	39
1.4.3 Правка на багатовалкових листопробірних машинах.....	40
1.4.4 Випрямлення на пресах і розтягуванням.....	43
1.4.5 Устаткування для правки прутків і труб.....	44
<b>Розділ 2 Технологічні операції та обладнання заготівельного відділення</b> .....	49
Тема 2.1 Розмічання деталей та різання металу.....	49
2.1.1 Види розмічання деталей.....	49
2.1.2 Послідовність виконання розмічення.....	51
2.1.3 Інструмент для розмічувальних робіт.....	52
2.1.4 Розкроювання листового прокату.....	53
2.1.5 Класифікація способів та обладнання для різання металу.....	53
Тема 2.2 Технологічне обладнання для гнуття і вальцювання.....	62
2.2.1 Загальні відомості про процес гнуття.....	62
2.2.2 Особливості згинання тонкостінних труб.....	64
2.2.3 Вальцювання обичайок.....	70

<b>Розділ 3 Технологічне обладнання термічного відділення.....</b>	<b>76</b>
Тема 3.1 Теплове оброблення деталей.....	76
3.1.1 Види теплового оброблення деталей та заготовок.....	76
3.1.2 Види термічного оброблення деталей і заготовок.....	77
Тема 3.2 Технологічне обладнання для нагрівання деталей.....	80
3.2.1 Класифікація печей для термічного оброблення деталей.....	80
3.2.2 Джерела теплової енергії та обладнання для нагрівання печей .....	91
3.2.3 Вогнетривкі та теплоізоляційні матеріали в теплотехнічному обладнанні.....	94
<b>Розділ 4 Технологічне обладнання механічної ділянки.....</b>	<b>98</b>
Тема 4.1 Класифікація металорізальних верстатів.....	98
4.1.1 Класифікація та маркування металорізальних верстатів.....	98
4.1.2 Класифікація металорізального та вимірювального інструменту.....	104
Тема 4.2 Методи оброблення деталей на металорізальних верстатах.....	105
4.2.1 Оброблення деталей на токарних верстатах.....	105
4.2.2 Оброблення деталей на свердлильних та фрезерних верстатах.....	108
<b>Розділ 5 Технологічні операції та обладнання котельного відділення.....</b>	<b>115</b>
Тема 5.1 Обладнання для складання зварних конструкцій.....	115
5.1.1 Складання елементів конструкцій апаратів.....	115
5.1.2 Складальні пристрої.....	116
5.1.3 Обладнання та інструмент для оброблення кромки і зварних швів.....	118
Тема 5.2 Обладнання для штампування і витягування деталей.....	124
5.2.1 Обкатування. Операції обкатування.....	124
5.2.2 Витягування. Обладнання для витягування деталей.....	126
5.2.3 Вирубання й пробивання отворів.....	134

<b>Розділ 6 Технологічне обладнання зварювальнового відділення</b> ....	137
Тема 6.1. Зварюваність матеріалів.....	137
6.1.1 Особливості металургійних процесів	
під час зварювання.....	137
6.1.2 Зварюваність матеріалів.....	140
6.1.3 Зварюваність сталей.....	141
Тема 6.2 Зварювальні матеріали.....	143
6.2.1 Види електродних матеріалів .....	143
6.2.2 Сталевий зварювальний дріт.....	144
6.2.3 Покриті електроди, призначені для ручного	
дугового зварювання.....	145
6.2.4 Класифікація та умовні позначення покритих	
електродів.....	147
Тема 6.3 Електродугове зварювання лавленням.....	154
6.3.1 Класифікація основних видів зварювання.....	154
6.3.2 Класифікація джерел живлення зварювальної	
дуги.....	156
6.3.3 Зварювальні трансформатори.....	156
6.3.4 Зварювальні випрямлячі.....	158
6.3.5 Зварювальні генератори.....	158
6.3.6 Зварювальні перетворювачі.....	150
6.3.7 Зварювальні агрегати.....	160
Тема 6.4 Зварювання під шаром флюсу та в захисних газах..	162
6.4.1 Суть зварювання під шаром флюсу.....	162
6.4.2 Види зварювання під шаром флюсу.....	165
6.4.3 Зварювальні флюси та їх класифікація.....	165
6.4.4 Класифікація способів зварювання в захисних	
газах .....	169
6.4.5 Захисні гази та їх суміші.....	170
<b>Розділ 7 Спеціальне зварювальне обладнання</b> .....	177
Тема 7.1 Механічне зварювальне обладнання.....	177
7.1.1 Призначення механічного зварювального	
обладнання.....	177
7.1.2 Механічне зварювальне обладнання.....	177
Тема 7.2 Обладнання для ацетиленокисневого різання та	
зварювання.....	186
7.2.1 Сутність процесу газового зварювання .....	186
7.2.2 Вимоги до металу, що підлягає газокисневому	
різанню.....	188

7.2.3 Обладнання для зберігання і транспортування газів.....	190
7.2.4 Обладнання для постачання газових постів і комунікацій.....	192
Тема 7.3 Методи контролю якості складання зварних з'єднань, прилади та обладнання.....	198
7.3.1 Показники якості зварних з'єднань.....	198
7.3.2 Дефекти підготовки та складання.....	199
7.3.3 Класифікація дефектів.....	199
7.3.4 Види контролю.....	203
7.3.5 Контроль зовнішнім оглядом та вимірюваннями вихідних матеріалів, складених вузлів та зварювальних з'єднань...	204
7.3.6 Методи неруйнівного контролю.....	206
7.3.7 Методи руйнівного контролю.....	212
Список рекомендованої літератури.....	217

## ВСТУП

В Україні існує розвинена хімічна та нафтопереробна промисловість з установками великої одиничної потужності, що дозволяють істотно знизити експлуатаційні витрати та собівартість продукції за значного підвищення продуктивності праці. З плином часу будь-яке обладнання потребує ремонту. Обладнання хімічної промисловості та підприємств будівельних матеріалів відрізняється різноманітністю. До нього належить статичне обладнання, таке як колонні апарати для проведення масообмінних процесів – абсорбери, ректифікаційні колони, екстрактори тощо. Такі апарати мають досить просту будову. Основними їх частинами є обичайка (корпус) і контактні пристрої – тарілки різної конструкції або насадкові тіла. У зв'язку з цим ремонтні операції досить прості – це заварювання пошкодженої обичайки, що виконується на місці, без розбирання апарата; тарілки чи окремі контактні пристрої – ковпачки, клапани, опорні решітки, для їх ремонту повинні бути витягнуті з апарата; ремонт таких пристроїв полягає у проведенні операцій зварювання (опорні решітки або полотна тарілок); що стосується ковпачків, клапанів тощо, то під час проведення ремонтних операцій вони підлягають очищенню від бруду або частинок, що утворюються під час кристалізації робочих середовищ. Зважаючи на те, що хімічна апаратура працює в агресивних умовах, часто ремонт дрібних деталей, пошкоджених корозією, буває недоцільним, і такі деталі замінюють на нові. Одночасно зростають вимоги до надійності обладнання, тому що раптові зупинення хімічних виробництв спричиняють величезні втрати сировини та грошових ресурсів, а в разі аварії може відбутися екологічна катастрофа в регіоні. Значну й відповідальну роль у підвищенні надійності обладнання приділяють ремонтним службам. Збільшення обсягу ремонтних робіт за одночасного поліпшення якості технічного обслуговування вимагає постійного вдосконалювання технології ремонту, підвищення темпів механізації, централізації й спеціалізації служб.

Тому в цьому курсі *ми вивчимо* основні методи проведення ремонтних робіт, будову, принцип роботи й характеристики основного обладнання для виконання заготівельних, котельно-зварювальних, ремонтно-механічних робіт і випробувань машин та апаратів, що і є *основним завданням* дисципліни «Обладнання ремонтно-механічних цехів хімічних і нафтопереробних виробництв».

Під час укладання конспекту лекцій із дисципліни «Обладнання ремонтно-механічних цехів хімічних і нафтопереробних



виробництв» використані частково або повністю фрагменти з праць таких науковців: І. О. Мікульонка (НТУУ «КПІ»), А. Ф. Будника (СумДУ), В. І. Шабрацького (ІХТ ім. Володимира Даля), Г. О. Козлова (НТ НметАУ) та інших учених.

## **Розділ 1 Організація ремонтної служби**

### **Тема 1.1 Структура ремонтно-механічної служби**

1.1.1 Організація ремонтного виробництва.

1.1.2 Структурні підрозділи ремонтно-механічного цеху.

#### **1.1.1 Організація ремонтного виробництва**

*Структура ремонтної служби* залежить від виробничо-технологічних особливостей підприємства, трудомісткості ремонтних робіт, кількості ремонтного персоналу та можливості внутрішньогалузевої кооперації з виготовлення типових запасних частин обладнання. Керування ремонтними службами підприємств являє собою сукупність керувальної і керованої систем: керована система проводить ремонтні роботи, а керувальна – відділи головного механіка (ВГМ), головного енергетика (ВГЕ) – здійснює планування, контроль і керівництво цими ремонтними роботами.

Діяльність механічної служби регламентується Положенням про механічну службу підприємства. Функції механічної служби:

- розробляти та виконувати організаційно-технологічні заходи із забезпечення продуктивної роботи технологічного обладнання, брати участь у розробленні основних напрямків розвитку виробництва, вносити пропозиції в перспективні та річні плани з питання комплектації технологічним обладнанням;

- організувати розроблення та виконання планів капітального і планово-попереджувального ремонтів обладнання, планування, що складається з розроблення раціональної структури ремонтних циклів, визначення трудових і ремонтних ресурсів для виконання плану ремонтних робіт;

- визначати необхідність підприємства (цеху, установки) в обладнанні, запасних частинах та матеріалах;

- здійснювати контроль за додержанням графіків проведення ремонтів, термінів здавання обладнання в ремонт та отримання його з ремонту;

- здійснювати контроль за роботою локальних установок;

- брати участь у розгляді проектів реконструкції виробництва та вносити свої пропозиції;

- здійснювати контроль за додержанням витрати матеріалів та енергії;

- організувати підбір і розміщення кадрів, обчислювати раціональну кількість персоналу механічної служби;
- брати участь у проведенні розслідуванні аварій та нещасних випадків, що відбулися під час роботи обладнання або ремонту;
- брати участь у випробуванні нової техніки та розробляти заходи з використання виробничих відходів, планувати збирання та здавання металобрухту.

На сучасному етапі розвитку виробництва основним завданням керування ремонтним виробництвом є координація дій механічної та ремонтної служб. Механічна частина ремонтного виробництва виконує капітальний ремонт усього знімного обладнання в спеціалізованих відділеннях або цехах типу РМЦ чи РКЦ.

На сучасних підприємствах існує три основних види організації ремонтного виробництва: централізоване, децентралізоване та змішане. механічної та ремонтної служб.

**Централізована організація ремонту** – всі види ремонту технологічного обладнання виконують силами та засобами відділу головного механіка і його ремонтно-механічного цеху. Така організація ремонтних робіт можлива на підприємствах із невеликою кількістю обладнання.

**Децентралізована організація ремонту** – всі види ремонтів та міжремонтне обслуговування проводять під керівництвом механіка основного виробництва на цеховій ремонтній базі комплексними бригадами. Ремонтно-механічний цех підпорядкований головному механіку і виконує лише капітальні ремонти складного обладнання.

**Змішана організація ремонту** характеризується тим, що всі види ремонту, крім капітального, виконують на цеховій ремонтній базі, а капітальний (у деяких випадках і середній) ремонт здійснює ремонтно-механічний цех.

Керування ремонтним виробництвом рекомендують будувати в такій послідовності:

- розрахунок кількості робітників-ремонтників;
- розрахунок кількості ІТП;
- визначення кількості спеціалізованих відділень, що входять до ремонтної й механічної частин виробництва;
- визначення кількості цехів та інших підрозділів, підпорядкованих керівникові механічної й ремонтної служб виробництва;

– розрахування кількості рівнів керування структурою централізованої ремонтної служби;

– визначення кількості функціональних підрозділів, що входять до ремонтної служби, їх підпорядкованість.

Під час організації ремонту обладнання хімічних підприємств розрізняють вузловий і поагрегатний методи:

– вузловий метод ремонту – це заміна зношених вузлів новими чи заздалегідь відремонтованими;

– поагрегатний метод – це ремонт шляхом заміни всього агрегата на новий чи заздалегідь відремонтований. Для забезпечення безперебійної роботи над замовленнями під час централізованого ремонту обладнання повинна бути передбачена на складі наявність обмінного фонду розміром 4–5-денної виробничої програми спеціалізованих відділень.

Служба головного механіка здійснює керівництво експлуатацією та ремонтом технологічного й механічного устаткування, комунікацій, металоконструкцій, естакад. Головний механік здійснює керівництво усім ремонтно-механічним господарством заводу. Приклад структури служб головного механіка (рис. 1.1):

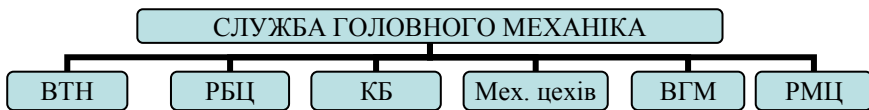


Рисунок 1.1 – Структура служби головного механіка

Для контролю за виконанням плану ППР (планово-попереджувальний ремонт) під керівництвом головного механіка організовується відділ технічного нагляду (ВТН), що проводить огляди та випробовування обладнання, контролює якість ремонтних робіт, перевіряє правильність експлуатації обладнання, розслідує причини аварії.

**Конструкторське бюро (КБ)** займається розробленням ремонтних креслень, проектуванням пристроїв, а також іншими роботами, пов'язаними з механізацією ремонтних робіт і модернізацією обладнання.

**Механіки цехів.** У кожному технологічному цеху заводу є механік і підлегла йому ремонтна бригада. Цехова ремонтна бригада є частиною механічної служби заводу. Ремонтна бригада технологічного цеху здійснює міжремонтне обслуговування устаткування цеха. Ремонтна бригада налічує від двох до чотирьох слюсарів у денну зміну й по одному слюсареві в інші зміни.

**Відділ головного механіка (ВГМ)** входить до складу заводууправління. На цей відділ покладені такі функції: систематичний нагляд за станом обладнання хімічного підприємства; складання плану на ремонт устаткування по підприємству в цілому; складання зведеного щоквартального звіту про виконання середніх і капітальних ремонтів основного устаткування. ВГМ має бюро планово-попереджувального ремонту (ПРБ).

**Ремонтно-механічний цех (РМЦ)** – це цех, що здійснює централізований ремонт обладнання всього заводу. Тому РМЦ повинен мати спеціалізовані ділянки для виконання ремонту окремих видів обладнання.

**Ремонтно-будівельний цех (РБЦ)** – це цех, який займається ремонтом виробничих і побутових будівель, а також будівництвом нових приміщень. На невеликих заводах замість РБЦ облаштовують спеціалізовану ремонтно-будівельну ділянку, що входить до складу ремонтно-механічного цеху (РМЦ).

Ремонтно-будівельний і ремонтно-механічний цехи адміністративно підпорядковуються директорові заводу, а технічно – головному механікові.

### **1.1.2 Структурні підрозділи ремонтно-механічного цеху**

Ремонтно-механічний цех виконує капітальний ремонт обладнання, що експлуатується в технологічних цехах підприємства. Для цього передбачені: спеціалізовані ремонтні підрозділи для ремонту типового обладнання, спеціалізовані ділянки для виготовлення запасних частин або підвищення їх якості й випробувальні стенди в спеціалізованих відділеннях.

До складу ремонтно-механічного цеху входять основні спеціалізовані ділянки й допоміжні відділення, службові та побутові приміщення.

### ***Основні ділянки РМЦ:***

– механічна (верстатна) ділянка. На обладнанні механічної ділянки виконують мехнічне оброблення відновлених деталей та виготовляють нові оригінальні деталі. До складу механічної ділянки входить допоміжне заточувальне відділення, де проводить заточування різального інструменту (різці, фрези, свердла, мітчики);

– слюсарно-складальна ділянка. На цій ділянці виконують слюсарні та слюсарно-складальні роботи. До слюсарно-складальних робіт відносять операції зі збирання вузлів або виробів, їх перевірку та випробовування, регулювання та вивірку апаратів, роботи пов'язані з підгананням розмірів деталі щодо місця її установа, з'єднування деталей (згинчуванням, склеюванням, зварюванням);

– котельно-зварювальна ділянка. На цій ділянці виконуються такі операції: різання заготовок, розмічування, випрямлення та очищення прокату і заготовок, згинання труб, зварювання тріщин та дірок, наплавлення металу на зношені поверхні, приварювання відламаних частин і додаткових (нових) деталей.

***Основні відділення РМЦ:*** ковальське, термічне, жерстяно-мідницьке (відділення по виготовленню тонкостінних деталей із кольорових металів за допомогою пайки), електроремонтне, випробувальне, ділянка зносостійкого захисту та ін.

***Допоміжні відділення і склади:*** склад металу, склад запасних частин, проміжний склад, інструментально-роздавальна комора, експедиція та ін.

***Службові й побутові приміщення:*** контора цеху, гардеробна, вбиральні, умивальні, душові, кімнати для прийняття їжі та ін.

У невеликих ремонтно-механічних цехах деякі відділення об'єднуються, а у великих, навпаки, їх роблять самостійними. Так, зварювальне, трубопровідне, жерстяно-мідницьке і котельне відділення іноді утворюють окремі виробничі дільниці.

### **Висновки**

Ремонтно-механічний цех є складовою частиною служби головного механіка підприємства. Основним завданням РМЦ є проведення централізованого ремонту обладнання всього заводу. Тому РМЦ повинен мати спеціалізовані ділянки для виконання ремонту окремих видів обладнання.

## Питання для самоперевірки

- 1 Які бувають форми ремонту обладнання?
- 2 Які структурні підрозділи належать до служби головного механіка? Дайте стисло характеристику їх призначення?
- 3 Які відділення належать до структури ремонтно-механічного цеху?

## Тема 1.2 Обладнання ремонтно-механічного цеху

1.2.1 Обладнання механічної ділянки.

1.2.2 Обладнання інших ділянок цеху.

### 1.2.1 Обладнання механічної ділянки

Кожні ділянка і відділення ремонтно-механічного цеху мають своє **технологічне обладнання**, пов'язане специфікою виконуваних технологічних операцій.

Номенклатуру та кількість верстатів для механічної ділянки ремонтно-механічного цеху можна визначити двома способами:

1) за трудомісткістю ремонту одиниці обладнання, тобто за кількістю годин, що витрачаються на ремонт кожної одиниці обладнання (детальне проектування), і кількістю одиниць обладнання, що обслуговується ремонтом;

2) за процентним відношенням кількості верстатів ремонтно-механічного цеху до кількості одиниць обладнання обслуговуваних цехів або за співвідношенням кількості верстатів ремонтно-механічного цеху та кількості ремонтних одиниць (одиниць ремонтної складності) технологічного устаткування, встановленого на заводі.

Під час розрахунку необхідної кількості верстатів для ремонтно-механічного цеху необхідно врахувати виконання інших додаткових робіт. Для цього сумарну щорічну витрату часу для ремонту всього обладнання збільшують на відповідний відсоток залежно від обсягу та умов робіт, наприклад на 10 %. Виходячи із загальної витрати часу на виконання всіх робіт ремонтно-механічним цехом і цеховими ремонтними базами, визначають потрібну для нього кількість верстатів.

До складу **мінімального комплекту верстатів механічної ділянки ремонтно-механічного цеху входять:**

- токарно-гвинторізні верстати різних розмірів (наприклад, із

висотою центрів і відстанню між центрами від  $400 \times 1\,000$  до  $630 \times 2\,800$ );

- вертикально-свердильний (найбільший діаметр свердла 35 мм);
- універсально-фрезерний (розмір столу  $320 \times 1\,250$ );
- вертикально-фрезерний ( $320 \times 1\,250$ );
- поперечно-стругальний (хід 650);
- довбальний (хід 200);
- універсально-круглошліфувальні ( $200 \times 700$ );
- зубофрезерний (найбільший діаметр шестерні 750 мм);
- поздовжньостругальний, радіально-свердильний (рис. 1.4) і розточувальний верстати.

Понад підраховану (першим або другим способом) кількість основних верстатів механічної ділянки ремонтно-механічного цеху необхідно передбачити ще допоміжне обладнання.

*До складу допоміжного технологічного обладнання входять:*

**Верстати** – заточувальні, настільно-свердильний, переносний шліфувальний із гнучким валом, обдирно-шліфувальний; одно- та двостоякові точила, дискові та механічні пилки; гідравлічний і ручний преси; зварювальний трансформатор; пост газового зварювання; приводні ножиці; мийні ванни та ін. Кількість одиниць цього обладнання береться з міркувань необхідної комплектності і становить приблизно 20 % від кількості основних верстатів ремонтно-механічного цеху.

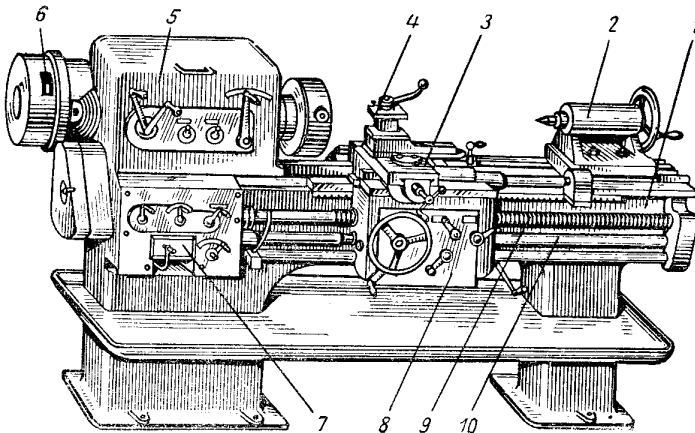
**Токарно-гвинторізнi верстати** є найбільш універсальними верстатами токарної групи і використовуються в основному в умовах одиничного і дрібносерійного виробництв. Конструктивне компонування верстатів практично однотипне. Основними вузлами прийнятого як приклад верстата 16К20 є:

- станина, на якій монтуються всі механізми верстата;
- передня (шпindelна) бабка, в якій розмішуються коробка передач, шпindel та інші елементи;
- коробка подач, передавальна з необхідним співвідношенням рух від шпинделя до супорта (за допомогою ходового гвинта під час нарізання різі або ходового валика під час оброблення інших поверхонь);
- фартух, у якому перетворюється обертання гвинта або валика на поступальний рух супорта з інструментом;
- центр для підтримування оброблюваної деталі або стрижневий інструмент (свердло, розгортка і т. ін.) для оброблення



центрального отвору в деталі, закріпленої в патроні, може бути встановлений в понолі задньої бабки;

• супорт, служить для закріплення різального інструменту та повідомлення йому рухів подачі. Супорт складається з нижніх санчат (каретки), що переміщуються за напрямними станини. За напрямними нижніх санчат переміщуються в напрямку, перпендикулярному до лінії центрів, поперечні санчата, на яких розміщуються різцева каретка з різцетримачем. Різцева каретка змонтована на поворотній частині, яку можна встановлювати під кутом до лінії центрів верстата. Основними параметрами верстатів є найбільший діаметр оброблюваної деталі над станиною і найбільша відстань між центрами. Важливим розміром верстата є також



найбільший діаметр заготовки, оброблюваної над поперечними санчатами супорта. Токарно-гвинторізний верстат (рис. 1.2) призначений для виконання різноманітних токарних і гвинторізних робіт по чорних і кольорових металах, урахуваючи точіння конусів, нарізування метричної, модульної, дюймової та пітчевих різей.

Рисунок. 1.2 – Загальний вигляд токарно-гвинторізного верстата:

1 – станина; 2 – задня бабка; 3 – супорт; 4 – різцетримач; 5 – передня (шпиндельна) бабка з коробкою передач; 6 – приводний шків; 7 – коробка подач; 8 – фартух; 9 – ходовий гвинт; 10 – ходовий вал

**Вертикально-свердлильні верстати** по металу призначені для свердління наскрізних і глухих отворів у суцільному матеріалі й для фінішного оброблення отворів, отриманих у заготовці іншим способом. Також свердлильні верстати цього типу застосовують для

розсвердлювання отворів, що забезпечує високу точність і шорсткість оброблюваної поверхні в існуючих у заготівлі отворах, нарізування внутрішніх нарізок, вирізання дисків із листового матеріалу і виконання подібних операцій свердлами, зенкерами, розвертками, мітчиками та іншими інструментами для зенкування торцевих поверхонь. Свердлильні верстати дозволяють виконувати технологічні операції, призначені для утворення в просвердлених отворах гнізд з плоским дном під головки гвинтів і болтів, для розвальцювання отворів спеціальними оправками.

У вертикально-свердлильних верстатах (рис. 1.3) основним рухом є обертання шпинделя із закріпленим у ньому інструментом, а рухом подачі – вертикальне переміщення шпинделя. Оброблювану заготовку встановлюють на столі або безпосередньо на фундаментній плиті, причому співвісність отвору заготовки і шпинделя досягається переміщенням заготовки. Основними вузлами вертикально-свердлильного верстата є станина (стояк, колона), фундаментна плита, коробка передач, шпиндель, коробка подачі і механізм подачі, стіл.

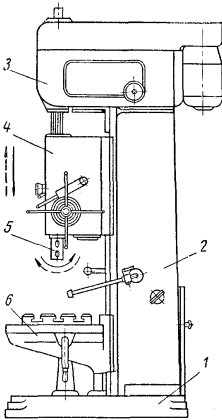


Рисунок 1.3 – Вертикально-свердлильний верстат: 1 – фундаментна плита; 2 – станина; 3 – коробка передач; 4 – коробка подачі і механізм подачі; 5 – шпиндель; 6 – стіл

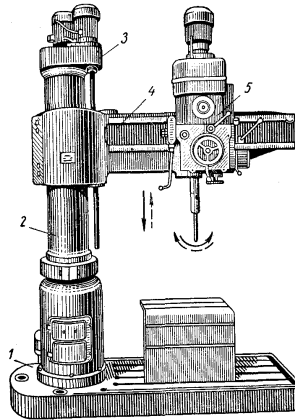


Рисунок 1.4 – Радіально-свердлильний верстат: 1 – фундаментна плита; 2 – колона; 3 – механізм переміщення і затиску траверси; 4 – траверса; 5 – шпиндельна головка

**Універсально-фрезерний верстат** має горизонтально розміщений шпиндель і призначений для оброблення фрезеруванням різноманітних поверхонь на невеликих і не важких деталях в умовах одиничного і серійного виробництв. Оброблення проводять

циліндричними, дисковими, кутовими, кінцевими, фасонними, торцевими фрезами. На цьому верстаті можна обробляти вертикальні та горизонтальні фасонні й гвинтові поверхні, пази і кути. Фрезерування деталей, що потребують періодичного поділу або гвинтового руху, виконують із використанням спеціальних ділильних пристроїв.

На станині змонтовані всі основні вузли верстата. Усередині станини розміщені шпindelний вузол і коробка передач. Для підтримування оправлення з фрезою служить хобот із сережками. По вертикальних напрямних станини переміщається консоль. За напрямними консолями в поперечному напрямку рухаються санчата з поворотним пристроєм і поздовжнім столом. Поворотний пристрій дозволяє повертати стіл навколо вертикальної осі на  $45^\circ$  в обидва боки, завдяки цьому стіл може переміщатися в горизонтальній площині під різними кутами до осі шпінделя.

**Вертикальні консольно-фрезерні верстати** (рис. 1.5) на відміну від горизонтальних мають вертикально розміщений шпindel, який в одних верстатах є нерухомим, а в інших може переміщатися не лише вздовж своєї осі, а й повертатися навколо горизонтальної осі. У вертикальних верстатах відсутній хобот. Інші частини в цих верстатах такі самі, як і в горизонтальних.

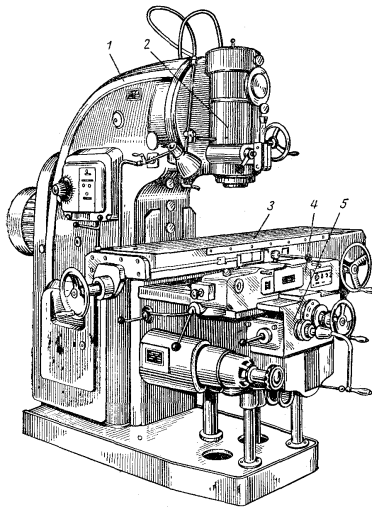


Рисунок 1.5 – Вертикальний консольно-фрезерний верстат:  
1 – станина; 2 – фрезерна головка; 3 – робочий стіл; 4 – санчата; 5 – консоль

**Поперечно-стругальні верстати.** Основний рух стругальних верстатів – прямолінійний зворотно-поступальний. У поперечно-стругального верстата (рис. 1.6) він надходить до різця, закріпленому в супорті. Різання проводять під час робочого ходу, потім йде холостий хід (із більш високою швидкістю), за якого різець (або виріб) повертається до початкового положення. Швидкість основного руху залишається постійною в поперечно-стругальних верстатах із гідравлічним приводом і змінюється (від нуля до максимальної і знову до нуля) в поперечно-стругальних верстатах із приводом від кулісно-кривошипного механізму. В кінці кожного холостого ходу здійснюється рух подачі (в поперечному напрямку щодо напрямку головного руху). У поперечно-стругальних верстатах він надходить до стола і закріпленого на ньому виробу.

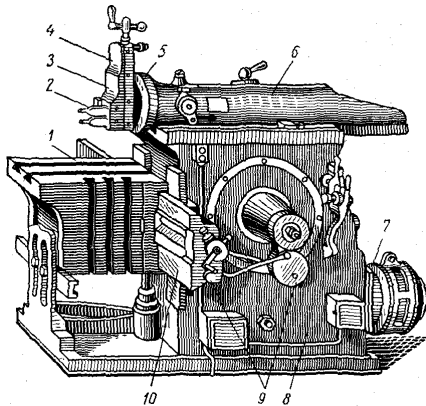


Рисунок 1.6 – Поперечно-стругальний верстат:

1 – стіл; 2 – різцетримач; 3 – різцева каретка; 4 – санчата супорта; 5 – поворотна частина супорта; 6 – повзун із супортом; 7 – електродвигун; 8 – станина; 9 – механізм подачі; 10 – поперечина

На поперечно-стругальних верстатах обробляють дрібні й середні вироби. Через холостий хід не вигідно використовувати стругальні верстати у великосерійному і масовому виробництві, де вони замінюються фрезерними, протяжними, шліфувальними верстатами.

**Круглошліфувальні верстати** (рис. 1.7) призначені для зовнішнього шліфування циліндричних, конічних або торцевих поверхонь тіл обертання. Під час оброблення на верстаті деталі

встановлюють у центрах або закріплюють у патроні. Для оброблення на центрових верстатах необхідно забезпечити обертання шпинделя круга, обертання оброблюваної заготовки, поздовжнє переміщення столу, безперервне або періодичне подання на товщину зрізаного шару. Деталі, довжина яких менша, ніж ширина круга, шліфують без поздовжнього переміщення заготовки методом урізання.

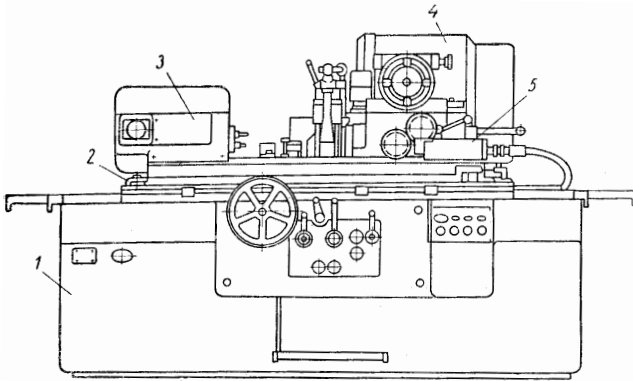


Рисунок 1.7 – Круглошліфувальний верстат:

1 – станина; 2 – робочий стіл; 3 – передня бабка; 4 – шліфувальна бабка; 5 – задня бабка

### 1.2.2 Обладнання інших ділянок цеху

Крім верстатного обладнання для механічного оброблення і верстаків для слюсарних і складальних робіт, у ремонтному цеху необхідно передбачати обладнання для відділень: котельно-зварювального, жерстяно-мідницького, трубопровідного, ковальського, електротехнічного (якщо немає самостійного електроремонтного цеху). Вибір типів і кількості обладнання для цих відділень визначається характером та обсягом виконуваних робіт.

Для котельно-зварювального відділення необхідне таке обладнання: електрозварювальні апарати для ручного електродугового й точкового зварювання, зварювання в середовищі захисних газів і для зварювання під шаром флюсу, пост газового зварювання, вальці для виправлення листового заліза, згинальні вальці, свердлильні верстати, плити правильні, верстаки.

Таке обладнання для котельних робіт, як машини для гнуття, діропробивні преси, гільйотинні та комбіновані прес-ножиці та ін.,

доцільно встановлювати лише за наявності великої кількості відповідних робіт.

Для *жерстяно-мідницького відділення* потрібні пристрої для заливання підшипників бабітом, машини для гнуття, горни, верстаки, плити.

*Трубопровідне відділення* оснащується таким обладнанням: трубозгинальні, трубонарізні та трубовідрізні верстати і, крім того, слюсарні верстаки.

*Термічне і ковальське відділення* зазвичай об'єднують. Таке об'єднання дає можливість краще використовувати спеціальні будівлі та загальні спеціальні пристрої, необхідні для кузень (вентиляція, повітродувні установки, трубопроводи для води, газу, повітря, палива і т. ін.).

Для ковальських відділень ремонтно-механічних цехів потрібне таке обладнання: молоти приводні, пневматичні, печі нагрівальні, горни, ковадла, плити, баки для води і масла та ін. Для термічного відділення ремонтно-механічних цехів необхідне таке обладнання: електричні чи газові нагрівальні печі, гартівні баки.

## **Висновки**

Ремонтно-механічний цех повинен мати спеціалізовані ділянки для виконання ремонту окремих видів обладнання. Кожні ділянка і відділення ремонтно-механічного цеху мають своє технологічне обладнання. У РМЦ повинен бути мінімальний комплект верстатів, а також цех може бути оснащений допоміжним технологічним обладнанням.

## **Питання для самоперевірки**

1 Якими способами можна визначити номенклатуру і кількість верстатів для механічної ділянки ремонтно-механічного цеху?

2 Які верстаки входять до складу мінімального комплексу верстатів механічного ділянки ремонтно-механічного цеху?

3 Яке обладнання входить до складу допоміжного технологічного обладнання?

4 Які відділення існують у ремонтно-механічному цеху?

5 Чим диктується вибір обладнання для цих ділянок?

## Тема 1.3 Види заготовок та методи очищення їх поверхонь

1.3.1 Матеріали, використовувані для виготовлення машин та апаратів.

1.3.2 Заготовки деталей апаратів.

1.3.3 Хімічні методи очищення: знежирення й травлення.

1.3.4 Класифікація механічних методів очищення.

1.3.5 Устаткування для механічного очищення поверхонь.

### 1.3.1 Матеріали, використовувані для виготовлення машин та апаратів

Матеріали, призначені для виготовлення елементів хімічного обладнання, повинні задовольняти комплекс вимог, обумовлених конструкцією, технологією оброблення та експлуатацією апарата або машини. Найголовнішими з цих вимог є розрахунковий тиск, температура стінок обладнання (мінімальна негативна й максимальна позитивна), хімічний склад і характер робочого середовища, технологічні властивості (передусім зварюваність та оброблюваність) і корозійна стійкість матеріалів. Зрозуміло, що неабияке значення має й вартість конструкційних та допоміжних матеріалів. У хімічному апарато- та машинобудуванні широко використовують сталі, чавуни, кольорові метали та сплави, а також неметалеві матеріали органічного й неорганічного походження.

**Вибір матеріалу.** Матеріал, необхідний для виготовлення тієї чи іншої деталі апарата, повинен задовольняти комплекс вимог, обумовлених конструкцією, технологією оброблення й експлуатацією апарата. Під час вибору матеріалу потрібно враховувати такі чинники [6 ]:

- 1) міцність;
- 2) питому вагу;
- 3) теплопровідність;
- 4) коефіцієнт лінійного розширення;
- 5) спротив коливанням температур;
- 6) стійкість до хімічної та електрохімічної корозії;
- 7) стійкість до ерозії;
- 8) вплив матеріалу на робоче середовище;
- 9) пористість матеріалу;
- 10) зміну властивостей під час термічного оброблення;
- 11) пластичність;
- 12) можливість оброблення різанням;
- 13) в'язкість і ковкість;

- 14) ливарні властивості;
- 15) зварювальність;
- 16) можливість паяння і склеювання;
- 17) кошторис матеріалу;
- 18) дефіцитність матеріалу.

Під час розроблення конструкцій апаратів ураховують властивості, наведені в пунктах 1–9. Властивості найбільш поширених у нафтохімічній промисловості матеріалів наведені в таблиці 1.1

З точки зору технолога-апаратобудівника особливий інтерес становлять властивості матеріалів, наведені у пунктах 10–16. Залежності від цих властивостей вибирають технологічні маршрути і способи оброблення деталей.

Найпоширенішими матеріалами для виготовлення хімічного обладнання є сталі [2].

**Сталь** – це сплав заліза з вуглецем (до 2 % за масою вуглецю) та іншими елементами. Залежно від хімічного складу сталі поділяють на три основні групи:

1) вуглецеві; 2) леговані; 3) сплави.

*До вуглецевих сталей* належать сталі, що не містять легувальних елементів, які вводять для надання сталям спеціальних властивостей. Уміст силіцію, мангану (магнію), алюмінію, титану та інших елементів, наявність яких обумовлюється технологією вироблення сталі, а також залишкових елементів – сульфуру, фосфору, хрому, ніколю (нікелю), купруму та інших – установлюють державними (або міждержавними) стандартами.

Вуглецеву сталь залежно від умісту карбону за нижнім граничним значенням поділяють на низьковуглецеву (вміст вуглецю до 0,25 %), середньовуглецеву (0,25–0,6 %) і високовуглецеву (понад 0,6 %).

*До легованих сталей* належать сталі, леговані одним чи кількома елементами (елемент вважають легувальним, якщо його вміст регламентується нижньою межею «не менше» або двома межами – нижньою й верхньою; згідно із зазначенням у стандарті на леговану сталь одного більшого граничного значення «не більше» елемент вважають залишковим або технологічною домішкою).

Леговану сталь, у якій сумарний вміст легувальних елементів за більшим граничним значенням понад 10 % за вмістом одного з них понад 5 %, можна вважати високолегованою.



До сплавів у чорній металургії належать сплави двох і більше елементів, якщо вміст заліза у сплаві не перевищує 50 %. Виняток становлять прецизійні сплави, в яких (в окремих випадках) міститься понад 50 % заліза. Сплави поділяють згідно з найменуваннями елементів, які становлять основу (на нікелевій основі, на залізній основі та ін.).

Таблиця 1.1 – Властивості матеріалів, найбільш поширених у хімічній промисловості

Матеріал	Марка матеріалу	Щільна вага, кг/м <sup>3</sup>	Температура плавлення, °С	Теплопровідність, ккал/см·град	Коефіцієнт лінійного розширення 10 <sup>6</sup>	Межа міцності при розтягуванні, н/мм <sup>2</sup> (листий прокат)	Подовження, % (листий прокат)	Температурна межа застосування, °С
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сталь вуглецева	Ст. 3	780	—	0,11	11,0	380–470	16–17	– 30 – +400
Сталь вуглецева, якісна	20	7 850	—	0,12	11,5	350–500	22–24	– 404 – +450
Низьколегована сталь	15ХМ	7 850	—	0,1	12,0	440–600	18–21	– 40 – + 560
Кислото-стійка сталь	1Х18Н9Т	7 900	—	0,04	16,5	500–600	35–45	– 196 – +600
Жаростійка сталь	Х18Н25С2	7 840	—	0,13	16,2	650–750	45	До 900
Технічна мідь	М3	8 900	1 080	0,95	16,4	300 (200)	3 (30)	– 196 – +250
Латунь	Л-62	8 430	898–905	0,29	20,6	420 (300)	10 (40)	– 196 – +250
Томпак	ЛТ-90	8 730	1 025–1 045	0,3	17,0	400 (270)	15 (40)	– 196 – +250
Алюміній	А1, А2	2 700	658	0,52	23,8	150 (70)	4 (28)	– 196 – +150
Сплав алюмінія	АМ г	2 670	—	0,3	23,4	250 (200)	20 (23)	До +150
Технічний нікель	НТ	8 900	1 452	0,14	13,7	550 (380)	2 (35)	– 250 – +550
Монель	НМЖМц28-2,5 – 1,5	8 800	1 350	0,06	14,0	600 (450)	10 (25)	– 180 – +750

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Титан	—	4,35	1 725– 1 800		8,1	1 260 (770)	2 (17,5)	—
Технічний магній	Mg1, Mg2	1 740	651	0,37	25,7	250 (180)	8 (17)	
Технічний ц и н к	Ц1; Ц2	7 130	419	0,268	35,4	150 (70)	10 (20)	– 20 – +120
Технічний свинець	C1, C2	1 134	327	0,083	29,5	20 (18)	30 (40)	
Технічне олово	01; 02	7 300	232	0,152	22,0	20 (17)	45 (90)	+20 – 200
Графіт	—	—	—	0,3	—	0,6–2,3		
Кварцеве скло	—	2,15	1 800 – 2 000	0,003	0,27– 0,5	4,5	—	До 1 200
Вініпласт	—	1,38	—	0,0004	60–70	40–60	10–15	– 20 – +60
Пластикат	—	1,3– 1,5	—	—	80	1,0	100	– 30 – +60
Поліетилен	—	0,92	104–115	0,0002	700 – 830	1,1– 1,4	250– 600	– 45 – +100
Полізобу – тилен	—	1,3 – 1,4	80	0,001	—	0,45–0,65	550–600	– 40 – +100
Органічне скло	МС – 2	1,2	—	—	—	6,5	2– 4	– 40 – +70
Поліпропи – лен	—	0,9–0,91	164–170	0,00033	110	3–3,8	500–700	– 40 – +120
Полістирол	—	0,9–1,1	—	0,0002	60,0– 80,0	2,2–4,9	—	– 50 – +80
Резина	—	0,9–1,3	—	—	—	2,0–4,5	600 – 700	– 40 – + 60
Фторо – пласт – 4	—	2,1–2,3	327	0,0006	160,0 – 250,0	1,6–2,5	250 – 500	– 100 – +250
Текстоліт	ПТК – ПТ	1,4		0,0006	17– 30,0	6–10	0,8 – 1,0	До 125
Фаоліт	—	1,5–1,7	—	0,001	17– 22,0	1,5–3,5	—	До 100

Пр и м і т к а . У дужках наведені властивості матеріалів після відпалювання.

Залежно від галузі застосування та основних властивостей сталі поділяють на такі групи:

1) сталі звичайної якості (вуглецева звичайної якості, низьколегована конструкційна (сталь підвищеної міцності), котельна та ін.);

2) сталь якісна й високоякісна (вуглецева конструкційна, легована конструкційна для зварювального дроту та ін.);

3) сталі та сплави певного призначення та зі спеціальними властивостями (високолеговані, корозієстійкі, жаростійкі, жароміцні, теплостійкі та ін.).

Для позначення сталей і сплавів у чорній металургії прийнято умовне (літерно-цифрове) маркування залежно від хімічного складу (сталі або сплаву).

Елементи в усіх стандартах і технічних умовах позначено однаково – літерами української (російської) абетки:

А – нітроген;	Н – нікол (нікель);
Б – ніобій;	П – фосфор;
В – вольфрам;	Р – бор;
Г – манган (магній);	С – силіцій (вуглець);
Д – купрум (мідь);	Т – титан;
Е – селен;	Ф – ванадій;
К – кобальт;	Х – хром;
Л – берилій;	Ц – цирконій;
М – молібден;	Ю – алюміній.

Цифри, що стоять після літер, свідчать про вміст легувального елемента у відсотках. Відсутність числа означає, що вміст цього елемента до 1,5 % (за більшим граничним значенням). Цифри на початку марки свідчать про середній або максимальний (без меншого граничного значення) вміст карбону (вуглецю) у сталі в сотих частках відсотка (відсутність числа означає, що середній вміст карбону становить приблизно 0,01 %). Літера А в кінці марки означає, що сталь виготовляють зі звуженими межами хімічного складу; літера К – сталь належить до котельної; літера Л – сталь має підвищені ливарні властивості; літера Ш – сталь виготовлена методом шлакового переплавлення.

Деякі сталі спеціального призначення мають особливе позначення з літер, які ставлять на початку марки: А – автоматна (тобто сталь для оброблення на верстатах–автоматах, наприклад А45Е); Ш – конструкційна шарикопідшипникова, наприклад ШХ15 (при цьому цифри свідчать про вміст хрому в десятих частках відсотка); Е – магнітотверда, наприклад ЕХ5К5; Е – електротехнічна; У – інструментальна вуглецева, наприклад У8; Р – інструментальна

швидкорізальна (наприклад Р18, де 18 – середній уміст вольфраму у відсотках).

Марки сталі поділяють на такі основні групи: сталь вуглецева звичайної якості; сталь конструкційна вуглецева якісна; сталь вуглецева підвищеної оброблюваності (автоматна); сталь конструкційна низьколегована для зварних конструкцій (сталь підвищеної міцності); сталь конструкційна легована; сталь конструкційна теплостійка; сталі та сплави корозієстійкі, жаростійкі, жароміцні, зносостійкі та ін.

Для виготовлення посудин і апаратів широко використовують вуглецеву сталь звичайної якості (СтЗспЗ, СтЗпсЗ, СтЗкп2, СтЗсп, СтЗпс, СтЗГпс згідно з ГОСТом 380–2005 і ГОСТом 14637–89), котельну сталь (16 К, 18 К, 20 К, 22 К згідно з ГОСТом 5520–79), що має підвищені механічні властивості, а також вуглецеву якісну конструкційну сталь (10, 20 згідно з ГОСТом 1050–88). Останнім часом великого поширення набули вуглецеві низьколеговані сталі (09Г2С, 10Г2С1, 16ГС, 17ГС, 17Г1С згідно з ГОСТом 5520–79).

Із високолегованих сталей найбільш поширені сталі марок 12Х18Н10Т і 08Х18Н10Т згідно з ГОСТом 5632–72. Сталь останньої марки має знижений вміст карбону й відповідно більшу хімічну стійкість. Ці сталі використовують для виготовлення посудин і апаратів, що працюють під тиском, за температури стінки від –270 до 610 °С, а за певних умов і до 700 °С. Ще більш корозієстійкими є сталі марок 08Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М2Т і 10Х17Н13М3Т згідно з ГОСТом 5632–72.

Нержавіюча сталь містить не більше ніж 1,20 % (масових часток) вуглецю та не менше ніж 10,50 % хрому (ДСТУ EN 10020:2007). Оскільки нікол (нікель) – дуже дефіцитний елемент, застосовують сталі зі зниженим умістом ніколу марок 08Х22Н6Т і 08Х21Н6М2Т згідно з ГОСТом 5632–72, які в малоагресивних середовищах є повноцінними заміниками наведених вище марок.

Більш дешевими є високолеговані хромисті сталі марок 08Х13, 12Х13, 20Х13, 08Х17Т, 15Х25Т згідно з ГОСТом 5632–72, проте вони погано зварюються, тому їх найчастіше застосовують для виготовлення невідповідальних елементів обладнання.

В особливо важких умовах роботи застосовують сталі та сплави з більш високим умістом легувальних елементів, наприклад марок ХН32Т, ХН65МВ, Н70МФ-ВІ, ХН78Т та ін. Так, сплав марки Н70МФ-ВІ стійкий у багатьох агресивних середовищах, зокрема і в гарячій

соляній кислоті, що робить його надзвичайно цінним матеріалом хімічного машино- та апаратобудування.

Для заощадження дефіцитних легованих сталей використовують двошаровий листовий прокат (біметал), який складається з двох гомогенно з'єднаних шарів – товстого основного з вуглецевої або низьколегованої сталі й тонкого плакувального шару легованої сталі (наприклад, сталі марок Ст3сп3 + 08Х13, Ст3сп3 + 08Х13, 20К5 + 12Х18Н10Т, 12ХМ + 08Х18Н10Т згідно з ГОСТом 10885–85).

Товщину основного шару вибирають за умовами міцності, а товщину плакувального шару – не меншою ніж 2 мм у тонкостінних апаратах і 5–6 мм – у товстостінних. Максимальна температура для біметалу становить 560 °С (у разі більшої температури можливе розшарування листів).

Досить поширеним конструкційним матеріалом хімічного апарато- й машинобудування є **чавун** – сплав феруму з карбоном (понад 2 % (за масою) карбону) та іншими елементами. Застосовують такі види чавуну (ДСТУ 2891–94): білий (неграфітизований), половинчастий, відбілений, графітизований, ковкий, графітизований ковкий, зневуглецьований ковкий, із пластинчастим графітом (сірий), із вермикулярним графітом, із кулястим графітом, чушковий, нелегований, легований (мікролегований (уміст легувальних елементів не більше ніж 0,1 % (за масою), низьколегований (3 %), середньолегований (3–10 %), високолегований (понад 10 %)), модифікований, зносостійкий, термостійкий, жаростійкий (окалиностійкий), жароміцний, корозієстійкий, ерозієстійкий, антифрикційний, холодостійкий та ін.

**Кольорові метали і сплави.** У хімічному машино-апаратобудуванні застосовують мідь (купрум), алюміній, титан, свинець, тантал і сплави на їх основі.

**Мідь.** Із неї виготовляють елементи теплообмінників, ректифікаційних колон, ємнісних апаратів для виробництва органічних кислот, розчинників, спиртів тощо. Міцність міді збільшується за низьких температур і в цьому разі зберігаються її пластичні властивості, тому вона є цінним конструкційним матеріалом у криогенній техніці. У хімічному обладнанні зазвичай застосовують мідь марок М1, М2, М3, М1р, М2р і М3р згідно з ГОСТом 859–2001, а також сплави на її основі – бронзи (Бр Б2 згідно з

ГОСТом 18175–78) і латуні (Л63, Л68, ЛС59-1, ЛЖМц59-1-1 згідно з ГОСТом 15527–2004 та ін.).

**Алюміній.** Із нього виготовляють елементи теплообмінників, ректифікаційних колон, ємнісних і реакційних апаратів у виробництві азотної, фосфорної та органічних кислот. Максимально допустима температура стінки апарата з алюмінію і сплавів на його основі становить 150 °С. У хімічному обладнанні зазвичай застосовують алюміній та алюмінієві сплави марок А5, А6, АД0, АД1, АМц, АМг3, АМг5 згідно з ГОСТом 4784–97.

**Титан.** Він набуває дедалі більшого застосування в хімічному машино-апаратобудуванні. Так, титан удвічі легший і в шість разів теплопровідніший, ніж леговані сталі. Він дуже стійкий у різних агресивних середовищах, водночас його хімічна стійкість наближається до платини. Він майже не поступається сталі за міцнісними властивостями. Найпоширенішими є титан і сплави на його основі марок ВТ1, ВТ1-0, ВТ4-1, ВТ5-1, ОТ4 і ОТ4-1 згідно з ГОСТом 19807–91.

**Свинець.** Донедавна свинець досить широко застосовували як обкладковий матеріал для сталевих апаратів. Він досить стійкий у багатьох агресивних середовищах, зокрема в розведеній сірчаній кислоті. Останнім часом застосування свинцю зменшується через його низьку механічну міцність і велику вартість.

**Тантал.** Він має надзвичайну хімічну стійкість. Так, тантал не кородує в сірчаній, азотній, фосфорній, оцтовій і киплячій соляній кислотах. Його застосовують у виробництві бром, хлору, перекису водню. Тантал не розчиняється навіть у «царській горілку». Внаслідок надзвичайної вартості тантал застосовують лише у виняткових випадках і найчастіше у вигляді тонкої фольги для обкладання сталевих апаратів.

**Неметалеві матеріали органічного походження.** У хімічному апарато- й машинобудуванні широко використовують полімери, пластичні маси й гуми.

**Фаоліт** – це термореактивна пластмаса на основі феноло-формальдегідної смоли й кислотостійкого наповнювача (азбесту, графіту, тальку). Застосовують для виготовлення ємнісних і колонних апаратів та деталей трубопроводів. Фаоліт стійкий у розчинах рідких мінеральних та органічних кислот, а також органічних розчинників. Температура його застосування – від –30 °С до 130 °С.

**Поліпропілен** – це термопластичний полімер за багатьма показниками аналогічний поліетилену, але більш термостійкий (до 150 °С) і менш морозостійкий (від – 5 °С до –25 °С).

**Гуми** – це продукти вулканізування гумової суміші, що містить каучук, вулканізаційні агенти, наповнювачі, пластифікатори, пом'якшувачі, протіоксиданти тощо. Застосовують для виготовлення окремих деталей і гумування хімічної апаратури, тобто покривання її гумою для захисту від агресивних середовищ й абразивного зношування. Гума – це конструкційний матеріал, що має унікальні властивості, найважливіші з яких – значна еластичність у широкому інтервалі температур і хімічна стійкість. До спеціальних властивостей гум, що визначаються передусім типом каучуку, належать тепло-, масло-, бензо-, морозостійкість, стійкість до дії радіації, агресивних середовищ, газонепроникність.

**Матеріали неорганічного походження.** Для виготовлення хімічної апаратури та її елементів використовують графіт і матеріали на його основі, кераміку, скло, фарфор, кам'яне литво.

### 1.3.2 Заготовки деталей апаратів

**Заготовка** – предмет, з якого шляхом зміни форми, розмірів, шорсткості поверхні та властивостей матеріалу виготовляють деталь або не рознімну складальну одиницю:

а) листовий прокат. Основний вид прокату, застосовуваний для виготовлення елементів ємнісної частини апаратів (обичайок і днищ), деталей внутрішніх пристроїв – тарілок, перегородок, грат.

Листовий прокат виготовляють методами холодного та гарячого прокатування (ДСТУ 19904-90). Найбільшого використання набув гарячекатаний листовий прокат (ДСТУ 19903-74);

б) двошаровий прокат (ДСТУ 10885-85);

в) труби. Трубний прокат застосовують в конструкціях печей, теплообмінників, технологічних трубопроводів, як патрубків апаратів;

г) сортовий прокат. Для виготовлення апаратів застосовують у вигляді: смуг (смугова сталь) за ДСТУ 103-76, круглого перерізу за ДСТУ 2590-88, квадратного перерізу за ДСТУ ГОСТ 2591-88; рівнополкових кутів за ДСТУ 8509-93, кути з різними полками за ДСТУ 8510-86, швелерів за ДСТУ 8240-97, двотаврів за ДСТУ 8239-89;

г) заготовки ковані. Випускають круглого перерізу, квадратного перерізу, гарячекатані квадратні, калібровані квадратні, калібровані

круглі, якісні круглі, штабова сталь гарячекатану і ковану, гарячекатану шестигранну, калібровану шестигранну;

д) заготовки пресовані. Випускають у вигляді різних профілів: фасонні у вигляді порожнього квадрата, з алюмінію та алюмінієвих сплавів, із магнієвих сплавів, конструкційні з титанових сплавів;

е) заготовка лита. Зливки неперервного лиття, квадратні й прямокутні. Зливки електрошлакового переплавлення, вакуумно-дугового переплавлення, ковальські злитки, злитки плазменно-дугового переплавлення та електронно-променевого плавлення.

### **1.3.3 Хімічні методи очищення заготовок: знежирювання і травлення**

*Хімічний метод очищення* – це метод, під час застосування якого для очищення поверхні виробу від мастил та окалини застосовують хімічно активні речовини: луги, кислоти, розчинники, мийні засоби.

Хімічними методами здійснюють знежирюванн і травлення поверхні. Існують два способи знежирювання: занурення виробів у ванни та обливання виробів у камерах струменем лужного розчину. Після знежирювання вироби промивають водою і сушать.

Травлення застосовують для видалення з поверхні металу іржі та окалини. Травлення виконують двома способами: зануренням у ванни або обливанням струменем розчину. Для травлення використовують розчини соляної, сірчаної та ортофосфорної кислот.

Знежирювання і травлення способом занурення проводять у ваннах. Каркас ванн виготовляють із профільного прокату, а стінки – з листової сталі. Для нагрівання розчину до необхідної температури і підтримання її в процесі роботи застосовують парові змійовики. Стінки ванн, зазвичай, виготовляють подвійними, простір між ними заповнюють шлаковою мінеральною ватою або іншим теплоізоляційним матеріалом. Для видалення випарів передбачається витяжна вентиляція. Внутрішню поверхню ванн для розчину кислот із температурою до 60 °С футерують усередині кислототривкими матеріалами. Ванни для розчину кислот із температурою понад 60 °С виготовляють із нержавіючої сталі. Для проведення кількох операцій хімічної підготовки поверхні необхідно мати ряд ванн. У таких випадках їх об'єднують в одну установку з механізованим завантаженням і перенесенням виробів із ванни у ванну.

Очищення струминним способом проводять у прохідних камерах тунельного типу. У камерах виріб проходить через контур-систему труб



із насадками, через які його обдають відповідними розчинами або водою. Насадками є щілинні або циліндричні сопла з кульовим кріпленням, що дозволяє встановлювати сопло під будь-яким кутом. Розчин або воду подають до насадок із ванн насосом через сітчастий фільтр.

Знежирювання і травлення струминним способом більш використовуване, ніж спосіб занурення, оскільки в цьому разі скорочується тривалість техноло-гічного процесу і забезпечується висока якість очищення.

Хімічне очищення – дорогий та екологічно шкідливий процес із дуже несприятливими умовами праці виконавців. Тому застосування його на підприємствах має вимушений характер у тому разі, якщо неможливо домогтися необхідного результату іншими засобами.

### 1.3.4 Класифікація механічних методів очищення

*Механічний метод очищення* – це метод очищення поверхні заготовки або виробу, за якого використовують механічну енергію. Класифікація механічних методів очищення наведена в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Механічні методи очищення

Обладнання	Призначення
1	2
Камери з дробоструминними апаратами	Очищення листового і профільного прокату і зварних вузлів від окалини, іржі та забруднень за товщини металу від 3 мм і більше
Камери з дробометальними апаратами	Те саме
Безпилкові дробоструминні апарати	Очищення зварних вузлів і заготовок від окалини, іржі та забруднень за товщини металу від 3 мм і більше
Гідропіскоструминне очищення	Для видалення глибокої корозії, подряпин, тріщин, волосовин, окалини, шлаку, місцевих розшарувань на невеликій площі
Гідроабразивне очищення	Для видалення глибокої корозії, подряпин, тріщин, волосовин, окалини, шлаку, місцевих розшарувань на невеликій площі
Зачисні верстати	Очищення профільного прокату і труб від окалини та іржі
Галтувальні барабани	Очищення деталей невеликого розміру масою до 8 кг і товщиною понад 3 мм після штампування та різання

### Продовження таблиці 1.2

1	2
Точильно-шліфувальні верстати	Зачищає шорсткість деталей
Спеціальні вальці для закачування задирок	Загортання задирок тонкостінних деталей товщиною до 1 мм і шириною до 700 мм після штампування
Спеціалізований верстат для зачищення задирок	Зачищає задирки деталей товщиною 2– 5 мм і шириною до 650 мм після штампування
Механізований ручний інструмент з пневматичним та електричним приводом	Очищення деталей в одиничному виробництві. Очищення зварних швів від шлаку і бризок, оброблення зварних вузлів

### 1.3.5 Устаткування для механічного очищення поверхонь

#### 1.3.5.1 Дробоструминне і дробометальне очищення

Для *дробоструминного і дробометального очищення* застосовують такий дріб: чавунний литий (ДЧЛ), чавунний колотий (ДЧК), сталевий литий (ДСЛ), сталевий колотий (ДСК) і сталевий рубаний (ДСР). За товщини металу до 4 мм застосовують дріб розміром 0,7–0,9 мм, за товщини металу до 30 мм – розміром 0,9–1,6 мм, за товщини металу понад 30 мм – розміром 1,6–2,5 мм.

За такого очищення дріб викидається з великою швидкістю на очищувану поверхню і, вдаряючись об метал, видаляє наявні на ньому забруднення, іржу та окалину. Для дробоструминного очищення служать дробоструминні апарати, які стисненим повітрям через сопло викидають дріб на очищувану поверхню. У дробометальних апаратах дріб викидається під дією відцентрової сили лопатками ротора.

Дробоструминне і дробометальне очищення здійснюють у камерах, в яких установлені очисні апарати, обладнання для розміщення й транспортування виробів, що підлягають очищенню, пристрої для збирання, сепарації (очищення) і повернення дробу, для витягування забрудненого повітря.

Після дробометального і дробоструминного очищення матеріалу середніх і великих товщин зазвичай проводять пасивування або ґрунтування, що оберігає метал від іржавіння в процесі виготовлення зварних конструкцій.

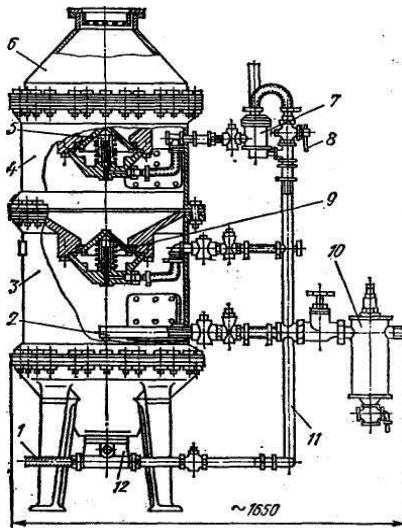


Рисунок 1.8 – Дробоструминний апарат

Дробоструминний двокамерний нагнітальний апарат безперервної дії моделі 334 М (рис. 1.8) має верхню 6, середню 4 і нижню 3 камери, з'єднані між собою перепускними клапанами 5, 9. У днищі нижньої камери знаходиться змішувач 12, до якого прикріплений гумовий шланг 1 із соплом, через який дріб викидають на очищувану поверхню.

На рисунку 1.9 показана дробоструминна камера, призначена для зачищення деталей і зварних вузлів. Камера являє собою каркас 7 із двома глухими стінами та двома двостулковими дверима для приймання і видавання очищуваних виробів. Вироби, які підлягають очищенню, укладають на візок 6, що переміщається по рейках за допомогою лебідки. У камері встановлені дробоструминні апарати 2. Підлога камери ґратчаста. Дріб та відходи очищення падають у бункер 8, проходять через сито, далі за допомогою елеватора 1 їх подають у сепаратор 4, де дріб відділяється від відходів, а потім по живильному пристрою 3 знову потрапляє у дробоструминний апарат. Камера забезпечена вентиляційною системою 5 для відсмоктування пилу. У камері обробляють вироби довжиною до 8 м, шириною до 4,5 м і висотою до 4 м.

**Піскоструминне очищення** полягає в обробленні поверхонь струменем стисненого повітря, в якому містяться частинки кварцового піску.

Величина тиску для сталевих виробів становить 0,18–0,22 МПа, швидкість струменя під час витікання із сопла розпилювального апарата досягає 360 м/с.

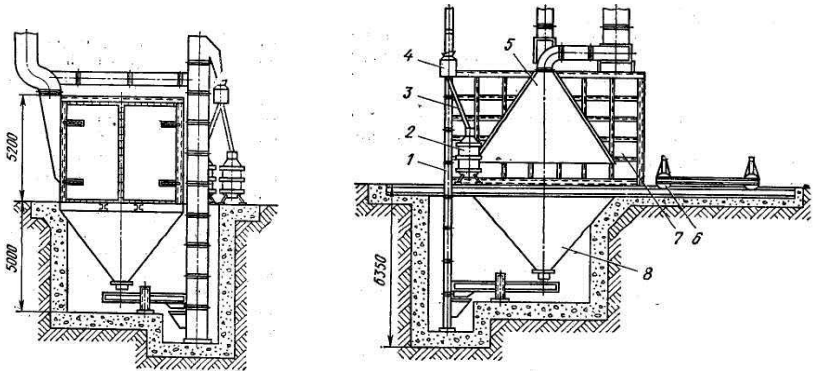


Рисунок 1.9 – Дробоструминна камера

Великим недоліком піскоструминного очищення є утворення великої кількості пилу. Цей недолік деякою мірою усувається гідропіскоструминним очищенням, де очищення проводять пульпою – сумішшю піску й води.

### **1.3.5.2 Очищення деталей у зачищувальних верстатах і галтувальних барабанах**

Для очищення фасонного прокату і труб поряд із дробоструминним та дробеметальним очищенням застосовують зачищувальні верстати, робочим органом яких є металеві щітки, голкофрези, шліфувальні круги або стрічки.

У промисловості для оброблення поверхні широко використовують обертові металеві щітки, в яких за робочі елементи застосовують металевий дріт діаметром 0,2–0,8 мм, з'єднаний у пучки і розміщений між фланцями (рис. 1.10). Для підвищення енергії удару дротяних елементів на лінії атаки розроблені обертові щітки з відбивачами (рис. 1.11). Для

збільшення енергії удару зволікань на лінії атаки розроблені секційні щітки, де робочі дротяні елементи розміщені по колу секційно (рис. 1.12). Для оброблення великих за площею поверхонь використовують валкові (циліндричні) щітки довжиною 50–1 500 мм і зовнішнім діаметром 50–1 000 мм.

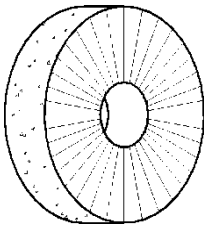


Рисунок 1.10 – Диска щітка

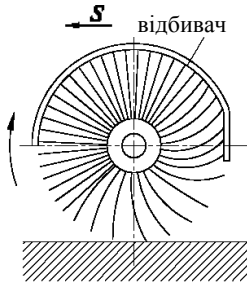


Рисунок 1.11 – Щітка з відбивачем

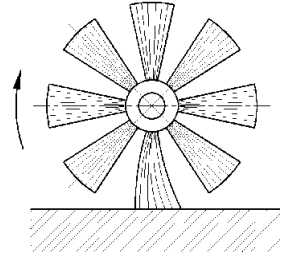


Рисунок 1.12 – Щітка секційна

Галтувальні барабани призначені для очищення деталей невеликих розмірів масою до 8 кг. Деталі, виготовлені штампуванням або різанням, в галтувальних барабанах очищаються від задирок, ґрату, і водночас відбувається притуплення гострих країв. Галтувальні барабани застосовують для зачищення деталей товщиною понад 3 мм. Галтувальний барабан поданий на рисунку 1.13, складається з корпусу 6, звареного з товстостілової сталі, має шестигранний поперечний переріз. Корпус має люк для завантаження і вивантаження деталей, що закривається кришкою 7. Корпус барабана зовні закритий металевим кожухом 5, простір між корпусом і кожухом заповнений мінеральною ватою для зменшення шуму під час роботи барабана. Цапфи 4 встановлені в підшипниках стояків 8, 9. Обертання корпусу здійснюється від електродвигуна 2 через редуктор 3 і зубчасту передачу 10. Стояки та привод змонтовані на масивній зварній рамі 1. Вісь обертання зміщена щодо осі корпусу, і тому корпус здійснює складний рух, що сприяє кращому очищенню деталей.

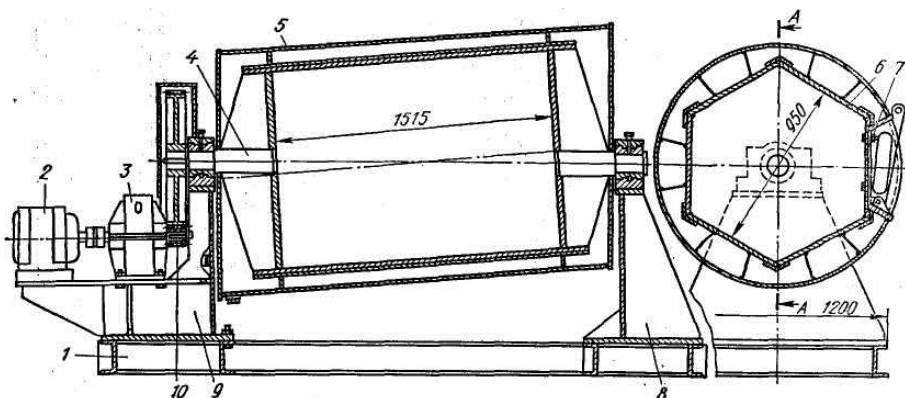


Рисунок 1.13 – Галтувальний барабан

## Висновки

Під час ремонту і виготовлення нових деталей очищення застосовують для видалення з поверхні металу засобів консервації, забруднень, мастильно-охолоджувальних рідин, іржі, окалини, задирок і ґрату, що затруднюють проведення технологічних процесів термооброблення, зварювання і спричиняють дефекти зварних швів та перешкоджають нанесення захисних покриттів.

## Питання для самоперевірки

- 1 Які матеріали використовують для виготовлення машин та апаратів ?
- 2 Що означає друга літера Ш у марці сталі ШХ15Ш?
- 3 Що означає літера Р у марці сталі Р18?
- 4 Що означає літера К у марці сталі 17К?
- 5 Що означає літера Л у марці сталі 35Л?
- 6 Що означає цифра 12 у марці сталі 12Х18Н10?
- 7 Які види заготовок використовують під час ремонту апаратів?
- 8 Які існують методи очищення поверхні заготовок?
- 9 Що таке хімічний метод очищення?
- 10 Що таке механічний метод очищення?

## Тема 1.4 Обладнання для правки листового й сортового прокату

- 1.4.1 Загальні відомості про процес правки.
- 1.4.2 Класифікація обладнання для правки прокату.
- 1.4.3 Правка на багатовалкових листопробних машинах.
- 1.4.4 Випрямлення на пресах і розтягуванням.
- 1.4.5 Устаткування для правки прутків і труб.

### 1.4.1 Загальні відомості про процес правки

Основне технологічне задання правки полягає в усуненні хвилястості та жолоблення прокату. *Хвилястість* – це вид відхилень геометричних параметрів, що займає проміжне місце між відхиленнями форми і шорсткістю поверхні. *Жолобоватість* – це хвилястість у взаємно перпендикулярних напрямках.

Ці похибки кількісно оцінюються стрілою прогину на 1 м довжини прокату. Хвилястість може бути першопричиною втрати стійкості апаратів, особливо тих, які працюють під дією зовнішнього тиску.

Допустима стріла прогину листового прокату після правки, що відповідає принципам взаємозамінності, повинна становити не більше ніж 1 мм на 1 м довжини.

*Правка* – різновид оброблення металів тиском, здійснюваний шляхом багаторазового знакозмінного пластичного вигину оброблюваного металу за напруження, що перевищує межу текучості. Більшість способів правки прокату та заготовок здійснюють у холодному стані.

Правка в гарячому стані застосовують за дуже великих викривлень прокату чи заготовок, коли потрібно проводити значне вигинання прокату, що може призвести до зменшення пластичних властивостей металу під час проведення холодної правки.

### 1.4.2 Класифікація обладнання для правки прокату

За принципом дії обладнання для правки прокату поділяють на три групи: ротаційні машини, преси і розтягуювально-пробні машини. До ротаційних машин належать листопробні багатовалкові машини і сортопробні багатороликові машини. До

пресового обладнання належать гідравлічні правильно-згинальні преси, гвинтові преси, правильні та правильно-згинальні преси.

Набувають застосування на практиці також комбіновані способи випрямлення, за яких поєднуються в одній операції кілька простих технологічних схем правки: 1) розтягування з нагріванням; 2) нагрівання з розтягуванням і стисненням у різних площинах; 3) розтягування з вигином; 4) стиснення з розтягуванням у різних площинах.

Розтягуванням випрямляють смуги шириною до 200 мм, а також листи товщиною до 16 мм, що мають гвинтоподібність і серпоподібність, які важко усунути випрямленням на роликівих машинах.

Контроль випрямлення здійснюють спеціальним щупом за допомогою лінійки.

### **1.4.3 Правка на багатовалкових листопрямильних машинах**

Правку на багатовалкових листопрямильних машинах виконують між двома рядами валків, розміщених у шаховому порядку (рис.1.4), що обертаються. Відстань між нижніми та верхніми валками змінюють залежно від товщини листа, що підлягає правці. Нижній ряд приводний, верхній ряд валків обертається за рахунок сил тертя і має можливість вертикального переміщення, тобто регулювання тиску на лист. Кількість валків непарна – 5–23. Багатовалкові листопрямильні машини можуть мати паралельне (рис. 1.14 а) і непаралельне (рис.1.14 б) розміщення рядів валків. Непаралельне розміщення валків забезпечує послідовне зменшення кривизни перевигину листів у валках, що покращує якість правки. Ці машини використовують для правки тонкого матеріалу. Правлення проводять за 3–5 проходів при прямому і зворотному ходах (реверсивний рух).

Процес правки на сортопрямильних роликівих машинах аналогічний правленню на багатовалкових листопрямильних машинах. Заготовка проходить між двома рядами правильних роликів, розміщених у шаховому порядку, багаторазово вигинається і випрямляється (рис. 1.14 в). Відстань між верхнім і нижнім рядами роликів регулюється залежно від величини поперечного перерізу випрямлюваної заготовки. Ролики на машині змінні, що дозволяє випрямляти на одній машині різні профілі. Сортопрямильні машини



мають від 7 до 11 правильних роликів. Більшу кількість роликів застосовують для правлення менших товщин матеріалу.

**Крок роликів** – це відстань між осями двох роликів, які знаходяться в одному ряду. Крок роликів  $t$  вибирають із ряду  $t = 200, 250, 400, 450$  мм.

Діаметр ролика вибирають за залежністю  $D = (0,9-0,95) t$ . Зі зменшенням кроку роликів точність правлення зростає.

Зусилля випрямлення у листопривильних машинах розраховують за максимально допустимою силою, прикладеною до одного ролика, та зусиллям випрямлення, яке прикладено до нижнього ряду валків.

Також важливим параметром є відстань між рядами нижніх та верхніх валків. Якщо відстань між рядами буде зavelика, то технологічний процес виправлення не буде виконуватися, а за зменшеної відстані – може відбутися заклинення машини.

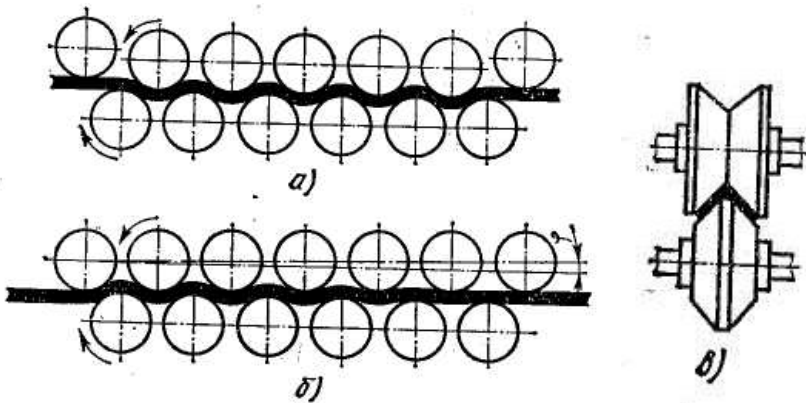


Рисунок 1.14 – Схема роботи багатовалкової листопривильної машини

Листопривильні машини призначені для випрямлення листового матеріалу в холодному стані. Багатовалкова пресова машина (рис. 1.15) складається з нерухої нижньої станини 12 і рухої верхньої станини 7. У верхній станині змонтовані верхні приводні правильні валки 10, у нижній станині – нижні приводні правильні валки 11, правильні валки спираються на опорні ролики 1, для запобігання прогину правильних валків. Ролики підтискуються до правильних валків гвинтами або клиновими пристроями. Правильні валки та опорні ролики встановлені в станинах на підшипниках

кочення і розміщені в індивідуальних обоймах. Головний привод машини складається з одного або двох електродвигунів 6, редуктора 5 і шестеренної кліти 4. Обертання валкам передають шарнірні шпинделі 3, що дозволяють оберталися валкам за різних положень верхньої станини по висоті.

Для регулювання відстані між верхніми та нижніми правильними валками залежно від товщини листів, які підлягають випрямленню, верхня станина може опускатися і підніматися за допомогою привода натиску 8.

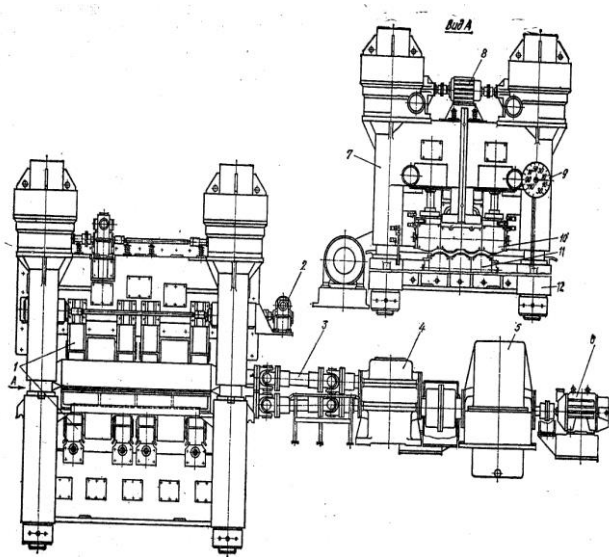


Рисунок 1.15 – Семивалкова листопрямляльна машина

Урівноваження верхньої станини – пружинне. Необхідну відстань між верхніми і нижніми валками встановлюють за покажчиком 9. Крайні положення верхньої станини і напрямлених валків обмежують кінцеві вимикачі. Крайні верхні напрямні валки мають додаткове регулювання за висотою від індивідуальних приводів 2.

Наведена на рисунку 1.15 семивалкова правильна машина має чотири верхніх і три нижніх приводних валки. Кінематична схема головного привода машини наведена на рисунку 1.16.

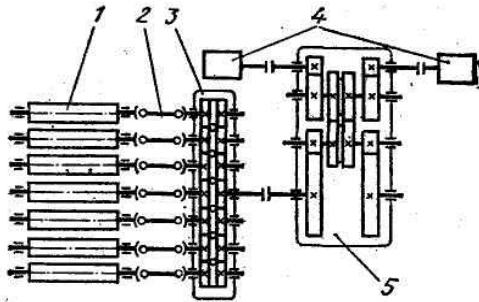


Рисунок 1.16 – Кінематична схема головного привода семивалкової листопрямильної машини

### 1.4.4 Випрямлення на пресах і розтягуванням

Випрямлення здійснюють ударами повзуна по заготовці, покладених на плиту стола. Для випрямлення листового матеріалу на правильно-згинальних гідравлічних пресах застосовують прокладки. Під дією повзуна заготовка згинається і випрямляється.

Під час випрямлення фасонного та сортового прокату на правильно-згинальних горизонтальних пресах і на правильних одностоякових пресах зворотний вигин вигнутої заготовки відбувається під дією пуансона 3 (рис. 1.17 а), який тисне на випуклу частину заготовки 2, що спирається на опорні колодки 1. Регулюванням відстані між колодками і ходом пуансона досягається необхідна величина вигину заготовки.

Під час випрямлення розтягуванням (рис. 1.17 б) заготовка закріплюється кінцями в затискних головках розтягувальної машини; під час переміщення робочої головки заготовку розтягують на певну величину і випрямляють.

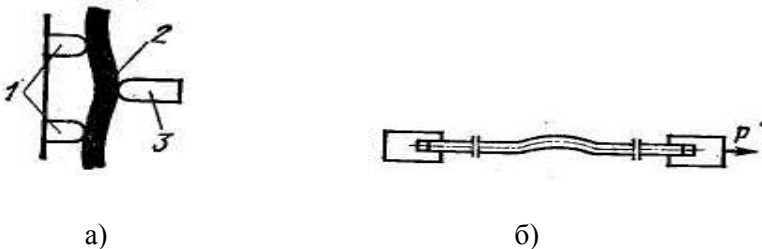


Рисунок 1.17 – Схеми випрямлення

Розтягувально-правильні машини призначені для випрямлення листів із сталі та кольорових сплавів, для випрямлення і

розкручування пресованих прутків, для випрямлення профілів і труб. Мінімальна товщина випрямлення розтягуванням листів – 0,3 мм. Останнім часом розтягувально-правильні машини застосовують для випрямлення не лише тонких, а й товстих листів із максимальною товщиною до 50 мм. Розміри листів досягають за шириною 3 500 мм, за довжиною – 10 000 мм.

Розтягувальна машина складається зі станини, затискних головок (робочої та допоміжної), механізму для переміщення робочої головки, механізму для встановлення допоміжної головки і головного привода. Робоча і допоміжна головки забезпечені пристроями для закріплення листа. Лист затискається в головках за допомогою губок; у машинах полегшеного типу цю операцію виконують вручну, а в машинах важкого типу – з використанням електро-, пневмо- або гідропривода.

Рух робочої головки передається від електро- або гідропривода, останній має переважне застосування.

#### 1.4.5 Устаткування для правки прутків і труб

Правку прутків та труб здійснюють на правильно-калібрувальних верстатах і трубоправильних машинах.

Правильно-калібрувальний верстат (рис. 1.18) для випрямлення круглого прокату і труб має правильний пристрій 4 у вигляді рами з трьома парами роликів 5, нахилених до осі прутка під кутом 20–25°. Під час обертання рами від привода, що складається з електродвигуна 8 і коробки швидкостей 7, ролики обкатують пруток 2, виконуючи правлення, і одночасно переміщують пруток і візки 1, в яких він закріплений, по напрямних 3. Пристрій 6 призначений для полірування прутка.

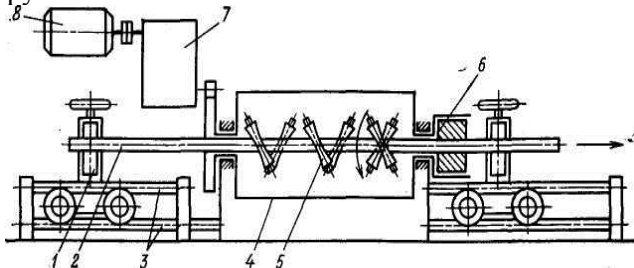


Рисунок 1.18 – Схема правильно-калібрувального верстата

Реверсування обертання рами дозволяє здійснювати необхідну кількість проходів прутка: для редагування – за один – два проходи, для калібрування – за три проходи.

Гідравлічні правильно-згинальні преси призначені для правлення та згинання великогабаритних листових заготовок. Прес (рис. 1.19) складається зі станини, рухомого стола 3, робочого циліндра 9 із плунжером 8, рухомої траверси 11, двох гідроциліндрів 13 для піднімання траверси, двох гідроциліндрів 1 для переміщення стола і трьох гідравлічних виштовхувачів 4. Правку здійснюють під час опускання плунжера 8, на плиті 12 якої закріплено пуансон. Заготовку встановлюють на правильній плиті висувного стола 3, що переміщається по консолях 5 двома гідроциліндрами 1 із плунжерами 2. Керують пресом із загального пульта.

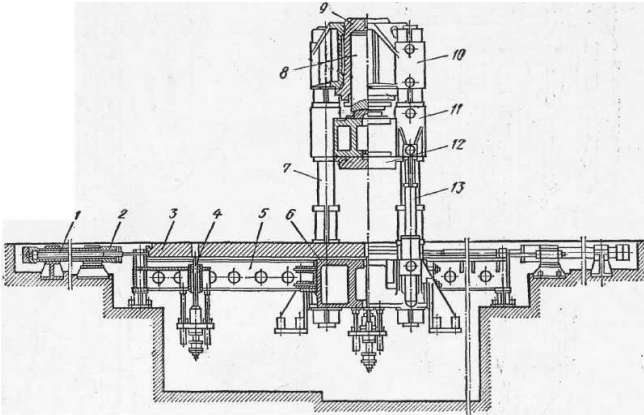


Рисунок 1.19 – Гідравлічний правильно-згинальний прес.

Гвинтові преси застосовують для правки листових заготовок невеликих і середніх розмірів, їх поділяють на фрикційні й преси з дугостаторним приводом. Гвинтовий фрикційний прес показаний на рисунку 1.20. Станина преса закрыта, рознімна, складається з двох частин: стола зі стояками 1 і верхньої траверси 7. Обидві частини скріплені стяжними болтами. Електродвигун 6 передає обертання через клинопасову передачу 11 на приводний вал 10 із дисками 9. Вал може переміщатися в горизонтальній площині гідравлічним пристроєм 8. Напрямок руху маховика змінює гідравлічний циліндр 5.

Гвинтовий прес із дугостаторним приводом (рис. 1.21). Станина преса закрита, рознімна, складається з двох частин: стола зі стояками, виконаними у вигляді однієї чи двох відливок із чавуну, і траверси 4 зі сталевого литва. Обидві частини з'єднані стяжними болтами. У верхній частині траверси нерухомо закріплені два дугостатори спеціального асинхронного електродвигуна 5. Ротором електродвигуна служить маховик, жорстко з'єднаний із гвинтом 3, розміщеним у гайці. У нижній частині гвинта закріплений повзун 2, який під час обертання гвинта переміщається за напрямними станини. Реверсування ходу повзуна здійснюється перемиканням фаз в обмотках дугостатора. Повзун має механізм регулювання довжини ходу. Керування пресами – кнопкове і педальне. Преси працюють в автоматичному та одиночному режимах.

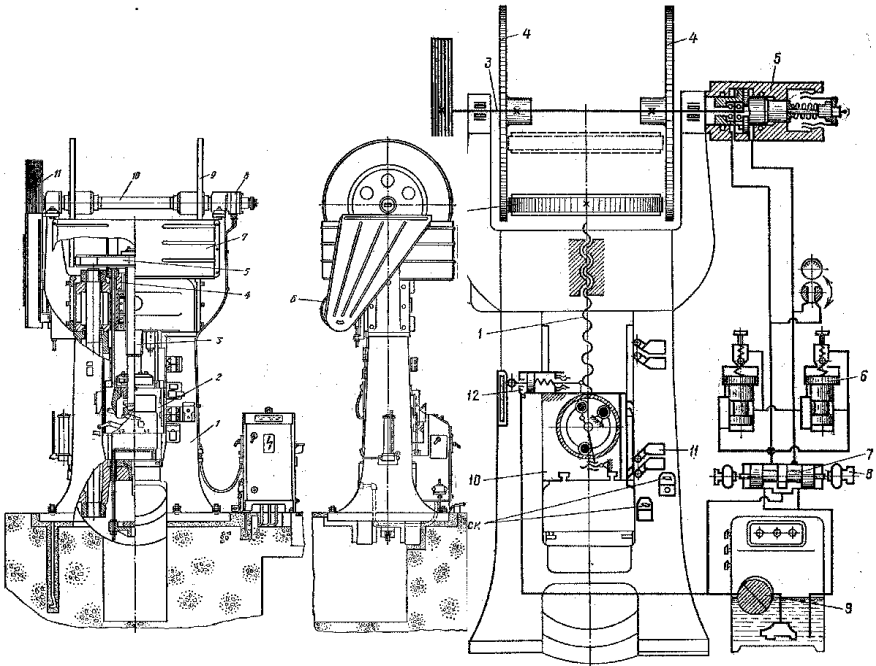


Рисунок 1.20 – Прес гвинтовий фрикційний

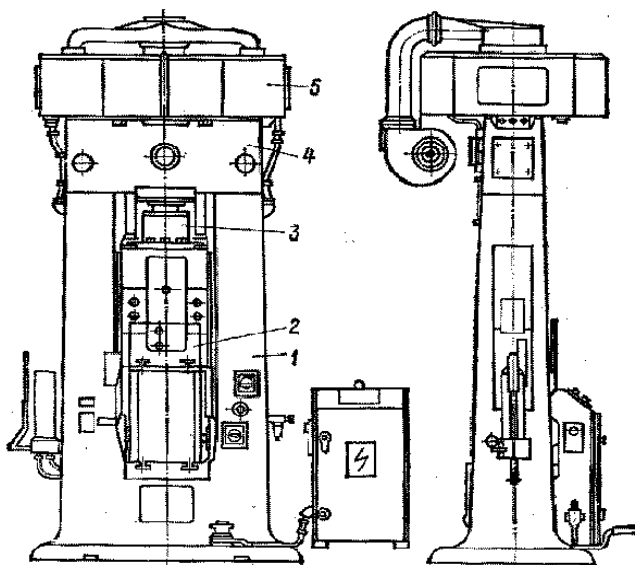


Рисунок 1.21 – Прес гвинтовий із дугостаторним приводом

*Преси гідравлічні одностоякові правильні.* Гідравлічні преси застосовують для правки сортового і фасонного прокату, а також запресовування і штампувальних операцій. Преси виконують дві дії: запресовування і правку. На пресі встановлюють для правки правильний стіл, для запресовування — плиту.

Прес (рис. 1.22) складається зі станини 4, робочого циліндра поршневого типу 1, штока 5, правильного стола 3 і гідропривода 2, змонтованого в станині. Правку виконує шток робочого циліндра, до якого кріплять відповідний бойок. Хід штока вгору або вниз обмежують регулюванням рухомих кулачків, привод преса — від двох насосів високого і низького тисків. Пресом керує важельний механізм, залежно від налагодження керування пресом можна двома руками, однією рукою і ногами.

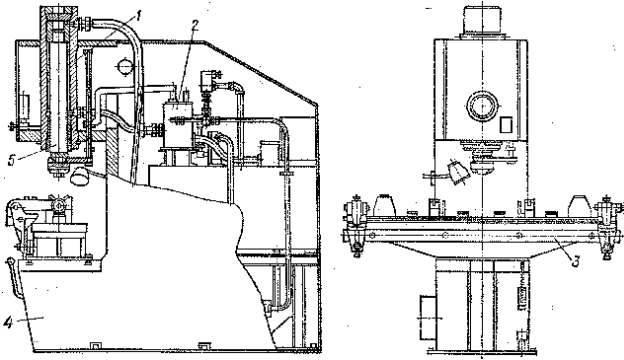


Рисунок 1.22 – Прес гідравлічний правильний одностояковий

### **Висновки**

Під час експлуатації хімічних машин і апаратів може відбуватися зміна форми їх деталей. Для випрямлення таких дефектів використовують обладнання для правки листового й сортового прокату, тому більшість способів правки прокату та заготовок виконують у холодному стані.

### **Питання для самоперевірки**

- 1 Що таке хвилястість?
- 2 Що таке жолоблення?
- 3 Які є види правки прокату?
- 4 Яке розміщення рядів валків можуть мати багатовалкові листопрямильні машини?
- 5 На якому устаткуванні здійснюють правку прутків і труб?



## Розділ 2 Технологічні операції та обладнання заготівельного відділення

### Тема 2.1 Розмічання деталей та різання металу

2.1.1 Види розмічання деталей.

2.1.2 Послідовність виконання розмічання.

2.1.3 Інструмент для розмічувальних робіт.

2.1.4 Розкроювання листового прокату.

2.1.5 Класифікація способів та обладнання для різання металу.

#### 2.1.1 Види розмічання деталей

Розмічання – це операція нанесення з креслення або зразка на заготовку контурних та осьових ліній, що визначають розміри деталі чи місця, які потрібно обробити, з урахуванням припусків для наступного оброблення. Розрізняють припуски трьох видів:

- припуски на оброблення;
- припуски на деформацію;
- конструктивні припуски.

Припуски на оброблення враховують глибину оброблення різанням, тобто той шар матеріалу, який необхідно зняти, щоб із хвилястої шорсткої поверхні заготовки одержати рівну й гладеньку поверхню деталі згідно з класом чистоти, зазначеним на кресленні.

Припуски на деформацію повинні враховувати закони зміни форми заготовок під час оброблення тиском (вальцюванні, згинанні, витягуванні та інших операціях).

Конструктивні припуски необхідні під час зварювання та паяння, для того щоб одержати міцне з'єднання окремих деталей внапуск, під час склеювання або вразі утворення гнучого замка і фальца.

Розмір припусків залежить від потрібної точності й чистоти поверхні, типу обладнання, вибраної технології оброблення і конструкції деталей.

Розрізняють площинне та просторове розмічання.

**Площинне розмічання** – це процес перенесення розмірів із креслення на поверхню заготовки, тобто це процес нанесення на заготовку перпендикулярних, горизонтальних і вертикальних ліній, кіл, дуг, кутів чи осьових ліній за заданими розмірами. Площинне

розмічаннятку виконують методом геометричної побудови, за шаблоном, оптичним методом та за допомогою пристосувань. Розрізняють два методи розмічання: камеральний – перенесення розмірів на матеріал за заздалегідь розробленими в технічному бюро ескізами; плазовий – розмічання натуральною величиною на металі, який розміщують на спеціально підготовленій площині – плазі, цей метод застосовують для складних і великогабаритних деталей.

Більш прогресивним методом розмічання є оптична або фотопроекційна, схема якої показана на рисунку 2.1.

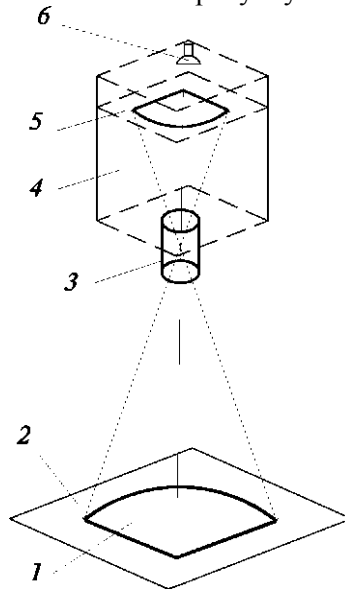


Рисунок 2.1 – Фотопроекційний метод розмічання:  
1 – зображення, що проектується натуральною величиною;  
2 – лист металу; 3 – об’єкти; 4 – проектор; 5 – негатив; 6 – джерело світла

Фотопроекційний (оптичний) метод розмічання дозволяє використовувати як шаблон креслення контур, що фотографується, а потім відтворюється на поверхні деталі через проекційний апарат, у якому точно виставлений масштаб збільшення. За світловими лініями виконують розмічання. Перед початком розмічання необхідно ретельно очистити заготовку від пилу, бруду та перевірити її на наявність дефектів. Потім необхідно визначити бази заготовки, від яких необхідно відкладати розміри в процесі роботи. У разі площинного розмічання базами можуть бути осьові лінії, які наносять на заготовку першими.

**Просторове розмічання** застосовують, якщо необхідно обробити відразу декілька поверхонь заготовки. Його виконують за просторовими шаблонами, за допомогою різних приладів та пристроїв, комбінованим способом. Просторове розмічання значно складніше, ніж площинне, оскільки розмічувальні лінії наносять не в одній, а відразу в декількох площинах і під різними кутами. Насамперед заготовку очищають від бруду, пилу, можливих задирок, перевіряють її розміри. Перш ніж розпочати розмічення заготовки, її розміщують на розмічувальній плиті. Заготовку краще розмістити на підставках, призмах, домкратах, розмічувальних ящиках, а також надати заготовці такого положення, щоб можна було проводити розмічення з усіх боків заготовки.

### **2.1.2 Послідовність виконання розмічення**

Перед початком проведення площинного розмічення необхідно:

1 Перевірити справність усіх інструментів для розмічення. Перевірити наявність різних деформацій на заготовці, очистити її від пилу та бруду. Розмістити заготовку на розмічувальному столі.

2 Фарбування поверхонь, що підлягають розмічуванню. Для фарбування поверхонь використовують різноманітні фарбники (розчин крейди з додаванням шлюсарного клею або розчину мідного купоросу, фарбування спиртовими лаками або лаками та фарбами, що швидко висихають).

3 Нанесення розмічувальних рисок. Розмічання необхідно проводити так, щоб кожний раз розмір відмірювався від однієї точки або лінії, взятої за вимірювальну базу. Розмічувальні риси наносять у такій послідовності: спочатку проводять горизонтальні, потім – вертикальні, після цього – похилі лінії, а останніми – кола, дуги та заокруглення. Прямі риси наносять лише рисувалкою, перпендикулярні риси наносять за допомогою кутника. Паралельні лінії проводять за допомогою того самого кутника, пересуваючи його на потрібну відстань. Відшукування центрів кіл здійснюють за допомогою центронамітників та центрощукачів. Розмічання кутів та відхилень здійснюють за допомогою транспортирів, штангенциркулів і кутомірів.

Послідовність виконання просторового розмічання:

1 Підготувати заготовку до розмічування. Потім визначити, в яких положеннях заготовка встановлюватиметься на плиті і в якій

послідовності будуть наноситися розмічувальні лінії. Для того щоб правильно обрати послідовність розмічення потрібно чітко знати призначення деталі, її роль у машині.

2 Вибір бази під час розмічування. Правильний вибір бази під час розмічування означає її якість. Бази вибирають керуючись такими принципами: якщо в заготовці є хоча б одна оброблена поверхня, її беруть за базу; якщо зовнішні та внутрішні поверхні не оброблені, за базу найчастіше беруть зовнішню поверхню; якщо обробляють не всі поверхні, то за базу беруть ту поверхню, яку не обробляють. Після того як намітять базу, вибирають порядок розмічання, розміщення й установлення на плиті оброблюваної заготовки.

3 Встановлення заготовки на розмічувальній плиті. Перед установленням заготовки на плиті місця, де буде проводитися розмічання покривають фарбою, крейдою, лаком або розчином мідного купоросу. Потім вибирають перше положення заготовки, це положення необхідно вибирати так, щоб було зручно почати розмічування від прийнятих баз чи поверхонь. Заготовку встановлюють на плиті так, щоб одна з її головних осей була паралельна поверхні розмічувальної плити.

### **2.1.3 Інструмент для розмічувальних робіт**

Під час виконання розмічувальних робіт використовують різноманітні вимірювальні та спеціальні розмічувальні інструменти. Ці інструменти можна поділити на такі групи:

- 1) вимірювальні лінійки, рулетки;
- 2) інструменти для вимірювання деталей і перенесення розмірів із виробу на вимірювальну лінійку (кронциркулі, нутроміри, товщиноміри);
- 3) інструменти для нанесення рисок (рисувалки (голки), рейсмуси, розмічувальні кернери);
- 4) інструменти для розмічання кола (циркулі, штангенциркулі);
- 5) інструменти для проведення вертикальних і похилих ліній (трикутники, виски, малки, транспортири, універсальні кутоміри);
- 6) інструменти для пошуку центра деталей (циркулі, косинці, центрошукачі, внутрішні центрові лінійки).

Під час розмічування невеликих деталей складної конфігурації на поверхню матеріалу рекомендують наносити тонкий шар крейдяного

розчину, змішаного з маслом льону, клеєм або водним розчином мідного купоросу. На пофарбовані поверхні дуже зручно наносити чіткі та тонкі розмічувальні лінії.

Для покращання видимості розмічувальних ліній необхідно вибивати на них за допомогою кернера на відстані 5–10 мм ряд неглибоких точок.

Розмічення майже завжди виконують на спеціальних чавунних розмічувальних плитах. Розмір плити повинен забезпечувати вільне розміщення на ній деталі та розмічувального інструменту. Поверхню плити роблять зовсім рівною і чистою, а для закріплення інструменту й затискачів уздовж плити фрезерують пази.

#### **2.1.4 Розкроювання листового прокату**

Під час розмічування на листі металу цілого ряду деталей необхідно розмістити їх так, щоб було якомога менше відходів під час різання. Спосіб розміщення заготовок деталей на матеріалі називається *розкроювання*.

Існує три основні способи розкроювання листів металу:

1 індивідуальний, за якого матеріал розрізають на частини для виготовлення однойменних деталей, наприклад, смуги для прокладок теплообмінників, пластин для штампування кілець Рашига;

2 змішаний, коли з листа вирізають комплект деталей, необхідних для виготовлення конкретного виробу;

3 груповий, характеризується тим, що спочатку вирізають великі заготовки, потім середні й маленькі (застосовують в індивідуальному виробництві).

Економічність розкроювання характеризується коефіцієнтом використання матеріалу:

$$K_p = M_d / M_z ,$$

де  $M_d$  – вага деталі, кг;

$M_z$  – вага заготовки, кг.

На практиці  $K_p = 0,75-0,92$  %.

#### **2.1.5 Класифікація способів та обладнання для різання металу**

Операція різання полягає у відокремленні частини матеріалу від вихідного листа, прокату або поковок із метою отримання заготовок, для видалення зайвого припуску в деталях або підготовки їх кромки для зварювання.

За родом застосовуваних засобів усі способи різання можуть бути поділені на три групи: а) механічне; б) газополуменеве; в) електродугове.

**Механічне різання.** За допомогою механічного різання оброблюють листовий матеріал товщиною до 40 мм і велику частину сортового прокату. Механічне різання може бути двох видів: без зняття стружки і зі зняттям стружки (відрізання різцем, фрезерування, різання дисковою пилкою, абразивним кругом).

**Механічне різання** зі зняттям стружки. Для обрізання заготовок і деталей із пруткового, трубного або профільного прокату часто використовують обладнання механічних цехів: дискові пилки, ножівки (рис. 2.2 а), фрезерні, токарні та револьверні верстати, а також фрикційні диски та абразивні круги (рис. 2.2 б). На цих верстатах здійснюють різання зі зняттям стружки.

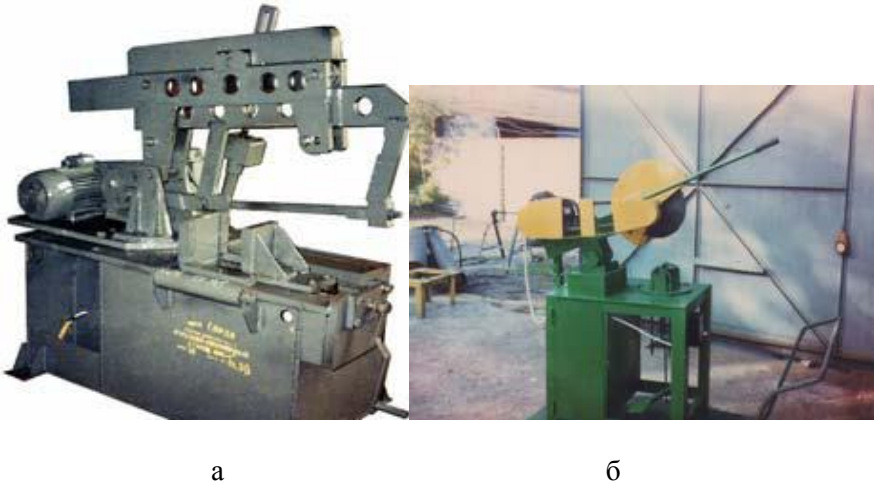


Рисунок 2.2 – Відрізні верстати:  
а – ножівка; б – абразивний круг

Застосування верстатів доцільне в тому разі, якщо одночасно з різанням необхідно провести оброблення країв деталей під зварювання. Оброблення кромek прямокутних листових заготовок проводять на поздовжньо-стругальних, поперечно-стругальних або торцефрезерувальних верстатах.

**Механічне різання** без зняття стружки. Для різання металу без зняття стружки застосовують різні типи ножиць: гільйотинні ножиці, дискові ножиці, стаціонарні пневмовіброножиці, вібраційні електроножиці, кутові ножиці, профільні ножиці, прес-ножиці, ножиці комбіновані.

Процес різання на ножицях ґрунтується на створенні ножами зусиль, що перевищують межу міцності матеріалу. На початку процесу відбувається зминання матеріалу, а потім зі збільшенням зусилля різання створюється напруження зсуву, що перевищує допустиме дотичне напруження. Відділення однієї частини від іншої починається під час занурення одного з ножів у матеріал на глибину, що дорівнює 0,2–0,5 від товщини заготовки.

Напруження, що виникають за механічного різання, призводять до появи в зоні розрізу різних дефектів: тріщин, задирок, вм'ятин. У металах відбувається зміна кристалічної структури. Всі вище перелічені недоліки змушують вводити для певної групи деталей подальше механічне оброблення. Для зварних конструкцій механічне оброблення після різання необов'язкове.

Механічне різання металів проводять у холодному стані. Під час різання неметалевих матеріалів органічного походження (текстоліт, гетінакс, органічне скло, вініпласт тощо) необхідно проводити попереднє підігрівання. Фібру і картон перед різанням рекомендують зволожувати.

**Гільйотинні ножиці.** Гільйотинні ножиці являють собою станину з укріпленими на ній у вертикальній площині двома ножами, одному з яких (зазвичай верхньому) повідомляється зворотно-поступальний рух від двигуна та ексцентрика через кривошипно-шатунний механізм і систему важелів. Необхідний для різання запас енергії акумулюється під час вільного ходу в масивному маховику.

У машинобудуванні широко використовують гільйотинні ножиці з паралельними і похилими ножами. У багатьох конструкціях ножиць нижній ніж установлюють горизонтально, а верхній – під невеликим кутом до  $8^\circ$ . Зазор між ножами не повинен бути більшим за 1 мм. Вибір типу ножиць залежить від товщини заготовки  $S$ . Цей геометричний параметр визначає зазор  $b$  між ножами:

$$S \text{ до } 10 \text{ мм} - b = 0,07 \text{ мм};$$

$$S \text{ від } 10 \text{ мм до } 20 \text{ мм} - b = 0,08 \text{ мм};$$

$$S \text{ від } 20 \text{ мм до } 24 \text{ мм} - b = 0,1 \text{ мм}.$$

Ножі зазвичай виготовляють цілими з високоякісних інструментальних сталей. Іноді застосовуються складені ножі.

Визначають зусилля різання за такою формулою:

$$P = \frac{0,5 \cdot S^2 \cdot \sigma_{\text{сер}}}{\text{tg } \alpha},$$

де  $S$  – товщина листа, мм;  $\sigma_{\text{сер}} = 0,8\sigma_{\text{в}}$  – тимчасовий опір матеріалу на зріз, н/мм<sup>2</sup>;  $K = 1,0-1,15$  – коефіцієнт, що враховує притуплення ножів, сили тертя й зазор між ножами.

Наявність зазору між ножами призводить до вигину заготовки, що також спричиняє викликає пошкодження металу на краях. Утворюються розвинені тріщини наклепаного шару. Тому після різання передбачається зняття пошкодженого шару на металорізальних верстатах. Припуск на механічне оброблення становить  $Z_{\text{н}} = 0,25S$ , але не менше ніж 3 мм.

Якщо після різання на ножицях виконують зварювання, то механічне оброблення є необов'язковим, оскільки наклепані кромки проплавляються разом із металом шва.

Для різання листів з утворенням скошених кромки застосовують похилі плити, які встановлюють на напрямні ножиць. Кут нахилу повинен бути не більшим ніж 25–30°, щоб уникнути зісковзування листів.

**Дискові ножиці.** Дискові ножиці застосовують для різання листового матеріалу по кривій, для зняття фасок під час підготовки листів до зварювання, для обрізання задирок у деталях, виготовлених із листа штампуванням, і для різання по прямій. За способом розміщення ножів їх поділяють на три типи (рис. 2.3): з прямим розміщенням ножів (а), з одним похило розміщеним ножем (б), з двома похило розміщеними ножами (в).

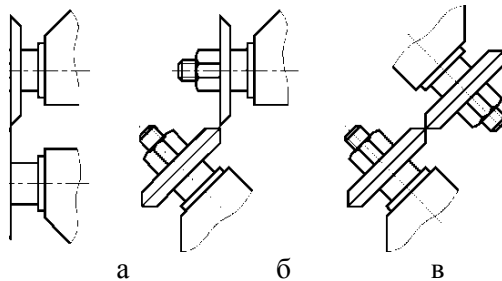


Рисунок 2.3 – Способи розміщення дискових ножів



Зняття на листах кромки можна здійснювати на ножицях із похилими осями, змінюючи зазор між різальними кромками; для цього роблять рухомими як верхній, так і нижній ніж. Верхній ніж дає можливість установлювати необхідний зазор у вертикальній площині, а нижній – у горизонтальній.

Для прямолінійного різання застосовують також ножиці, в яких один ніж прямий, а інший – дисковий.

Дводискові одностоякові ножиці (рис. 2.4) мод. НБ-453 з похилими ножами крім різання, можуть виконувати операції згинання і відбортуння. Ножиці мають литу станину 3, верхню головку 4 із верхнім ножем, нижню головку 5 із нижнім ножем, привод 2 для обертання ножів та привід 1 для переміщення верхньої головки, пристрій 6 для різання по прямій, пристрій 7 для різання по колу.

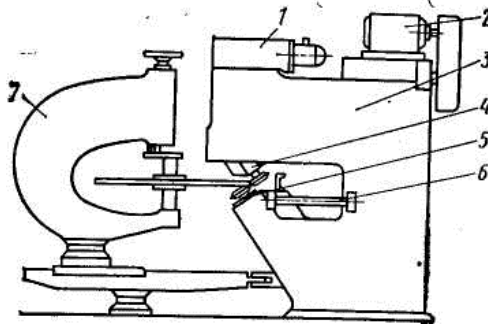


Рисунок 2.4 – Дводискові ножиці моделі НБ-453

Зусилля різання на дискових ножицях

$$P = \frac{0,65 \cdot S^2 \cdot \sigma_{сер}}{2tg \alpha}$$

де  $\alpha^\circ$  – кут захоплення металу ножами, що визначається за формулою

$$\cos \alpha = 1 - (h + s)/D,$$

де  $h = 0,3S$  – глибина вдавлювання ножів, мм;  
 $S$  – товщина листа, мм;  
 $D$  – діаметр дискових ножів, мм.

**Комбіновані ножиці.** Для різання сортового прокату застосовують комбіновані ножиці зі спеціальними ножами, профіль яких відповідає профілю прокату. Розріз по перерізу прокату проводять за один хід ножа. Ножиці придатні також для різання круглого, сортового і листового прокату. Крім того, вони забезпечуються пристроями для різання до упору. Для різання за замкненим контуром на прес-ножицях установлюють вирубні штампи.

**Вібраційні ножиці.** Для прямолінійного і фасонного різання тонколистового матеріалу (товщиною до 2,5 мм) застосовують переносні вібраційні електроножиці з двома короткими ножами. Нижній ніж закріплений нерухомо. Верхньому ножу від ексцентрикового механізму повідомляються часті зворотно-поступальні або коливальні рухи. Різання здійснюється за рахунок вібрувального руху верхнього ножа і поступального руху. Пересування електроножиць здійснюється робочим-різьбярем вручну.

**Газополуменеве різання.** Газополуменеве різання може бути ручним і машинним.

Ручне газополуменеве різання. Ручне киснево-газове різання виконують спеціальним різальним пальником-різаком. Найбільшого поширення в промисловості набули різаків типу УР, в яких за пальне газу застосовують ацетилен. Як горючі гази використовують також бутан-пропан, метан і нафтові гази.

**Автоматичне газове різання.** Найбільш досконала механізація та автоматизація різання досягається застосуванням стаціонарних газорізальних установок. У таких установках лист металу укладається на нерухомий стіл, а різак або блок різаків закріплюється на каретці. На каретці може бути змонтовано до 6–8 різаків, що одночасно працюють. Під час машинного різання можна автоматично здійснювати вирізання деталей будь-якої конфігурації з масштабних копій-негативів, розміри яких у 50–100 разів менші від оброблюваних деталей. Передавання руху від копій-негативу до різаків може здійснюватися механічним приводом із важільним пристроєм, магнітним копіюванням, використанням металевих шаблонів або фотокопіюванням. У тих випадках, якщо необхідно одночасно з різанням обробити кромки, застосовують блок різаків.

Кисневе різання застосовують для розкroювання низьколегованих, а іноді середньолегованих сталей, що мають феритно-перлітну структуру.

**Киснево-флюсове різання.** Сутність полягає в тому, що в зону різання через струмінь різального кисню додатково подається порошкоподібний флюс. Флюс під час згоряння виділяє додаткову кількість тепла, теплова потужність полум'я збільшується більше ніж удвічі, що сприяє розплавленню тугоплавких оксидів.

Флюс складається із залізного порошку (65–95 %) і спеціальних добавок ферофосфору, алюмінієвого порошку, окалини і кварцового піску.

**Повітряно-дугове різання.** Повітряно-дугове різання належить до газоелектричних способів різання. Сутність полягає в розплавленні металу в місці різання теплом електричної дуги, що горить між вугільним або графітним електродом і металом, із безперервним видаленням рідкого металу струменем стисненого повітря.

Таким чином, спосіб ґрунтується на спільній дії тепла дуги і потоку стислого повітря, кінетична енергія якого сприяє видаленню продуктів згоряння.

Під час різання застосовують постійний струм зворотної полярності. Тиск повітря в межах – 0,5 МПа. Поверхню металу в місці розрізу одержують досить рівною і гладкою.

Повітряно-дуговий спосіб може бути використаний для поверхневого і роздільного різання нержавіючих сталей, чавуну, латуні, важкоокиснювальних сплавів товщиною до 20–25 мм.

Використовують також для вирізання дефектних ділянок зварних швів, пробивання отворів, відрізання прибутків сталевих литва.

**Плазмове різання.** Плазма – це четвертий стан речовини, є сильноіонізованим газом, що містить приблизно однакові кількості позитивно заряджених частинок.

Для одержання струменя плазми з метою різання використовують газорозрядний пристрій, що називають плазмотроном, де робочий газ (водень, азот, аргон, гелій або суміші) перетворюється на плазму в дуговому розряді між електродами.

Цей спосіб застосовують для різання алюмінію, нержавіючих сталей, міді та неелектропровідних матеріалів, оскільки виріб, який розрізають, не входить до електричного ланцюга дуги.

Найбільш ефективно різання відбувається під час використання як плазмоутворювальне середовище суміші газів, що складається з 80 % аргону і 20 % азоту.

Різання виходить дуже вузьке з шириною  $C = 0,1-0,2$  мм. Швидкість різання – 2–3 м/хв (у 3–10 разів вища, ніж швидкість кисневого різання).

**Повітряно-плазмове різання.** За плазмоутворювальний газ використовують стиснене повітря.

Переваги повітряно-плазмового різання порівняно з механізованим кисневим та плазмовим в інертних газах такі: простота процесу різання, застосування недорогого плазмоутворювального газу – повітря, висока чистота різання, знижений ступінь деформації, менша ширина різання, більш стійкий процес, ніж під час різання у воднемісних сумішах.

Сфера застосування – для розкроювання вуглецевих, низьколегованих і легованих сталей, а також кольорових металів товщиною до 80 мм, водночас швидкість різання зростає в 2–3 рази порівняно з газокисневим різанням.

**Різання лазерним променем.** Лазер – англ. laser (складена з перших літер фрази Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation – посилення світла за допомогою індукованого випромінювання).

За рахунок накачування зовнішньої енергії (електричної, світлової, теплової, хімічної) атоми активної речовини-випромінювача переходять у збуджений стан. Збуджений атом випромінює енергію у вигляді фотона. У галузі використовують твердотільні лазери. За активну речовину беруть оптичне скло з домішкою неодиму і рідкоземельних елементів.

Перевагою лазерного променя є можливість передавання енергії на великі відстані неконтактним способом. Це дозволяє використовувати лазерний промінь не лише для різання, зварювання, а й для розмічування. Лазерну технологію вважають прогресивною і її використання в машинобудування потрібно кваліфікувати як напрямок забезпечення науково-технічного прогресу.

## **Висновки**

Розміченням називають операцію нанесення на оброблювану деталь або заготовку розмічувальних рисок, що визначають контури деталі або місця, що підлягають обробленню. Основне призначення розмічення полягає в зазначенні меж, до яких потрібно обробляти заготовку. Розмічувальні мітки наносять кернером, рисувалкою, циркулем, рейсмусом або штангенциркулем. Розмічувальне робоче

місце обладнують розмічувальними плитами, підкладками, поворотними пристроями та ін. Розмічення буває площинним і просторовим.

Різанням називають слюсарну операцію відділення частини заготовок від сортового або листового металу. Різання здійснюють ручними або спеціальними ножицями (без зняття стружки), ножівками, на відрізних верстатах (із зняттям стружки). До різання також належить надрізування металу.

### **Питання для самоперевірки**

- 1 Що таке розмічення?
- 2 Охарактеризуйте площинне і просторове розмічення деталей.
- 3 Яким чином класифікують способи різання металу?
- 4 Які види різання належать до різання зі зняттям стружки?
- 5 Які види різання належать до різання без зняття стружки?
- 6 У чому полягає суть повітряно-дугового різання?
- 7 У чому полягає суть повітряно-плазмового різання?
- 8 У чому полягає суть плазмового різання?
- 9 Які типи ножиць застосовують для різання металу?
- 10 У чому полягає суть газокисневого різання металу?

## Тема 2.2 Технологічне обладнання для гнуття і вальцювання

2.2.1 Загальні відомості про процес гнуття.

2.2.2 Особливості згинання тонкостінних труб.

2.2.3 Вальцювання обичайок.

### 2.2.1 Загальні відомості про процес гнуття

У технологічному процесі виготовлення апаратури гнуття належить до основних формозмінних операцій. Згинанню піддають листовий, сортовий прокат і труби. Формозмінювання під час згинання здійснюється шляхом пластичного деформування металу. Ця деформація проходить по-різному з кожного боку заготовки. Шари металу всередині кута згину стискаються і коротшають у поздовжньому та розтягуються в поперечному напрямках. Зовнішні шари розтягуються і подовжуються в поздовжньому і стискаються в поперечному напрямках. Основними розуміннями вибору того чи іншого виду операції є ступінь пластичного деформування металу під час згинання й необхідна потужність обладнання для виконання цієї операції.

*Гнуття* – це процес зміни форми заготовки під дією зусиль, прикладених в одній або декількох площинах, розміщених під заданим кутом один до одного.

Зона деформації в процесі згинання обмежується ділянкою, прилеглою до контактних поверхонь, і займає порівняно невелику частку від об'єму заготовки. На рисунку 2.5 показаний елемент заготовки, що підлягає згинанню. Як бачимо з рисунка, внутрішні шари матеріалу зазнають стиснення, зовнішні – розтягнення. Лінія, по якій матеріал не стискається і не розтягується, називається нейтральною.

Гнуття виконують як у холодному, так і в гарячому стані за допомогою пуансонів, плит або валків, що мають округлені поверхні з радіусами, які в кілька разів перевищують товщину заготовки. Гнуття в холодному стані допускається за напруження, що не спричиняє руйнування матеріалу.

*Мінімальний радіус гнуття.* Внаслідок того, що в процесі гнуття зовнішні волокна згинального матеріалу зазнають напруження розтягнення, на зовнішній поверхні за надмірного подовження волокон можуть виникнути тріщини. Можливість виникнення тріщин

збільшується зі зменшенням радіуса згинання. Величина мінімального радіуса гнуття  $R_g$ , за якого ще не з'являються тріщини, в загальному випадку орієнтовно визначається з умов, за яких найбільша деформація розтягнутого волокна викликає напруження, що не перевищують  $0,8 \sigma_b$  ( $\sigma_b$  – межа міцності під час розтягування).

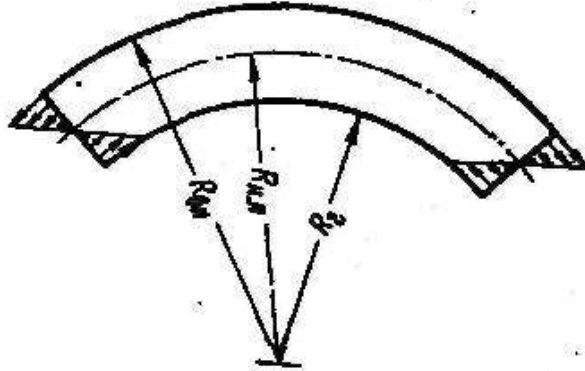


Рисунок 2.5 – Розподіл внутрішніх напружень у металі під час згинання

*Кут пружинення.* Оскільки під час згинання в холодному стані в матеріалі виникають як пластичні, так і пружні деформації, радіус гнуття деталі після проведення операції завжди виявляється більшим від радіуса інструменту. Різниця між величиною кута між площинами деталі після згинання та кутом інструменту називається кутом пружинення (рис. 2.6).

Величина кута пружинення залежить від властивостей матеріалу, відношення величини внутрішнього радіуса вигину до

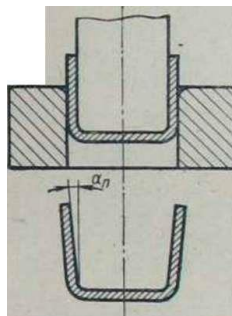


Рисунок 2.6 – Визначення кута пружинення ( $\alpha_n$ ) під час згинання скоби

товщини матеріалу, величини кута згинання, а також від умов проведення згинання. Розрізняють вільне згинання та гнуття з калібруванням.

### 2.2.2 Особливості згинання тонкостінних труб

Згинання труб належить до оброблення металів тиском. З огляду на досить складний характер деформації матеріалу труби в процесі гнуття більшість розрахункових залежностей для визначення режимів гнуття одержана емпіричним шляхом.

Основна технологічна задача, що розв'язується в процесі виготовлення криволінійного (вигнутого) профілю трубної заготовки, полягає в забезпеченні заданого радіуса  $R$  (рис. 2.7) за мінімально допустимого відхилення від форми поперечного перерізу вихідної заготовки – зазвичай циліндричної. Під час згинання тонкостінних труб не допускається утворення поперечних складок – гофр.

Ураховуючи, що найбільших деформацій зазнає нижня стінка труб із нейтральним радіусом гнуття  $R_B$  (рис. 2.6), останній входить до розрахункової формули  $R = R_B + 0,5D$ .

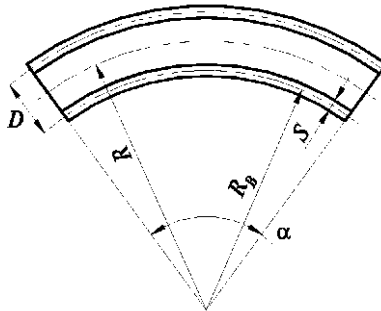


Рисунок 2.7 – Схема гнуття труб.

За умови недопущення критичної деформації експериментально встановлено, що  $R_B = 20S$ . Введемо поняття критерію тонкостінних труб  $K_T$ :  $K_T = \frac{S}{D}$  або  $R_B = 20 K_T D$ . Тоді заданий радіус гнуття буде  $R = 20K_T D + 0,5 D$ . Якщо  $R > D (20K_T + 0,5)$ , то виконують холодне гнуття, а якщо менше – гаряче. На практиці згинання труб здійснюють у холодному стані до значень



$R \approx D$ , цьому відповідає  $K_T = 0,025$ . Від значення критерію  $K_T$  залежить також і технологія гнуття труби. Зі зменшенням значення  $K_T$  технологічний процес ускладнюється. Під час згинання тонкостінних труб утворюються поперечні складки – гофри, і відбувається спотворення профілю. Гофри виникають під дією тангенціальних сил (зовнішні волокна розтягуються, а внутрішні – стискаються), спотворення профілю відбувається внаслідок дії радіальних сил.

Профіль спотворюється інтенсивніше зі зменшенням відносного радіуса гнуття труби  $r = R/D$ . За малих значень  $r$  згинання труб здійснюється з внутрішньою оправою.

Для визначення режимів згинання на трубозгинальних верстатах необхідно враховувати пружне розвантаження труби (пружинення), що відбувається після зняття напруження. Величина цього чинника залежить від:

- механічних властивостей матеріалу (чим вищий модуль пружності, тим більша пружна деформація);
- геометричних параметрів труби і згину – діаметр труби, товщина стінки, радіус вигину, довжина зігнутої частини труби;
- умови навантаження труби, тобто способу гнуття;
- ступеня утворення овальної форми труби у місці згинання, тобто умови підтримання стінки труби;
- неоднорідності напруженого стану в поперечному перерізі згину.

В апаратобудуванні використовують згинання труб у холодному і гарячому станах.

За способом усі механізми для *холодного згинання* поділяють на:

- механізми з обкатуванням, що застосовуються для вигинання труб діаметром до 70 мм, коли допускаються деякі відхилення від круглої форми в перерізі вигнутої ділянки. У цьому разі навколо нерухомого згинального шаблона 1 рухається обкатувальний ролик 2 (рис. 2.8 а) або повзун 3 (рис. 2.8 б), які притискають трубу безпосередньо до шаблона

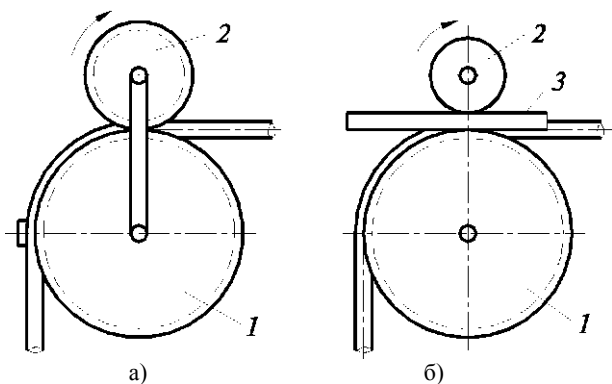


Рисунок 2.8 – Схема механізму з обкатуванням

- механізми з намотуванням, використовувані для гнуття труб діаметром 10–20 мм, у яких шаблон 1 обертається, а повзун 2 залишається нерухомим (рис. 2.9 а) або має можливість переміщатися в поздовжньому напрямку (рис. 2.9 б);

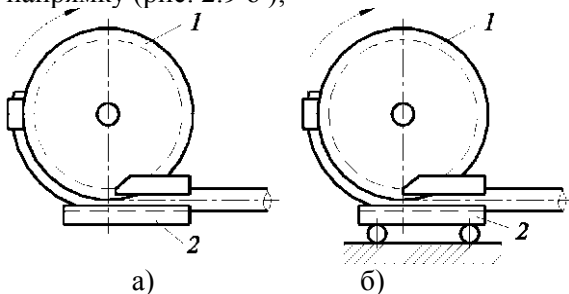


Рисунок 2.9 – Схема механізму з намотуванням

- механізми на двох опорах, що дозволяють проводити гнуття труб діаметром до 320 мм. Заготовку укладають на дві опори 1, здатні повертатися навколо своїх осей, а зусилля прикладають в центрі труби. Згинальний сегмент 2 з'єднується зі штоком гідро- або пневмоциліндра 3 (рис. 2.10);

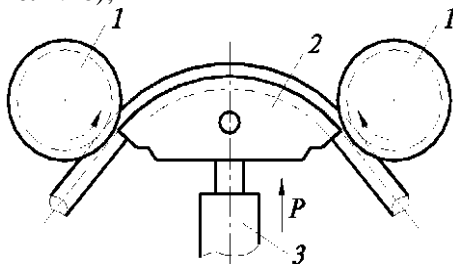


Рисунок 2.10 – Згинання труб на двох опорах

- механізми з волочінням, застосовувані під час згинання тонкостінних суцільнотягнутих труб. Один кінець заготовки обтискується до заданого діаметра. Обтиснутий кінець 1 продавлюється через фільтру 2 і захоплюється затискачем 3, закріпленим на станині. Під час обертання згинального шаблона 4 труба простягається через фільтру і одночасно гнеться навколо згинального шаблона. Використання цього способу дозволяє гнути заготовки малої довжини на малий кут згину (рис. 2.11).

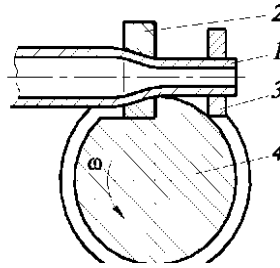


Рисунок 2.11—Схема механізму з волочінням

*Гнуття з нагріванням.* Гнуття з нагріванням заготовок дозволяє зменшити зусилля згинання та полегшує формоутворення:

- протягування на рогоподібному осерді полягає в тому, що заготовку труби 2, 3 (рис. 2.12) одягають на штангу з рогоподібним осердям 4 яке має задану кривизну  $R$ . Заготовка нагрівається і прошовхується плунжером 1 по осердю, водночас відбуваються вигинання труби й калібрування готової деталі (двійник) 5. Найменший діаметр осердя дорівнює внутрішньому діаметру заготовки  $d_w$ , а найбільший – внутрішньому діаметру двійника  $D_w$ ;

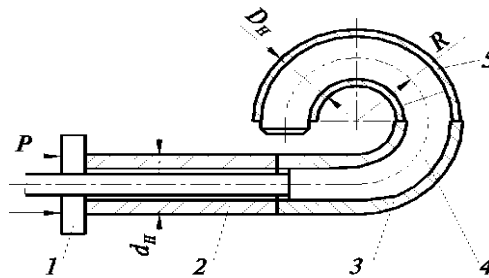


Рисунок 2.12 – Схема протягування на розі

- гнуття на штампі є одним із високопродуктивних способів, що реалізують гнуття в одній або декількох площинах. Однак цей спосіб економічно обґрунтований лише за серійного випуску виробів. Індукційний метод згинання передбачає нагрівання труб струмами високої частоти (СВЧ) і дозволяє виконувати згинання на малий радіус (рис. 2.13). У цьому разі трубу 2 установлюють у кільцевому індукторі 5 і на напрямних роликах 3. До кінця труби прикладають зусилля за допомогою натискного ролика 4. Поздовжнє переміщення труби здійснюється кареткою 6 за допомогою торцевого упора 1. Кільцева ділянка, поміщена в індукторі, нагрівається до 1 000 °С, а на виході з індуктора охолоджується.

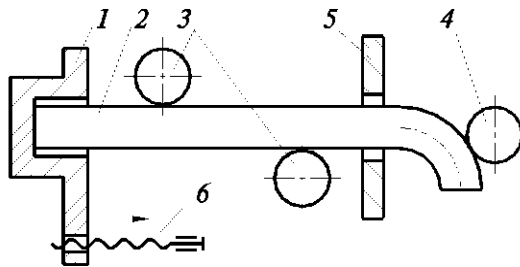


Рисунок 2.13 – Схема індукційного методу гнуття

Таким чином, гаряча ділянка труби, в якій відбувається деформація гнуття, підтримується з обох боків жорсткими холодними ділянками, що перешкоджає перекручуванню форми перерізу труби.

Для більшості методів характерно, що в процесі гнуття змінюється форма перерізу труби, тому необхідне застосування пристроїв, що підтримують стінки труби зовні та зсередини. Підтримування стінки зовні здійснюється за допомогою жолоба згинального сегмента і повзуна. Для підтримання стінок ізсередини використовують різні наповнювачі: пісок, воду, лід, легкоплавкі метали, смоли, гуму. Наприклад, застосовують наповнювач із 50 % вісмуту, 26,7 % свинцю, 13,3 % олова, 10 % кадмію. Однак застосування наповнювачів – процес трудомісткий і повністю не забезпечує якості гнуття. Тому розроблені різні конструкції оснащення для згинання труб (дорни, оправлення).

Умовно їх можна класифікувати так:

- за формою – суцільні, розсувні, складальні;
- за жорсткістю - жорсткі, нежорсткі, еластичні;

- за поверхнею контакту – точкові, лінійні;
- за формою опорної поверхні – циліндричні, сферичні, торцеві.

Найпростішим дорном, що використовують під час згинання труб діаметром до 40 мм, є сталевий канат.

Поширення набули дорни у вигляді стрижня з ложкоподібною формою кінця (рис. 2.14 а). Дорн з'єднується з тягою, довжина якої сумірна з довжиною заготовки і поміщена всередині труби, яка в процесі гнуття простягається вздовж нього. Зазор між дорном і трубою дуже впливає на точність розмірів поперечного перерізу труби і повинен виключати можливість утворення гофр. Деталі, в яких сполучення вигинів здійснюється без прямолінійних ділянок, виготовляють із застосуванням дорнів зі сферичними головками (рис. 2.14 б).

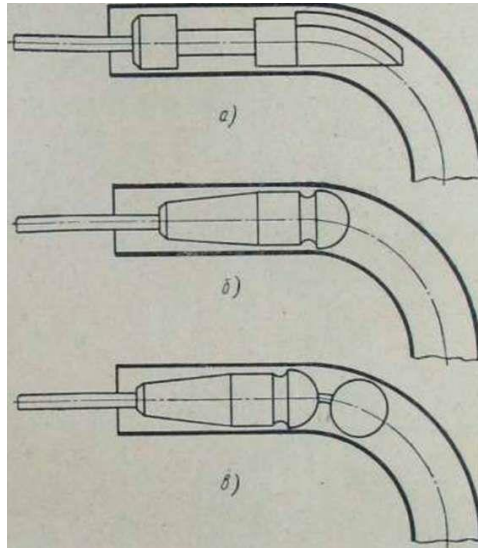


Рисунок 2.14 – Схема гнуття з використанням калібрувальних пробок:

а — ложкоподібний дорн; б — сферичний дорн; в — складений дорн

Використовують також оправлення, що містить корпус 1 та еластичну оболонку 2 з наповнювачем, пов'язану циліндричною частиною з корпусом, а середньою частиною – з приводом 3. Це

дозволяє виключити багато технологічних операцій, пов'язаних із набиванням труб наповнювачем (рис. 2.15).

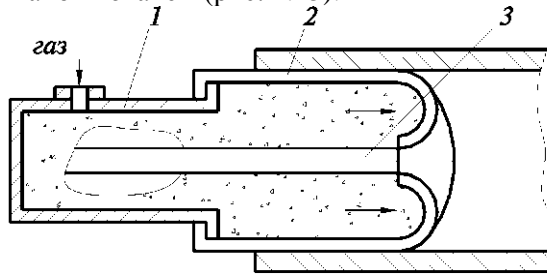


Рисунок 2.15 – Оправлення з наповнювачем в еластичній оболонці

Для забезпечення можливості гнуття труб різного діаметра використовують оправлення, в якому ланки виконані у вигляді двох важелів 1 із кульовими сегментами головки 2, встановленими з можливістю повороту в площині згину, забезпечених цапфами, а також з'єднаних між собою планками 3, пов'язаними з регулювальним механізмом (рис. 2.16).

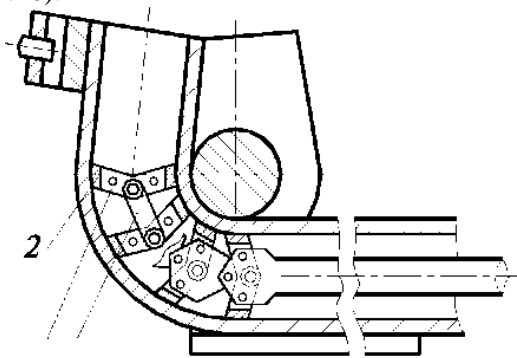


Рисунок 2.16 – Оправлення з кульовими головками

### 2.2.3 Вальцювання обичайок

**Вальцювання.** Вальцювання є одним із видів згинання, за якого деформується весь об'єм заготовки. Вальцюванням виготовляють труби, обичайки, напівобичайки, конуси, кільця, бандажі та інші деталі, що мають постійний радіус за всією довжиною вигину.

Як інструмент використовують згинальні плити або згинальні та опорні валки різних діаметрів. Радіус згинання змінюється залежно

від взаємного розміщення згинального та опорного інструментів, але він не може бути меншим від радіуса опорного валка.

Для деталей апаратів, що працюють під тиском, не рекомендують проводити вальцювання за радіусів гнуття менших за  $20S$ , де  $S$  – товщина матеріалу. Вальцювання виконують на згинальних машинах, горизонтальних тривалкових і чотиривалкових вальцях, а також на вертикальних згинальних вальцях. Для згинання тонкого (до 5 мм) листа призначають двовалкові машини. На рисунку 2.17 показана схема роботи згинального верстата з упором заданого радіуса.

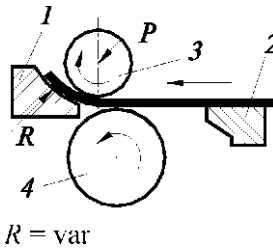


Рисунок 2.17 – Згинання на двовалкових машинах:

1 – згинальний упор; 2 – стіл; 3 – давильний валок; 4 – опорний валок

У конструкції вальців (рис. 2.18) верхній валок меншого діаметра повністю сталевий, а нижній більшого діаметра має еластичне покриття.

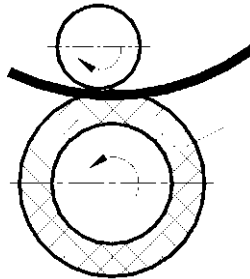


Рисунок 2.18 – Вальці з еластичним покриттям

Як покриття використовують гумування, але частіше поліуретан, тому що на відміну від гуми він не має пористості й через те не зменшується в об'ємі. Поліуретан має також високу зносостійкість і пружність.

Різні діаметри обичаюк виготовляють шляхом заміни верхнього валка. Переваги двовалкової машини: простота конструкції, відсутність псування поверхні під час згинання, підгинання кромки

без спеціальних пристроїв, згинання листів різної товщини без регулювання валків, висока точність виробів.

**Гнуття на вальцях.** Найпростішим видом вальців є тривалкова симетрична машина (рис. 2.19). Робочий рух повідомляється нижнім валком із нерухомою віссю обертання. Верхній валок роблять рухомим, це необхідно для одержання необхідного радіуса гнуття, що регулюється вертикальним переміщенням верхнього валка, і зняття заготовки, коли верхній валок виводиться з робочого стану. Заданий радіус гнуття досягається за кілька проходів під час реверсивного руху валків.

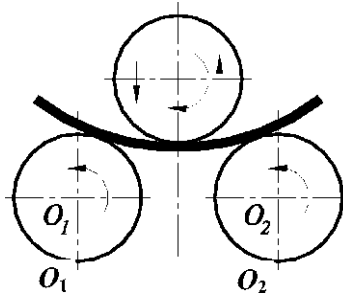


Рисунок 2.19 – Схема тривалкової симетричної машини

Кривизна вигину, що досягається за один прохід, обмежена силою зчеплення приводних валків із заготовкою. Основний недолік тривалкових машин полягає в тому, що кінець заготовки довжиною, що приблизно дорівнює половині міжцентрової відстані нижніх валків ( $0,5 \cdot O_1O_2$ ), залишається плоским, оскільки найбільший згинальний момент припадає на середній верхній валок, тобто середину відстані  $O_1O_2$ . Підгинання кінців водночас виконується як самостійна операція.

Машини з асиметричним розміщенням валків дозволяють проводити практично повне згинання обичайки. Деякі схеми таких машин подані на рисунку 2.20. Для підгинання іншого краю листа заготовку вставляють у вальці з іншого боку.

Набувають своє застосування також машини з регулюванням бічних валків у горизонтальному напрямку і з верхнім валком, що переміщається. Недоліки тривалкових машин усунені в чотиривалкових машинах. Схема однієї з них подана на рисунку 2.21.

Середні валки мають примусове обертання. Нижній валок можна встановлювати по висоті залежно від товщини листа.



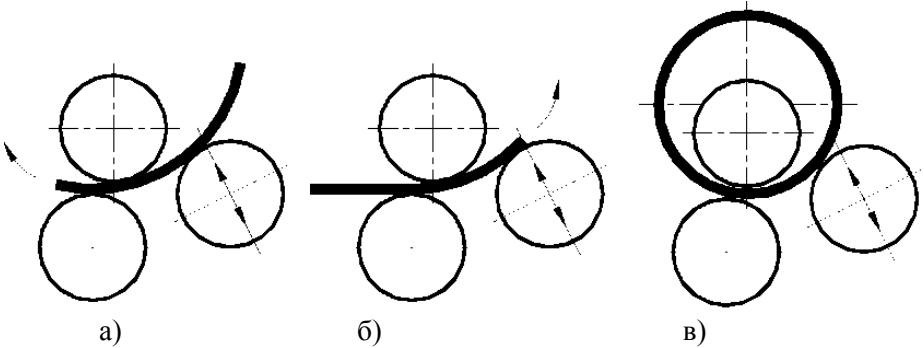


Рисунок 2.20 – Згинання листа на машині з асиметричним розміщенням валків:  
а) і б) – підгинання країв листа; в) – колове згинання

Бічні валки, переміщуючись, визначають радіус гнуття і виконують підгинання кінців заготовок. Водночас можна уникнути підгинання кінців як самостійної операції. Вальці вибирають за технічною характеристикою залежно від довжини й товщини згинального прокату і відповідно до потужності, необхідної для виконання операції згинання. Зокрема, чотиривалкові машини використовують для згинання листів із товщиною до 80 мм і шириною до 5 м.

*Дефекти, утворені під час вальцювання.* Точність заготовки після проведення згинальної операції багато в чому визначає якість готового виробу (обичайки). Тому необхідно розглянути можливі дефекти форми під час згинання із зазначенням причин їх виникнення.

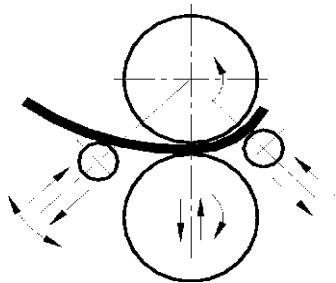


Рисунок 2.21 – Чотиривалкова машина

Перекіс кромки буває у тому разі, якщо не додержуються паралельності торцевої кромки листа з осями валків під час

установлення листа у вальцях (рис. 2.2 а). Дефект виправляють зворотним перекосом листа.

Конусність є дефектом верстата і виникає внаслідок непаралельності розміщення осей верхнього та нижнього валків (рис. 2.19 б). Для виправлення дефекту необхідно опустити верхній валок із боку більшого радіуса.

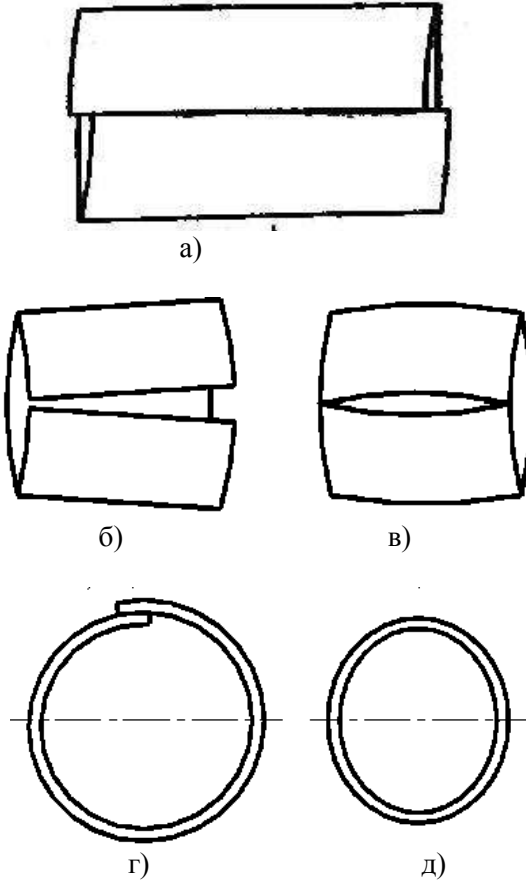


Рисунок 2.22 – Дефекти, утворювані під час вальцювання на вальцях:

- а) перекис кромки; б) конусність; в) бочкоподібність;
- г) перегин на радіус, менший від заданого; д) овальність

Бочкоподібності з опуклою й увігнутою твірними виникають за надмірного тиску на валки, що спричиняє викривлення останніх. Опуклу бочкоподібність одержують за меншого вигину листа

посередині, а ввігнуту (сідлоподібну) – за меншого вигину на кінцях (рис. 2.22 в).

Перегин на радіус, менший від заданого (рис. 2.22 г), відбувається внаслідок надмірного підтискання валків. Щоб уникнути перегину, необхідно проводити вальцювання в якомога більшу кількість проходів щоразу перед початком вальцювання листа, підискаючи валки на невеликий розмір. Після кожного проходу необхідно перевіряти радіус вальцювання за шаблоном.

Овальність – різниця між великою і малою осями овала, виникає внаслідок нерівномірності притиснення листа по всій довжині під час останнього проходу (рис. 2.22 д).

### **Висновки**

Відомо багато способів гнуття заготовок у холодному і гарячому стані. В апаратобудуванні в основному використовують гнуття металу в холодному стані на згинальних машинах, листозгинальних гідравлічних пресах і три- або чотиривалкових листозгинальних вальцях. На листозгинальних вальцях виконують вальцювання листової сталі для утворення циліндричних, конічних, сферичних та сідлоподібних поверхонь і кільцеве гнуття (вальцювання) профільної сталі (куточків, швелерів, двотаврових балок). На листозгинальних пресах виготовляють гнуті профілі і здійснюють гнуття листової сталі під кутом. Щоб уникнути структурних змін, появи значного наклепу і повної втрати пластичних властивостей сталі під час холодного згинання заготовок залишкове подовження не повинно виходити за межі текучості.

### **Питання для самоперевірки**

- 1 Що таке гнуття заготовок? Дайте стислу характеристику процесу.
- 2 Визначення радіуса згинання труб.
- 3 Які є способи холодного згинання?
- 4 Які є способи гарячого згинання?
- 5 Назвіть основні види оснащення для згинання труб.
- 6 Вальцювання, дайте стислу характеристику процесу.

## Розділ 3. Технологічне обладнання термічного відділення

### Тема 3.1 Теплове оброблення деталей

3.1.1 Види теплового оброблення деталей та заготовок.

3.1.2 Види термічного оброблення деталей і заготовок.

#### 3.1.1 Види теплового оброблення деталей та заготовок

Багато технологічних операцій оброблення проводять тоді, коли деталі перебувають у нагрітому стані.

У нагрітому стані проводять:

а) виготовлення деталей із металу під тиском;

б) формозміну пластичних мас;

в) термічне оброблення металів для одержання кращої кристалічної структури;

г) відпалювання керамічних виробів;

г) газове та електродугове різання металу;

д) зварювання, паяння, склеювання;

е) деякі роботи під час механічного складання (запресовування, клепа́ння).

Способи нагрівання. Залежно від вимог технологічного процесу виникає необхідність у нагріванні окремих ділянок або виробів у цілому.

*Місьцеве нагрівання* здійснюється під час проведення згинання, відпалювання зварених швів, підігрівання зони з'єднання деталей перед зварюванням або паянням.

*Загальне нагрівання* необхідне під час гарячого штампування, відпалювання металів, випалювання керамічних виробів і, в окремих випадках, під час паяння та склеювання.

Загальне нагрівання завжди краще місцевого, тому що під час нього досягають більш рівномірного розподілу температур по всьому виробу.

Місьцеве нагрівання проводять за допомогою зварювальних газових або гасокисневих пальників, струмом високої частоти (СВЧ) або електричним струмом, в останньому разі вмикають деталі в електричну мережу в якості опору.

*Нагрівання під час оброблення деталей тиском.* Необхідність нагрівання матеріалу під час оброблення тиском (видавлювання, штампування, гнуття, відборткування та інше) базується на виникненні під час нагрівання пластичної

деформації, що значно знижує зусилля, необхідні для формозміни.

Гарячому обробленню тиском можуть піддаватися майже всі метали і більша кількість пластмас, важливо лише правильно витримувати температурний режим. Добре згинається й штампується в гарячому стані двошарова сталь, але через запобігання розшаруванню не потрібно нагрівати заготовки більше ніж два рази.

Нагрівання заготовок із металевих листів перед обробленням найчастіше проводять у печах. Під час згинання в нагрітому стані трубного або пруткового прокату застосовують нагрівання СВЧ або вмикають деталі в електричну мережу як опір. Окремі ділянки заготовок нагрівають пальниками.

Нагрівання пластичних мас проводять у полум'ї пальника або передаванням тепла через метал, повітря, пісок чи рідину. Рівномірність нагрівання за всією товщиною пластмасового листа досягається під час занурення його у ванну з рідиною. За нагрівальну рідину, застосовують трансформаторне мастило або гліцерин. Краще застосовувати гліцерин, тому що його легше видалити з поверхні матеріалу (змити водою).

Нагрівання можна проводити також у шафах, що обігріваються парою через змійовики або з подачею струменя гарячого повітря.

Існують варіанти формоутворення, за яких пластмасові заготовки нагрівають у спеціальних камерах, що обігріваються інфрачервоними, радіаційними лампами або СВЧ.

### **3.1.2 Види термічного оброблення деталей і заготовок**

Термічне оброблення металів — послідовне нагрівання та охолодження заготовок деталей або апаратів із метою покращання їх механічних, експлуатаційних і технологічних властивостей унаслідок фазових і структурних перетворень і зменшення внутрішніх напружень металу.

До термічного оброблення належать процеси відпалювання, нормалізації, загартування, відпускання, цементації, азотування та оброблення холодом.

Розглянемо основні види термічного оброблення.

**Відпалювання** — це операція, під час якої сталь нагрівають до визначеної температури і витримують за цієї температури певний час, а потім повільно охолоджують разом із піччю. Відпалювання дозволяє покращити оброблення сталі різанням і тиском, зменшує внутрішнє напруження, що виникає внаслідок механічного оброблення, зварювання.

**Нормалізація** — операція нагрівання сталі до визначеної температури (залежно від виду), витримання і подальше охолодження на повітрі. Нормалізації підлягають ковані та штамповані заготовки з вуглецевої і легованої сталей для покращання мікроструктури, підвищення механічних властивостей і перед проведенням подальшого термічного оброблення. Крім того, знімаються напруження у зварному шві.

**Загартування** — процес термічного оброблення, за якого сталь нагрівають до температури, трохи вищої від критичної, а потім швидко охолоджують у воді або мастилі. Загартування сталей проводять для одержання високої міцності, зносостійкості та інших властивостей, що підвищують надійність і довговічність деталей.

Загартуванню підлягають сталі, які мають вміст вуглецю більше ніж 0,3 %, і залежно від способу нагрівання одержують гартування об'ємне або поверхневого шару.

Поверхнєве гартування надає поверхням тертя високої твердості, в цьому разі осердя деталі залишається в'язким і м'яким.

**Цементация** — процес хіміко-термічного оброблення, за якого проходить насичення поверхневого шару сталі вуглецем для одержання, після загартування і низькотемпературного відпалювання міцного й зносостійкого поверхневого шару деталі.

Цементация полягає в нагріванні сталевих деталей до температури 900–940 °С у середовищі, насиченому вуглецем, потім їх витримують за цієї температури впродовж часу, необхідного для одержання заданої глибини насиченого шару, з подальшим поступовим або швидким охолодженням.

Цементации підлягають зубчасті колеса, пальці, осі, вали та інші деталі, виготовлені з вуглецевої і легованої сталей з вмістом вуглецю до 0,25–0,3 %.

**Азотування** — процес насичення поверхневого шару азотом. Азотування підвищує твердість, зносостійкість та міцність на втомлюваність. Азотування проводять в атмосфері аміаку за температури 500–600 °С із витримуванням за цієї температури впродовж часу, необхідного для одержання заданої глибини насиченого шару, з подальшим поступовим охолодженням.

Під час ремонту деталей та вузлів найчастіше виникає потреба у проведенні термічного процесу відпалювання. Відпалювання металів зазвичай проводять у печах. Залежно від властивостей і якостей металів є різні технологічні прийоми відпалювання.

Сталеві вироби нагрівають в електричних або газових печах, витримують декілька годин за температури відпалювання, а потім повільно охолоджують із піччю або в гарячому піску.

У багатьох випадках для захисту металів від окиснення в робочий простір печей уводять захисне газове середовище. Під час оброблення сталей для захисту можуть бути використані: а) суміш азот-водень-водяна пара; б) генераторний газ; в) суміші, утворювані за часткового згоряння світільного, коксового і природного газу.

Мідь піддають світлому відпалюванню в атмосфері азоту, водню, вуглецевого газу, водяної пари або в суміші вуглекислого газу та окису вуглецю.

Латунь дуже схильна до корозійного розтріскування, значно покращує свої властивості за низькотемпературного відпалювання (270—300 °С).

### **Висновки**

Термічне оброблення застосовують на різних стадіях виробництва деталей машин і металовиробів. В одних випадках воно може бути проміжною операцією, що служить для поліпшення оброблюваності сплавів тиском, різанням, в інших – є остаточною операцією, що забезпечує необхідний комплекс показників механічних, фізичних та експлуатаційних властивостей виробів. У результаті термічного оброблення властивості сплавів можуть бути змінені в широких межах. Можливість значного підвищення механічних властивостей після термічного оброблення порівняно з вихідним станом дозволяє збільшити допустимі напруження,

зменшити розміри й масу машин та механізмів, підвищити надійність і термін служби виробів. Поліпшення властивостей у результаті термічного оброблення дозволяє застосовувати сплави більш простих складів, а тому більш дешеві.

#### **Питання для самоперевірки**

- 1 Які є види теплового оброблення металів?
- 2 У чому полягає сутність гартування металу?
- 3 У чому полягає сутність процесу нормалізації?
- 4 У чому полягає суть процесів відпалювання та азотування?

### **Тема 3.2 Технологічне обладнання для нагрівання деталей**

- 3.2.1 Класифікація печей для термічного оброблення деталей.
- 3.2.2 Джерела теплової енергії та обладнання для нагрівання печей.
- 3.2.3 Вогнетривкі та теплоізоляційні матеріали в теплотехнічному обладнанні.

#### **3.2.1 Класифікація печей для термічного оброблення деталей**

Обладнання термічних цехів поділяють на три групи: основне, доповнювальне та допоміжне.

*Основне обладнання* застосовують для виконання основних технологічних операцій термооброблення. До нього належать нагрівальні печі й установки, механізовані агрегати, обладнання для охолодження (гартівні баки і машини, установки для оброблення металу холодом тощо).

*Доповнювальне обладнання* містить устаткування для виправлення й очищення деталей (гідравлічні та механічні правильні преси, травильні установки, мийні машини, дробо- і гідропіскоструминні апарати та ін.).

До *допоміжного обладнання* належать контрольно-вимірювальна апаратура, пристрої для охолодження гартівних рідин, підйально-транспортне, санітарно-технічне обладнання, установки для приготування захисних атмосфер тощо.

Прилади неруйнівного методу контролю твердості й структури деталей для визначення недоліків металу, глибини загартованого або



цементованого шарів, умісту вуглецю в цементованому шарі (вуглецевий потенціал) становлять самостійну групу.

Печі та нагрівальні установки, що належать до обладнання термічних відділень, можна класифікувати таким чином:

- а) за технологічним призначенням;
- б) за джерелом теплової енергії;
- в) за конструктивними відмінностями;
- г) за способом механізації і використання різних захисних середовищ під час нагрівання.

За технологічним призначенням печі та нагрівальні установки термічних відділень ремонтно-механічних цехів групують залежно від операцій, для яких вони призначені (гартувальні, відпускні, цементацийні і т. ін.).

За джерелом теплової енергії печі та нагрівальні установки поділяють на печі, що працюють на твердому, рідкому чи газоподібному паливі, й електричні печі.

Найбільш ефективними є електричні печі, менш ефективними – газові й ті, які працюють на рідкому паливі, і на останньому місці – що працюють на твердому паливі.

Залежно від конструкції, характеру завантаження і розвантаження печі та нагрівальні установки поділяють на камерні, шахтні, ковпакові, ванні, а також карусельні, барабанні, конвеєрні, штовхальні, шнекові (усі періодичної дії) та інші печі й агрегати неперервної дії.

За характером середовища в робочому просторі розрізняють нагрівальні печі та установки з окисною (повітряною) атмосферою, контрольованими атмосферами (нейтральними, відновлювальними, навуглецьовувальними та ін.), печі-ванни (масляні, з розплавом солей, лугів, металів), вакуумні печі.

Для позначення обладнання термічних цехів та дільниць беруть літерно-цифрову індексацію. Групи цифр після літер означають (дм): *перша група* — ширину поду (для печей з обертовим подом — зовнішній діаметр робочої поверхні поду); *друга група* — довжину поду (для печей з обертовим подом — ширина поду); *третьа група* — висоту робочого простору печі або максимальну висоту завантажувального вікна.

Ці цифри розділяють крапками і записують у чисельнику, а в знаменнику зазначають граничну робочу температуру печі в сотнях градусів Цельсія, а після неї через дефіс зазначають допоміжні ознаки:

для полумєневих печей – вид палива (Г – газ, М – мазут); для електричних печей: літера М – механізована, Х – камера охолодження, П – періодичної дії, М – металевий тигель (для ванних печей), К – ківш (для карусельних печей). Цифри після цих літер для конвеєрних та штовхальних печей показують довжину камери охолодження (дм).

Приклад позначення печей: ТНО-6.12,5.5/11-М – термічна камерна піч періодичної дії, атмосфера робочого простору – окиснювальна, розміри робочого простору 600 мм×1 250 мм×500 мм, піч працює до температури 1 100 °С, паливо – мазут. Цю ж саму піч на газоподібному паливі позначають ТНО-6.12,5.5/1-Г.

Для нагрівання деталей у термічних відділеннях ремонтно-механічних цехів за індивідуального виробництва застосовують камерні печі, шахтні печі рідше – печі-ванни, що працюють на рідкому та газоподібному паливі, а також із застосуванням електроенергії. Застосування термічних механізованих карусельних і тунельних печей економічно не доцільно.

*Газові камерні печі.* Камерна піч, показана на рисунку 3.1, призначена для різних видів термічного оброблення деталей та інструментів під час одиничного і дрібносерійного виробництва. Для завантаження та вивантаження деталей у цих печах використовують підвісні кліщі на монорейці і завантажувальні машини. Повітря для горіння в цих печах підігрівається в рекуператорі. Якщо для печей використовують газ середнього тиску і спалювання газу проводиться в інжекційних пальниках, то повітря для горіння не підігрівають і рекуператор не встановлюють. Продукти горіння відводяться під парасольку і потім у витяжну трубу.

Під час роботи зі звичайною пічною атмосферою (окисною) печі мають максимальну температуру 1 150 °С. Іноді виготовляють печі з контрольованою атмосферою (захисною). Гранична температура нагрівання в печах досягає 950 °С.

Габаритні розміри камерних печей, що працюють лише на газоподібному паливі, менші від мазутних, оскільки в них відсутні топковий простір або камера спалювання, зазвичай розміщують під подом печі.

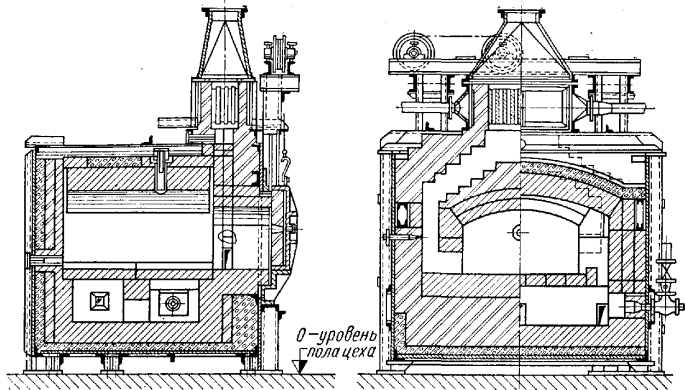


Рисунок 3.1 – Камерна піч типу ТНО

*Електричні камерні печі.* Для електричних печей були також розроблені типорозміри і введена нова індексація. Позначають печі літерами та цифрами. Перша літера – вид нагрівання: С позначає нагрівання опором. Друга літера визначає конструкцію печі (позначення ті самі, що й для паливних печей). Додатковими позначеннями для електричних печей є: В – ванна і Р – ковпакова. Третя буква в індексі печі характеризує середовище: А – азот, В – вакуум, Г – метал, солі, луги, З – захисна, контрольована атмосфера, П – водяна пара – вода, З – сіль (селітра), Ц – цементацийний газ. Четверта буква показує особливості: А – агрегат, Л – лабораторна. Цифри в чисельнику показують розміри робочого простору – ширину, довжину, висоту або діаметр у дм; для карусельних електропечей – діаметр зовнішній, внутрішній і висоту в дм; у знаменнику зазначають максимальну температуру печі в сотнях °С. За температурою через дефіс ставиться позначення допоміжних ознак печей.

Так, наприклад, СДО-35.70.30/10-45 означає таке: електропіч опору з висувним подом, з окиснювальною атмосферою, з розмірами робочого простору 3 500 мм × 7 000 мм × 3 000 мм, максимальна температура нагрівання 1 000 °С, посадка 45 т. Електропечі з викочуваним подом призначають для різного термооброблення: низькотемпературні до 700 °С для відпалювання сталевих деталей і старіння чавунного лиття, середньотемпературні до 1 000 °С і високотемпературні до 1 200 °С для відпалювання, нормалізації, гартування та відпускання деталей із легованої сталі і сплавів.

Електропечі з висувним подом призначають для різного термооброблення: низькотемпературні до 700 °С для відпалювання сталевих деталей і старіння чавунного литва, середньотемпературні до 1 000 °С і високотемпературні до 1 200 °С для відпалювання, нормалізації, гартування та відпускання деталей із легованої сталі й сплавів. До комплекту установки входять механізми для піднімання дверей і пересування подового візка, щити керування і прилади для автоматичного регулювання температури. Висувний під монтується на колесах і має індивідуальний привод пересування. У великих печах із шириною більше ніж 3 000 мм установлюють підвісне склепіння. Під час використання контрольованої атмосфери на під печі ставлять муфель із пісковим затвором. У муфель уводять вибухонебезпечний газ.

Електричні печі мають ряд переваг перед паливними: відсутність димових газів, хороша теплоізоляція; полегшене регулювання температури і сигналізації, кращі можливості застосування контрольованої атмосфери, хороші санітарні умови в цеху.

До недоліків електропечей належать: більш тривале нагрівання деталей, ніж у газових і мазутних печах унаслідок передавання тепла в основному випромінюванням (циркуляція гарячого повітря або газу в печі створює конвективний теплообмін і прискорює нагрівання); необхідність заземлення печей, окиснення деталей під час нагрівання, якщо не застосовується контрольована атмосфера; великі витрати під час експлуатації.

На машинобудівних заводах широко використовують камерні електричні печі. Існує серія камерних електропечей, їх позначають індексом СНТ, із металевими нагрівниками. Ці печі компактні, мають високу продуктивність, невелику витрату електроенергії та більший термін служби металевих нагрівників унаслідок застосування високоякісних вогнетривких і теплоізоляційних матеріалів, рівномірний розподіл тепла за довжиною робочого простору.

До недоліків печей серії СНТ належать наявність окисної атмосфери в робочому просторі, неможливість використання контрольованих атмосфер і ручне піднімання та опускання дверцят печей.

Конструкція печі СНО-8,5.17.5/10 показана на рисунку 3.2. Розміри поду цієї печі – 850 мм × 1 700 мм. Футерівка печі складається з вогнетривкого шару ультралегкової цегли та

ізоляції. Нагрівання печі проводять за допомогою елементів, виготовлених із дроту діаметром 7 мм сплаву марки Х20Н80. Ці елементи розміщені на бічних стінках, склепінні та поді печі. Живлення елементів здійснюється від трифазової мережі через знижувальний трансформатор типу ТПТ-60ВЧТ. Робоча температура печі до 1 000 °С регулюється автоматично.

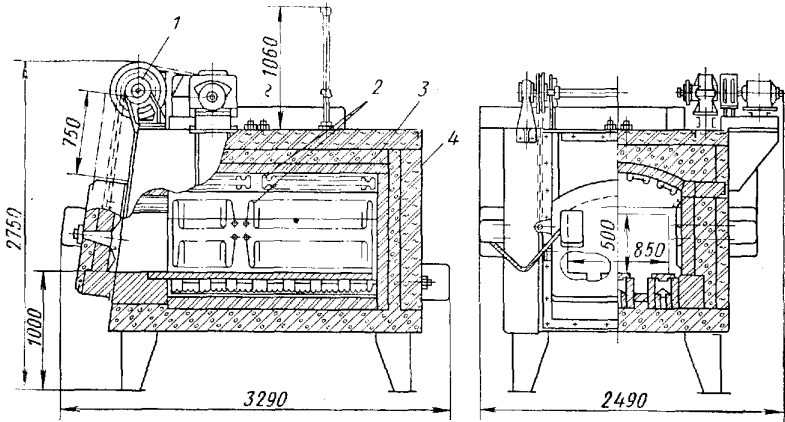


Рисунок 3.2 – Камерна електрична піч СНО-8,5.17.5/10:  
1 – механізм піднімання дверцят; 2 – нагрівальні елементи; 3 – футерівка; 4 – кожух

*Мазутні печі.* На рисунку 3.3 показано конструкцію термічної камерної печі, що працює на мазуті. Піч складається з прямокутної камери з футерівкою 2 з шамотної цегли, перекритої склепінням і вміщеної в корпус 1 із листової сталі. Форсунку низького тиску 3 встановлено в торці печі. Спалювання палива відбувається в топковій камері 4, розміщеній під піддоном 6. Гарячі гази, що утворилися під час згоряння палива, по вертикальному каналу 8 подаються в робочий простір 7, обмивають деталі (садку) 11 і, пройшовши горизонтальні канали 9, виходять через димову трубу. Деталі нагріваються теплотою гарячих газів та теплотою, яку виділяють нагріті стінки, під і склепіння печі. Завантаження та розвантаження деталей здійснюються через вікно, що закривається заслінкою 5 за допомогою педального пристрою 10. Площа поду становить 0,32 м<sup>2</sup>. Максимальна температура в печі – 900 °С, продуктивність – 30 кг/год, витрата мазуту – 6–8 кг/год.

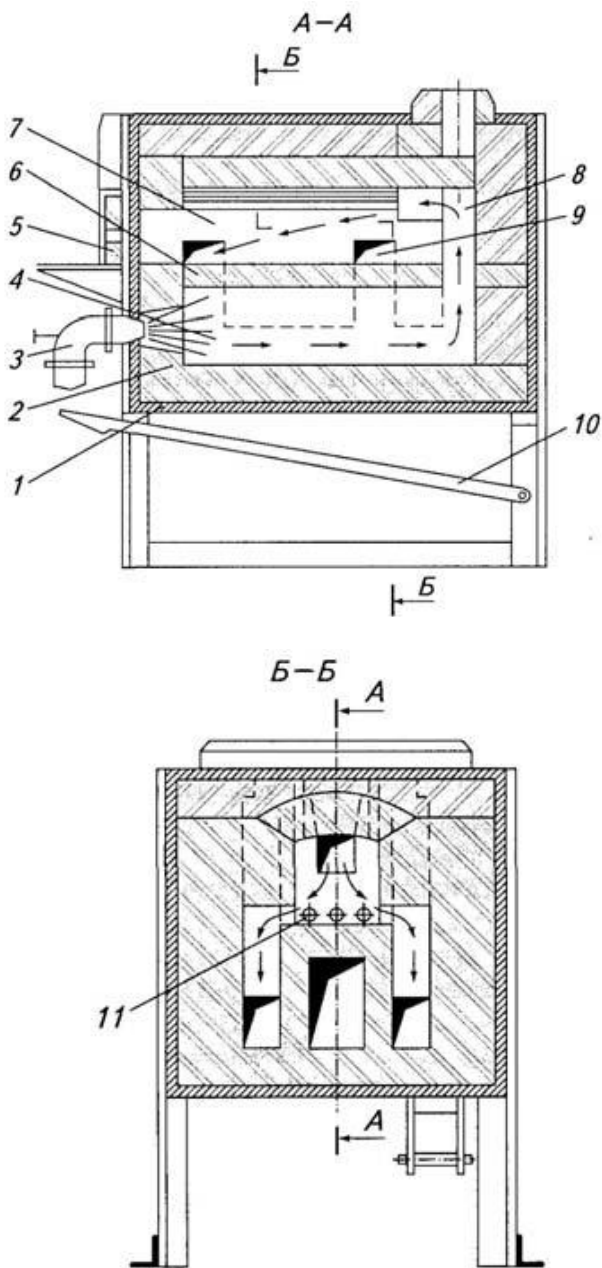


Рисунок 3.3 – Термічна камерна піч, що працює на мазуті

Недоліки таких печей: відсутність механізмів завантаження та розвантаження, часте прогоряння поду.

**Шахтні печі.** Ці печі використовують для термічного, а також хіміко-термічного оброблення довгомірних, великогабаритних чи невеликих деталей (зубчастих коліс, втулок та ін.), розміщених у спеціальних контейнерах або кошиках. Розміщення довгих деталей у печі в підвішеному стані забезпечує їм мінімальну деформацію.

Шахтна піч – це футерована шахта циліндричного або квадратного перерізу. Каркас печі виконаний із листової сталі. Робочий простір печі перекривається кришкою, що може мати ручний, пневматичний або електромеханічний приводи. Для зручності обслуговування шахтні печі будують у прямку на цегляному або бетонному фундаменті. Печі розміщують у зоні дії транспортних засобів: електричних талей, мостових кранів тощо.

Нагрівання шахтних печей проводять із використанням рідкого та газоподібного палива або електричної енергії. Паливні шахтні печі зі звичайною повітряною атмосферою (серії ТШО) мають максимальну робочу температуру 1 100 °С. У печах із використанням контрольованих атмосфер (серії ТШЗ) установлюють муфель із жароміцної сталі. Максимальна робоча температура цих печей становить 900 °С.

Електричні шахтні печі з окисною атмосферою (серії СШО) мають максимальну робочу температуру 700°С, а з контрольованою атмосферою (серія СШЗ) – до 1 300 °С.

Конструкцію шахтної електричної печі серії СШЗ із контрольованою атмосферою зображено на рисунку 3.4.

Піч складається зі зварного кожуха 1, що всередині має футерівку 2. На стінах камери розміщено металеві нагрівальні елементи 3. Піднімання та опускання кришки 4 виконують механізмом 5, герметизація здійснюється піщаним затвором. Контрольована атмосфера підводиться до верхньої частини камери, а відводяться гази через трубку в нижній частині печі.

Електричні шахтні печі типів СШО і СШЗ випускають із такими розмірами робочого простору: діаметр – 200–6 000 мм, висота – 300–6000 мм.

Для газової цементації, нітроцементації, азотування та відпускання деталей застосовують електричні шахтні печі серій СШЦ та США. Процес хіміко-термічного оброблення деталей здійснюють у герметичній реторті з жароміцної сталі, розміщеної в робочій камері

печі. Навуглецьовувальна атмосфера створюється випаровуванням і розкладанням рідкого карбюратора (гасу, синтину, триетаноламіну), що подається в реторту через крапельницю в кришці печі. Відпрацьований газ відводиться через трубку і спалюється. Для створення вихрових потоків газу та вирівнювання складу газової суміші в реторті встановлено вентилятор.

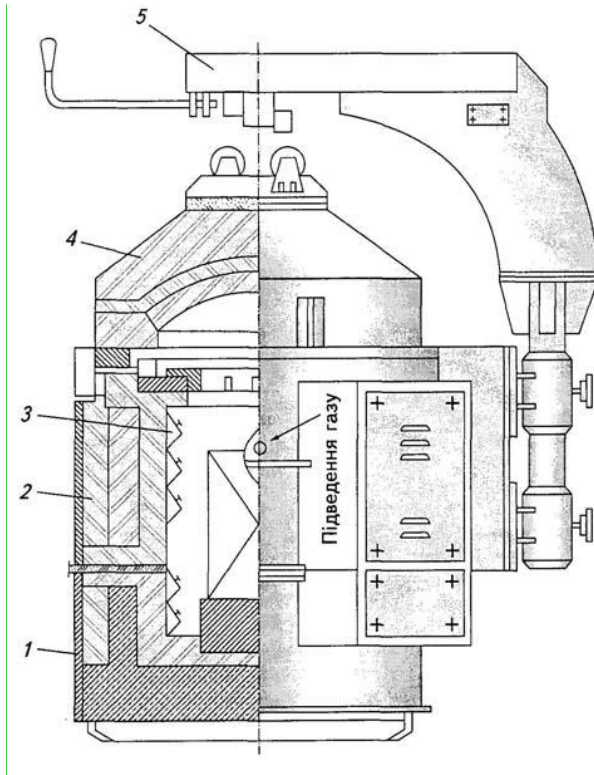


Рисунок 3.4 – Електрична шахтна піч серії СШЗ із контрольованою атмосферою

Охолодження деталей після цементації здійснюється в колодязі в середовищі відпрацьованих газів. Колодязь монтується поряд із піччю. Він має вигляд сталевих циліндрів з подвійними стінками, між якими циркулює вода. Деталі під час охолодження не окиснюються.

Максимальна температура печей серії СШЦ становить 950 °С.



Робочі розміри реторт: діаметр – 300, 450 та 600 мм, висота – 450, 600, 900 і 1 200 мм. Потужність печей – 35–110 кВт.

### **Тигельні печі-ванни на рідкому та газоподібному паливі**

Печі-ванни (рис. 3.5) застосовують у термічних цехах для нагрівання деталей під час загартовування, відпускання, нормалізації, хіміко-термічного оброблення – ціанування, рідинної цементації, старіння, а також для охолодження деталей під час ізотермічного загартування.

У печах-ваннах деталі нагрівають у різних рідких середовищах залежно від того, для якої термічної операції проводять нагрівання і, отже, до якої температури потрібно нагріти деталі. Як середовище для нагрівання застосовують розплавлені метали (свинець, сплави свинцю і силуміну), розплавлені солі, луги, мастила. Використовувані як нагрівальне середовища свинець та його сплави можна замінювати сумішшю солей і розплавленим силуміном. Замість свинцю як середовище для нагрівання хвостовиків інструментів і деталей був запропонований силумін – сплав алюмінію з кремнієм (10–12 %) і залізом (7–8 %). Температура плавлення силуміну 575 °С, температура застосування 650–800 °С. Нагрівання деталей у силуміновій ванні можна розрахувати з огляду норми 4–5 с на 1 мм товщини. Під час нагрівання силумін може роз’їдати деталі. Цьому процесу можна запобігти, якщо попередньо деталі

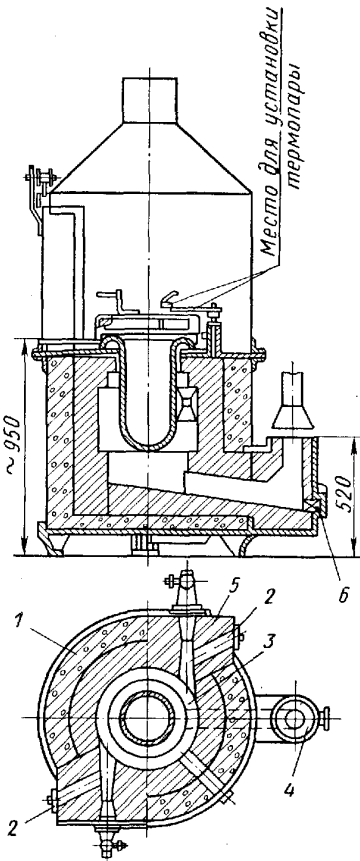


Рисунок 3.5 – Паливна піч – ванна покривати сухою крейдою або крейдяною фарбою, що складається з однієї частини крейди та однієї частини води, причому тигель ванни і чохол термомпери також повинні бути захищені.

Існує багато складів сумішей солей. Найчастіше використовують хлористі, вуглекислі та азотнокислі солі лужних і лужноземельних металів. Хлористі й вуглекислі солі застосовують для нагрівання за високих температур, від 700 °С до 1300 °С, загартування, відпалювання, нормалізації та ціанування і азотнокислі – для нагрівання від 160 °С до 500 °С.

Для ціанування і рідинної цементації як складові застосовують хлористі та вуглекислі солі з додаванням ціаністих солей. Під час нагрівання в солях унаслідок наявності в них розчиненого кисню та окислів можливе зневуглицювання деталей. Для боротьби з цим явищем до ванн додають невелику кількість речовин, що називаються ректифікаторами. Як ректифікатори застосовують буру або 75–85 % феросиліцій. Іноді також використовують як добавки, ціаністі солі й карбід кремнію (карборунд).

Нагрівання в рідких середовищах порівняно з нагріванням у печах має деякі переваги. До переваг належать: більш швидке нагрівання деталей у соляних ваннах і ще більш швидке – у свинці; відносна однорідність температури всього середовища; відсутність окиснення деталей під час їх нагрівання у свинці або солях; збереження тонкої плівки застиглої солі на деталях під час їх перенесення після нагрівання в холодне середовище, в результаті цього деталі охороняються від окислення на повітрі; можливість нагрівати деталі у вертикальному положенні на необхідну довжину і таким чином виробляти місцеве нагрівання деталей. Більш швидке нагрівання в рідких ваннах відбувається тому, що коефіцієнт теплопередачі в них набагато більший, ніж у печах.

До недоліків нагрівання в рідких ваннах належать: мала стійкість тиглів і у зв'язку з цим часті зупинення ванн (це найбільш істотний недолік печей-ванн); схильність до корозії деталей після нагрівання в деяких солях уразі зволікання з очищенням від прилиплих частинок солі; прилипання свинцю до деталей, які нагріваються у свинцевих ваннах; необхідність додержання обережності під час роботи на ваннах (вихлюпування розплавленого свинцю або солі під час потрапляння вологи у ванну); вибухонебезпека деяких солей (азотно- і азотистоких) під час перегрівання і потрапляння в них ціаністих сполук; зневуглицювання деталей у деяких солях під час роботи без спеціальних добавок у ванну. Незважаючи на перелічені недоліки, які

неважко усунути, печі-ванни широко використовують у термічних цехах.

Печі-ванни мають різні конструкції. Існують печі-ванни, що обігріваються мазутом, газом або електрикою. Рідше використовують у термічних цехах мазутні печі-ванни. Найбільшого поширення набули газові та електричні печі-ванни.

Піч-ванна (рис. 3.5) складається з металевого каркаса, всередині якого укладають шар ізоляційної діатомітової цегли 1. Камера горіння палива 3 виконана з шамотної цегли. Отвори для форсунок або пальників розміщені у вогнетривкому набиванні 5. Над пічню встановлюють ковпак для відсмоктування парів. Особливостями цих ванн є тангенціальне розміщення форсунок або пальників 2 і відбір продуктів горіння через димохідний канал 4, в якому є отвір 6 для стікання свинцю або солі в разі прогару тигля.

### **3.2.2 Джерела теплової енергії та обладнання для нагрівання печей**

Для одержання теплової енергії в термічних цехах застосовують рідке та газоподібне паливо, а також електричну енергію. Печі, що працюють на цих видах палива, називають відповідно паливними та електричними.

Як рідке паливо використовують мазут. Він має велику в'язкість, погано розпилюється, утруднює автоматизацію теплового режиму печей і погіршує санітарно-технічні умови в цеху, оскільки під час горіння мазуту виділяється багато диму. Тому нині мазутні печі заміняють на печі, що працюють на газоподібному паливі або електричній енергії. Рідке паливо спалюють у печах за допомогою форсунок низького тиску.

Як газоподібне паливо застосовують природний або генераторний газ. До цього часу під час проектування потужних печей та агрегатів віддавали перевагу газовому нагріванню, тому що вартість одиниці теплоти під час спалювання газу в 4–5 разів була меншою, ніж за використання електричної енергії. Газ спалюють у пальниках низького і високого тисків, а також у радіаційних трубах.

Схему дифузійного пальника низького тиску зображено на рисунку 3.6. Подавання газу в пальник регулюється клапаном 1. Холодне повітря, що подається в пальник, омиває й охолоджує газове

сопло 2. У дифузійних пальниках повне змішування газу та повітря відбувається в робочому просторі печі.

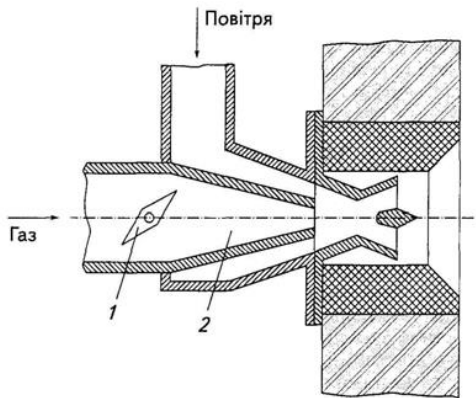


Рисунок 3.6 – Схема дифузійного пальника низького тиску

До пальників високого тиску належать інжекторні пальники. Потрібне для горіння повітря в них засмоктується (інжектуються) струменем газу, що подається під високим тиском, або, навпаки, газ інжектуються повітрям. Утворення газоповітряної суміші в такому пальнику повністю завершується в камері змішування (рис. 3.7). Завдяки гарному змішуванню газу з повітрям інжекторні пальники працюють із малим надлишком повітря і створюють безполуменеве горіння з вищою температурою, ніж дифузійні пальники.

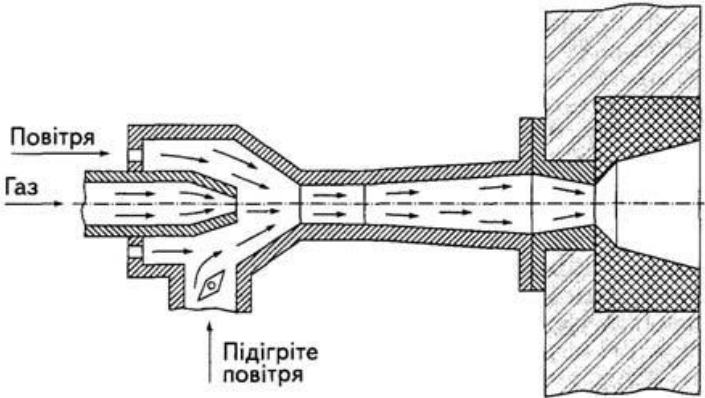


Рисунок 3.7 – Схема інжекторного паяльника

Із метою економії палива та підвищення температури полум'я в пальники подають повітря, підігріте вихідними пічними газами. Для цього печі обладнують регенераторами і рекуператорами.

У сучасних безмуфельних печах газ спалюється в радіаційних (випромінювальних) трубах (рис. 3.6). На одному кінці такої труби змонтовано пальник, а через інший виводять продукти горіння. У таких печах продукти горіння ізольовано від робочого простору, що дає можливість нагрівати оброблювані деталі у контрольованій атмосфері (муфельювання полум'я).

На рисунку 3.8 показано схему одного з варіантів радіаційної труби. Холодне повітря подається по трубці рекуператора 1 та, нагріваючись завдяки теплоті газів, що виходять через патрубок, інjektується пальником 5. Газ надходить у пальник по трубці 6 та згоряє в радіаційній трубці 4, стінки якої нагріваються і випромінюють теплоту в робочий простір печі. Продукти згорання відводяться через трубу рекуператора 2 витяжною системою. Радіаційна труба кріпиться до стінки печі 3.

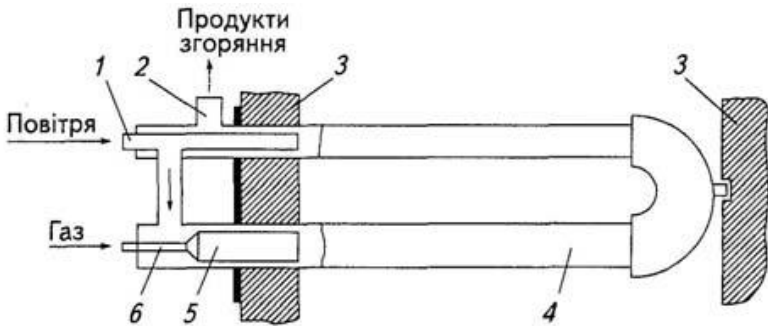


Рисунок 3.8 – Схема радіаційної труби

Електричні печі мають такі переваги порівняно з паливними:

- можливість одержання в робочому просторі будь-яких температур до 3 000 °С;
- легкість та висока точність регулювання теплового режиму;
- зручність механізації, автоматизації та обслуговування;

- можливість щільної герметизації і застосування будь-яких захисних середовищ;
- відсутність димових систем та компактність;
- забезпечення сприятливих для працівників санітарно-гігієнічних умов у цеху тощо.

В електричних печах застосовують металеві, а також неметалеві нагрівники з високим електричним опором.

*Металеві нагрівники* виготовляють із ніхромів і фехралей у вигляді дроту, стрічки або дротяних спіралей, які вкладають у печі зигзагоподібно. Використовують також готові нагрівники закритого типу – трубчасті (ТЕНи) у вигляді спіралі, щільно запресованої в металеву трубу. Їх застосовують в основному для нагрівання рідких та агресивних середовищ. Останніми роками набули широкого використання радіаційні труби з електронагрівальними елементами опору.

Ніхромові, а також фехралеві нагрівники застосовують до температур, що не перевищують 1 200 °С (для ТЕНів – 400–450 °С). Для одержання вищих температур використовують нагрівники з молібдену і ніобію (до 2 200 °С), танталу та вольфраму (до 2 800 °С). Для захисту нагрівників із тугоплавких металів від окиснення потрібні вакуум або нейтральні атмосфери.

*Неметалеві нагрівники* поділяють на карборундові, дисиліцидмолібденові, а також графітні.

Карборундові нагрівники (силітові та глобарові) виготовляють у вигляді циліндричних стрижнів. Вони можуть працювати за температури до 1 400 °С. Із часом карборундові нагрівники старіють, тому їх приєднують до електромережі через трансформатор з регульованою вторинною напругою для компенсації втрати струму у зв'язку з підвищенням опору нагрівника.

Нагрівники з дисиліциду молібдену можуть працювати в окисному середовищі за температури до 1 700 °С. Їх виготовляють у вигляді прямих і зігнутих стрижнів круглого перерізу.

У високотемпературних вакуумних печах та печах із нейтральними атмосферами встановлюють графітні нагрівники у вигляді стрижнів, труб, пластин тощо. Максимальна робоча температура їх становить 3 000 °С.

### 3.2.3 Вогнетривкі та теплоізоляційні матеріали в теплотехнічному обладнанні

Температура в робочому просторі печі досягає 1 400 °С, а в деяких печах – 3 000 °С і може різко змінюватися під час завантаження холодного металу. Мурування поду робочого простору сприймає тиск металу, що нагрівається, та удари під час його завантаження. Воно зазнає руйнівної фізико-хімічної дії окалини і шлаку. Тому до матеріалів, з яких виготовляють елементи конструкції внутрішньої будови печей, ставлять досить жорсткі вимоги.

Мурування печей виконують зазвичай двома шарами. Внутрішній шар (основний елемент мурування, який називають *футерівкою*) виготовляють із вогнетривкого матеріалу, а зовнішній – з теплоізоляційних матеріалів.

**Вогнетривкими** називають будівельні матеріали, що мають стійкість за високих температур і не руйнуються під дією фізичних та фізико-хімічних процесів, які відбуваються в печі. До вогнетривких матеріалів ставлять такі вимоги:

- вогнетривкість – здатність протистояти, не розплавляючись і не розм'якшуючись за тривалої дії високих температур;
- термостійкість – здатність протистояти різким коливанням високих температур, не розтріскуючись та не руйнуючись;
- висока механічна міцність за великих тисків і температур;
- мала електропровідність;
- хімічна стійкість до роз'їдної дії окалини та шлаку.

Вогнетривкі матеріали поділяють на кислі, лужні, а також нейтральні. Їх виготовляють в основному зі стійких природних матеріалів, надаючи їм форми цегли, блоків тиглів, порошоків, кришва, волокна і різних фасонних виробів (труби, клини, пробки та ін.).

Найпоширенішими вогнетривкими матеріалами, які застосовують для мурування термічних печей і ванн, є алюмосилікати, що складаються переважно з глинозему ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) та кремнезему ( $\text{SiO}_2$ ). Їх добувають випалюванням вогнетривкої глини або каоліну.

Із цієї групи матеріалів часто використовують *шамот*. Він найдешевший, містить 28–45 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 52–60 %  $\text{SiO}_2$  і має слабкокислі властивості. Вогнетривкість шамоту становить 1 580–1 730 °С. У разі додавання до шамотної маси тальку одержують шамотно-талькову цеглу.

Для мурування поду застосовують високоміцні алюмосилікатні вогнетривкі матеріали, що містять велику кількість глинозему: корундові та дистенсиліманітові. Вони мають лужні властивості. Їх вогнетривкість становить 1 700–1 800 °С. Кислий вогнетривкий матеріал, що одержують відпалюванням подрібненого кварциту-пісковіку та інших кварцових порід із додаванням вапняку, називають *динасом*. Вогнетривкість динасу становить 1 680–1 730 °С. Термостійкість динасової цегли нижча, ніж шамотної. Тому її використовують для футерування методичних печей і деяких соляних ванн.

**Магnezитові** вогнетривкі матеріали виготовляють із відпаленого та подрібненого магнезиту. Вони містять 85 % оксиду магнію і мають лужні властивості. Вогнетривкість магнезиту досягає 2 200–2 400 °С (чистого оксиду магнію – 2 800 °С). Магnezитові вогнетривкі матеріали використовують лише для футерування високотемпературних печей.

До нейтральних належать *вуглецеві* вогнетривкі матеріали, що витримують нагрівання до 2 800 °С та слабо взаємодіють з агресивними середовищами. Вироби з них виготовляють відпалюванням антрациту або кам'яновугільної смоли з додаванням інших вогнетривких матеріалів. Графітові вироби (тигли та ін.) одержують із природного або штучного графіту. Вуглецеві вогнетривкі матеріали застосовують для футерування високотемпературних електродних соляних ванн, вакуумних печей тощо.

Для зменшення втрат теплоти футерівку ізолюють *теплоізоляційними матеріалами*. Вони мають високу шпаруватість, а отже, низьку теплопровідність. Як теплоізоляційні матеріали використовують легкі вогнетриви (піношамот і вогнетриви на основі здутого перлітобетону), азбест, шлаковату, засипки та ін.

Піношамот за однакової вогнетривкості має в 4–5 разів меншу теплопровідність, ніж звичайний шамот. Однак міцність його трохи нижча. Піношамотну цеглу отримують відпалюванням маси, в яку додають піно- або газотвірні речовини. Вона може замінити звичайні вогнетриви у печах із невисокою температурою (до 1 100 °С) або в печах, у яких футерівка не зазнає великих механічних дій.

Пінобетони стійкі до температури не вище ніж 300 °С, їх застосовують для зовнішньої ізоляції.



Азбестові матеріали вогнестійкі до 500 °С, за вищих температур вони обвуглюються. Азбест використовують для низькотемпературної зовнішньої теплоізоляції, а також для іншої мети (наприклад, для ізоляції отворів і тонких перерізів під час гартування деталей, щоб уникнути утворення гартівних тріщин).

Сучасними матеріалами для зовнішньої теплоізоляції є шлаковата (до 700 °С), графітовий фетр, графітова повсть, кераміка та ін.

Для засипання внутрішніх порожнин у конструкції печі застосовують шамотне кришиво, діатомітові порошки тощо. Максимальна робоча температура діатомітових порошків становить 900 °С.

Як вогнетривкі й теплоізоляційні матеріали використовують також вогнетривкі обмазки, бетони, звичайну цеглу, мергелі (вогнетривкі зв'язувальні речовини) та ін.

Додаткову теплову захисну дію і добрий естетичний вигляд створює покриття зовнішніх поверхонь печей алюмінієвими фарбами або вапнування.

### **Висновки**

Найбільш ефективними є електричні печі, менш ефективними – газові й ті, що працюють на рідкому паливі, і на останньому місці – що працюють на твердому паливі.

Широкого використання в ремонтно-механічних цехах набули камерні та шахтні печі.

### **Питання для самоперевірки**

- 1 На скільки груп поділяють термічне обладнання?
- 2 Яке обладнання належить до групи доповнювального?
- 3 За якими показниками класифікують печі?
- 4 Як поділяють печі за родом використовуваної енергії?
- 5 У чому полягає відмінність печей для термооброблення?
- 6 Для термооброблення яких деталей використовують шахтні печі?
- 7 Які види пальників використовують для нагрівання печей?
- 8 Які матеріали відносять до вогнетривких?
- 9 Які матеріали належать до теплоізоляційних?

## **Розділ 4 Технологічне обладнання механічної ділянки**

### **Тема 4.1 Класифікація металорізальних верстатів**

4.1.1 Класифікація та маркування металорізальних верстатів.

4.1.2 Класифікація металорізального та вимірювального інструменту.

#### **4.1.1 Класифікація та маркування металорізальних верстатів**

Металорізальні верстати є тим видом промислового обладнання, від якого залежить виробництво машин, приладів та інструментів.

На верстатах надають заготовці форми і розмірів виробу. Обробляють на верстатах різальним інструментом, який знімає стружку з нерухомих заготовок, або на тих, які обертаються або поступально переміщуються.

Залежно від форми, розмірів застосовуваного матеріалу, характеру і точності оброблення, продуктивності, а також конструкції оброблюваних деталей металорізальні верстати поділяють за групами, видами, моделями і типорозмірами.

За рівнем спеціалізації металорізальні верстати поділяють на:

а) універсальні – призначені для виконання різноманітних операцій під час виготовлення деталей, різних за розмірами і формою. Такі верстати використовують переважно в індивідуальному, дрібносерійному виробництві і на ремонтних роботах (верстати, призначені для особливо великого діапазону робіт, називають широкоуніверсальними);

б) спеціалізовані – призначені для оброблення однотипних деталей різних розмірів;

в) спеціальні – на яких можна обробляти лише одну деталь (деталь одного типорозміру).

Спеціалізовані й спеціальні верстати використовують у великосерійному виробництві.

За ступенем точності верстати поділяють на п'ять класів:

клас Н – верстати нормальної точності (до нього належить більшість універсальних верстатів);

клас П – верстати підвищеної точності, виготовлені на базі верстатів нормальної точності, але за підвищених вимог до точності

виготовлення відповідальних деталей верстата та якості складання й регулювання;

клас В – верстати високої точності, що досягається за рахунок спеціальної конструкції окремих вузлів, високих вимог до точності виготовлення деталей, якості складання й регулювання вузлів і верстата в цілому;

клас А – верстати особливо високої точності, під час виготовлення яких ставлять ще більш жорсткі вимоги, ніж під час виготовлення верстатів класу В;

клас С – верстати особливо точні або майстер-верстати, призначені для виготовлення деталей, що визначають точність верстатів класів А і В.

За вагою розрізняють верстати легкі – вагою до 5 т, середні – до 15 т і важкі – понад 15 т. Останні поділяють на три підгрупи: великі – від 15 т до 25 т; власне важкі – від 25 т до 50 т і особливо важкі (унікальні) – вагою понад 50 т.

Згідно класифікацією, металорізальні верстати поділяють на дев'ять груп. Кожну групу поділяють також на дев'ять підгруп (9 типів), які характеризують призначення верстата, його компонування, ступінь автоматизації роботи або вид застосовуваного інструменту.

За технологічними ознаками (залежно від характеру оброблення) верстати поділяють на дев'ять груп:

- 1 – токарні;
- 2 – свердлильні й розточувальні;
- 3 – шліфувальні (рис. 4.1), полірувальні, довідні;
- 4 – для електрофізичного й електрохімічного оброблення;
- 5 – зубо- і різьоброблювальні;
- 6 – фрезерні;
- 7 – стругальні, довбальні, протяжні;
- 8 – розрізні;
- 9 – різні.

Верстати кожної з цих груп поділяють на типи (табл. 3.1) за такими основними ознаками:

- технологічне призначення (круглошліфувальні, плоскошліфувальні (рис. 4.1));
- конструктивні особливості (універсально-фрезерні, поздовжньо-фрезерні);

- розміщення робочих деталей у просторі (вертикально-свердлильні, горизонтально-свердлильні);
- кількість робочих деталей верстата (одношпindelні, багатошпindelні);
- ступінь автоматизації (з ручним керуванням, напівавтомати, автомати).

У промисловості найпоширеніші токарні, свердлильні, фрезерні та шліфувальні верстати.

Позначення моделі верстата складається з поєднання трьох або чотирьох цифр і букв. Перша цифра визначає групу верстата, друга – номер підгрупи (тип, модель), третя і четверта цифри показують основний розмір даної моделі – його технологічну характеристику.

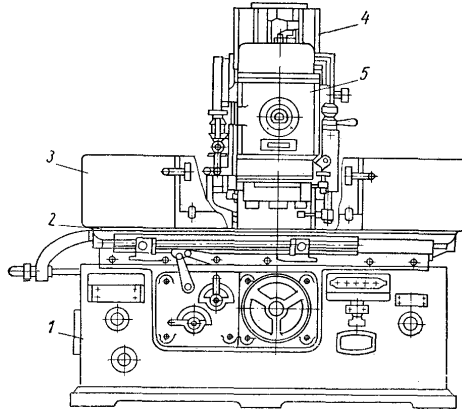


Рисунок 4.1 – Плоскошліфувальний верстат із прямокутним столом із вертикальним шпindelем: 1 – станина; 2 – робочий стіл; 3 – огорожа стола; 4 – стояк; 5 – шліфувальна бабка

Буква після першої цифри визначає модернізацію основної базової моделі верстата, а буква після всіх цифр – модифікацію (видозміну) основної базової моделі. Наприклад: 1336 – токарно-револьверний верстат для найбільшого діаметра оброблюваної заготовки 36 мм; 2A135 – вертикально-свердлильний верстат, модернізований для найбільшого діаметра свердління 35 мм; 1336A – токарно-револьверний верстат для найбільшого діаметра заготовки 36 мм, модифікований; 2575 – радіально-свердлильний верстат для найбільшого діаметра свердління 75 мм.

Таблиця 4.1 – Класифікація металорізальних верстатів

Верстат	Група	Тип верстата								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
Токарний	1	Автомати і напівавтомати спеціалізований	Автомати і напівавтомати багатопшндельний	Токарно-револьверні	Токарно-револьверний напівавтомат	Карусельний	Токарний і лоботокарний	Багаторізець і копівальний	Спеціалізований	Інші токарні
Свердильний і розточувальний	2	Настільні вертикально-свердильні	Напівавтомат одношндельний	Токарно-багатопшндельний	Координатно-розточувальний	Радіально-координатно-свердильний	Розточувальний	Оздоблювально-розточувальний	Горизонтально-свердильний	Інші свердильні
Шліфувальний, полірувальний, довідний, заточувальний	3	Внутрішньо-шліфувальний, координатно-шліфувальний	Обдирочно-шліфувальний	Спеціалізований шліфувальний	Поздовжньошліфувальний	Заточувальний	Плоскошліфувальний	Притиральний, полірувальний, абразивним інструментом	Інші верстати, що працюють	
Електрофізичний та електрохімічний	4	Світлопроменевий	Електрохімічний	Електроерозійний, ультразвуковий прошивний	Анодно-механічний					

Продовження табл. 4.1

Верстат	Група	Тип верстата									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Зубо- і різьобробливальний	5	Різьобарізний	Зубодовбальний для циліндричних коліс	Зубонарізний для конічних коліс	Зубофрезерний для циліндричних коліс і шліцьових валів	Для нарізання черв'ячних коліс	Для оброблення торців зубів коліс	Різьобфрезерний	Зубодовбальний, обкатувальний	Зубо- і різьобшліфувальний	Інші зубо- і різьобробливальні
		Фрезерний	Вертикально-фрезерні консольні	Фрезерні неперервної дії	Поздовжній з одним стояком	Копіювальний і гравірувальний	Вертикально-фрезерний безконсольний	Поздовжній із двома стояками	Консольно-фрезерний операційний	Анодно-механічний	Інші фрезерні
	7	Поздовжній	3 одним стояком	3 двома стояками	Поздовжній стругальний	Довбальний	Поздовжній горизонтальний	Протяжний вертикальний для протягування	внутрішнього	зовнішнього	Інші стругальні верстати

Продовження табл. 4.1

Верстат	Група	Тип верстага								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
Розрізні	8		Відрізні, що працюють	абразивним	Правильно-відрізний	Стрічково-пилльний	Відрізний із дисковою пилкою	Відрізні ножівкові	Балансу-вальний	
				різцем						
Різні	9		Трубо- і муфто-оброблювальні	Пилкона-сичний	Правильно і безцетрово-обдиральний		Для випробування інструменту	Ділильні машини		

#### 4.1.2 Класифікація металорізального та вимірювального інструменту

Увесь інструмент, що випускається спеціалізованими інструментальними заводами можна класифікувати так:

- 1) різальний;
- 2) вимірювальний;
- 3) допоміжний (для кріплення деталей);
- 4) пристосування;
- 5) штампи;
- 6) слюсарний інструмент;
- 7) деревооброблювальний;
- 8) пневматичний та інший механізований інструмент;
- 9) металеві моделі, пресформи;
- 10) інструмент для котельних робіт;
- 11) інструмент для спеціальних робіт.

Крім того, інструмент поділяють на нормальний і спеціальний.

Нормальним називається інструмент, що випускається спеціалізованими інструментальними заводами для забезпечення заводів-споживачів. Спеціальним інструментом називається інструмент, який виготовляється заводами-споживачами для своїх потреб. Але нормальні різці зазвичай машинобудівні заводи виготовляють самі.

До групи нормального різального інструменту належать: різці, мітчики, плашки, зенкери, розвертки, фрези, свердла, фрезерні головки, протяжки різних типів і розмірів. До групи спеціального різального інструменту належить увесь інструмент, що не виготовляється інструментальними заводами.

До групи нормального вимірювального інструменту належать: калібри (скоби, пробки гладкі та нарізні, конусні кільця та пробки), мікрометри, глибиноміри, рейсмаси, кутоміри, штангенциркулі, плоскопаралельні кінцеві міри, лінійки. До групи спеціального вимірювального інструменту належать шаблони і весь інший інструмент, що не входить до складу нормального вимірювального інструменту.

#### **Висновки**

Парк металообробних верстатів є основою машинобудування. Технічний рівень верстатів дуже впливає на продуктивність праці, якість і собівартість продукції, тому верстати постійно вдосконалюють.



## Питання для самоперевірки

- 1 Як поділяють металорізальні верстати за рівнем спеціалізації?
- 2 На які групи поділяють різальний інструмент?
- 3 На які групи поділяють вимірювальний інструмент?

### Тема 4.2 Методи оброблення деталей на металорізальних верстатах

- 4.2.1 Оброблення деталей на токарних верстатах.
- 4.2.2 Оброблення деталей на свердлильних та фрезерних верстатах.

#### 4.2.1 Оброблення деталей на токарних верстатах

Оброблення металів різанням — це процес зняття різальним інструментом шару металу заготовки (стружки) для надання виробу потрібної форми, заданих розмірів і чистоти поверхні. Види оброблення металів різанням розрізняють залежно від конструкції застосовуваного різального інструменту або характеру руху інструмента і заготовки під час оброблення вручну чи на металорізальному верстаті.

**Точіння.** Верстати токарної групи використовують для обробленняки циліндричних, конічних, фасонних (зовнішніх і внутрішніх) поверхонь обертання, а також оброблення площин, перпендикулярних до осі обертання заготовки. Для верстатів токарної групи основним інструментом є різець. На токарно-гвинторізних верстатах (рис. 4.2) різцем наносять нарізи на циліндричних і конічних поверхнях, а також спіральні канавки на торцевих поверхнях заготовок. Для нанесення нарізів застосовують також плашки і мітчики, а для оброблення отворів – свердла, зенкери, розвертки.

У верстатах токарної групи використовується два види руху: обертальний рух заготовки (рух різання) і поступальний рух інструмента (рух подачі), що забезпечують безперервність процесу різання.

Токарні різці класифікують за різними ознаками. За матеріалом різальної частини розрізняють різці сталеві, твердосплавні і мінералокерамічні. За конструкцією різці поділяють на суцільні та складні. Залежно від розміщення головної різальної кромки розрізняють різці правосторонні та лівосторонні. Під час різання

правостороннім різцем стружка зрізується із заготовки під час переміщення інструмента справа наліво. Під час різання лівостороннім різцем (головна різальна кромка розміщена на місці допоміжної кромки правостороннього різця) інструмент рухається зліва направо. За розміщенням осі головки різця відносно осі його тіла (в плані) розрізняють різці прямі (рис. 4.2 а–е) і відігнуті (рис. 4.2 є). Розрізняють також різці чистового й чорнового оброблення.

Залежно від призначення (виду оброблення) різці поділяють на прохідні, підрізні, відрізні, розточувальні, нарізні, канавкові, фасонні.

Для чистового оброблення застосовують різці двох типів: із заокругленою верхівкою (рис. 4.2 д) та широкі чистові різці з прямою головною різальною кромкою (рис. 4.2 е). Перший тип застосовують для оброблення порівняно невеликих поверхонь, другий – для оброблення поверхонь заготовок значних розмірів.

Підрізні різці призначені для оброблення торців, відрізні – для відрізання частини металу заготовки (рис. 4.2 а). Довжина головки цих різців повинна бути дещо більшою за радіус заготовки, що розрізають.

Розточувальні різці застосовують під час розточування наскрізних і глухих отворів, а нарізні – для нанесення зовнішніх (рис. 4.2 ж) та внутрішніх нарізів. Форма різальної кромки таких різців повинна відповідати профілю нарізу. Головні різальні кромки різця (рис. 4.2 ж) для нарізання симетричних нарізів заточують під кутом  $60^\circ$ .

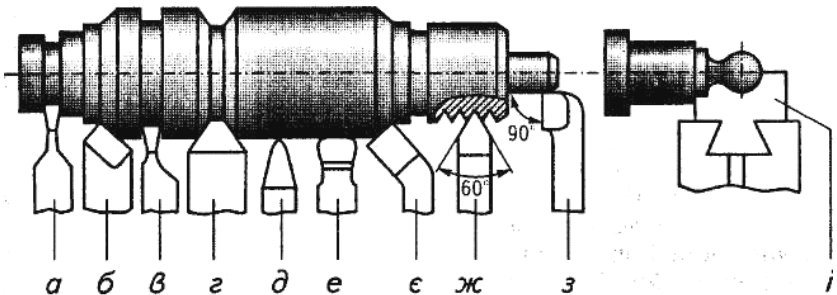


Рисунок 4.2 – Типи токарних різців

Канавкові різці застосовують для прорізання канавок різного профілю: прямокутних (рис. 4.2 в), подібних до трапеції (рис. 4.2 г) тощо.

Фасонні різці (рис. 4.2 і) застосовують для виготовлення та оброблення складних фасонних поверхнь. Профіль різальної кромки такого різця повинен відповідати профілю оброблюваної поверхні.

До верстатів токарної групи належать також карусельні, лоботокарні, револьверні, автомати та напіваавтомати.

**Токарно-карусельні** верстати призначені для оброблення важких заготовок великого діаметра і невеликої довжини, що не перевищує 0,7 діаметра. Зазвичай це деталі типу дисків: ротори водяних та газових турбін, шків, маховики, зубчасті колеса та інші. Заготовки вставляють і закріплюють на круглому горизонтальному столі – планшайбі, яка обертається навколо вертикальної осі. На токарно-карусельних верстатах різцями можна обробляти зовнішні та внутрішні циліндричні, конічні, фасонні й плоскі поверхні, кільцеві канавки різного профілю. Крім того, на них також можна свердлити, зенкерувати та розвертати отвори.

**Лоботокарні верстати** застосовують для токарного оброблення деталей великого діаметра і невеликої довжини в ремонтних майстернях та ремонтно-механічних цехах. За конструкцією лоботокарний верстат трохи відрізняється від звичайного токарного верстата. Він має такі основні вузли (рис. 4.3): плиту 1, передню бабку

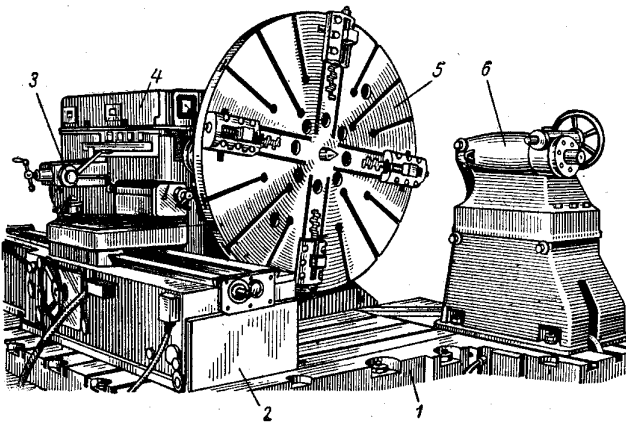


Рисунок 4.3 – Лоботокарний верстат:

1 – плита; 2 – основа супорта; 3 – супорт; 4 – передня бабка; 5 – планшайба;  
6 – задня бабка

4 з планшайбою 5, основу супорта 2, супорт 3 і задню бабку 6, встановлену на високій підставці. Передня бабка, в якій розміщена коробка швидкостей, жорстко закріплена на плиті.

Заготовка, що підлягає обробленню, закріплюються на планшайбі в кулачках або за допомогою прихватів і болтів. Електродвигун надає руху ланцюгу подач і забезпечує поздовжнє та поперечне механічне переміщення супорта.

Через невисоку точність, складність установа заготовки, а також низьку продуктивність лобові верстати замінюють більш сучасними карусельними верстатами.

#### **4.2.2 Оброблення деталей на свердлильних та фрезерних верстатах**

*Свердлування та розточування.* На верстатах свердлування та розточування виконують такі технологічні операції: свердлення, зенкерування, розточування отворів різцями, розвертування, цекування, нанесення нарізу мітчиком.

Свердління – найпоширеніший спосіб виготовлення отворів у суцільному матеріалі з використанням свердла. Збільшення вже існуючих отворів свердлом називають розсвердлюванням. Оброблення ж циліндричних литих, штампованих або попередньо просвердлених отворів зенкером для надання їм необхідної геометричної форми, розмірів і шорсткості поверхні називають зенкеруванням. Зенкер, який використовують для цього, має конструктивні елементи, подібні до свердла. Відмінність лише в тому, що зенкер не має поперечного леза, а різальних лез у нього не два, а три або чотири. Отвори розточують різцями за необхідності додержання точної співвісності отворів.

Оброблювання отворів із метою одержання точних розмірів і малої шорсткості називають розвертуванням. Робоча частина розвертки подібно до свердла має заборний конус і калібрувальну частину, потім за нею йде ділянка зі зворотним конусом для зменшення тертя.

Зенкерування – це утворення циліндричних або конічних заглиблень у попередньо зроблених отворах під головки болтів, гвинтів тощо. Здійснюють зенкерування за допомогою циліндричних або конічних зенкерів (зенковок).

Цекування – це оброблення торцевих поверхонь під гайки, шайби й кільця з використанням ножів (пластин) або торцевих зенкерів.

Під час виготовлення нарізу в глухих отворах за допомогою мітчиків верстат додатково обладнують пристроєм для реверсивного (зворотного) обертання шпинделя, щоб забезпечити вилучення мітчика з нарізаного отвору. За такого оброблення деталей інструменту (крім різця) надають головного обертального руху (рух різання) та осьового переміщення (рух подачі).

Під час свердлення використовують такі основні типи свердел: перові, спіральні, свердла для глибокого свердління та центрувальні.

Перові свердла – це стрижні або закріплена в оправці пластина з різальними кромками, заточеними під кутом від  $80^\circ$  до  $150^\circ$ . Застосовують їх порівняно рідко – переважно під час свердлення отворів у твердих поковках і відливках, оброблення ступінчастих отворів.

Спіральні свердла широко використовують під час роботи не лише на свердлильних, а й на токарних, револьверних та інших металорізальних верстатах. Свердла для глибокого свердлення як однолезові, так і дволезові використовують під час свердлення отворів, глибина яких перевищує діаметр у 5 і більше разів. Центрувальні свердла призначені для одержання осьових гнізд у заготовках, що обробляються на токарних верстатах (у центрах).

Спіральне свердло складається з таких основних конструктивних елементів (рис. 4.4 а): робочої частини (I), що поділяється на різальну або забірну (II) і центрувальну (III); шийки-виточки (IV) для виходу шліфувального круга; хвостовика (V) (зазвичай конічного) з лапкою (VI).

Діаметр свердла дещо зменшується в напрямку хвостовика для зниження тертя свердла об стінки отвору. Різальна частина свердла (рис. 4.4 б) складається з гвинтової канавки (7) для відведення стружки (дно канавки є передньою поверхнею головного різального леза (2); стрічки (3), що спрямовує свердло в отвір; головної задньої поверхні (4); поперечного різального леза (5).

Основні типи свердлильних верстатів:

- вертикально-свердлильні;
- радіально-свердлильні;
- багатошпиндельні;
- горизонтально-свердлильні;

- агрегатні та інші.

**Вертикально-свердлильні** – це найбільш поширені верстати цієї групи ( рис. 1.3). Застосовують їх в одиничному та серійному виробництвах для оброблення отворів у малогабаритних деталях. Основною їх характеристикою є найбільший діаметр отвору, який можна свердлити в сталі середньої твердості. Серійно випускають верстати з умовним діаметром свердлення 6, 12, 18, 25, 35, 50 та 75 мм.

**Радіально-свердлильні** (рис. 1.4) – призначені для оброблення отворів у великих та важких деталях. Осі інструмента та оброблюваного отвору суміщаються під час переміщення шпинделя верстата відносно непорушної заготовки.

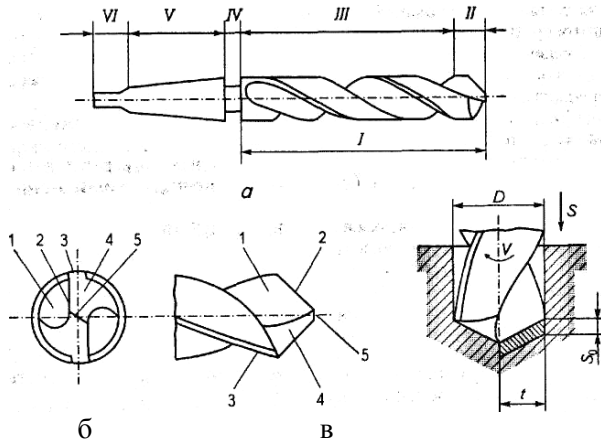


Рисунок 4.4 – Елементи спірального свердла (а, б) і розміри зрізаного шару металу (в)

Багатошпиндельні свердлильні верстати мають декілька шпинделів, взаємне розміщення яких може бути постійним або змінюватися залежно від оброблюваної деталі; застосовують у масовому та багатосерійному виробництвах.

Горизонтально-свердлильні застосовують для свердлення глибоких отворів ( $l/D > 5$ ). У цих випадках обертається заготовка, а свердлу передається поздовжня подача.

Агрегатні верстати найбільш поширені в багатосерійному та масовому виробництвах.

Основні типи розточувальних верстатів: горизонтально-розточувальні, координатно-розточувальні (рис. 4.5), алмазно-розточувальні та інші.

На розточувальних верстатах свердлять, зенкерують, розточують, розвертають отвори, підрізають торці, обточують зовнішні циліндричні поверхні, нарізають різь нарізки, фрезерують плоскі та фасонні поверхні. Головний обертальний рух здійснює різальний інструмент, а поступальний рух подачі – інструмент або заготовка. Залежно від форми оброблюваної поверхні подача може бути поздовжньою або поперечною, горизонтальною, вертикальною, радіальною. За рахунок відповідного сполучення головного руху з рухом подачі здійснюється необхідне формоутворення поверхонь.

*Горизонтально-розточувальні* верстати – це найбільш поширений тип верстатів. Вони призначені для виконання різноманітних розточувальних робіт, в основному в складних та великогабаритних деталях.

Координатно-розточувальні верстати призначені для оброблення точних отворів, осі яких повинні бути розміщені на точно визначеній відстані одна від одної або від базових поверхонь. На цих верстатах можна також свердлити, фрезерувати, а також розмічати заготовки і проводити їх точні вимірювання.

Алмазно-розточувальні верстати призначені для тонкого розточування отворів алмазними або твердосплавними різцями в деталях порівняно невеликих розмірів. Залежно від розміщення шпинделя алмазно-розточувальні верстати поділяють на горизонтальні та вертикальні, а за кількістю шпинделів – на одно- й багатошпиндельні.

*Фрезерування* – це процес оброблення металу різанням, під час якого інструмент (фреза) здійснює головний обертальний рух, а заготовка – поступальний або обертальний рух подачі. Лише в окремих випадках фреза здійснює, крім головного, й рух подачі. На фрезерних верстатах обробляють горизонтальні, вертикальні й похилі площини, фасонні поверхні; фрезерують пази та шпонкові канавки, зубці прямозубчастих і гвинтових зубчастих коліс; набором фрез обробляють складні поверхні, виконують нарізки.

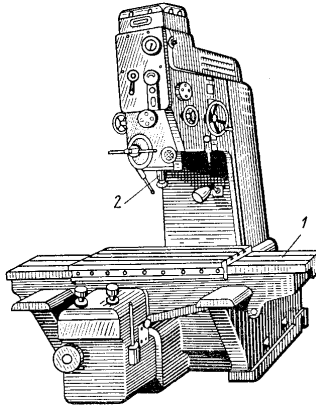


Рисунок 4.5 – Координатно-розточувальний верстат:  
1 – хрестовий стіл; 2 – шпиндель

Фреза – це тіло обертання, на поверхні якого розміщені різальні зубці. Залежно від форми і призначення фрези (рис. 4.6) поділяють на:

- циліндричні;
- торцеві;
- дискові;
- кінцеві;
- кутові;
- нарізні (різьові);
- черв'ячні та інші.

За формою задньої поверхні зубців розрізняють фрези з гострозаточеними і затилованими зубцями (кут заточування відповідно до  $6^\circ$  і  $25^\circ$ ). За конструктивними ознаками фрези поділяють на суцільні та зі вставними зубцями (ножами). Суцільні фрези виготовляють переважно зі швидкорізальної сталі. Корпус фрез зі вставними ножами виготовляють із конструкційної сталі, а ножі – з твердих сплавів. Залежно від способу кріплення фрез на верстаті розрізняють фрези насадні з отвором, які закріплюють на оправці, та фрези кінцеві з конічними або циліндричними хвостовиками.



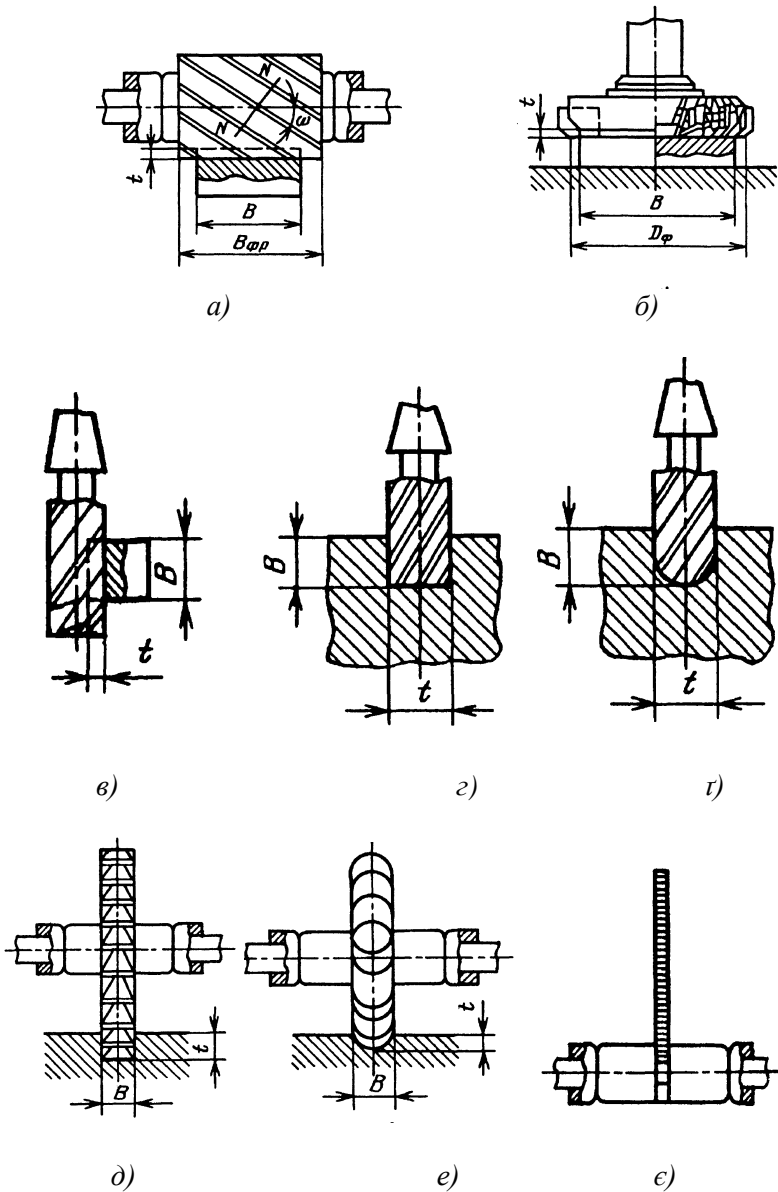


Рисунок 4.6 – Схеми фрезерування та основні види фрез:  
 а – циліндрична; б – торцева; в і г – кінцеві; г – кінцева фасонна; д – дискова;  
 е – дискова фасонна; е – відрізна

Циліндричні фрези мають зуби лише на циліндричній поверхні. Застосовують їх для оброблення площин. Суцільні гвинтові зубчасті фрези виготовляють із великими і малими зубцями відповідно для чорнового й чистового фрезерування.

Торцеві фрези також застосовують для оброблення площин. Вони оснащені зубцями на торці й на боковій поверхні та можуть бути суцільними або із вставними ножами.

Кінцеві фрези застосовують для виготовлення прямолінійних пазів, канавок, оброблення площин.

Відрізнi й шліцьові фрези – це дискові фрези малої товщини. Вони призначені для розрізання металу і прорізування вузьких канавок (наприклад, на головках гвинтів).

Кутові фрези із зубцями на конічній і торцевій поверхнях застосовують для прорізування канавок кутового профілю. Їх широко використовують для виготовлення фрез, зенкерів, розверток тощо.

Для оброблення деталей складної форми, найчастіше криволінійного профілю, використовують фасонні фрези. Під час нарізання зубців великомодульних зубчастих коліс застосовують пальцеві фрези.

Фрезерні верстати є найбільш поширеними металорізальними верстатами. Існує багато типів фрезерних верстатів: консольно-фрезерні, поздовжньо-фрезерні, фрезерні верстати безперервної дії, шпонково-фрезерні, різьфрезерні, копіювально-фрезерні, спеціальні та інші. Найпоширеніші консольно- та поздовжньо-фрезерні верстати. Консольно-фрезерні поділяють на горизонтально-фрезерні, універсально-фрезерні, вертикально-фрезерні (рис. 1.5), широкоуніверсальні. У горизонтально-фрезерному верстаті шпindelний вал розміщений горизонтально, а у вертикально-фрезерному – вертикально. Універсальний консольно-фрезерний верстат відрізняється від горизонтально-фрезерного тим, що в нього робочий стіл може обертатися в горизонтальній площині на кут  $\pm 45^\circ$ . Це дає можливість нарізати на такому верстаті зубчасті колеса з гвинтовими зубцями, гвинтові зубці в зенкерах, розвертках, фрезях тощо.

## **Висновки**

Металорізальними верстатами називаються технологічні машини, що можуть виконувати оброблення металів різанням. Вони повинні забезпечувати задану продуктивність, точність і якість оброблення.

## **Питання для самоперевірки**

- 1 У чому полягає суть оброблення металу різанням?
- 2 У чому суть процесу точіння?
- 3 У чому полягає суть процесів свердлування та розточування?
- 4 У чому полягає суть процесу фрезерування?

## **Розділ 5 Технологічні операції та обладнання котельного відділення**

### **Тема 5.1 Обладнання для складання зварних конструкцій**

- 5.1.1 Складання елементів конструкцій апаратів.
- 5.1.2 Складальні пристрої.
- 5.1.3 Обладнання та інструмент для оброблення кромки і зварних швів.

#### **5.1.1 Складання елементів конструкцій апаратів**

Складання зварювальних елементів передусь операції зварювання і проводиться для фіксації положення зварювальних елементів у просторі. Наступна операція зварювання остаточно закріплює положення деталей, установлене під час складання. У процесі зварювання під дією зварювальних напружень можлива зміна просторового положення зварювальних елементів. Тому під час здійснення операції складання під зварювання необхідно враховувати зварювальні напруження і деформації. Обов'язковою умовою є також необхідність забезпечення необхідного зварювального зазору.

Із можливих видів складання зварювальних елементів найбільш поширеним є стаціонарне складання.

До операції складання входять такі технологічні переходи:

- 1) установлення зварювальних елементів у складальних пристроях;
- 2) перевірка сполучень крайок і базових поверхонь;
- 3) підгонка елементів;
- 4) фіксація кромки нерозніжними і розніжними способами;
- 5) зварювання і подальше оброблення шва.

На складання надходять деталі після проходження заготівельних операцій. Тому саме тут виявляються якість виконання попередніх операцій, узгодженість функціональних і технологічних допусків.

Основне технологічне завдання складання під зварювання деталей, що стикаються, полягає в забезпеченні допусків на зміщення кромки, величину зварювального зазору, кутових розмірів. Ретельність пригонки з'єднувальних частин є однією з головних умов забезпечення рівномірності зварних швів.

### 5.1.2 Складальні пристрої

У практиці апаратобудування для досягнення правильності сполучень обов'язково застосовують пристрої. Останні істотно впливають на ступінь механізації виробничих процесів, продуктивність праці та якість зварних конструкцій. Пристрої необхідні незалежно від серійності виробництва. Усі пристрої можна поділити на дві групи: складальні й складально-зварювальні.

Складальні пристрої. Здебільшого застосовують переносні пристрої ручної дії: струбцини, скоби, стяжки гвинтові, клинові стяжки, розпірки гвинтові, розпірні домкрати, стяжні й розпірні кільця, електромагніти, пневмопритискачі.

Завдання суміщення крайок і фіксації зазорів між ними вирішується під час використання спеціальних струбцин (рис. 5.1).

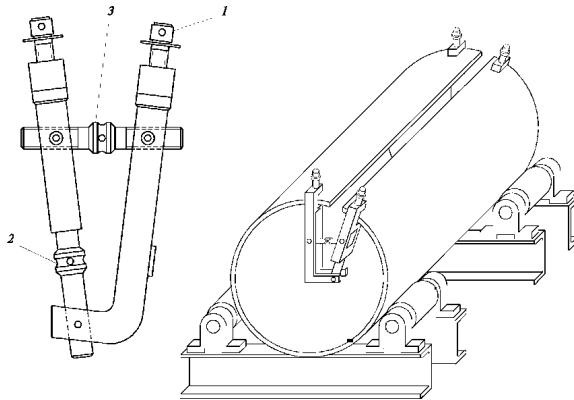


Рисунок 5.1 – Струбцина

Кромки листа, що закріплюються притискними гвинтами 1 один до одного, вирівнюються гвинтом 2, а просвіт між крайками регулюється і фіксується гвинтом 3.

Для сполучення крайок однієї обичайки потрібно дві струбцини, що встановлюються з протилежних торцевих сторін обичайки.

Збереження циліндричної форми обичайки під час складання забезпечується застосуванням спеціальних пристроїв, які стягують або навпаки розпирають заготовку. Ці пристрої мають декілька (зазвичай 6) домкратів, конструктивно зафіксованих на єдиному кільцевому корпусі (рис 5.2). На рисунку 5.3 показані конструкції складальних кілець, які використовують замість струбцин під час складання тонколистових і нежорстких обичайок.

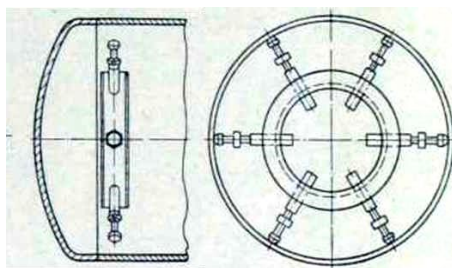


Рисунок 5.2 – Установка розпірних домкратів

За допомогою розпірних домкратів і складальних кілець зберігають під час зварювання строго певний діаметр посудин, регулюють зазор між крайками і створюють кращі умови для оберігання швів від викривлення.

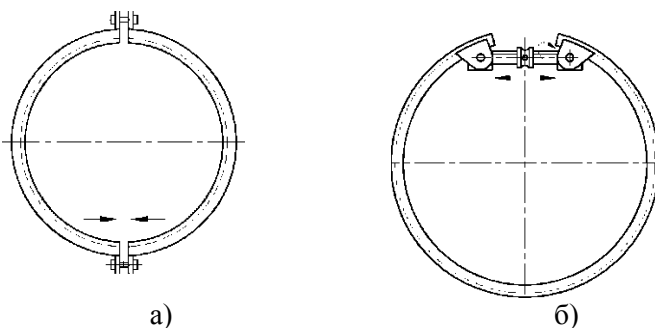


Рисунок 5.3 – Складальні кільця:  
а) стягувальне; б) розпірне

Під час складання апаратів значних розмірів застосовують систему стяжних планок та прокладок, побудовану за принципом клинових з'єднань.

Зазвичай зазначені пристрої приварюють до основного металу, потім за допомогою болтів або натяжних клинів установлюють необхідні зазори між двома стикувальними деталями і здійснюють прихватку. Перед зварюванням пристрої розбирають, а приварні частини зрубують за допомогою пневмо- або електрозубила.

Для складання деталей із феромагнітних сплавів рекомендують використовувати електромагніти, що дозволяють міцно і точно утримувати зварювані елементи в процесі зварювання. Для складання листів товщиною до 8 мм застосовують електромагніти з підйомною силою 500 кг, а для листів товщиною до 35 мм – 25 000 кг.

Складально-зварювальними механізмами і пристроями називають обладнання, що застосовують як під час виконання складальних, так і зварювальних робіт. Основне призначення складально-зварювальних механізмів полягає в безперервній чи періодичній зміні позицій деталей щодо базової площини або зварювальної головки. Сюди належать:

а) роликові стенди – установлювальною базою є циліндрична поверхня, застосовують для складання і зварювання обичайок, днищ;

б) кільцеві кантувачі, в яких установлювальною базою є складна криволінійна поверхня: основою пристрою є роликовий стенд;

в) горизонтальні й вертикальні обертачі, торцеві кантувачі з однією або двома планшайбами, в яких установлювальна база – торцева поверхня і вісь обертання (здебільшого – горизонтальна);

г) кантувачі з обертовим похилим столом, у яких установлювальною базою є одна торцева поверхня (їх часто називають маніпуляторами, або позиціонерами).

### **5.1.3 Обладнання та інструмент для оброблення кромки і зварних швів**

Після різання, вирублення і свердління по краях оброблюваних деталей залишаються задирки, напливи, залишки флюсу та інші нерівності, що порушують форму деталей. Їх усувають за допомогою обрублення або обпилювання.

*Операція обрублення.* Операція обрублення полягає в періодичному відділенні від основного виробу невеликих шматків матеріалу.

Найбільш продуктивним способом обрублення є рубання зубилом, установленим у пневматичному молотку. Такий молоток складається зі стовбура з ударником, золотникової коробки, золотника і рукоятки із зібраним у ній пусковим механізмом.

По ніпелю і штуцеру в повітряний канал і розподільний механізм подається стиснене повітря під тиском 4–5 атм, що змушує стовбур здійснювати зворотно-поступальний рух.

Для обрублення дрібних деталей можна користуватися ручними зубилами і слюсарними молотками. Деталі в цьому разі кріплять у лещатах або на плитах. Товщина стружки, що знімається під час рублення, залежить від кута нахилу інструмента до оброблюваної поверхні та сили удару. Товщина шару, що знімається під час грубого рублення становить 3–5 мм. Рублення крихких металів роблять всуху, під час оброблення в'язких і м'яких матеріалів рекомендують змочувати зубило маслом або мильною водою. Під час рублення сплавів алюмінію як мастило застосовують скипидар.

*Операція обпилювання.* Операція обпилювання полягає в знятті з поверхні дрібної стружки матеріалу.

Обпилювання проводять напильниками або абразивними колами, укріпленими в переносних електричних або пневматичних машинах, а також у пересувних установках із гнучкими валами і ручними головками.

Для оброблення дрібних деталей використовують ручні напилки або стаціонарні точильні верстати.

Напилки розрізняють за формою перерізу, кількістю насічок на 1 пог. см довжини і видом насічки. За формою перерізу виготовляють плоскі, квадратні, тригранні, напівкруглі, круглі, ромбічні та овальні напилки. За кількістю насічок на 1 пог. см розрізняють 6 класів напилків: а) драчеві – 1-й клас; б) особисті – 2-й клас; в) оксамитові – 3–6-й класи. За видом насічки напилки бувають з одинарною і подвійною насічками. Напилки з одинарною насічкою застосовують для оброблення м'яких матеріалів. Подвійна насічка полегшує дроблення стружки і застосовується для оброблення твердих матеріалів.

Застосовувані під час обпилювання абразиви – це тверді кристалічні зернисті або порошкоподібні матеріали. Розрізняють

природні абразиви – алмаз, корунд, наждак, гранат, кварц, пемзу, трепел; штучні, або синтетичні, – карбід бору, карборунд (карбід кремнію), алунд, подрібнене скло, крокус.

*Оброблення кромки.* Кромки зварювальних елементів обробляють для одержання заданої геометричної форми і забезпечення операційних допусків шляхом видалення шару металу зі зміненими структурою й властивостями.

Оброблення кромки виконують на металорізальних верстатах термічними й електричними способами різання.

Оброблення кромки доцільно поєднувати з операцією розкроювання, якщо подальше механічне оброблення є необов'язковим.

Ці операції проводять на верстатах різних типів залежно від форми оброблюваної поверхні. Прямолінійні крайки листів значної довжини обробляють на спеціальних кромкостругальних верстатах, кромки тіл обертання – на токарних верстатах (лобових, карусельних).

Кромкостругальні верстати (рис. 5.4 а) мають два супорти, встановлені на загальній каретці, які працюють поперемінно за прямого і зворотного ходів. У цьому перевага крайкостругальних верстатів порівняно зі стругальними верстатами, в яких зворотний хід не використовується.

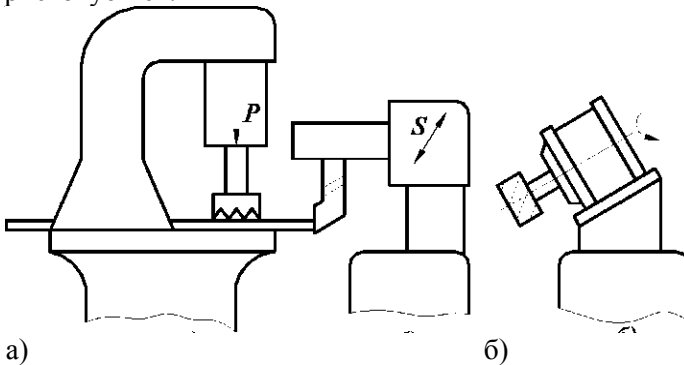


Рисунок 5.4 – Схема роботи кромкостругального (а) і кромкофрезерного (б) верстатів

Більш продуктивним є спосіб оброблення кромки на кромкофрезерних верстатах (рис. 5.4 б). У цьому разі як інструмент використовують торцеву фрезу, встановлену безпосередньо на головці електродвигуна, закріпленого на поворотному столі.



Для оброблення кромки можна використовувати і обладнання для роздільного різання, наприклад кисневе. Кількість переходів у цьому разі залежить від кількості відрізків ламаної лінії, що визначають профіль кромки. Так, для Х-подібних швів із притупленням – у три переходи (рис. 5.5).

Профіль оброблення крайок залежить від виду застосованого зварювання, матеріалу і товщини заготовки.

Із метою компенсації зниження властивостей міцності матеріалу в зоні термічного впливу зварного з'єднання листової конструкції проводять попереднє потовщення зварювальних кромки.

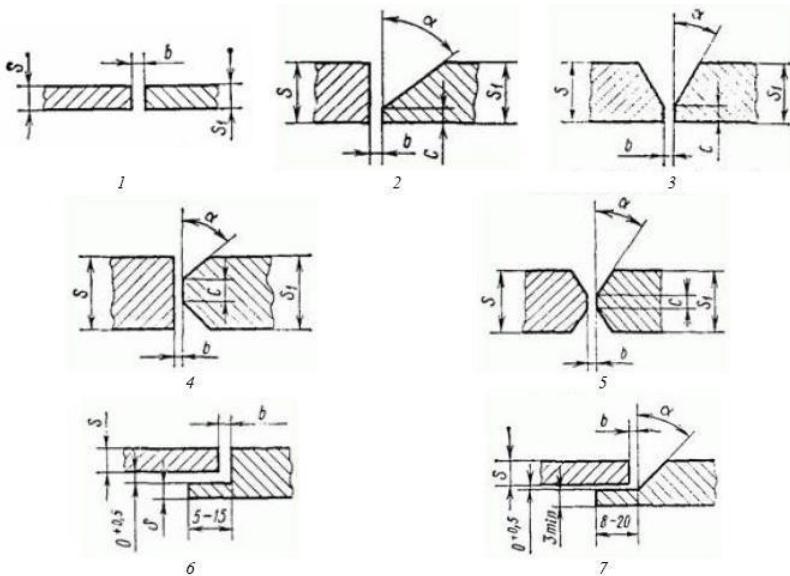


Рисунок 5.5 – Конструктивні елементи підготовки кромки до зварювання:

- 1 – щільове оброблення; 2 – одностороннє У-подібне оброблення; 3 – двостороннє симетричне У-подібне оброблення; 4 – одностороннє симетричне Х-подібне оброблення; 5 – двостороннє симетричне Х-подібне оброблення; 6 – замкове з'єднання без оброблення кромки;

7 – замкове з'єднання з одностороннім V-подібним обробленням

Установлено, що значення потовщення для більшості конструкційних матеріалів знаходиться в межах  $S/S_0 = 1,2-1,6$  (рис. 5.6). Для алюмінію та його сплавів  $S/S_0 = 1,3-1,8$ . Ширина зони потовщення  $h/S_0 = 5-10$ .

Найбільш доцільною формою потовщення в поперечному перерізі є трапецієподібна.

У практиці застосовують такі способи потовщення кромки листових заготовок:

- методом створення нормального зусилля до поверхні листової заготовки;
- деформуванням торцевої поверхні листа.

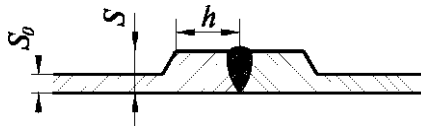


Рисунок 5.6 – Параметри потовщення кромки

Схема пристрою, що реалізує перший спосіб потовщення крайок, наведена на рисунку 5.7 а. Листову заготовку 2 фіксують притискачами 3 на попередньо нагрітій електронагрівниками 4 до заданої температури плиті 1, що вільно переміщається в горизонтальному напрямку. Пливу встановлюють на стіл фрезерного верстата, а до його супорта кріплять П-подібну оправку 6 з формоутворювальними роликками 5 і 7 (кількість формоутворювальних роликків залежить від матеріалу листової заготовки, її товщини, розмірів заданого потовщення і може становити один, два і більше). Формоутворювальні роликки перед прокаткою попередньо нагрівають до заданої температури. Нормальним зусиллям роликки притискаються до поверхні листової заготовки, і під час переміщення стола здійснюється її прокатка. Робочий профіль роликків і послідовність їх установа забезпечують утворення потовщення заданого профілю та необхідної величини шляхом поступового витіснення металу із середньої частини в зону потовщення. Після утворення потовщення листову заготовку розрізають і видаляють смуги невидавленого металу.

Робочу зону нагрівають приблизно до 400 °С. Ширина роликка – 8–12 мм, число проходів – 6–8 товщина невидавленого металу – 0,1мм.

Створити потовщення іншим способом можна використовуючи установку (рис. 5.7 б), що забезпечує потовщення кромки листової заготовки 4, установлюваної між плитами 1 і 6, методом її послідовного осаджування деформівним роликком 3 (або декількома роликками). Для запобігання утворення гофр і забезпечення рівномірного потовщення застосовують підпружинений елемент 5, який протидіє силі тиску 5. У зоні потовщення кромки встановлюють

індуктор 2, призначений для нагрівання кромки заготовки до оптимальної температури.

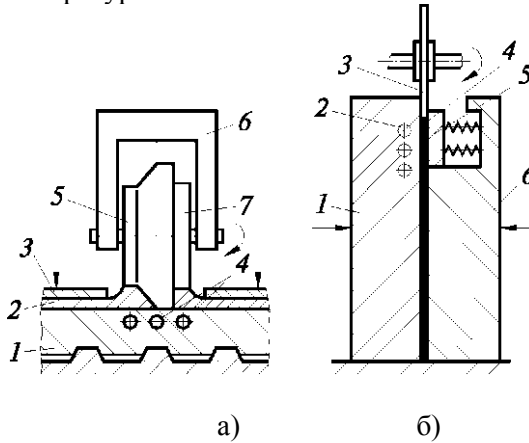


Рисунок 5.7 – Схеми роботи пристроїв для потовщення крайок

## Висновки

Перед зварюванням, якщо це передбачено кресленнями, проводять оброблення крайок, обрізання, виставляють потрібні зазори. Скоси крайок проводять відповідно з типом зварного з'єднання. Після того як підготовка закінчена, починають складання виробів під зварювання. Для ручного дугового зварювання конструкції збирають за допомогою складальних пристроїв або прихваток. Точність складання залежить від призначення конструкції і способу зварювання.

## Питання для самоперевірки

- 1 Які є види оброблення крайок заготовок?
- 2 У чому полягає суть потовщення крайок зварюваних деталей?
- 3 У чому полягає суть операції обрублення?
- 4 У чому полягає суть операції обпилювання?
- 5 Якої форми бувають напилки?
- 6 На які класи поділяють напилки?
- 7 На які групи поділяють складальні пристрої та механізми?

## Тема 5.2 Обладнання для штампування і витягування деталей

5.2.1 Обкатування. Операції обкатування.

5.2.2 Витягування. Обладнання для витягування деталей.

5.2.3 Вирубівання й пробивання отворів.

### 5.2.1 Обкатування. Операції обкатування

Обкатуванням називають процес отримання з плоскої заготовки виробів, що мають форму тіл обертання, за допомогою давильника, що переміщається вздовж твірної деталі. Виробам під час обкатування надають обертального руху. Залежно від форми окремі елементи деталей можуть бути отримані шляхом відгинання, обтискування, розвальцьовування або зигування (рис. 5.8).

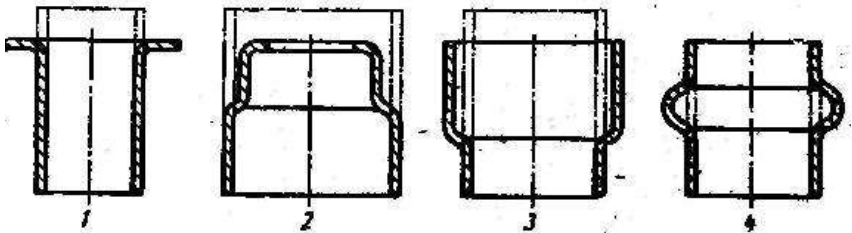


Рисунок 5.8 – Різні види обкатки:

1 – відгинання; 2 – обтискування; 3 – розвальцьовування; 4 – зигування

Критерієм величини допустимих деформацій під час відгинання і розвальцьовування є відношення найбільшого діаметра готової деталі до внутрішнього діаметра вихідної труби або обичайки, що повинен бути в межах 1,25–1,3.

Критерієм глибини зигування є допустиме потоншення стінки. Інструментом під час обкатування є згинальні ролики і давильники. Обкатування здійснюють на зигувальних машинах і давильних верстатах, за які можуть бути використані токарні й лобові верстати загального призначення або карусельні ротаційні верстати.

**Зигувальні машини.** Зигувальні машини призначені для утворення на циліндричних деталях відбортовок і зигів різної форми та розмірів. Зигування застосовують:

- для надання обичайці додаткової жорсткості (зовнішні зиги);

- для установлення і кріплення розтискних опорних кілець із метою подальшого установлення опор, тарілок, перегородок, решіток і т. інш. (внутрішні зиги).

Кінематична схема зигувальної машини показана на рисунку 5.9. Як бачимо зі схеми, в зигувальній машині передбачено регулювання відстані між роликками. Це дозволяє встановлювати роликки різних розмірів і регулювати зусилля притиску в процесі видавлювання в умовах реверсивного переміщення заготовки. Чим тонший і м'якший матеріал, тим вища швидкість зигування. Для збільшення тертя поверхні заготовки піддають обов'язковому очищенню та знежирюванню. Профіль зигувальних роликків повинен відповідати заданому зигу з урахуванням пружинення матеріалу. Внутрішній вал приводний, а зовнішній має роликки, що вільно обертаються і можуть переміщатися по радіусу, внаслідок цього регулюється глибина зигів.

Зигування обичайок зі сталей і кольорових металів застосовують для невеликої (до 4 мм) товщини. Процес здійснюється за 3–4 оберти обичайки. У процесі зигування виникають потоншення стінки обичайки, а також зміцнення (наклеп) у місцях утворення зигів. Щоб не з'явилися наклеп, тріщини і волосовини, застосовують міжопераційне відпалювання.

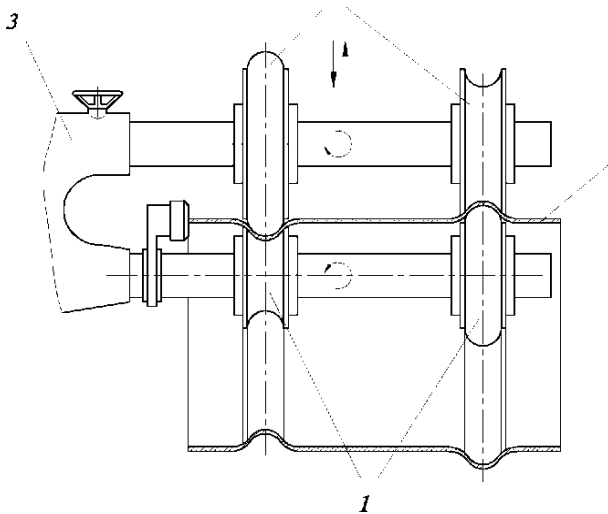


Рисунок 5.9 – Схема роботи зигувальної машини:  
1 – зигувальні роликки; 2 – обичайка; 3 – механічний привод

**Відбортовування торців** роблять як усередину, так і назовні. Відбортовування назовні виконують зазвичай для встановлення накидних фланців, а всередину – для обичайок під сорочки охолодження корпусів теплообмінників і для встановлення днищ. Операцію виконують на фланцебортувальних машинах. На рисунку 5.10 показана схема роботи такої машини.

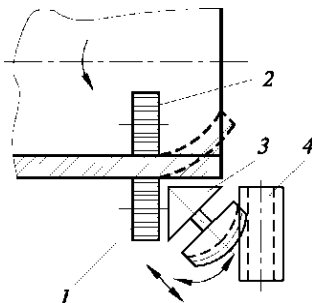


Рисунок 5.10 – Схема роботи верстата для відбортовування обичайок:  
1 – опорний приводний ролик; 2 – натискний ролик; 3 – бортувальний ролик; 4 – черв'ячний вал.

Розбортовування торців проводять так як, і відбортовування, як усередину, так і назовні: застосовують для забезпечення почергового складання. Розбортовування виконують на бортувальних машинах. На рисунку 5.11 показаний варіант розбортовування обичайки назовні.

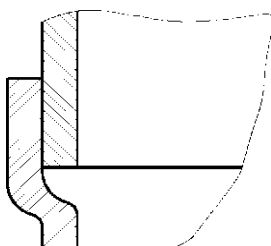


Рисунок 5.11 – Розбортовування обичайки назовні

## 5.2.2 Витягування. Обладнання для витягування деталей

**Витягування.** Витягуванням називають процес отримання з плоскої заготовки порожнистого тіла, відкритого з одного боку (рис. 5.12). Витягування проводять на пресах у штампах або в спеціальних пристроях.

Витягуванняжка на пресах може бути проведене без потоншення або з потоншенням стінки. У першому випадку поперечні розміри пуансона роблять меншими від розмірів отвору матриці на розмір, що перевищує подвійну товщину стінки вихідної заготовки.

У другому випадку зазор між пуансоном і матрицею становить від 0,3 до 0,8 товщини матеріалу, що призводить до зменшення товщини заготовки і збільшення її поверхні.

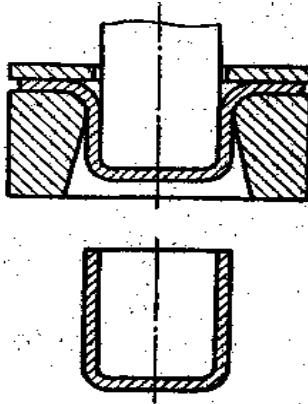


Рисунок 5.12 – Схема процесу витягування і готова деталь

Витягування з потоншенням стінки вимагає великих зусиль, тому його застосовують для виготовлення виробів із пластмас і м'яких металів: алюмінію, міді, латуні. В апаратобудуванні переважно застосовують витягування без стоншення стінки.

Залежно від використовуваного матеріалу, необхідної глибини і діаметра деталей існує декілька способів витягування:

- витягування готових деталей через протяжне кільце на пресах за один хід пуансона;
- витягування на пресах із застосуванням притискача;
- глибоке витягування, проведене за кілька переходів, за яких послідовно збільшується висота виробу за рахунок зменшення його діаметра;
- гідравлічне витягування і витягування гумою;
- витягування з підігріванням, що дозволяє робити нерівномірну деформацію окремих ділянок заготовки.

Витягування на пресах із застосуванням притискача дозволяє уникнути утворення складок у процесі штампування тонкостінних

деталей. Тонкостінними прийнято вважати деталі, в яких відношення товщини стінки до діаметра заготовки менше ніж 0,01.

Глибоке витягування застосовують у тих випадках, коли відношення діаметра готового виробу до діаметра заготовки менше від рекомендованого *коефіцієнта витягування* – відношення зовнішнього діаметра отриманого виробу до діаметра заготовки.

Коефіцієнт витягуванняжки є мірою величини деформацій. Чим менше за величиною значення  $K$ , тим сильніше змінюється форма заготовки. Величина коефіцієнта витягування залежить від механічних властивостей матеріалу, його товщини, розмірів виробу, геометрії штампа. Глибоке витягування необхідно проводити таким чином, щоб коефіцієнт витяжки збільшувався від ступеня до ступеня. Глибоку витяжку найчастіше виробляють із міжопераційним відпалюванням і подальшим травленням для видалення продуктів окиснення.

Для зменшення зусиль витягування та поліпшення якості поверхні оброблюваних деталей в усіх випадках рекомендують застосовувати змащення інструменту і поверхні заготовок.

Мастило створює на поверхнях міцну масляну плівку. Залежно від використовуваного матеріалу та умов роботи застосовують різні склади мастил. Основними компонентами мастил є: жири, тальк, спирт, графіт, крейда, машинне масло, сода, бензин, гліцерин. Під час витягування в гарячому стані рекомендують застосовувати для змащення скляний порошок або волокно.

**Обладнання для проведення витягування.** Найчастіше витягування здійснюють на гідравлічних пресах.

Днища і кришки виготовляють на гідравлічних чотириколонних пресах подвійної дії з верхньою рухомою плитою.

Залежно від форми виробу і характеру витягування виготовляють різні пуансони й матриці.

Для виготовлення деталей із плоским днищем рекомендують застосовувати пуансони, що мають радіус округлення робочих крайок у межах  $(5-10)S$ . Матрицю найкраще виготовляти з конічною входною частиною. Під час витягування з потоншенням стінки рекомендовані розміри робочих крайок для пуансона  $0,5S$ , для матриці – більше ніж  $5S$ . Зазор між пуансоном і матрицею може змінюватися внаслідок опускання пуансона (сферичне витягування) або залишатися постійним (циліндрична витяжка). Найменшу величину зазору вибирають такою, що дорівнює  $1,1S$ .



Пуансони та матриці виготовляють із якісних високовуглецевих або легованих сталей. Для штампування м'яких металів і пластмас штампи можна виготовляти з дерева, ебоніту й текстоліту.

*Штампування днищ.* Штампування днищ на гідравлічних пресах здійснюють зазвичай у гарячому стані за один подвійний хід преса. Нагріту заготовку вкладають на протяжне кільце таким чином, щоб краї заготовки, які виходять за стінки кільця, були однаковими. Пуансон, що має форму днища, закріплюють на траверсі внутрішнього повзуна, що є плунжером робочого гідравлічного циліндра. Повільно опускаючись, пуансон витягає заготовку через протяжне кільце, утворюючи за один хід днище.

Штампування на пресах здійснюють зазвичай у гарячому стані. Заготовка нагрівається і за рольгангом подається до штампа. Штмп складається з протяжного кільця матриці 1 та пуансона, до складу якого входять «грибок» 2 і формувальне кільця 3 (рис. 5.13).

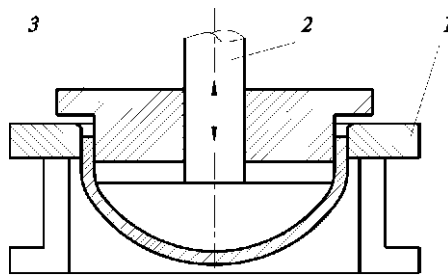


Рисунок 5.13 – Схема гарячого штампування днищ

Така конструкція дозволяє полегшити зняття надресованої (за рахунок швидкого охолодження) заготовки під час зворотного ходу пуансона. Проте термічна усадка є основним недоліком гарячого штампування. До них також належить значне вигорання металу в процесі нагрівання. Забезпечення необхідної температури заготовки також має велику складність, оскільки під час транспортування і закріплення заготовки в штампі втрачається значна кількість тепла. Як наслідок, висока витрата палива (400–480 м<sup>3</sup> природного газу для 1 т продукції). Застосування спеціальних силікатних покриттів сприяє зниженню окалиноутворення (вдвічі), а також поліпшенню умов тертя під час штампування. Скло за високої температури переходить у в'язкий стан, утворюючи суцільну газонепроникну плівку. Склане

покриття, діючи як мастило, на 40 % знижує зусилля деформації, необхідне для формування днища.

Штампкування днищ у холодному стані простіше щодо реалізації в промислових умовах. Водночас воно вимагає більш дорогих сталей для штампувального оснащення (матриця, протяжні кільця), необхідності термічного оброблення після штампкування для зняття наклепу, а також подальшої правки після термооброблення.

Остаточною причиною, що стримує широке використання холодного штампкування під час виготовлення днищ апаратів, є високі залишкові напруження, що спричиняють тріщини в металі. Особливо це виявляється в сталей, що мають у своєму складі хром. Підвищенню якості днищ під час штампкування сприяє вдосконалення конструкції оснащення.

*Метод ротаційного видавлювання.* Метод ротаційного видавлювання (спінінгування) полягає в тому, що формоутворення днищ виконують роликками з малою зоною пластичної деформації, локалізованої на незначній частині обертової заготовки. Деформація заготовки здійснюється на універсальних давильних верстатах вертикального й горизонтального виконання. Оснащення (змінне) складається з оправки 1, притискної шайби 2 і давильних роликів 3 (рис. 5.14). Оправки виготовляють для кожного типорозміру литтям, штампкуванням, механічним обробленням зі сталі, чавуну, твердого дерева.

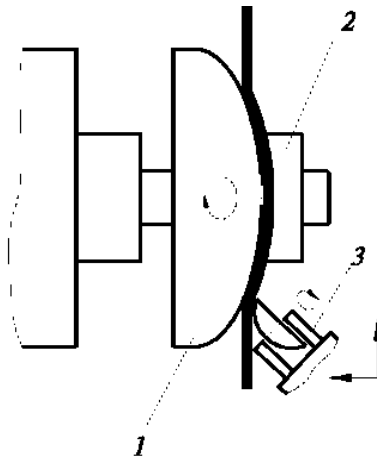


Рисунок 5.14 – Схема давильного верстата в горизонтальному виконанні

Діаметр оправки менший від номінального діаметра на величину  $2S$  і подвійний щодо величини пружинення матеріалу після видавлювання  $2\alpha$ . Давильні ролики виготовляють зі сталі, капрону (для міді, алюмінію).

Процес видавлювання на давильних верстатах передбачає переміщення давильного ролика від центра до периферії під час обертання оправки із заготовкою. На давильних верстатах передбачене також підрізання крайок днища (токарна операція). Під час формування днищ роликами без нагрівання заготовки її опуклу частину попередньо штампують на пресі.

Неглибокі днища за одиничного виробництва видавлюють без оправлення за допомогою опорного ролика 1, що обертається від самостійного привода. Шпиндель верстата 3 і притискна шайба 2 призначені лише для закріплення заготовки, але не для передавання крутного моменту (рис. 5.15). За такою схемою працюють верстати фірм «Болдріні» (Італія) і «Шляйфенбаум-Стайнлянтц» (Німеччина).

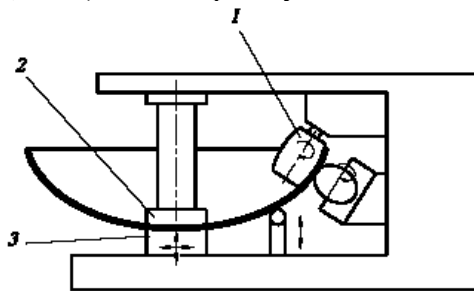


Рисунок 5.15 – Схема безоправокового видавлювання днищ

Видавлювання днищ великих розмірів і товщини проводять на важких порталних машинах, поєднуючи цю операцію з гарячим штампуванням (рис. 5.16). Маршрут оброблення в цьому разі такий: 1) нагрівання заготовки; 2) штампування центральної частини днищ; 3) закачування борта з одночасним завершенням формувань центральної частини; 4) відбортовування днища нерухомим бортувальним 1 і давильним 2 валками.

Основним дефектом під час виготовлення днищ методом ротаційного видавлювання є нерівномірність товщини по перерізу деталі. Використання для зменшення потоншення змінних оправок економічно невигідне через велику металомісткість і трудомісткість виготовлення.

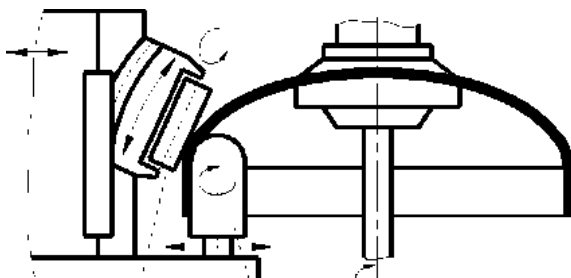


Рисунок 5.16 – Схема роботи портальної машини

**Штамування тонкостінних днищ.** Штамування тонкостінних днищ ( $S < 2$ ) ускладнюється здатністю заготовки до складкоутворення та їх низькою механічною міцністю. Тому потрібне попереднє притиснення заготовки 1 по периферії до матриці 2 притискним кільцем 3 спеціальної конструкції (рис. 5.17).

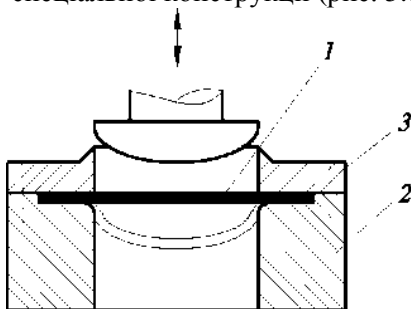


Рисунок 5.17 – Штамування тонкостінних днищ

Штамування днищ із застосуванням кілець виробляють за дві операції: під час першої – кільце кладуть на заготовку плоскою стороною і виконують попереднє штамування сферичної частини; під час другої – кільце перевертають і проводять остаточне витягування заготовки через матрицю. Штамп із двостороннім притискним кільцем дозволяє притискати заготовку впродовж усього процесу витягування і унеможливує утворення гофрів, складок, випуклин та інших видів браку.

**Гідравлічне витягування.** Витягування великогабаритних днищ із тонкого листового матеріалу на пресах навіть у разі застосування притисків не виключає утворення складок на бортах. Складки видаляють за допомогою ручного вибивача, який виробляють на оправці дерев'яної киянки або металевими кувалдами. Процес

ручного вибивання є дуже важким і трудомістким та не забезпечує гарної якості виробів. Найбільш досконалим способом виготовлення тонколистових днищ є гідравлічне витягування. Деформування заготовок за гідравлічного витягування відбувається під дією робочої рідини, тиск якої досягає в сучасних конструкціях пресів 400 атм. На цих пресах один робочий інструмент виготовляють у вигляді товстого гумового листа, яким закривають простір із водою. Під час створення тиску лист натягує матеріал на поверхню пуансона або матриці рівномірно без утворення складок. На рисунку 5.18 показана схема гідравлічного витягування.

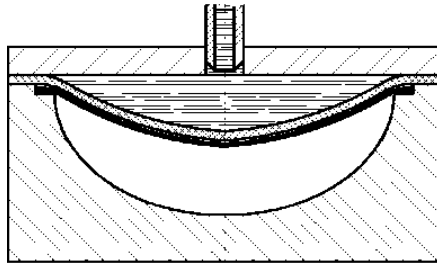


Рисунок 4.18 – Гідравлічне витягування днищ

Витягування деталей із тонколистового матеріалу проводять також за допомогою гумових матриць (рис. 5.19). Як бачимо із схеми, під час цього способу заготовка затискається між притисною плитою і гумою, вкладеною в замкнений приймач.

Під час опускання повзуна гума обтягує заготовку за формою пуансона.

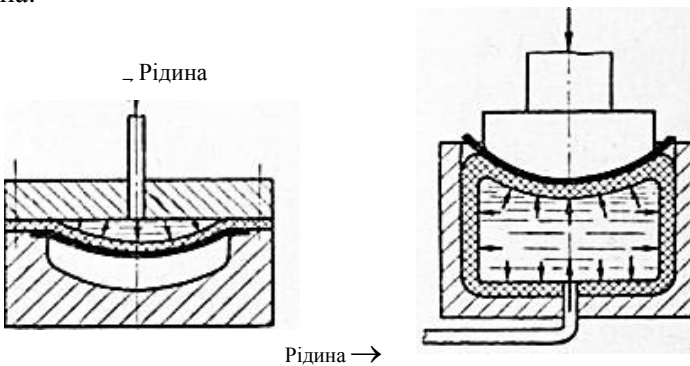


Рисунок 4.19 – Витягування із застосуванням гумових матриць

### 5.2.3 Вирубування й пробивання отворів

Процес відділення частини металу від заготовки методом обрізання за замкненим контуром називають вирубуванням. Після вирубування виходить або готова деталь, або заготовка для подальших операцій. На відміну від різання вирубування здійснюється не поступово уздовж лінії різання, а одночасно по всьому контуру виробу.

Вирубування листових неметалевих матеріалів називається просіченням. Вирубування є одним із видів штампування. Характерною особливістю штампування є застосування під час оброблення матеріалів двох деформувальних інструментів – пуансона і матриці. Пуансон зазвичай виготовляють у вигляді суцільного осердя, в матриці є отвір для проходу пуансона. Поперечний розмір пуансона в усіх випадках повинен бути меншим внутрішнього розміру отвору матриці.

Між пуансоном і матрицею залишається зазор, в який у процесі деформування надходить матеріал, змінюючи свою форму. Пуансон і матриця стикаються з матеріалом по цілком певній обмеженій поверхні. Такі поверхні називаються контактними.

Вирубні матриця і пуансон мають гострі різальні кромки, а зазор між ними значно менший від товщини матеріалу. Величина зазору залежить від роду і товщини металу, в загальному випадку зазор може бути взятий таким, що дорівнює 10 % від товщини матеріалу.

У процесі вирубування пуансон, занурюючись в матеріал, виконуючи зминання поверхневих волокон і потім розриває їх завдяки появі тріщин сколювання у гострих країв інструменту (рис. 5.20). Контактні поверхні і об'єм зони, що одержує пластичну деформацію, становлять незначну частку об'єму заготовки.

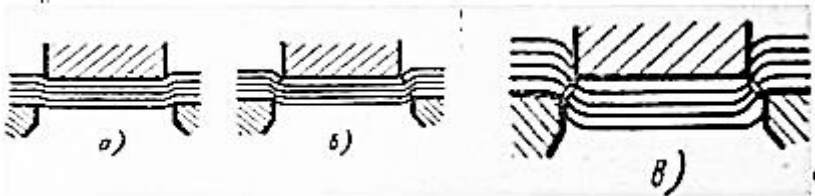


Рисунок 5.20 – Схема процесу вирубування за стадіями:

- а) зминання поверхневих волокон; б) виникнення тріщин; в) розрив матеріалу біля гострих кромek інструменту

**Просікання.** Такі матеріали, як картон, пресшпан, гетинакс, текстоліт, фібра, целулоїд, пароніт, ебоніт, гума, шкіра, мають малий

опір зрізу. Волокниста будова та еластичність цих матеріалів потребують застосування під час просікання інструменту, що має гострі і вузькі кромки. Під час роботи з таким інструментом важливо стежити за тим, щоб різальні кромки були встановлені перпендикулярно до поверхні матеріалу. Для отримання чистих і рівних кромок деталей та оберігання інструменту від затуплення просікання необхідно проводити на паронітовому листі. Товщина підкладного листа повинна в 2–3 рази перевищувати товщину оброблюваного матеріалу.

Просікання можна виконувати вручну або на верстатах. Під час роботи вручну найбільш важливим моментом є правильне установлення інструменту. Різальні кромки інструменту повинні без перекосу стикатися з матеріалом. Просікання здійснюють кількома легкими ударами молотка. Після просікання двох – трьох деталей необхідно очищати внутрішню порожнину інструмента від відходів матеріалу.

Просікання, так само, як і вирубування, можна проводити на гідравлічних або приводних механічних пресах. Вирубування дрібних деталей і просікання найкраще проводити на ексцентрикових механічних одностоякових пресах із коротким ходом, що мають один повзун, який передає тиск робочому інструменту. Під час вирубування великих деталей доцільніше застосовувати 2-стоякові преси з дво- або чотириточковою підвіскою повзунів.

До технічної характеристики пресів входять: максимальний тиск преса, величина ходу повзуна, кількість ходів за 1 хвилину, закрыта висота преса, виліт (відстань від осі повзуна до станини), розмір стола, розміри отвору в столі.

Для вирубування тонколистових деталей, розміри яких перевищують габарити пресових столів, застосовують пінцетні штампи. Пінцетні штампи складаються з двох плит, шарнірно скріплених між собою. Верхня плита має виступ із гострими крайками, а нижня – виймку відповідно до контура деталі. Вирубування здійснюють шляхом притиснення верхньої плити до нижньої під час протягування штампа через двовалкові вальці.

*Утворення отворів.* Отвори в деталях можна утворювати механічним обробленням, пробиттям на пресах, газополуменевим або електродуговим різанням, електроерозійним обробленням, хімічним фрезеруванням.

*Механічне оброблення отворів.* Отвори будь-якої форми в ливарних, кованих і точених деталях, а також отвори діаметром до 50 мм у заготовках та деталях із прокату обробляються свердлінням і фрезеруванням. Під час механічного оброблення деталі з розміченими центрами отворів установлюють на свердлильні або фрезерні верстати та обробляють нормальним різальним інструментом: свердлами, розгортками, фрезами, зенкерами і т. ін.

*Пробивання отворів.* Пробивання отворів здійснюють на пресах спеціальними штампами. На відміну від вирубування під час пробивання вирубана частина є відходом. Пробивання застосовують для утворення в деталях отворів різних форм та розмірів. Пробивання здійснюють тими самими робочими інструментами, що й вирубування.

Під час одночасного пробивання великої кількості отворів із метою зменшення зусиль пробивання застосовують ступеневе розміщення пуансонів (рис. 5.21). Для цієї мети на пуансоні іноді роблять скоси.

Отвори в деталях, що працюють під навантаженням або в сильно корозійному середовищі, рекомендують після пробивання розсвердловати, щоб видалити місцеві дефекти. Пробивання сіток і решіток, у яких отвори розміщені на строго певній відстані один від одного, здійснюється на спеціальних верстатах, що дозволяють автоматично пересувати листову заготовку після кожного удару на відстань, що дорівнює кроку між отворами.

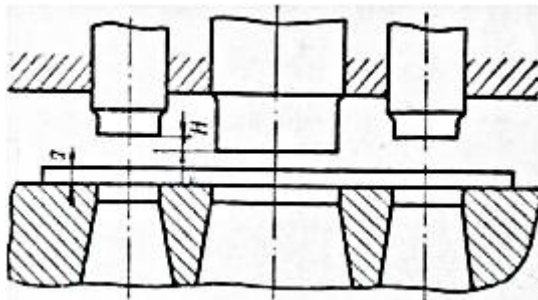


Рисунок 5.21 – Поетапне розміщення пуансонів

## **Висновки**

Листове штампування виникло багато століт тому як спосіб виготовлення однакових за формою і розмірами деталей домашнього



начиння, прикрас, зброї. Деталі, одержані листовим штампуванням, мають високу міцність за відносно невеликої маси і відрізняються раціональністю форм. Завдяки використуванню пластичних матеріалів листове штампування дозволяє одержувати й складні за формою тонкостінні деталі, й масивні міцні деталі, що не можуть бути одержані іншим способом (наприклад, листовим штампуванням можна виготовити стрілку ручного годинника і п'ятиметровий лонжерон вантажного автомобіля). Листове штампування деталей у поєднанні зі зварюванням дозволяє виробляти нерознімні вузли практично необмежених розмірів (у вагонобудуванні, суднобудуванні).

### **Питання для самоперевірки**

- 1 Які види оброблення заготовок належать до обкатування?
- 2 У чому полягає суть процесу витягування деталей?
- 3 У чому полягає суть операції вирубання?
- 4 У чому полягає суть операції просікання?
- 5 Які є способи зменшення зусиль вирубання?
- 6 На які класи поділяють напилки?
- 7 Якими способами можна проводити витягування деталей?

## **Розділ 6 Технологічне обладнання зварювального відділення**

### **Тема 6.1. Зварюваність матеріалів**

- 6.1.1 Особливості металургійних процесів під час зварювання.
- 6.1.2 Зварюваність матеріалів.
- 6.1.3 Зварюваність сталей.

#### **6.1.1 Особливості металургійних процесів під час зварювання**

*Металургійні процеси* під час зварювання — це процеси взаємодії рідкого металу з газами та шлаками. Ці процеси відбуваються під час плавлення електрода, при переході краплі рідкого металу через дугу, а також у самій ванні. Зварювальні металургійні процеси мають такі особливості:

- високу температуру нагрівання металу;
- малий об'єм зварювальної ванни;

- активну взаємодію розплавленого металу з оточуючим середовищем і шлаками;
- короткочасність процесу.

Висока температура дуги й зварної ванни призводить до розпаду (дисоціації) молекул кисню, азоту, водню на атоми та іони. У цьому стані гази стають дуже активними й вступають у хімічні сполуки взаємодії з металом шва, погіршуючи його властивості.

Малий об'єм зварної ванни сприяє її швидкому охолодженню. Водночас створюються перешкоди очищенню металу від неметалевих включень та оксидів, що не встигли вийти на поверхню шва.

Активна взаємодія розплавленого металу з навколишнім середовищем і шлаками сприяє додатковому насиченню металу шва газами й шлаковими включеннями.

Короткотривалість процесу зварювання призводить до того, що хімічні реакції між розплавленим металом і шлаком не завершуються. Швидка кристалізація впливає на структуру й механічні властивості металу шва. Час від початку розплавлення до застигання зварної ванни становить декілька секунд. За 1 секунду метал охолоджується від 5 °С до 15 °С.

#### *Забруднення металу шва*

Метал шва насичується шкідливими речовинами з оточуючого повітря, вологи, іржі, масла, мінералів, які входять до складу зварювальних матеріалів, різних хімічних сполук, що утворюються під час взаємодії розплавленого металу зі зварювальними матеріалами.

Забрудненню металу шва можна запобігти такими способами:

- просушуванням зварювальних матеріалів для видалення вологи, кисню й водню;
- видаленням іржі, масла та вологи з поверхні зварюваних деталей;
- створенням газового й шлакового захисту дуги та зварюваного металу;

- розкисненням — переведенням оксиду заліза в нерозчинні сполуки з подальшим видаленням у шлак (розкиснювачі вводяться у зварну ванну через електродний дріт, покриття, флюси). Розкиснювачами є марганець, кремній, титан, алюміній, вуглець та інші елементи;

— рафінуванням — видаленням сульфідів, фосфідів, нітридів, водню за допомогою хімічних реакцій та утворенням нових хімічних сполук, що не розчиняються в залізі, а переходять у шлак.

#### *Легування металу шва*

Легуванням називається процес уведення в метал шва різних елементів (хром, нікель, титан, марганець, вольфрам, молібден, ванадій та ін.), надаючи йому необхідних властивостей (міцності, в'язкості, корозієстійкості та ін.). Ці елементи вводять до складу електродного дроту, присаджувального металу, електродного покриття або флюсу. Під час зварювання легувальні елементи частково вигоряють і неповністю переходять у шов. Це потрібно враховувати під час вибору марки електрода, присаджувального дроту, флюсу.

#### *Виникнення тріщин під час зварювання*

Домішки й забруднення, що містяться у зварній ванні, мають більш низьку температуру затвердіння, ніж метал. Вони розміщені на краях зерен, цим послаблюють міцність їх з'єднання.

На розміщення неметалевих включень впливає форма шва. У глибоких і вузьких швах вони залишаються між зернами, а в широких — витискуються на поверхню.

Під час утворення між дендритами легкоплавких забруднень (сульфідів заліза FeS) у шві можуть виникнути гарячі тріщини. Переважно вони виникають під час усадки металу в процесі кристалізації. Утворенню гарячих тріщин (червоноламкість) сприяє підвищений вміст у шві сірки, вуглецю, кремнію та нікелю.

Для зменшення схильності металу до утворення гарячих тріщин виконують такі заходи:

- використовують зварювальні метали з мінімальним вмістом сірки і вуглецю;
- у метал шва вводять марганець, який виводить сірку в шлак;
- вводять модифікуючі елементи (титан, алюміній), що сприяють утворенню дрібнозернистості структури;
- виконують попереднє та супровідне підігрівання виробу для зменшення розтягувальних напружень.

У результаті виникнення в металі шва значних внутрішніх напружень за температури, нижчою ніж 300 °С, утворюються холодні тріщини. Вони поширюються по краях зерен або перетинають їх. Тому такі тріщини називають внутрішньокристалічними. На

схильність металу до утворення холодних тріщин впливають водень, фосфор, швидке охолодження, підвищений вміст вуглецю та легувальних елементів.

Причиною виникнення холодних тріщин може бути водень, який, з'єднуючись у молекули, створює великий тиск усередині зерен.

Схильність металу до утворення холодних тріщин (холодноламкість) можна зменшити застосовуючи такі заходи:

- використовують зварювальні матеріали з мінімальним умістом фосфору;
- просушують електроди, флюси й захисні гази;
- виконують гаряче проковування швів після зварювання для зменшення внутрішніх напружень;
- використовують попереднє та супровідне підігрівання виробів.

### 6.1.2 Зварюваність матеріалів

**Зварюваність матеріалів** — це здатність матеріалів для виготовлення зварних конструкцій. Розрізняють фізичну й технологічну зварюваність.

**Фізична зварюваність** — здатність зварюваних матеріалів створювати надійні зв'язки між атомами. Таку зварюваність мають чисті метали й технічні сплави, а також деякі сплави металів із неметалами.

**Технологічна зварюваність** — здатність матеріалів зварюватися за певних видів і режимів зварювання.

Зварюваність залежить від властивостей металу, кристалічної ґратки, наявності шкідливих елементів тощо. Зварюваність вважається кращою при використанні простої технології, коли є широкі межі режимів зварювання, у швах відсутні тріщини, пори, неметалеві включення та інші дефекти.

Особливими показниками зварюваності є:

- відповідність металу заданим вимогам;
- окиснюваність металу;
- стійкість проти утворення пор;
- чутливість до теплового впливу зварювання;
- стійкість проти утворення гарячих і холодних тріщин;
- стійкість проти утворення біляшовних тріщин;
- стійкість проти корозії;

- міцність, стійкість проти спрацювання, витривалість;
- величина внутрішніх напруг і деформацій;
- якість формування зварного шва.

Спосіб зварювання, зварювальні матеріали і техніку зварювання для кожного матеріалу вибирають залежно від основних показників його зварюваності. Не зварюється мідь із свинцем, утруднене зварювання титану з вуглецевими сталями й міддю, заліза – із свинцем тощо.

### 6.1.3 Зварюваність сталей

*Зварюваність сталей* залежить від їх хімічного складу. Найбільший вплив мають вуглець і шкідливі домішки (сірка та фосфор), під час збільшення вмісту яких зварюваність погіршується. Для зварювання виробів в основному використовують конструкційні низьковуглецеві, низько- й середньолеговані сталі. Рідше зварюють високовуглецеві сталі. Основними труднощами, що виникають під час зварювання сталей, є:

- схильність до утворення гартованих структур (у сталях із вмістом вуглецю понад 0,22 %);
- схильність до утворення гарячих (вміст сірки) і холодних (вміст фосфору) тріщин;
- забезпечення достатньої міцності з'єднання.

На зварюваність сталі також впливають хімічний склад електродів, режими зварювання, температура навколишнього середовища, товщина сталі, закріплення елементів конструкцій, техніка виконання зварювання тощо.

Враховуючи труднощі зварювання, сталі за зварюваністю поділяють на чотири групи:

1) добре зварювані сталі — це низьковуглецеві та низьколеговані сталі, що не гартуються та зварюються без обмежень незалежно від товщини металу, конфігурації швів і жорсткості конструкції в широкому інтервалі режимів зварювання. Для низьколегованих сталей із вмістом вуглецю більше ніж 0,16 %, товщиною понад 25 мм і жорсткої конструкцією необхідне попереднє підігрівання до 100–150 °С;

2) задовільно зварювані сталі — це вуглецеві сталі з умістом вуглецю від 0,22 % до 0,30 % і низьколеговані сталі з вмістом вуглецю від 0,14 % до 0,22 %. Такі сталі зварюються за температур

довкілля не нижче ніж  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  і товщини металу не більше ніж 20 мм. Вироби з металів більшої товщини і за жорсткої конструкції потребують попереднього підігрівання до температури  $100\text{--}150\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Задовільно зварювані сталі не здатні утворювати холодні тріщин за правильного вибору режиму зварювання;

3) обмежено зварювані сталі — це вуглецеві сталі з умістом вуглецю від 0,3% до 0,4 %, низьколеговані й середньовуглецеві з умістом вуглецю від 0,22% до 0,30 %. Такі сталі схильні до утворення гартованих структур і зварюються з попереднім або супровідним підігріванням за температури  $150\text{--}350\text{ }^{\circ}\text{C}$ , яке знижує швидкість охолодження металу шва та утворює відносно м'яку мікроструктуру. Під час зварювання виробів складної конфігурації й великої жорсткості необхідне загальне підігрівання до температури  $200\text{--}450\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Після зварювання обов'язково проводять високий відпуск за температури  $650\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а для відповідальних виробів рекомендують термооброблення;

4) погано зварювані сталі — це середньолеговані (від 3% до 6 % легуючих елементів), середньовуглецеві та високовуглецеві сталі з умістом вуглецю понад 0,22 %. Такі сталі гартуються під час зварювання і тому виконують попереднє та супровідне підігрівання до температури  $200\text{--}500\text{ }^{\circ}\text{C}$  із подальшим термообробленням за режимами для цієї марки сталі.

Погіршення зварюваності сталі спричиняє утворення гарячих тріщин під час зварювання, холодних тріщин у зварних з'єднаннях, сильне зростання зерна в пришовній зоні з утворенням у зоні теплового впливу мартенситу або бейніту повністю або частково з високою крихкістю, що значно перевищує крихкість зварюваної сталі, утворення розкрупнених ділянок у зоні теплового впливу, виникнення в зоні нагрівання ділянок, схильних до дисперсійного зміцнення, або відразу після зварювання, або з часом, виникнення високих залишкових напружень та деформацій.

Можливість одержання якісного зварного з'єднання з належними властивостями залежить не лише від складу зварюваної сталі, а й від технології та умов зварювання, товщини зварюваного металу, конструкції об'єкта та ін. Навіть погано зварювана сталь, схильна до утворення загартованих структур і холодних тріщин під час зварювання, може бути з успіхом зварена з одержанням зварного з'єднання, що задовольняє всі вимоги, якщо забезпечити під час зварювання необхідну швидкість нагрівання і головне уповільнене

оохолодження або (і) провести термооброблення зварного з'єднання відразу після зварювання. Деякі сталі (наприклад, високохромисті феритні) дуже погано зварюються дуговим зварюванням, але добре зварюються контактним зварюванням.

### **Висновки**

Під час проведення зварювальних робіт необхідно враховувати особливості зварювання сталей і запобігати виникненню холодних та гарячих тріщин. Зварюваність матеріалів залежить від властивостей металу, кристалічної ґратки, наявності шкідливих елементів тощо. Найбільший вплив на зварюваність сталей мають вуглець і шкідливі домішки (сірка та фосфор), у разі збільшенн вмісту яких зварюваність погіршується.

### **Питання для самоперевірки**

- 1 Охарактеризуйте зварюваність матеріалів.
- 2 Які є показники зварюваності?
- 3 На які групи за зварюваністю поділяють сталі?
- 4 Охарактеризуйте основні труднощі зварювання сталей.
- 5 Що впливає на зварюваність сталі?
- 6 Назвіть особливості зварювання низьковуглецевих сталей.
- 7 Як зварюються середньо- та високовуглецеві сталі?
- 8 Як виконують аналіз хімічного складу матеріалів?

## **Тема 6.2 Зварювальні матеріали**

6.2.1 Види електродних матеріалів.

6.2.2 Сталевий зварювальний дріт.

6.2.3 Покриті електроди, призначені для ручного дугового зварювання.

6.2.4 Класифікація та умовні позначення покритих електродів.

### **6.2.1 Види електродних матеріалів**

**Електрод** — це металевий або неметалевий стрижень, призначений для підведення струму до зварювальної дуги. Під час ручного дугового зварювання використовують покриті електроди. Це покриті спеціальною обмазкою стрижні круглого перерізу різного діаметра. Для напівавтоматичного та автоматичного зварювання використовують зварювальні порошкові й самозахисні дроти різних марок і діаметра.

Електроди можуть бути плавкі й неплавкі. Плавкі електроди виготовляють із сталі, чавуну, міді, алюмінію, їх сплавів тощо; неплавкі — із вольфраму та його сплавів, вугілля й графіту.

Плавкі електроди одночасно є й присаджувальним матеріалом. Неплавкі електроди лише підводять зварювальний струм до дуги, а присаджувальний метал за необхідності подають окремо.

### **6.2.2 Сталевий зварювальний дріт**

**Сталевий зварювальний дріт** призначений для всіх видів зварювання плавленням і виготовлення електродів (ГОСТ 2246-70). Стандарт поширюється на холоднотягнутий гладкий дріт із низьковуглецевої й легованої сталі, що поставляється в мотках із внутрішнім діаметром від 150 мм до 750 мм, масою від 1,5 кг до 40 кг. Кожний моток перев'язують м'яким дротом у трьох місцях. Мотки однієї партії зв'язують у бухти масою не більше ніж 80 кг. Кожний моток обгортають водонепроникним папером і маркують металевою біркою, на якій зазначають назву заводу, умовне позначення дроту, клеймо технічного контролю. За узгодженням із постачальниками, дріт може надходити в мотках прямокутного перерізу на катушках і касетах.

Якість дроту контролюють на відсутність іржі, масла, графітового мастила. Бірку на мотках не знімають до повного використання дроту. Зберігають дріт у сухих приміщеннях, захищених від атмосферних опадів, забруднень. Для захисту від іржі та для кращого електричного контакту випускають обміднений зварювальний дріт.

У дротах із низьковуглецевої сталі вміст вуглецю доходить до 0,12 %. Зварювальний дріт марок Св-08, Св-08А, Св-08АА виготовляють із киплячої сталі ( $Si < 0,03\%$ ), а марки дроту Св-08ГА, Св-10ГА і Св-10Г2 — з напівспокійної сталі. У киплячих сталях концентрація вуглецю вища, ніж кремнію, що сприяє утворенню  $CO$  і  $CO_2$  за високих температур і кращому їх виходу із зварної ванни ще до повного затвердіння металу шва. Дроти зі спокійної сталі спричиняють пористість (гази  $CO$  і  $CO_2$  залишаються у вигляді зовнішніх відкритих пор), менше проплавлення, сильне розбризування і гірше формування шва. Під час газового та електрошлакового зварювання охолодження зварної ванни відбувається повільно, тому використання дроту зі спокійної сталі пористості не спричиняє.



Для заповнення зазору між кромками зварюваних деталей та утворення валика шва у зварну ванну вводять присаджувальний метал у вигляді дроту, прутків, який за хімічним складом повинен бути таким самим, як і основний метал. Не можна зварювати метал дротом невідомої марки.

Для покращання властивостей металу шва до присаджувального металу додають легуючі елементи.

Сталевий низьковуглецевий, легований та високолегований зварювальний дріт виготовляють діаметрами 0,3; 0,5; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 12,0 мм.

Позначення зварювального дроту складається з букв і цифр. Букви Зв. означають зварювальний, цифри після букв зазначають на вміст вуглецю в сотих частках відсотка.

Наступні букви — умовні позначення легуючих елементів, а цифри після них — вміст легуючого елемента у відсотках. Відсутність цифр означає, що такого елемента в дроті — близько одного відсотка. Буква А в кінці умовного позначення свідчить про підвищену чистоту металу, а спарена буква (АА) — про знижений вміст сірки й фосфору порівняно з дротом, у позначенні якого одна буква А. Якщо дріт обміднений, то в кінці марки ставлять букву О.

Наприклад, марка дроту Св-08ГА розшифровується: Зв — зварювальний дріт, 08—0,08 % вуглецю, Г — 1 % марганцю, А — підвищена чистота металу дроту.

Присаджувальний метал повинен задовільняти такі вимоги:

- температура плавлення присадки повинна бути не вищою від температури плавлення основного металу;
- поверхня дроту і прутка повинна бути рівною і чистою;
- присаджувальний метал повинен плавитися спокійно, без розбризкування;
- вміст шкідливих домішок у присаджувальному металі повинен бути мінімальним.

### **6.2.3 Покриті електроди, призначені для ручного дугового зварювання**

**Покриті електроди** призначені для ручного дугового зварювання і наплавлення сталей, чавунів, кольорових металів і сплавів. Це металеві стрижні з нанесеним на них покриттям (обмазкою), які під час зварювання плавляться. Покриття призначене

для стабілізації горіння дуги, захисту зварної ванни від повітря, легування і розкиснення металу.

Плавкі електроди призначені для підведення зварювального струму до дуги і одночасно є присаджувальним матеріалом.

Залежно від призначення та хімічного складу металу виробу електроди повинні забезпечувати:

- легке запалювання та стійке горіння дуги;
- одержання металу шва необхідного хімічного складу;
- високі механічні й технологічні властивості;
- рівномірне плавлення електродного стрижня та покриття;
- якісне формування шва;
- легке відокремлення шлаку;
- незначне розбризування металу;
- високу продуктивність за незначних витрат;
- мінімальну токсичність.

Крім того до електродів ставлять спеціальні вимоги:

– одержання швів із певними експлуатаційними властивостями (підвищена міцність, корозостійкість, жорсткість, стійкість проти спрацювання тощо);

– одержання швів заданих характеристик (глибина провару, підсилення, катет шва та ін.);

– використання визначених способів зварювання (просторове розміщення, впирання електрода тощо).

Як електродний дріт використовують вуглецеві й леговані сталі, чавун, кольорові метали та сплави. До складу покриття (обмазки) вводять стабілізуювальні, шлакоутворювальні, газоутворювальні, розкиснювальні, легувальні та інші компоненти.

Стабілізуювальні речовини призначені для забезпечення стійкого горіння дуги (поташ, сода, польовий шпат, мармур, крейда та ін.).

Шлакоутворювальні речовини сприяють утворенню шлаку, що захищає зварну ванну від повітря (марганцева руда, граніт, мармур, кремнезем, польовий шпат, плавиковий шпат та ін.).

Газоутворювальні речовини під час нагрівання утворюють гази, що захищають зварну ванну від оточуючого середовища (мармур, доломіт, магнезит тощо).

Розкиснювальні речовини розкиснюють метал, що знаходиться у вигляді оксидів (феромарганець, феросиліцій, феротитан, фероалюміній).

Легувальні речовини надають металу шва заданих механічних та експлуатаційних властивостей (хром, нікель, вольфрам, молібден, ванадій та ін.).

З'язувальні речовини з'єднують усі компоненти покриття (обмазки) в однорідну масу (натрієве рідке скло  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ , калієве скло  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ ). Для кращого формування покриття вводять пластифікатори (каолін, декстрин та ін.). Деякі речовини обмазки одночасно виконують декілька функцій — стабілізувальні, газоутворювальні та інші.

Шлаки, що утворюються під час плавлення покриття, можуть бути короткими й довгими. У коротких шлаках проходить швидке зростання в'язкості зі зниженням температури. Тому для зварювання в різних просторових положеннях використовують електроди з короткими шлаками (рутилове та основне покриття). У довгих шлаках в'язкість зростає повільно під час охолодження (містять кремнезем). Для зварювання вертикальних і стельових швів електроди з довгими шлаками не використовують тому, що зварна ванна тривалий час перебуває в рідкому стані.

Щоб шлаки краще відділялися від поверхні шва, їхній коефіцієнт лінійного розширення повинен відрізнятись від коефіцієнта лінійного розширення металу.

За товщиною покриття бувають якісні (товсті) й стабілізувальні (тонкі). Якісні покриття мають товщину 0,5–2,5 мм і становлять 20–40 % від маси електродного дроту, а із залізним порошком — відповідно 3,5 мм і 50 %. Їх використовують для одержання швів такої самої якості, як і основний метал. Стабілізувальні покриття мають товщину 0,1–0,3 мм і не впливають на якість, а лише підвищують стабільність горіння дуги (застосовують рідко).

Усі матеріали, з яких виготовляють електроди, повинні відповідати вимогам стандартів.

#### **6.2.4 Класифікація та умовні позначення покритих електродів**

Покриті електроди класифікують: за призначенням, типом покриття, механічними властивостями металу шва, товщиною покриття, допустимими просторовими положеннями зварювання,

родом струму й полярністю, а також діаметром стрижня та іншими ознаками.

Розглянемо класифікацію за схемою умовного позначення електродів (рис. 5.1). Згідно з ГОСТом 9466-75 умовним позначенням електродів для зварювання і наплавлення є дріб, у чисельнику та знаменнику якого зазначають характеристики електрода.

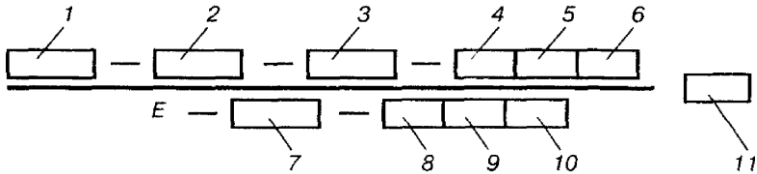


Рисунок 6.1 – Схема умовного позначення електродів:

1 – тип електрода; 2 – марка електрода; 3 – діаметр електрода; 4 – призначення електрода; 5 – товщина покриття; 6 – група за якістю; 7 – група індексів, що характеризують метал шва; 8 – вид покриття; 9 – просторове положення зварювання; 10 – рід струму й полярність; 11 – стандарт, який визначає вимоги щодо електродів; 12 – стандарти, що регламентують вимоги щодо цього типу електрода

**1 Тип електрода** характеризує мінімально гарантований тимчасовий опір наплавленого металу електродами цього типу. Умовне позначення: E — електрод, число після букви означає мінімальний опір, а буква А після них — високу пластичність наплавленого металу. Наприклад, E46A означає тип електрода за ГОСТом 9467-75 із мінімальним тимчасовим опором 460 Мпа (46 кгс/мм<sup>2</sup>) і високими пластичними властивостями наплавленого металу порівняно з електродами відповідного типу без цієї букви. За типом електроди класифікують:

- для зварювання низьковуглецевих і низьколегованих конструкційних сталей передбачаються типи електродів — E38, E42, E42A, E46, E46A, E50, E50A, E55, E60;
- для зварювання легованих конструкційних сталей з тимчасовим опором розриву більше ніж 600 МПа – E70, E85, E100, E125, E150;
- для зварювання легованих теплостійких сталей — E-09M, E-09MX, E-09X1M, E-05X2M, E-09X2M1, E-09X1MФ, E-10X5MФ, E-10X1M1НБФ, E-10X3M1БФ;
- для зварювання високолегованих сталей з особливими властивостями – 49 типів (ГОСТ10052-75) E-12X13, E-06X13H, E-08X20H9Г2Б та ін.;
- для наплавлення поверхневих шарів з особливими

властивостями – 44 типи (ГОСТ10051-75) Е-30Г2ХМ, Е-10Г2, Е-65Х1ШЗ та ін.

В умовних позначеннях типів електродів теплостійких, легованих і для наплавлення цифри після дефісу зазначають вміст вуглецю у сотих частках відсотка, а наступні букви й цифри — умовні позначення легувальних елементів та їх вміст у відсотках. Наприклад, умовне позначення типу електрода Е-08Х20Н9Г2Б означає хімічний склад наплавленого металу: 0,08 % С, 20 % Сг, 9 % Ni, 2 % Mn, 1 % Nb.

**2 Марка електрода** характеризується складом покриття, маркою електродного дроту, властивостями металу шва. Кожному типу може відповідати одна бо декілька марок електродів. Наприклад, марки АНО-21, УОНИ-13/45, ОЗС-3 та ін. відповідають типу електрода Е46.

**3. Діаметр електрода** згідно з ГОСТом 9466-75 може бути від 1,6 мм до 12 мм (довжиною від 225 мм до 450 мм). Наприклад, 4,0 — діаметр електрода 4 мм. На упаковках електродів в умовному позначенні часто проставляють лише знак Ø — діаметр, а числове значення зазначають окремо в іншому місці. Діаметри електродів, мм: 1,6; 1,8; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 12,0.

**4 Призначення електрода.** За призначенням електроди класифікують таким чином (букви є умовним позначенням):

У — для зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей із тимчасовим опором розриву менше ніж 600 МПа;

Л — для зварювання легованих конструкційних сталей із тимчасовим опором розриву більше ніж 600 МПа;

В — для зварювання високолегованих сталей з особливими властивостями;

Т — для зварювання легованих теплостійких сталей;

Н — для наплавлення поверхневих шарів з особливими властивостями.

**5 Товщина покриття** — залежно від відношення діаметра покритого електрода  $D$  щодо діаметра електродного стрижня  $d$  електроди класифікують так (букви є умовним позначенням):

М — із тонким покриттям ( $D/d < 1,20$ );

С — із середнім покриттям ( $1,20 < D/d < 1,45$ );

Д — із товстим покриттям ( $1,45 < D/d < 1,80$ );

Г — із особливо товстим покриттям ( $D/d > 1,80$ ).

6 **Якість електрода** залежить від умісту шкідливих домішок (сірки, фосфору), точності виготовлення, стану поверхні покриття, суцільності виконаного цими електродами металу шва і класифікується на групи: 1, 2 і 3. Чим вища група, тим краща якість електрода.

7 **Група індексів** установлюється за ГОСТом 9467-75 і зазначає характеристики наплавленого металу та металу шва. В умовному позначенні перші дві цифри після букви Е означають тимчасовий опір розриву  $\sigma_b = 370, 410, 430$  і  $510$  МПа (відповідно 38, 42, 44 і 52 кгс/мм<sup>2</sup>), третя — відносне видовження  $\delta_n$  % і критичну температуру крихкості  $T_x$ . Третя цифра характеризує одночасно  $\delta$  і  $T_x$ , а якщо ці показники відповідають різним індексам, то третій індекс установлюють за  $\delta$  і в дужках наводять додатковий четвертий індекс, що характеризує  $T_x$ .  $T_x$  — мінімальна температура, за якої ударна в'язкість на зразках із V – подібним скосом кромки не менше ніж 0,35 МДж/м<sup>2</sup> (3,5 кгсм/см<sup>2</sup>).

В умовному позначенні електродів з  $\sigma_b < 600$  МПа після букви Е тире не ставиться.

В умовному позначенні електродів для зварювання легованих конструкційних сталей з  $\sigma_b > 600$  МПа (60 кгс/мм<sup>2</sup>) група індексів металу шва подвійна. Спочатку зазначають хімічний склад шва (принцип маркування для легованих сталей), а потім через дефіс — цифру, що характеризує  $T_x$ .

Наприклад, індекси 09Г2Н10МХ-3 означають:

09—0,09 % С; Г2 — 2 % Мn; Н10 — 10 % Ni; М — 1 % Мо; Х — 1 % Cr; 3 —  $T_x = -20$  °С.

Індекс металу шва для зварювання легованих теплостійких сталей згідно з ГОСТом 9467-75 є двозначним. Перша цифра характеризує  $T_x$ , а друга — максимальну робочу температуру, за якої регламентовані показники тривалої міцності наплавленого металу й металу шва.

Наприклад, індекси 27 означають:

2 —  $T_x = 0$  °С; 7 — тривала міцність, регламентована до температури 580 °С.

Група індексів металу шва для зварювання високолегованих сталей з особливими властивостями (ГОСТ 10052-75) складається з чотирьох цифр для електродів, що забезпечують аустенітно-феритну структуру наплавленого металу, і з трьох цифр — для решти

електродів. Індокси характеризують стійкість до міжкристалітної корозії, жароміцність, жаростійкість і кількість фериту в металі шва.

Перша цифра характеризує наплавлений метал і метал шва, не схильний до міжкристалітної корозії під час випробувань (ГОСТ 6032-75).

Друга цифра характеризує максимальну робочу температуру, за якої регламентований показник тривалої міцності, °С.

Третя цифра характеризує максимальну робочу температуру зварних з'єднань, за якої допускається застосування електродів під час зварювання жаростійких сталей, °С.

Четверта цифра характеризує вміст фериту в аустенітно-феритному наплавленому металі, %.

**8 Вид покриття.** За видом покриття (обмазки) електроди класифікують так: А (А) — кисле; Б (В) — основне; Р (R) — рутилове; Ц (С) — целюлозне; П (S) — інше; Ж — в покритті більше ніж 20 % залізного порошку (в дужках — іноземні умовні позначення виду покриття електродів).

*Кисле покриття* складається з кислих компонентів (кремнезем, марганцева руда, феромарганець, гематит). За нормальної товщини покриття електроди використовують в усіх просторових положеннях, а за великої товщини — лише для зварювання в нижньому положенні. Зварювання виконують постійним і змінним струмом, довгою дугою, на кромках з іржею, без утворення пор. Наявність феромарганцю й оксидів заліза сприяє виділенню токсичних газів, тому виробництво електродів із кислим покриттям скоротилося.

*Основне покриття* складається з плавикового шпату, карбонатів кальцію й магнію (крейда, магнезит, мармур). Метал шва характеризується високою ударною в'язкістю, стійкістю до утворення кристалізаційних тріщин. Електроди з основним покриттям використовують для зварювання товстих металів із підвищеним вмістом сірки та фосфору, жорстких конструкцій виробів. Зварюють на постійному струмі зворотної полярності. При додаванні калію електроди з основним покриттям використовують на змінному струмі.

Недоліком основного покриття є висока чутливість щодо утворення пор під час збільшення довжини дуги, наявності іржі, масла, окалини й вологи на кромках металу.

*Рутилове покриття* складається з титанових сполук (рутил, титановий концентрат, ільменіт), призначених для шлакового захисту,

а також целюлози, крейди, мармуру, декстрину – для газового захисту. Розкиснення й легування проводять феромарганцем. Рутилове покриття забезпечує стабільне горіння дуги на змінному та постійному струмі, легке відділення шлаку, якісне формування шва, низькі витрати металу на розбризування. Метал шва не схильний до утворення пор під час зварювання іржавого, вологого та окисненого металу під час зміни довжини дуги.

Целюлозне покриття складається з органічних складових (целюлоза, крохмаль, харчове борошно, декстрин), призначених для газового захисту шлакоутворювальних складових (рутил, карбонати, марганцева руда, алюмосилікати, титановий концентрат). Електроди цього виду мають мале покриття й тому їх використовують для зварювання в усіх просторових положеннях на змінному та постійному струмі. Недоліками електродів із целюлозним покриттям є вигорання органічних компонентів і великі витрати на розбризування.

Електроди змішаного покриття мають подвійне умовне позначення, що складається з двох букв. Наприклад, РА — змішане рутилове й кисле покриття. Якщо в покритті міститься більше ніж 20 % залізного порошку, то до позначення виду покриття додається буква Ж.

**9 Допустиме просторове** положення зварювання або наплавлення умовно позначають цифрами і класифікують таким чином:

- 1 — для всіх просторових положень;
- 2 — для всіх положень, крім вертикального зверху вниз;
- 3 — для нижнього, горизонтального й вертикального знизу вгору;
- 4 — для нижнього та нижнього «в човник».

Електроди закордонного виробництва мають спеціальне умовне позначення у вигляді стрілок (рис. 6.2).

**10 Рід струму** й полярність, номінальна напруга холостого ходу джерела живлення зварювальної дуги змінного струму з частотою 50 Гц позначають цифрами.

Цифрою 0 позначають електроди для зварювання й наплавлення лише на постійному струмі зворотної полярності.

Закордонне умовне позначення роду струму таке: АС – змінний струм; DC – постійний струм.



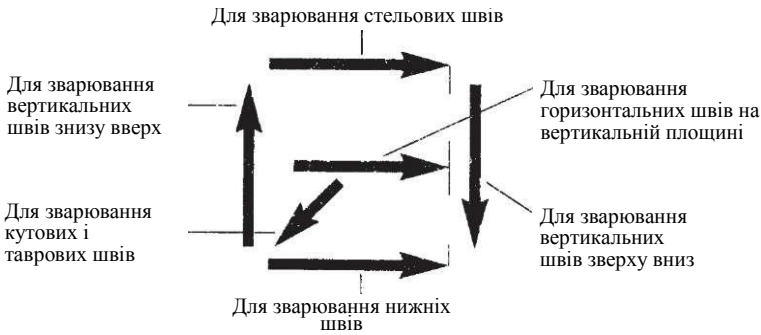


Рисунок 6.2 – Умовні позначення допустимих просторових положень зварювання електродів закордонного виробництва

11 **ГОСТ 9466-75**, що визначає класифікацію, розміри й загальні технічні вимоги на покриті металеві електроди для ручного дугового зварювання.

12 **ГОСТ 9467-75**, **ГОСТ 10051-75** або **ГОСТ 10052-75** регламентують вимоги щодо типу електрода, який розглядається.

## Висновки

Під час проведення зварювальних робіт необхідно враховувати хімічний склад зварюваної сталі та електродних матеріалів. Покриті електроди призначені для ручного дугового зварювання та наплавлення сталей, чавунів, кольорових металів і сплавів. Це металеві стрижні з нанесеним на них покриттям (обмазкою), які під час зварювання плавляться.

## Питання для самоперевірки

- 1 Що таке електрод?
- 2 Для чого призначений сталевий зварювальний дріт?
- 3 Яке умовне позначення зварювального дроту?
- 4 Для чого призначені покриті електроди?
- 5 Які вимоги ставляться до електродів?
- 6 З яких компонентів складається покриття електродів?
- 7 Охарактеризуйте довгі та короткі шлаки.
- 8 Як класифікують плавкі штучні електроди?
- 9 Які є види покриття електродів?
- 10 Що таке тип електрода?

## Тема 6.3 Електродугове зварювання плавленням

6.3.1 Класифікація основних видів зварювання.

6.3.2 Класифікація джерел живлення зварювальної дуги.

6.3.3 Зварювальні трансформатори.

6.3.4 Зварювальні випрямлячі.

6.3.5 Зварювальні генератори.

6.3.6 Зварювальні перетворювачі.

6.3.7 Зварювальні агрегати.

### 6.3.1 Класифікація основних видів зварювання

**Зварювання** — це процес одержання нерознімного з'єднання методом установаження міжатомних зв'язків між зварюваними частинами під час їх місцевого або загального нагрівання, пластичною деформацією або їх спільною дією.

Залежно від виду енергії зварювання поділяють на три класи: термічний, термомеханічний та механічний.

До **термічного класу** належать види зварювання за допомогою плавлення, в яких для розплавлення металу використовують теплову енергію:

- дугове зварювання — нагрівання здійснюється електричною дугою;
- плазмове зварювання — нагрівання здійснюється стиснутою дугою;
- газове зварювання — нагрівання здійснюється полум'ям газів;
- електрошлакове зварювання — для нагрівання використовують тепло, що виділяється під час проходження електричного струму через розплавлений електропровідний шлак;
- електронно-променеве зварювання — для нагрівання використовують тепло електричного променя, яке виділяється за рахунок бомбардування зони зварювання направленим потоком електронів;
- лазерне зварювання — розплавлення здійснюється енергією світлового променя, одержаного від оптичного квантового генератора;

- термітне зварювання — використовується тепло, утворене в результаті спалювання термітного порошку, що складається із суміші алюмінію та оксиду заліза.

До **термомеханічного класу** належать види зварювання, в яких використовують теплову енергію й тиск:

- контактне зварювання — з використанням тиску та нагрівання під час проходження електричного струму через контактні поверхні;

- дифузійне зварювання проходить через взаємну дифузію атомів контактних поверхонь за тривалого впливу підвищеної температури і незначної пластичної деформації;

- пресове зварювання — нагрівання здійснюється полум'ям газів (газопресове зварювання), дугою (дугопресове зварювання), електрошлаковим процесом (шлакопресове зварювання), індукційним нагріванням (індукційно-пресове зварювання), термітом (термітно-пресове зварювання).

До **механічного класу** належить зварювання, виконуване з використанням механічної енергії й тиску:

- ультразвукове зварювання — тиск створюється ультразвуковими коливаннями;

- холодне зварювання — використовується тиск за значної пластичної деформації без нагрівання;

- зварювання вибухом відбувається в результаті викликаного вибухом удару швидкорухомих частин;

- зварювання тертям відбувається в результаті стискання і нагрівання зварюваних деталей за рахунок тертя під час їх обертання;

- імпульсно-магнітне зварювання — тиск електрода підсилюється імпульсним магнітним полем, завдяки цьому подача електрода в період стискання прискорюється настільки, що набирає ударного характеру.

Процеси дугового зварювання називаються механізованими в разі, якщо за допомогою різних приводів і механізмів (електричних, пневматичних, гідравлічних та ін.) виконують основні зварювальні операції, наприклад, подавання електродного дроту в зону зварювання, підведення електричного струму, подавання захисного газу, переміщення зварювальної дуги вздовж шва, подавання флюсу тощо. Із механізованих способів зварювання плавленням широко

використовують автоматичне й напівавтоматичне зварювання під флюсом, у захисних газах, електрозаклепками, електрошлакове та ін.

### **6.3.2 Класифікація джерел живлення зварювальної дуги**

Джерела живлення зварювальної дуги класифікують:

- за родом струму: змінного та постійного;
- за типами: трансформатори (Т), випрямлячі (В), перетворювачі (П), генератори (Г), агрегати (А), установки (У);
- за видом: для дугового зварювання (Д), для плазмового зварювання (П);
- за способом зварювання: для ручного, під флюсом (У), у захисних газах (Г), універсальні (У), в інертних газах (И), без захисту дуги (О), під флюсом та в захисних газах (Ф1);
- за кількістю постів: однопостові, багатопостові (М);
- за номінальним струмом: на 125; 160; 200; 250; 310; 400; 500; 630; 1 000; 1 250; 1 600; 2 000; 2 400; 3 150; 5 000 А;
- за кліматичним виконанням: для помірного клімату (У), для помірного та холодного клімату (УХЛ), для тропічного клімату (Г);
- за категорією розміщення: для роботи на відкритому повітрі (1); для приміщень, де коливання вологості й температури мало відрізняються від відкритого повітря (2); для закритих приміщень, де коливання вологості, температури, вплив пилу менші, ніж на відкритому повітрі (3); для приміщень із штучним кліматом (4); для приміщень із великою вологістю (5).

У дужках проставлені умовні позначення елементів класифікації електрозварювального обладнання.

Для умовних позначень можуть використовуватися інші літери, що означають конструктивні особливості, принцип роботи, підприємство, де виготовляється джерело живлення тощо. Наприклад, ВДУ-506УЗ розшифровується так: В — випрямляч, Д — дуговий, У — універсальний, 50 — на номінальний струм 500 А, 6 — модифікація, У — для помірного клімату, 3 — для закритих приміщень, де коливання температури, вологості, вплив пилу й пилу менші, ніж на відкритому повітрі.

### **6.3.3 Зварювальні трансформатори**

*Зварювальні трансформатори* призначені для зниження напруги з 220 або 380 В до безпечної напруги, але достатньої для

легкого запалювання та стійкого горіння електричної дуги (не більше ніж 80 В) регулювання сили зварювального струму залежно від діаметра електродного дроту та товщини зварюваного металу.

Принцип дії ґрунтується на явищі електромагнітної індукції. Він складається з корпусу, в середині якого розміщений магнітопровід 1 (осердя), зібраний із тонких (0,5 мм) лакованих пластин електротехнічної сталі (рис. 6.3) і на якому розміщені первинна 3 та вторинна 2 обмотки. Для підвищення коефіцієнта трансформації в трансформаторах ТСК використовують батарею конденсаторів 4, яку вмикають паралельно до первинної обмотки.

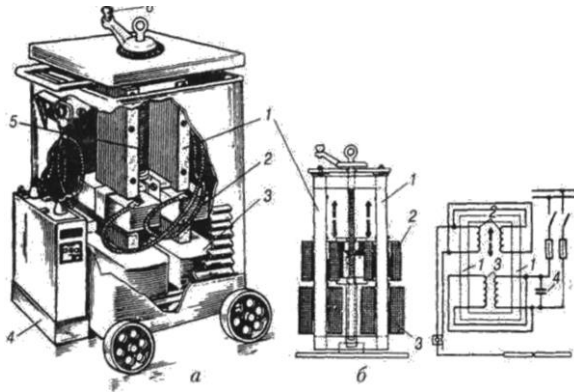


Рисунок 6.3 – Зварювальний трансформатор:

а — загальний вигляд; б — схема регулювання зварювального струму; в — електрична схема

Зварювальний струм регулюють зміною напруги холостого ходу та опором трансформатора.

Для ручного дугового зварювання використовують трансформатори типів ТД, ТДП, ТСП із рухомими котушками; СТШ, ТДМ — із рухомими магнітними шунтами, а також ТСМ — із намоткою кабелю безпосередньо на кожух трансформатора для регулювання струму. Для механізованого зварювання використовують трансформатори типів ТДФ, ТДФЖ із тиристорним регулюванням. Для електрошлакового зварювання застосовують трансформатори типів ТСШ, ТРМК.

### 6.3.4 Зварювальні випрямлячі

**Зварювальні випрямлячі** призначені для перетворення змінного струму на постійний і живлення ним зварювальної дуги. Випрямлячі класифікують:

- за кількістю обслуговуваних постів — одно- та багатопостові;
- за кількістю фаз живлення — однофазові й трифазові;
- за типом вентилів — діодні, тиристорні, інверторні;
- за способом регулювання струмом або напругою — із механічним регулюванням рухомими обмотками (типу ВД для ручного зварювання), з регулюванням методом магнітної комутації (типу ВСЖ), із регулюванням тиристорами (універсальні випрямлячі),
- за схемою випрямлення — однонапівперіодні, трифазові, шестифазові;
- за призначенням — для ручного дугового зварювання, для механізованого зварювання під флюсом, для механізованого зварювання у вуглекислому газі, універсальні.

Основними елементами випрямляча є: трансформатор, регулювальний пристрій і напівпровідникові вентилі (селенові, кремнієві або германієві), що проводять струм лише в одному напрямку (рис. 6.4).

Для ручного дугового зварювання використовують випрямлячі типів ВД-102, ВД-201, ВД-306 Д (БУСП-ТИГ) (ТИГ-ДС), ВД-506 Д (ММА-ДС) та інші. Для механізованого зварювання застосовують випрямлячі типів ВС-300, ВДГИ-301, ВСЖ-303, ВДГ-401 та ін.

### **6.3.5 Зварювальні генератори**

**Зварювальний генератор** є складовою частиною зварювальних перетворювачів і зварювальних агрегатів. Він призначений для перетворення механічної енергії приводного двигуна на електричну (рис. 6.5). Принцип дії ґрунтується на законі електромагнітної індукції. Зварювальні генератори бувають одно- й багатопостові, їх виготовляють зі спадною або жорсткою зовнішніми характеристиками.

Генератори можуть бути з незалежним збудженням, в яких намагнічувальна обмотка живиться від стороннього джерела, із самозбудженням, де намагнічувальна обмотка живиться від обмотки якоря паралельно навантаженню.

За способом виконання зварювальні генератори бувають однокорпусні (генератор і двигун на одному валу в одному корпусі) і роздільні (генератор і двигун розміщені на загальній рамі, а їх вали з'єднані через спеціальні муфти).

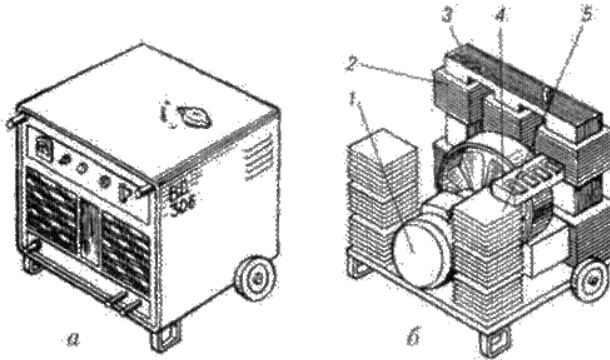


Рисунок 6.4 – Зварювальний випрямляч:  
загальний (а) і внутрішній (б) вигляд; 1 — електродвигун; 2 — рухомі котушки;  
3 — осердя трансформатора; 4 — перемикач діапазонів; 5 — випрямний блок

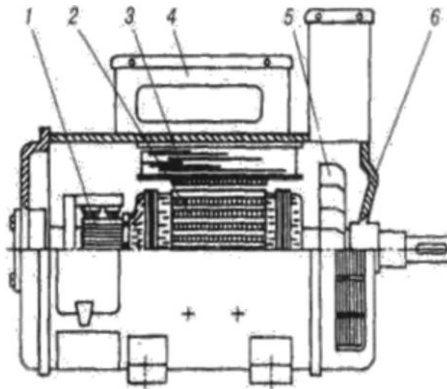


Рисунок 6.5 – Зварювальний генератор:  
1 — колектор із струмознімачем; 2 — якір; 3 — полюс з обмоткою збудження;  
4 — пристрій керування; 5 — вентилятор; 6 — корпус із підшипниковими щитками

### 6.3.6 Зварювальні перетворювачі

**Зварювальний перетворювач** — це машина, призначена для перетворення змінного струму на постійний зварювальний струм.

Для ручного зварювання використовують перетворювачі типів ПСО-300-2, ПСО-315М, ПД-502 з колекторними генераторами та ПД-305 із вентиляним генератором. Для механізованого зварювання плавким електродом у вуглекислому газі використовують перетворювач типу ПСГ-500. Усі перетворювачі оснащені приводними асинхронними двигунами з короткозамкненим ротором.

### 6.3.7 Зварювальні агрегати

Джерелами живлення для зварювання постійним струмом є **зварювальні агрегати**. Вони перетворюють механічну енергію двигунів на електричну з напругою й діапазоном струмів, необхідних для зварювання.

В експлуатації трапляються агрегати з колекторними зварювальними генераторами (хоча промисловістю вони практично не випускаються), вентиляні зварювальні генератори постійного струму, а також агрегати на базі асинхронних генераторів.

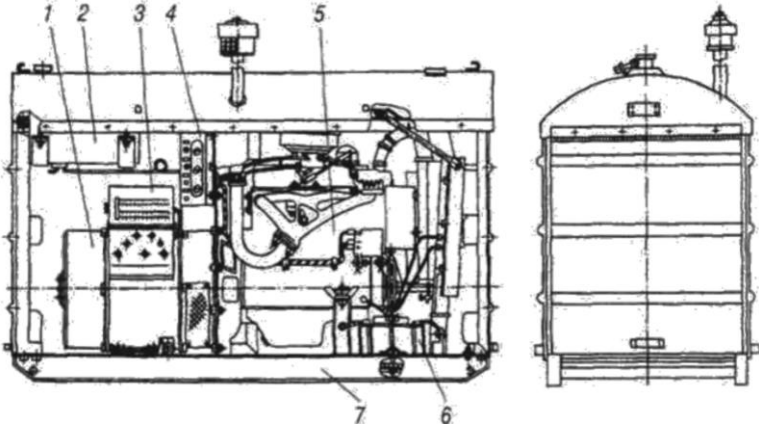


Рисунок 6.6 – Зварювальний агрегат:

- 1 – зварювальний генератор; 2 – паливний бак; 3 – реостат і дошка затискачів;  
4 – пульт керування; 5 – двигун; 6 – акумулятор; 7 – рама

Зварювальний агрегат АДБ-311 (рис. 6.6) складається з бензинового двигуна ЗМЗ-320-51 і зварювального генератора ГД-305, змонтованих на одній рамі з чотирма амортизаторами. Генератор



чотириполюсний із самозбудженням і послідовною розмагнічувальною обмоткою. На дошці затискачів є додаткові затискачі з позначками граничних значень струму кожного діапазону. За допомогою перемички встановлюють певний діапазон струмів.

Обертвий момент від двигуна до генератора передається за допомогою сполучної муфти. На двигуні розміщені: стартер, генератор підзарядження, котушка і розподільник запалювання, свічки, датчики.

На пульті керування розміщені: вимірювальні прилади, вимикачі, розетки, тяги дросельної та повітряної заслінок, ліхтар підсвічування.

## **Висновки**

Залежно від виду енергії зварювання поділяють на три класи: термічний, термомеханічний та механічний. Електродугове зварювання – один із способів зварювання, що використовує для нагрівання і розплавлення металу електричну дугу. Температура електричної дуги (до 5 000 °С) перевершує температури плавлення всіх існуючих металів. Під час зварювання металів використовують таке обладнання: зварювальні трансформатори, зварювальні випрямлячі, зварювальні генератори, зварювальні перетворювачі, зварювальні агрегати.

## **Питання для самоперевірки**

- 1 Як класифікують джерела живлення за родом струму?
- 2 Які види джерел живлення постійного струму?
- 3 Як розшифровують умовні позначення джерел живлення?
- 4 Які є способи регулювання зварювального струму?

## **Тема 6.4 Зварювання під шаром флюсу та в захисних газах**

### **6.4.1 Суть зварювання під шаром флюсу.**

- 6.4.2 Види зварювання під шаром флюсу.
- 6.4.3 Зварювальні флюси та їх класифікація.
- 6.4.4 Класифікація способів зварювання в захисних газах.
- 6.4.5 Захисні гази та їх суміші.

#### **6.4.1 Суть зварювання під шаром флюсу**

*Зварювання під флюсом* є найпоширенішим видом механізованого дугового зварювання металів. Цей спосіб дозволяє замінити тяжку працю зварників ручного дугового зварювання й водночас унаслідок більш високої продуктивності (можливості використання більшого за величиною зварювального струму) і деяких технологічних переваг змінити технологію виробництва у багатьох галузях промисловості.

У суднобудуванні застосування зварювання під флюсом дозволило впровадити секційний спосіб побудови корпусів суден, що значно скоротило терміни їх будови.

Зварювання під флюсом широко використовують і під час будівництва нафтових резервуарів, виробництва сталевих труб великого діаметра, випуску двотаврових балок із широкими полочками. У промисловості успішно діють поточні лінії з масового випуску зварних конструкцій і виробів, обладнаних автоматами для зварювання під флюсом. Під флюсом успішно зварюють конструкції з вуглецевих сталей, конструкції й апарати із низьколегованих сталей, а також нержавіючих, кислотостійких та жароміцних сплавів на нікелевій основі, титану та його сплавів, міді та її сплавів. Широко застосовується зварювання алюмінію та алюмінієвих сплавів під шаром флюсу.

Зварювання під шаром флюсу успішно застосовують під час виготовлення апаратури, конструкцій і виробів відповідального призначення, що працюють в умовах глибокого холоду, під дією високих температур і тиску, в агресивних рідких та газових середовищах.

Автоматичне зварювання під флюсом найвигідніше застосовувати під час масового виробництва однотипних металевих виробів, що мають зручні для утримання флюсу з'єднання правильної форми.

Напівавтоматичне зварювання доцільно використовувати не лише під час масового виробництва однотипних виробів, а й під час

одиночного виробництва виробів із з'єднаннями значної протяжності та зручними для утримування флюсу.

Під флюсом недоцільно зварювати решітчасті конструкції з великою кількістю коротких з'єднань.

Промислова технологія зварювання під флюсом була розроблена в 1930–1940 рр. в Інституті електрозварювання ім. Є. О. Патона. Основні переваги зварювання під шаром флюсу:

- підвищується продуктивність праці (у 6–12 разів) за рахунок застосування високих струмів, збільшення глибини проплавлення, відсутності втрат металу на вигорання і розбризкування;

- механізація процесу зварювання;

- висока якість зварних швів за рахунок вираженого захисту флюсом зварювальної ванни від повітря;

- поліпшення умов праці зварників.

Недоліками зварювання під флюсом є:

- можливість зварювання лише в нижньому положенні (нахил до 15°);

- трудність зварювання в монтажних умовах на коротких швах;

- трудність контролю процесу зварювання;

- горіння дуги, формування шва закриті флюсом;

- флюсовий пил і пари флюсу небезпечні для здоров'я зварників;

- для зварювання необхідне складне обладнання;

- потрібне точне збирання кромки під зварювання і використання спеціальних прийомів зварювання для запобігання витіканню рідкого металу і флюсу та виникнення дефектів шва.

Особливістю процесу автоматичного і напівавтоматичного зварювання під флюсом є те, що зварна дуга горить не на відкритому повітрі, а під шаром сипучого зернистого флюсу (рис. 6.7).

Під дією тепла дуги 9 розплавляється основний метал 8, електродний дріт 1 і частина флюсу 5, що безпосередньо прилягає до зони зварювання. Електродний дріт подається вниз у зону зварювання із швидкістю його плавлення, плавиться та переходить у шов у вигляді окремих крапель. Одночасно з цим дріт пересувається вздовж зварних кромки, у результаті цього відбувається зварювання.

У зоні горіння дуги утворюється порожнина 2, обмежена у верхній частині оболонкою розплавленого флюсу 3. Ця порожнина заповнена парою металу, флюсу чи газами, їх тиск підтримує флюсове

склепіння, що утворюється над зварювальною ванною, та надійно захищає розплавлений метал від шкідливої дії кисню й азоту повітря, а також запобігає розбризкуванню металу.

У порожнині створюється великий тиск газів, які відтісняють частину рідкого металу 4 в протилежний бік до напрямку зварювання.

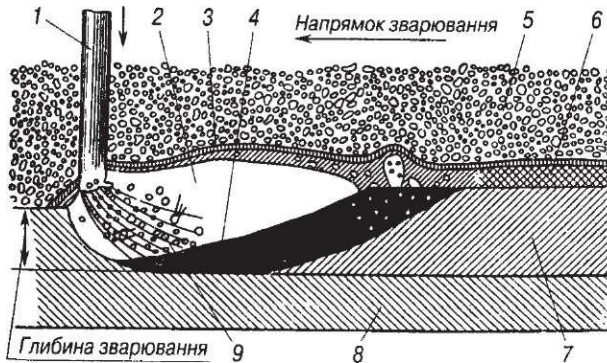


Рисунок 6.7 – Схема горіння зварної дуги під флюсом:

- 1 — електродний дріт; 2 — порожнина; 3 — рідкий шлак; 4 — рідкий метал;
- 5 — флюс; 6 — шлакова кірка; 7 — зварний шов; 8 — основний метал; 9 — дуга

Після вистигання рідкого металу утворюється зварний шов 7, покритий кіркою шлаку 6.

Флюс захищає дугу та зварювальну ванну від шкідливої дії навколишнього середовища, впливає на її метал і перешкоджає розбризкуванню рідкого металу. Розплавлений флюс, маючи низьку теплопровідність, уповільнює процес охолодження шва. Водночас цьому шлакові включення й розчинені гази легше піднімаються на поверхню ванни, сприяючи очищенню металу шва від забруднення.

Нерозплавлений флюс відсмоктують із шва пневматичним пристроєм і використовують під час наступного зварювання. Розплавлена та затверділа шлакова кірка легко відокремлюється від металу шва.

#### 6.4.2 Види зварювання під шаром флюсу

Стандартом установлюються такі позначення способів зварювання:

А — автоматичне зварювання під флюсом без застосування підкладок, подушок і підварювального шва;

Аф — автоматичне зварювання під флюсом на флюсовій подушці;

Ам — автоматичне зварювання під флюсом на флюсомідній підкладці;

Ас — автоматичне зварювання під флюсом на сталевій підкладці;

Апш — автоматичне зварювання під флюсом із попереднім накладанням підварювального шва;

Апк — автоматичне зварювання під флюсом із попереднім підварюванням кореня шва;

П — напівавтоматичне зварювання під флюсом без застосування підкладок, подушок і підварювального шва;

Пс — напівавтоматичне зварювання під флюсом на сталевій підкладці;

Ппш — напівавтоматичне зварювання під флюсом із попереднім накладанням підварювального шва;

Ппк — напівавтоматичне зварювання під флюсом із попереднім підварюванням кореня шва.

Залежно від товщини металу, що зварюється за формою підготовки кромок, зварні шви можуть виконуватися з відбортовуванням, без скосу кромок, із скосом однієї чи двох кромок, із двома скосами однієї або двох кромок. Скос кромок може бути прямий, криволінійний, ступінчастий. За характером виконання, шви можуть бути одно- і двобічними.

### **6.4.3 Зварювальні флюси та їх класифікація**

Спосіб зварювання під флюсом виник у середині 30-х років ХХ ст. Спочатку флюси використовували для зварювання вуглецевих сталей, легованих марганцем і кремнієм, а також як засіб для механічного захисту дуги від впливу зовнішнього середовища. З розвитком металургії, створенням легованих сталей виникла необхідність легування металу зварювальної ванни, що зумовило появу флюсів, здатних здійснювати металургійний вплив на зварювальну ванну. З появою високоміцних низьколегованих сталей визначилася ще одна функція зварювальних флюсів — рафінування металу шва.

*Зварювальні флюси* призначені для захисту зварної ванни від навколишнього середовища і легування металу шва. Вони використовуються під час напівавтоматичного та автоматичного зварювання під флюсом, а також при електрошлакових процесах.

Інше призначення мають флюси, що використовуються при газовому й дуговому зварюванні вугільним електродом. Такі флюси служать для видалення з металу шва неметалевих включень, захисту від окиснення кромки металу й присаджувального дроту.

Флюси для дугового зварювання повинні забезпечувати:

- захист зони зварювання від повітря;
- стійкість горіння дуги;
- якість формування металу шва;
- щільність шва;
- стійкість проти утворення тріщин;
- відокремлювання шлаку після застигання;
- розкиснення металу шва;
- легування металу шва;
- зменшення витрат електродного металу на вигорання і

розбрикування.

Зварювальні флюси класифікують за способом виготовлення, хімічним складом тощо.

За способом виготовлення флюси поділяють на плавлені й неплавлені. Плавлений флюс одержують сплавлюванням його компонентів із подальшим дробленням на зерна необхідних розмірів. За будовою зерен флюси поділяють на склоподібні й пемзоподібні. Склоподібні флюси – це прозорі зерна різних відтінків, які одержують вливанням рідкого флюсу за температур 1 200 °С у бак із проточною водою. Пемзоподібні флюси — це зерна пінистого матеріалу різних відтінків, які одержують при вливанні рідкого флюсу, нагрітого до температури 1 600 °С, у воду. Водночас пара води спінює розплавлену масу, утворюючи пемзоподібний флюс. Розмір зерен — від 0,2 мм до 4 мм. Краще формування шва спостерігається під час використання пемзоподібних флюсів, а кращий захист зварної ванни забезпечує склоподібний флюс. Перевагами плавлених флюсів є надійний захист зварної ванни, якісне формування шва, легке відокремлення шлаку, низька вартість. Зберігають флюси в сухих приміщеннях у паперових мішках.

*Неплавлений флюс* одержують механічним змішуванням тонкоподрібнених мінералів, феросплавів, силікатів, зв'язаних рідким

склом без сплавлювання. Широко використовують несплавлені керамічні флюси.

Керамічні флюси одержують шляхом змішування компонентів із рідким склом і подальшим протиранням через сита або ж із використанням спеціальних грануляторів. Після подрібнення флюс просушують за температури 150–200 °С і прожарюють за температури 350 °С.

Перевагами керамічних флюсів є можливість легування металу шва через флюс, низька чутливість до іржі, окалини. Керамічні флюси дуже гігроскопічні, тому їх зберігають у герметичних упаковках і жорсткій тарі (через низьку міцність зерен).

За хімічним складом флюси поділяють на оксидні, сольові й солеоксидні. Оксидні складаються з оксидів металів із добавками фторидних сполук і використовують для зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей. Сольові флюси складаються з фторидних та хлоридних солей металів і використовуються для зварювання активних металів. Солеоксидні флюси складаються з фторидів та оксидів металів і використовуються для зварювання легованих сталей.

За призначенням флюси поділяють на групи:

- для дугового зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей;
- для дугового зварювання середньо- і високолегованих сталей;
- для електрошлакового зварювання;
- для зварювання кольорових металів і сплавів;
- для наплавлення.

Для зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей використовують флюси марок: АН-348А, АН-348АМ, АН-348В, ОСЦ-45, АН-60, ФЦ-6, АНК-35, АН-37П, АН-20С та ін. Індекси, що стоять після назви марки флюсу, означають: М — дрібний, С — склоподібний, П — пемзоподібний.

Для зварювання середньо- і високолегованих сталей використовують флюси марок: АН-20П, АН-20С, АН-26, АВ-4, АВ-5, АН-30, ОФ-6, ОФ-К, ФЦ-17, ФЦК-С, ФЦЛ-Г та ін.

Для електрошлакового зварювання використовують флюси таких марок: АН-8, АП-22, АНФ-1, АНФ-6, АНФ-7, АНФ-14У, АН-25, С-1.

Для зварювання кольорових металів і сплавів застосовують флюси таких марок:

- АН-348-А, ОСЦ-45, АН-20С, АН-26С, АН-МІ, АН-М13, АН- М15, АН-М10 — для механізованого зварювання міді та її сплавів;

- АН-301, АН-302, АН-304 — для електрошлакового зварювання алюмінію та його сплавів;

- ЖА-64, ЖА - 6 4 А — для механізованого зварювання під флюсом алюмінію та його сплавів;

- АНТ-1, АНТ-3, АНТ-7, АНТ-23А — для дугового зварювання під флюсом титану та його сплавів;

- АНТ-2, АНТ-4, АНТ-6 — для електрошлакового зварювання титану та його сплавів.

Для наплавлення використовують флюси марок: АН-70, АН-28, АН-20П та ін.

До окремої групи входять флюси для газового зварювання й зварювання вугільним електродом, що розчиняють оксиди та неметалеві включення металу шва. Водночас утворюється легкоплавка суміш, яка легко піднімається в шлак. Флюси використовують у вигляді порошків або паст. Для зварювання низьковуглецевих сталей їх не застосовують через утворення легкоплавких оксидів заліза, що вільно виходять на поверхню шва. З флюсами зварюють чавуни, кольорові метали, високолеговані сталі.

Флюси для газового зварювання і зварювання вугільним електродом повинні задовільняти такі вимоги:

- флюс повинен бути більш легкоплавким, ніж основний і присаджувальний метал;

- флюс повинен мати достатню рідкотекучість;

- флюс не повинен спричиняти корозію швів;

- флюс повинен активно розкиснювати оксиди й переводити їх у більш легкоплавкі хімічні сполуки або видаляти їх з ванни;

- утворений шлак повинен добре захищати метал від окиснення киснем та азотом повітря;

- шлаки повинні добре відокремлюватися від шва після зварювання;

- густина флюсу повинна бути меншою від густини основного й присаджувального металу, щоб шлак добре спливав на поверхню ванни і не залишався в металі шва.

Склад флюсу вибирають залежно від властивостей зварюваного металу.



## 6.4.4 Класифікація способів зварювання в захисних газах

*Дугове зварювання в захисних газах* — це зварювання, за якого дуга й розплавлений метал містяться в захисному газі, який подається в зону зварювання за допомогою спеціальних пристроїв. Цей вид зварювання широко використовують при виготовленні машинобудівельних і будівельних конструкцій.

Існує багато видів дугового зварювання в захисних газах, які можна класифікувати за найістотнішими ознаками (рис. 6.8).

Основні переваги зварювання в захисних газах:

- висока продуктивність (у 2,5 раза вища порівняно з ручним дуговим зварюванням покритими електродами), низька вартість під час використання активних захисних газів;
- простота механізації та автоматизації;
- можливість зварювання в різних просторових положеннях;



Рисунок 6.8 – Класифікація способів зварювання в захисних газах

- мала зона термічного впливу й відносно невеликі деформації виробу внаслідок високого ступеня концентрації дуги;
- висока якість захисту, немає потреби захищати шов під час багатозарового зварювання;

- доступність процесу зварювання металу різної товщини (від десятих часток міліметра до десятків міліметрів), можливість спостереження за утворенням шва;
  - висока якість зварних металів та їх сплавів різної товщини;
  - відсутність операцій із засипання й прибирання флюсу та видалення шлаку.
- Недоліки зварювання в захисних газах:
- відкрита дуга, що підвищує небезпеку ураження зору світловим випромінюванням;
  - потреба захисту зони зварювання від протягу (під час струминного захисту), що утруднює зварювання в монтажних умовах на відкритому повітрі;
  - втрати металу на розбризкування, наявність газової апаратури, в деяких випадках необхідність водяного охолодження пальників.

#### 6.4.5 Захисні гази та їх суміші

*Захисні гази* призначені для захисту зварювальної дуги й ванни від шкідливого впливу навколишнього середовища. Як захисні гази використовують інертні та активні гази, а також їх суміші.

До інертних захисних газів належать аргон і гелій. Хімічно вони не взаємодіють із металом і не розчиняються в ньому та забезпечують захист дуги й металу шва від повітря.

**Аргон** є одноатомним інертним газом, без кольору та запаху, важчий за повітря, чим забезпечує надійний захист зварної ванни. Залежно від домішок (кисень, азот, водень) його поділяють на такі сорти:

- аргон газоподібний і рідкий (ГОСТ 157-79) – вищого сорту (не менше ніж 99,992 % Ar) та першого сорту (99,987 % Ar) для плазмового різання і зварювання плавким і неплавким електродом;
- аргон високої чистоти (ТУ6-21-12-79) – рідкий першого сорту (99,998 % Ar), рідкий другого сорту (99,995 % Ar) і газоподібний (99,995 % Ar).

Аргон вищого сорту використовують для зварювання титанових сплавів, цирконію, молібдену та інших активних металів і сплавів, а також для зварювання особливо відповідальних виробів із

нержавіючих сталей. Аргон першого сорту призначений для зварювання алюмінієвих і магнієвих сплавів; другого сорту — для зварювання виробів із чистого алюмінію, нержавіючих і жароміцних сплавів.

Зберігають і транспортують аргон у сталевих суцільновитягнутих балонах у газоподібному стані під тиском 15 МПа (150 кгс/см<sup>2</sup>). У повному стандартному балоні місткістю 40 дм<sup>3</sup> (л) міститься 150 x 40 = 6 000 дм<sup>3</sup> (6 м<sup>3</sup>) газу. Колір балона сірий, а напис — зелений.

**Гелій** — інертний газ без кольору й запаху, значно легший за повітря і в 10 разів — від аргону. Одержують гелій шляхом стиснення й охолодження природних газів до температур конденсації з подальшим відокремленням домішок. Дуга, що горить у гелії, виділяє більше тепла, ніж в аргоні, цим забезпечує глибоке проплавлення металу. Оскільки гелій у 10 разів легший за аргон, погіршується захист зварної ванни і в 1,5–2 рази збільшуються витрати.

Залежно від вмісту домішок (азот, кисень, вуглекислий газ) гелій газоподібний (ГОСТ 20461-75) поділяють на такі сорти:

- особливої чистоти (не менше ніж 99,995 % He);
- високої чистоти (99,985 % He);
- технічний (99,8 % He).

Гелій використовують під час зварювання кольорових металів і сплавів, нержавіючих сталей.

Зберігають і транспортують гелій так само, як і аргон. Колір балона коричневий, а напис — білий.

До активних захисних газів належать вуглекислий газ, азот, водень та ін. Вони хімічно взаємодіють із зварюваним матеріалом і розчиняються в ньому.

**Вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>)** є безколірним із незначним запахом. Під час підвищення тиску він перетворюється на рідину, яку називають вуглекислою, а під час сильного охолодження (нижче ніж –78,9 °С) переходить у твердий стан, який називають «сухий лід». Вуглекислий газ в 1,5 раза важчий за повітря, що забезпечує надійний захист зварної ванни за незначних витрат.

Газ одержують із вапняків, коксу, антрациту методом випалювання в спеціальних печах із природного й котельних газів та іншими способами. Густина рідкої вуглекислоти сильно змінюється під час змін температури, і тому вуглекислота постачається за масою,

а не за об'ємом. Під час випаровування 1 кг вуглекислоти утворюється 509 дм<sup>3</sup> (л) вуглекислого газу.

Випускають двоокис вуглецю (ГОСТ 8050-85) газоподібний і рідкий таких серій:

- зварювальний (не менше ніж 99,5 % CO<sub>2</sub>);
- зварювальний підвищеної якості (99,8 % CO<sub>2</sub>);
- технічний (98,5 % CO<sub>2</sub>).

Зварювальний (просушений) вуглекислий газ відрізняється від технічного меншим умістом вологи.

Рідку вуглекислоту зберігають у балонах під тиском 6–7 МПа. У балоні міститься 60–80 % рідини, а решта — газ, що випарувався. Колір балона чорний, а напис — жовтий. У балони місткістю 40 л заливають 25 л вуглекислоти, під час випаровування якої утворюється 150–120 л газу. Зварювальну вуглекислоту забороняється заливати в балони з-під харчової і технічної вуглекислоти, тому що вони можуть мати підвищену кількість пари води. Використовують вуглекислоту до тиску в балоні не менше ніж 0,4 МПа.

Під час використання вуглекислоти можуть виникнути перепади тиску, що призводить до утворення «сухого льоду». Для запобігання цьому явищу між балоном і редуктором установлюють підігрівач.

У балонах із вуглекислим газом не повинна бути вода, але через дефіцит зварювальної вуглекислоти першого сорту застосовують газ другого сорту і харчовий. Підвищений вміст водяної пари у вуглекислому газі призводить до утворення пор і зниження пластичності зварного з'єднання. Тому рекомендують перед використанням новий балон установити вентилям вниз на 8 год, а потім відкрити його в такому положенні й випускати воду до появи «сухого льоду». Для зниження вмісту вологи та поглинання теплоти під час випаровування вуглекислого газу на виході з балона встановлюють підігрівачі.

**Азот** – газ без кольору й запаху, за температури –190 °С перетворюється на рідину. Він є інертним щодо міді. Одержують азот з атмосферного повітря як побічний продукт. Використовують для зварювання міді, аустенітних сталей і плазмового різання.

Випускають азот таких сортів:

- газоподібний і рідкий (ГОСТ 9293-74): особливої чистоти (не менше ніж 99,996 % N<sub>2</sub>); технічний газоподібний вищого сорту (99,994 % N<sub>2</sub>); технічний газоподібний і рідкий першого сорту

(99,5 % N<sub>2</sub>); технічний газоподібний і рідкий другого сорту (99,0 % N<sub>2</sub>); технічний газоподібний і рідкий третього сорту (97,0 % N<sub>2</sub>);

- азот газоподібний і рідкий технічний, підвищеної чистоти: сорт 1 (99,99 % N<sub>2</sub>), сорт 2 (99,95 % N<sub>2</sub>).

Колір балону чорний, напис — жовтий.

**Водень** — газ без кольору, запаху й смаку, в 1,4 раза легший за повітря. Використовують як домішки до захисних газів та для інших промислових потреб. Одержують шляхом електролізу дистильованої води, розчину хлористих солей тощо.

Згідно з ГОСТом 3022-80 випускають технічний водень таких марок:

- А (вміст водню не менше ніж 99,99 % Н);
- Б – сорт вищий (99,95 % Н), сорт 1 (99,8 % Н);
- В – сорт вищий (98,5 % Н), сорт 1 (97,5% Н), сорт 2 (95,0% Н).

Колір балону темно-зелений, напис — червоний.

У деяких випадках кращі технологічні властивості мають суміші газів. Суміш із 70 % He і 30 % Ar збільшує продуктивність зварювання алюмінію, покращує формування шва, дозволяє наплавлювати більший шар металу. Суміш вуглекислоти з киснем (2–5 %) сприяє дрібнокраплинному перенесенню металу, покращує формування шва, зменшує розбризування на 30–40 %. Аргоноазотна суміш (86–88 % Ar) покращує плазмове різання, а аргоноокиснева – (79–77 % Ar) сприяє кращому зварюванню плавким електродом сплавів у сильноокиснювальній атмосфері. Домішки вуглекислоти або кисню до аргону сприяють утворенню струминного перенесення металу в дузі, зменшуючи водночас при цьому розбризування і покращуючи якість шва. Суміш аргону (90 %) і водню (10 %) використовується під час зварювання тонкого металу, забезпечує збільшення швидкості зварювання, зменшення зони термічного впливу і залишкових деформацій. Таку суміш застосовують під час мікроплазмового зварювання. Водень забезпечує стискання стовпа дуги, робить його сконцентрованим.

Суміші інертних та активних газів (аргон, вуглекислий газ, кисень) мають технологічні переваги перед чистим вуглекислим газом. На цей час упроваджений випуск готової газової суміші марки АГАМІКС, яка зменшує розбризування електродного металу на 5–10 %, покращує формування металу шва і робить процес зварювання менш чутливим до коливань напруги та швидкості подачі дроту.

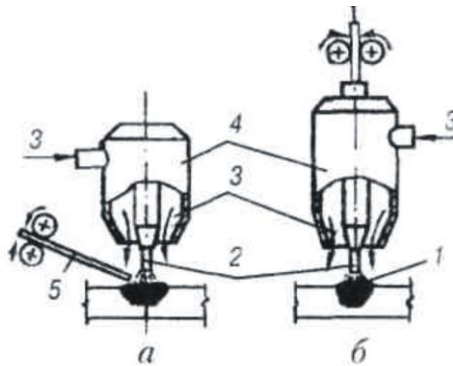


Рисунок 6.9 – Схеми зварювання в середовищі захисних газів:  
 а і б – неплавким і плавким електродми; 1 – зварювальна дуга; 2 – електрод;  
 3 – захисний газ; 4 – газове сопло пальника; 5 – присаджувальний дріт

Зварювання в захисних газах можна виконувати неплавким вольфрамовим або плавким електродом (рис. 6.9). У першому випадку зварний шов одержують за рахунок розплавлення кромки виробу і, якщо необхідно, — за рахунок дроту, що подається в зону дуги.

Плавкий електрод у процесі зварювання розплавляється і формує шов. Для захисту застосовують гази трьох груп: інертні (аргон, гелій), активні (вуглекислий газ, азот, водень та ін.), суміші інертних та активних газів. Вибір захисного газу визначається хімічним складом зварного металу, вимогами щодо властивостей зварного з'єднання, економічністю процесу та іншими факторами. Захисний газ у зону зварювання може подаватися центрально (рис. 6.10 а), а за підвищених швидкостей зварювання — плавким електродом збоку (рис. 6.10 б). Для економії витрат дефіцитних і дорогих інертних газів використовують захист двома роздільними потоками газів (рис. 6.10 в), зовнішній потік — вуглекислий газ.

Під час зварювання активних матеріалів для запобігання контакту повітря не лише з розплавленим, а й із нагрітим твердим металом застосовують видовжені насадки на сопла (рухомі камери, рис. 6.10 г). Надійний захист досягається під час розміщення виробу в стаціонарних камерах, заповнених захисним газом.

Основними різновидами зварювання є зварювання у вуглекислому газі та аргонодугове зварювання.

Під час зварювання на зворотній полярності погіршується стійкість горіння дуги, підвищуються втрати вольфраму.

Але дуга зворотної полярності має й позитивні властивості:

- добре очищає поверхню металу, який зварюється, від оксидів і забруднень;
- позитивні важкі іони аргону, що утворюються під дією електричного поля, рухаючись від електрода (+) до виробу (-), руйнують оксидну плівку і забруднення. Це явище називають катодним розпиленням.

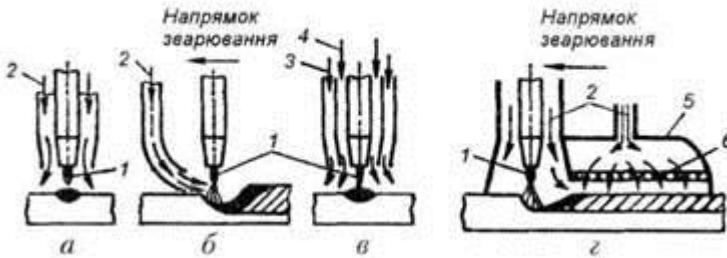


Рисунок 6.10 – Схеми подавання захисного газу в зону зварювання:  
 а – центральна; б – бокова; в – двома концентричними потоками; г – у рухому камеру (насадку);  
 1 – електрод; 2 – захисний газ; 3, 4 – зовнішній і внутрішній потік захисного газу; 5 – насадка;  
 6 – роздільна сітка

Зварювання на змінному струмі використовують для зварювання легкоплавких металів — алюмінію, магнію, берилію та їх сплавів. У цьому разі досягається видалення оксидної плівки, що активно утворюється на поверхні цих металів і має температуру плавлення, значно вищу від температури плавлення металу. Явище катодного розпилення спостерігається, якщо виріб стає катодом.

Через зміну полярності вольфрамовий електрод не перегрівається, використовується струм значної величини. Тому цей метод ефективно використовують для легкоплавких металів.

Зварювання плавким електродом на постійному струмі зворотної полярності використовують унаслідок високої стабільності дуги. Як захисні гази використовують інертні, активні або їх суміші. Гази вибирають залежно від металу, який зварюється, його товщини й вимог, що ставляться до зварного з'єднання. На стабільність горіння дуги, форму та розмір шва впливають матеріал і діаметр електрода, склад захисного газу та інші фактори.

## Висновки

Отже, зварювання під флюсом є найпоширенішим видом механізованого дугового зварювання металів. Зварювання під шаром

флюсу успішно застосовують під час виготовлення апаратури, конструкцій і виробів відповідального призначення, що працюють в умовах глибокого холоду, під дією високих температур і тиску, в агресивних рідких та газових середовищах. Зварювальні флюси класифікують за способом виготовлення, хімічним складом тощо. Захисні гази призначені для захисту зварювальної дуги й ванни від шкідливого впливу довкілля. Як захисні гази використовують інертні та активні гази, а також їх суміші.

### **Питання для самоперевірки**

- 1 Яке призначення флюсів для механізованого зварювання?
- 2 Які є види зварювальних флюсів?
- 3 Чим відрізняються флюси для електродугового зварювання від флюсів, які використовують під час газового зварювання?
- 4 Для чого використовують захисні гази?
5. Які гази називають інертними?
- 6 Які є види інертних газів?
- 7 Які гази називають активними?
- 8 Назвіть суміші газів, які використовують під час зварюванні.

## **Розділ 7 Спеціальне зварювальне обладнання**

### **Тема 7.1 Механічне зварювальне обладнання**

- 7.1.1 Призначення механічного зварювального обладнання.
- 7.1.2 Механічне зварювальне обладнання.



### **7.1.1 Призначення механічного зварювального обладнання**

Механічне зварювальне обладнання (МЗО) є засобом механізації та автоматизації процесів зварювання. Воно призначене для виконання однієї з таких функцій: фіксування зварюваного виробу в зручному для зварювання положенні; повороту зварюваного виробу під час накладання зварних швів у різних площинах; обертання зварюваного виробу зі зварювальною швидкістю, що забезпечує сталість швидкості зварювання під час накладання колових швів; установлення та напрямки самохідних зварювальних автоматів; переміщення зварювальних автоматів у вихідне положення для зварювання; переміщення автоматів зі швидкістю зварювання, що забезпечує сталість швидкості зварювання під час накладання прямолінійних швів і переміщення зварників.

Залежно від призначення розрізняють такі види МЗО: маніпулятори, обертачі, кантувачі, роликові стенди, столи зварника, колони, візки, пантографи і майданчики для зварників.

Деякі види механічного зварювального устаткування поєднують у собі виконання декількох з перелічених функцій.

### **7.1.2 Механічне зварювальне обладнання**

*Маніпулятори.* Маніпулятори призначені для автоматичного й напівавтоматичного дугового зварювання. Їх виготовляють двох типів: маніпулятори зі зварювальною швидкістю, що забезпечують обертання зварюваного виробу навколо осі, і маніпулятори з маршовою швидкістю, що забезпечують поворот зварюваного виробу в положення, зручне для зварювання. За допомогою обох типів маніпуляторів можна здійснювати також нахил виробу.

Конструктивно маніпулятори виконують зазвичай двох видів: карусельні та консольні.

Маніпулятор карусельного типу має станину, шпindel із приводом обертання, поворотний стіл із приводом нахилу і робочий орган – планшайбу. Замість планшайби іноді встановлюють хрестовину або безпосередньо на шпindel – пристосування для закріплення зварюваного виробу.

Маніпулятор консольного типу має ті самі механізми, але шпindel винесено на поворотну консоль. У консольному маніпуляторі нахил планшайби трансформується в обертання консолі.

Можливі й інші виконання маніпуляторів. Наприклад, нахил може здійснюватися за рахунок повороту в цапфах шпинделя з

приводом, за рахунок повороту відносно станини і т. Ін. У легких маніпуляторах для нахилу планшайби застосовують ручний привод.

Для забезпечення обертання або переміщення планшайби зі зварювальною швидкістю в маніпуляторах застосовують систему привода з електродвигуном постійного струму і тиристорним перетворювачем.

Кратність діапазону регулювання частоти обертання двигуна (відношення найбільшої частоти обертання до найменшої) досягає 50 за постійної швидкості зварювання.

Для повороту або нахилу планшайби з маршовою швидкістю і піднімання виробу застосовують двигун змінного струму з нерегульованою частотою обертання. Піднімання виробу може здійснюватися також за допомогою гідравлічного привода.

*Обертачі.* Вертикальні обертачі призначені для установалення і повороту зварюваного виробу навколо вертикальної осі, а також для обертання навколо неї зі зварювальною швидкістю. Вертикальний обертач являє собою маніпулятор без механізмів нахилу і піднімання планшайби. Їх виготовляють двох типів: зі зварювальною або маршовою швидкістю.

Конструктивна схема вертикальних обертачів – карусельна. Основні вузли привода і виконавчих органів вертикальних обертачів і маніпуляторів ідентичні. Обертач має привод обертання, шпindelь із планшайбою і станину. Принципові конструктивні та електричні схеми вертикальних обертачів збігаються з аналогічними схемами маніпуляторів. Обертачі забезпечують роботу за тієї самої кратності діапазонів регулювання швидкостей зварювання і частоти обертання, що й аналогічні маніпулятори.

Основними параметрами обертачів є крутний момент на осі обертання планшайби, вантажопідйомність і висота планшайби над рівнем підлоги.

Похили обертачі за призначенням, конструкцією та іншими показниками аналогічні вертикальним, проте вісь обертання в них спрямована під кутом до вертикалі. Залежно від конструкції зварюваних виробів кут нахилу осі обертання зазвичай становить 30, 45 або 60°.

Горизонтальні обертачі призначені для встановлення і повороту зварюваного виробу навколо горизонтальної осі, а також для обертання навколо неї зі зварювальною швидкістю. Горизонтальні

обертачі виготовляють двох типів: зі зварювальною або з маршовою швидкістю.

Горизонтальний обертач складається з двох основних частин: приводний та підтримувальний. Приводна частина являє собою маніпулятор без механізму нахилу, вісь обертання якого завжди горизонтальна. Підтримувальна частина являє собою рухливий візок. Шпинделі обох частин співвісні. Для автоматичного зварювання довгомірних виробів додатково застосовують рухомі роликоопори, які переміщуються за тими самими напрямними, що й підтримувальна частина, і можуть регулюватися за висотою залежно від діаметра зварюваного виробу.

Вибір необхідного обертача проводять аналогічно вибору маніпулятора, але з моменту відносно опорної площини виробу обертач не перевіряється, оскільки виріб закріплюється в ньому у двох опорах. Необхідність установа додаткових роликів опор визначається залежно від впливу прогину на якість зварного шва. Керування горизонтальним обертачем аналогічне керуванню маніпулятором.

*Кантувачі.* Кантувачі призначені для установа зварюваного виробу і повороту навколо горизонтальної осі, а також для переміщення виробу по вертикалі. Кантувачі не мають зварювальної швидкості. Їх розрізняють за принципом пристрою привода повороту. Найбільш поширені кантувачі центрові, ланцюгові, книжкові, кільцеві.

*Центрові кантувачі* мають два стояки, на яких змонтовані приводи з шпинделями і робочими органами. Один зі стояків, зазвичай нерухомий, має привод обертання шпинделя. Другий, рухомий, має механізм переміщення за напрямними. У разі невеликих переміщень замість переміщення всього стояка може висуватися лише шпиндель. Крім того, кожний стояк може мати синхронізований привод підйому центрів, який спрощує роботу під час зварювання рамних конструкцій.

Основними параметрами кантувачів є крутий момент, вантажопідйомність, мінімальна й максимальна висота підйому центрів. Вибір кантувача проводять аналогічно вибору маніпулятора – за вантажопідйомністю і крутим моментом.

*Кільцеві кантувачі.* Застосовують для повороту об'ємних зварюваних виробів. Кантувач залежно від довжини зварюваних виробів має два або більше кілець для закріплення виробу, роликові

опори, на які спираються кільця, і привод. Кільцеві кантувачі можуть мати складені кільця, що розкриваються для встановлення виробу. Крім описаних конструкцій зварювальних кантувачів, існують й інші конструкції, застосовувані значно рідше.

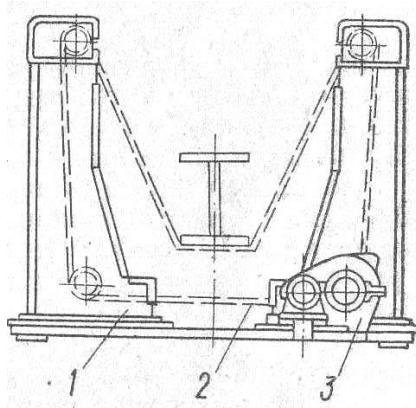


Рисунок 7.1 – Кантувач ланцюговий:  
1 – стояк; 2 – робочий ланцюг; 3 – привод

*Ланцюгові кантувачі.* Застосовують в основному для кантування балкових конструкцій прямокутного, трикутного чи близьких до них перерізів. Кантувач (рис. 7.1) залежно від довжини зварюваної конструкції має два або більше стояків із робочими ланцюгами, яким надає руху привод. Зварюваний виріб установлюють на ланцюг і під час його переміщення він повертається в потрібне для зварювання положення. Привод може мати один двигун, що передає рух ланцюгами за допомогою трансмісій. Застосовують також синхронізований привод на кожному стояку, що спрощує роботу кантувача, але ускладнює його електричну схему.

*Книжкові кантувачі.* Застосовують для повороту плоских зварюваних виробів навколо горизонтальної осі на кут до  $180^\circ$ . Кантувач має поворотну раму, привод повороту, механізм кріплення виробу, станину. Він може працювати без кріплення зварюваного виробу. Для цього кантувач забезпечується двома поворотними рамами. У вертикальне положення виріб установлюють за допомогою однієї рами, а інша рама за рахунок гальмівного моменту плавно опускає його.

Зварювальні роликові стенди призначені для обертання зварюваних виробів типу тіл обертання, зазвичай циліндричних. Роликові стенди складаються з роликових опор і приводів. Роликові опори можуть об'єднуватися в секції.

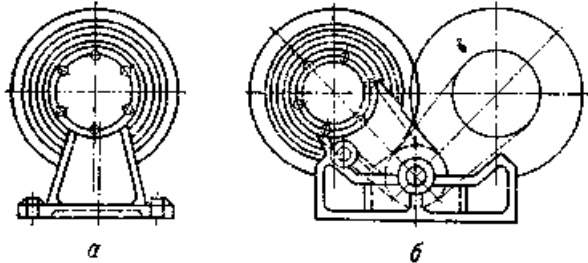


Рисунок 7.2 – Роликові опори:  
а – стаціонарна; б – перекидна

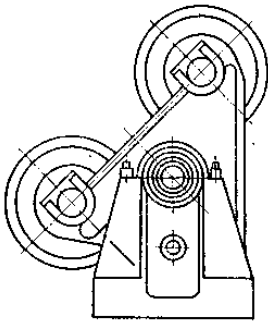


Рисунок 7.3 – Роликова опора балансірна

Роликові опори бувають стаціонарними (рис. 7.2 а), перекидними (рис. 7.2 б), здвоєними балансірними (рис. 7.3). Стаціонарні опори мають нерухому вісь ролика. Перекидна опора має шарнір для повороту обойми з роликом у різні положення. Варіантом перекидної опори може бути опора, що перевстановлюється та має кілька фіксованих положень. До конструкції балансірних опор входять здвоєні ролики, що самовстановлюються залежно від діаметра зварюваного виробу.

Крутний момент передається від ролика зварюваного виробу за рахунок тертя, тому для кращого зчеплення звиробом контактну поверхню роликів покривають гуммою.

Під час навантажень, що перевищують допустимі навантаження на гуму, застосовують комбіновані ролики, в яких чергуються ділянки, покриті гумою, з ділянками відкритого металу. Водночас радіус ділянки, покритої гумою, перевищує радіус металевої

ділянки на величину, дещо меншу від величини допустимої деформації гуми. Під час роботи гума стискається до рівня металевих ділянок, і надмірне навантаження сприймається металом. У разі великих навантажень застосовують також зблоковані – подовжені — ролики.

Секції роликів опор являють собою пару опор однакового або різних типів, які встановлюють на загальній основі. Секції можуть бути стаціонарними (рис. 7.4 а) і пересувними (рис. 7.4 б). Для розширення діапазону діаметрів зварюваних виробів відстань між роликівими опорами в секції може змінюватися.

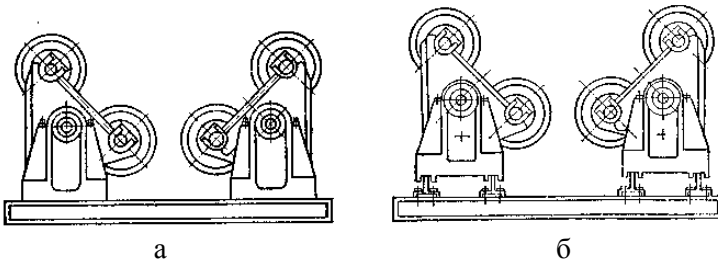


Рисунок 7.4 – Секції роликів стэнда:  
а – стаціонарна; б – пересувна

Роликіві опори бувають приводними і холостими. Приводні опори відрізняються від холостих наявністю виведення кінців валів роликів для приєднання до системи привода. Іноді приводні роликіві опори випускають разом із приводом і компонують у стэнді разом із холостими опорами без додаткового привода.

У зварювальному роликівому стэнді може бути один або два синхронізованих приводи, розміщених у кожному ряду роликівих опор. Якщо в стэнді встановлений лише привід зі зварювальною швидкістю, то маршовою буде максимальна швидкість привода. Якщо цього для маршової швидкості недостатньо, то додатково стэнд комплектують приводом із маршовою швидкістю. Якщо зварювання на стэнді проводять не в автоматичному режимі, то стэнд оснащують лише приводом із маршовою швидкістю.

Крім описаних конструкцій, можуть застосовуватися приводи з багатшвидкісними електродвигунами змінного струму або приводи зі змінними передачами, що забезпечують обертання зварюваного виробу зі ступінчастим регулюванням зварювальної швидкості.

Під час зварювання легких конструкцій роликові стенди повинні бути обладнані роликами для притискання виробу до провідних роликів і збільшення сили зчеплення.

*Зварювальні колони і візки.* Установлення і переміщення зварювальних автоматів й напівавтоматів здійснюються за допомогою зварювальних колон і візків. Колони для зварювальних автоматів виконують поворотними і неповоротними з підйомною або стаціонарною консоллю. Залежно від призначення (для самохідного або несамохідного автомата) колона може мати висувну або невисувну консоль. Висувна консоль може мати привод зі зварювальною швидкістю. Колони для самохідних зварювальних автоматів мають на консолі напрямні.

Колони для зварювальних напівавтоматів несуть на собі подавальний механізм і бухту зі зварювальним дротом. Вони можуть виконуватися з поворотними і похилими консолями. Поворотна консоль колони складається з двох шарнірно з'єднаних частин, що дозволяє забезпечувати зварювання практично в будь-якій точці площини, описаного радіусом, що дорівнює довжині робочої консолі. Крім того, колона має механізм вертикального переміщення консолі.

Зварювальні візки порівняно з колонами мають ще один ступінь вільності – переміщення за напрямними (рейками). Конструктивно зварювальні візки влаштовані аналогічно колон і додатково забезпечені механізмами переміщення та платформою на колесах.

За конструктивним оформленням механізму пересування розрізняють зварювальні візки глагольні, велосипедні та порталні.

Глагольні зварювальні візки (рис. 7.5) мають платформу, що переміщається по двоколінному рейковому шляху, колону, консоль, по якій пересувається (або на яку навішується) зварювальний автомат. У велосипедному зварювальному візку платформа одноколійна; у верхній частині є підтримувальний ролик, що переміщається по напрямній (рис. 7.6).

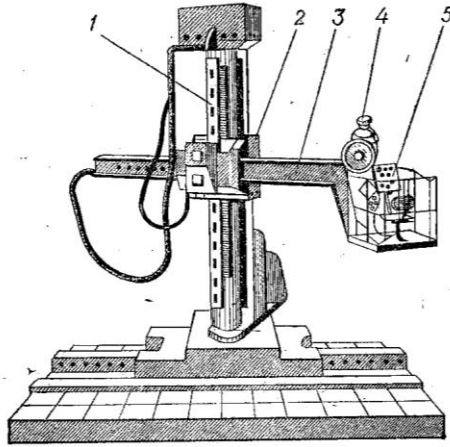


Рисунок 7.5 – Глагольний зварювальний візок:  
1 – стіоя; 2 – каретка; 3 – штанга; 4 – зварювальний апарат; 5 – місце зварника

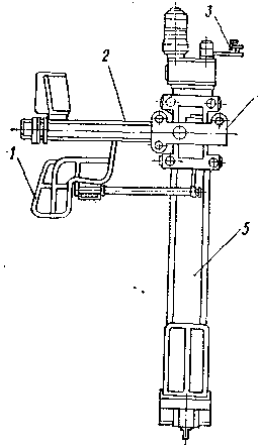


Рисунок 7.6 – Велосипедний зварювальний візок:  
1 – місце зварника; 2 – штанга; 3 – підтримувальний ролик; 4 – каретка; 5 – стояк

Портальні зварювальні візки мають дві колони, з'єднані у вигляді порталу, які спираються кожна на одноколіїну платформу. Візки, що вертикально переміщуються, мають траверсу, за якою пересувається (або на яку навішується) зварювальний автомат. Портальний візок переміщується рейковими шляхами широкої колії. Між рейками розміщується зварюваний виріб. Конструкція візка показана на рисунку 7.7.



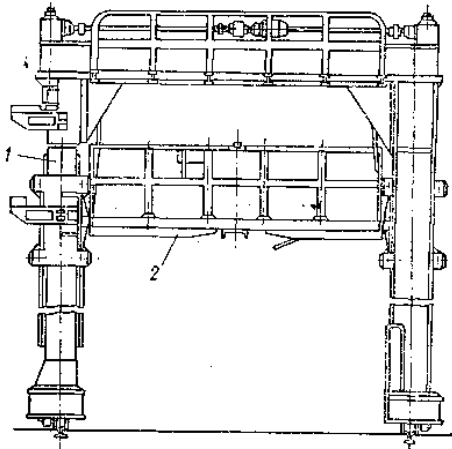


Рисунок 7.7 – Портальний візок:  
1 – портал; 2 – траверса з балконом

Зварювальні візки можуть пересуватися вздовж зварювального виробу зі зварювальною і маршовою швидкістю для зварювання прямолінійних поздовжніх швів; для зварювання прямолінійних поперечних швів візки мають або напрямні, по яких переміщується зварювальний автомат, або висувну консоль, яка переміщується зі зварювальною швидкістю. Крім того, візки мають механізм вертикального переміщення консолі (траверси), що дозволяє проводити зварювання на заданій висоті.

### **Висновки**

Зварювальне виробництво – комплексне виробництво, що містить основні операції (складання, зварювання, правку, термооброблення, оброблення зварних конструкцій та ін); допоміжні операції (транспортні, налагоджувальні, контрольні і т. ін.) та операції обслуговування (ремонтні та ін.). Операції, не зв'язані безпосередньо із зварюванням у зварювальному виробництві, становлять 70–75 % відзагальної трудомісткості робіт. Під час здійснення власне варювальних операцій, зокрема застосування механізованих методів зварювання, виконують допоміжні прийоми з установами і кантування виробів під зварювання, зачищення крайок і швів, збирання флюсу, встановлення автомата на початку шва, відведення автомата або переміщення виробу та ін. На виконання цих операцій припадає 30–35 % від трудомісткості власне зварювальних операцій. Звідси випливає, що комплексна механізація зварювального

виробництва має надзвичайно важливе значення, оскільки механізація лише самого процесу зварювання не може забезпечити високого рівня механізації виробництва зварних конструкцій.

### **Питання для самоперевірки**

- 1 Для чого призначене механічне зварювальне обладнання?
- 2 Що таке маніпулятор? Його призначення.
- 3 Що таке обертач? Його призначення.
- 4 Які бувають роликові стенди?
- 5 Основні види зварювальних візків.

## **Тема 7.2 Обладнання для ацетиленокисневого різання та зварювання**

- 7.2.1 Сутність процесу газового зварювання.
- 7.2.2 Вимоги до металу, що підлягає газокисневому різанню.
- 7.2.3 Обладнання для зберігання і транспортування газів.
- 7.2.4 Обладнання для постачання газових постів і комунікацій.

### **7.2.1 Сутність процесу газового зварювання**

Сутність процесу газового зварювання полягає в тому, що зварюваний і присадні метали розплавляються теплом полум'я, одержуваного під час згоряння якого-небудь горючого газу в суміші з киснем, зазвичай застосовують горючий газ ацетилен. Порівняно з електродуговим зварюванням газове зварювання малопродуктивне. Газове зварювання широко використовують під час виготовлення тонких сталевих виробів товщиною до 5 мм, зварювання кольорових металів та їх сплавів, виправлення дефектів у чавунних і бронзових відливках, а також виконання різних ремонтних робіт.

Для отримання хорошої якості шва під час газового зварювання необхідно правильно вибрати присадний метал, потужність пальника, номер наконечника і відрегулювати зварювальне полум'я. Присадний метал вибирають залежно від хімічного складу зварюваного металу. Потужність пальника і номер наконечника вибирають за товщиною зварюваного металу. Зазвичай на наконечниках зазначають товщину зварюваного металу, для якої призначений цей наконечник.

Дуже впливає на якість зварного шва газозварювальне полум'я. Залежно від співвідношення кисню та ацетилену в горючій

суміші зварювальне полум'я може бути нормальним, окиснювальним і насиченим вуглецем.

*Нормальне*, або відновлювальне, полум'я отримують за відношення ацетилену до кисню від 1:1 до 1:1,3. Здебільшого під час зварювання застосовують нормальне полум'я, що сприяє розкисненню металу зварювальної ванни та отриманню якісного зварного шва.

Нормальне ацетиленокисневе зварювальне полум'я поділяється на три різко виражені зони: ядро, відновну зону і факел. Ядро має форму закругленого конуса, що яскраво світиться. Відновлювальна зона порівняно з ядром має більш темний колір. Максимальна температура полум'я у відновній зоні на відстані 2–4 мм від ядра, тому цією частиною полум'я і виробляють розплавлення зварюваного металу. Факел розміщується за відновною зоною і має подовжену конусоподібну форму.

*Окиснювальним* називають полум'я, в якому є надлишок кисню, воно має блакитний колір і загострену форму ядра. Таке полум'я сильно окисняє метал зварювальної ванни, сприяє отриманню пористості й низької якості зварного шва. Окиснювальним полум'ям зварюють латуні. Полум'я з надлишком ацетилену називають насичувальним вуглецем, воно має жовто-червоний колір і подовжений кіптявий факел, насичує вуглецем метал зварювальної ванни, ним зварюють кольорові метали і чавун.

У процесі зварювання полум'я не лише розплавляє метал, а й захищає розплавлену ванну від шкідливого впливу кисню та азоту атмосферного повітря. Тому під час зварювання необхідно, щоб розплавлений основний метал і кінець присадного металу знаходилися весь час у відновній зоні полум'я.

Для газового зварювання міді як присадний матеріал застосовують прутки з міді марок М1, М2, М3, а під час зварювання бронз прутки беруть близькими за хімічним складом до зварюваного матеріалу. Газове зварювання бронзи рекомендують проводити з попереднім підігрівання до 350–450 °С. Найбільш поширено флюси застосовують під час зварювання міді, бронзи й латуні. Це бура, бура + борна кислота, фтористий натрій та ін. Для зварювання алюмінієвих бронз можна застосовувати флюси, призначені для зварювання алюмінію. Газове зварювання алюмінію та його сплавів малоефективне. Основні недоліки – необхідність застосування флюсів і мала концентрація тепла порівняно з дуговим зварюванням. Флюси

застосовують під час зварювання алюмінію. Це фтористий натрій + фтористий калій, хлористий натрій + хлористий калій та ін.

Газове зварювання чавуну можна поділити на власне зварювання і паяння. Під час зварювання як присадний метал застосовують сталевий зварювальний дріт Св – 08 і Св – 08А (маркування згідно з ГОСТом 2246–70) або стрижні з чавуну марки А, під час паяння – латунні прутки.

### **7.2.2 Вимоги до металу, що підлягає газокисневому різанню**

Кисневе різання базується на тому, що метал, який розрізається, підігрівається до температури, за якої він згоряє в струмені кисню. Згоряння металу – це хімічний процес, він проходить за реакцією  $2\text{Fe} + \text{O}_2 = 2\text{FeO} + \text{Q}$ . Процес відбувається з виділенням тепла. Продукти окиснення викидаються під дією кінетичної енергії струменя кисню. Під час різання близько 70 % тепла виділяється під час згоряння металу в кисні і лише 30 % підводиться від полум'я, що підігріває. Як горючі гази застосовують: а) ацетилен – зварювання всіх металів, різання, паяння; б) водень – зварювання сталей (товщиною до 2 мм), чавуну, алюмінію та його сплавів, різання; в) коксовий газ – паяння і зварювання легкоплавких кольорових металів, різання; г) нафтовий газ – зварювання сталей товщиною до 2 мм, чавуну, кольорових металів та їх сплавів, паяння та різання; г) метан – зварювання легкоплавких металів, паяння, різання; д) пари гасу – паяння, різання, поверхневе загартування; е) пропан-бутанова суміш – зварювання і паяння чавуну і кольорових металів, різання.

Для забезпечення проходження нормального процесу різання метал повинен задовольняти такі вимоги:

- 1) температура горіння металу в струмені кисню повинна бути нижчою за температуру плавлення;
- 2) температура плавлення оксидів металу повинна бути нижчою за температуру плавлення металу, який розрізають;
- 3) кількість тепла, що виділяється під час згоряння матеріалу, повинна бути достатньою для підтримання процесу горіння;
- 4) теплопровідність металу повинна бути не надто високою, щоб не переривався процес різання;
- 5) окисли металу, утворені під час різання, повинні бути рідкотекучими і легко видуватися струменем різального кисню.

Кисневе різання застосовують для розкроювання низьковуглецевих, низьколегованих, а іноді середньолегованих сталей, що мають ферито-перлітну структуру.

Процес різання утруднюється якщо вміст у сталях 0,7 % вуглецю. Вміст легувальних елементів не повинен перевищувати 5 %, оскільки вони сприяють утворенню тугоплавких окислів.

Чавун, мідь і алюміній, а також їх сплави, високохромисті й хромонікелеві сталі не підлягають нормальному процесу різання.

Чавун має температуру горіння приблизно однакову з температурою плавлення. Газополуменеве різання більшості кольорових металів неможливе через їх високу теплопровідність і різке погіршення фізико-хімічних властивостей у зоні різання (вигорання цинку в латуні, підвищення крихкості міді і т. ін.). Мідь та її сплави не різуть унаслідок високої теплопровідності й малої теплоти згорання. Алюміній та його сплави, високолеговані сталі, покриті тугоплавкою плівкою оксидів, тому процес різання ускладнений.

Розрізняють три типи різання:

1) роздільне різання, що утворює наскрізні розрізи.

Струмінь різального кисню розміщений під прямим кутом до поверхні різання;

2) поверхнєве різання. Струмінь різального кисню розміщений під дуже малим кутом до поверхні різання, майже паралельно і забезпечує його грубу стружку або обдирання (видаляють поверхнєві дефекти відливок);

3) різання кисневим списом – виконують тонкостінною сталеву трубною (списом), приєднаною до рукоятки різача. Кисень проходить через сталеву трубку, притиснуту вільним кінцем до металу, який пропалюють. Початок різання відбувається з підігрівання місця різання (зазвичай підігрівання виробляють електрозварюванням). Під час пропускання кисню кінець списа швидко загоряється і подальше підігрівання не потрібне. Таким чином, пропалюють отвори в бетоні, мармурі. Газополуменеве різання може бути ручним та машинним.

### 7.2.3 Обладнання для зберігання і транспортування газів

Для зберігання і транспортування газів під тиском застосовують сталеві балони. Сталеві балони для газів із тиском до 20 МПа (ГОСТ 949-73) бувають малої (до 0,012 м<sup>3</sup>) (12 л) і середньої (0,02–0,05 м<sup>3</sup>) (20–50 л) ємності. Балони призначені для зберігання й перевезення стиснених, зріджених і розчинених газів за температури від –50 °С до + 60 °С.

*Кисень.* Для газового різання і зварювання як окиснювач використовують газоподібний кисень, який одержують із повітря методом глибокого охолодження і постачають до місця споживання в сталевих балонах під тиском 15 МПа. Балони фарбують у блакитний колір із чорним написом «кисень» (див. табл. 6.1). Балон складається зі сталевого циліндричного корпусу з опуклим днищем і сферичною верхньою частиною, що має горловину. Для надання балону стійкості

Таблиця 7.1 – Кольори фарбування балонів (за ГОСТом 949 – 73)

Газ	Колір балона	Колір надпису	Колір смуги	Нарізка
Азот	Чорний	Жовтий	Коричневий	Права
Аргон технічний	Чорний	Синій	Синій	Права
Аргон чистий	Сірий	Зелений	Зелений	Права
Ацетилен	Білий	Червоний	—	Ліва
Бутан	Червоний	Білий	—	Ліва
Водень	Темно-зелений	Червоний	—	Ліва
Повітря	Чорний	Білий	—	Права
Гелій	Коричневий	Білий	—	Права
Кисень	Блакитний	Чорний	—	Права
Вуглекислота	Чорний	Жовтий	—	Права
Інші горючі газы	Червоний	Білий	—	—
Інші негорючі газы	Чорний	Жовтий	—	—

на нижню частину одягають башмак, на горловину – напресоване кільце з нарізкою, на яку накручують захисний ковпак. У горловину вкручують латунний вентиль із правою нарізкою (Труб. 3/4 " ГОСТ 6357–73). Найпоширені балони ємністю 40 л. У них діаметр корпусу дорівнює 219 мм за товщини стінки балона 8 мм і висоти 1 390 мм. Такий балон за тиску 15 МПа вміщує 6 м<sup>3</sup> газу. Маса заповненого балона 67 кг. Під час зіткнення з маслом кисень вибухонебезпечний.

*Ацетиленові генератори.* Ацетиленові генератори – це апарати, призначені для одержання ацетилену з карбіду кальцію. Ацетиленові генератори можна класифікувати за такими ознаками: величиною тиску газу – низького тиску (до 10 кПа), середнього (1-ша група до 70 кПа і 2-га група 150 кПа), високого (понад 150 кПа); продуктивністю – малої (до 3 м<sup>3</sup>/год), середньої (до 30 м<sup>3</sup>/год), великої (понад 30 м<sup>3</sup>/год); родом установаження – стаціонарні, пересувні; способом заряджання – безперервної дії, перервної дії.

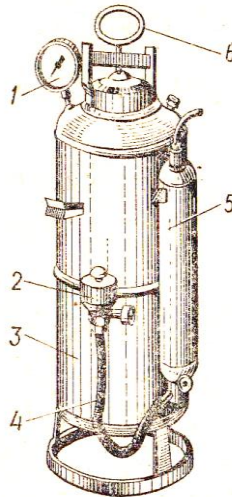


Рисунок 7.8 – Ацетиленовий генератор АСВ-1,25-4:  
1 – манометр; 2 – запобіжний клапан; 3 – корпус промивача; 4 – шланг;  
5 – водяний затвор; 6 – гвинт

Залежно від взаємодії карбїду кальцію з водою розрізняють такі системи роботи генераторів: КВ – «карбїд у воду», ВК «вода на карбїд», ВВ – «витіснення води». У генераторах «карбїд у воду» в постійний об'єм води подають карбїд кальцію. Кількість газу, що утворюється, регулюють кількістю карбїду кальцію, що подається у воду. Загальний вигляд ацетиленового генератора типу «карбїд у воду» наведено на рисунку 7.7.

#### **7.2.4 Обладнання для постачання газових постів і комунікацій**

*Газові редуктори.* Редуктори призначені для зниження тиску газу, що відбирається, із балона або газопроводу, і автоматичного підтримання цього тиску незмінним у процесі роботи.

Редуктори поділяють за такими ознаками: принципом дії (прямого і зворотного); кількістю камер редукування (одно- та двокамерні); способом устанавлення (балонні й центральні, рампові, мережеві); родом редукованого газу (кисневі, ацетиленові, водневі, повітряні, пропан-бутанові, для вуглекислого газу). У редукторах прямої дії газ високого тиску намагається відкрити клапан, у редукторах зворотної дії – закрити його. У двокамерних редукторах перепад тиску відбувається на двох ступенях.

Для редукторів можливі такі позначення: Б – балонні, Р – рампові, С – мережеві, А – ацетиленові, К – кисневі, М – метанові, П – пропан-бутанові, О – одноступінчасті з механічним устанавленням тиску, Д – двоступінчасті, У – одноступінчасті з пневматичним устанавленням тиску.

Редуктори фарбують такими кольорами: кисневі – блакитним, ацетиленові – білим, пропан-бутанові – червоним.

Редуктори ДАМ-1-70, ДАП-1-65, ДАТ-1-65, ДПП-1-65, ДВП-1-6Б, ДКМ-1-70 і ДКП-1-65 призначені для устанавлення на балонах; редуктори ДАС-66, Г-70, У-30, РС-250-58, В-50, АР-10, АР-40, АР-150, ДМС-66, А-30, А-90, РК-1500м, ДКС-66 і ДПС-66 – для устанавлення в газових мережах. Загальний вигляд пропан-бутанового редуктора ДПП-1-65 показаний на рисунку 7.9.

*Гумові рукави (шланги).* Для підведення до пальників або різаків застосовують спеціальні рукави, виготовлені з вулканізованої гуми з однією або двома тканинними прокладками. Шланги розраховані для роботи за температури отчуючого повітря від +50 °С до –35 °С. Для роботи за більш низьких температур застосовують



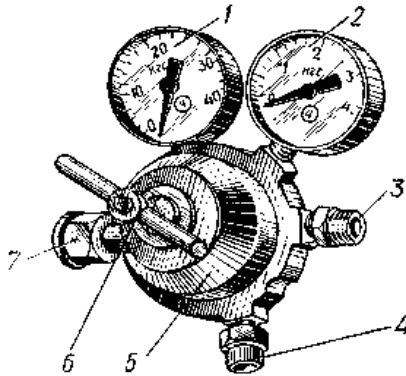


Рисунок 7.9 – Газовий одноступінчастий редуктор ДПП-1-65:

1 – манометр високого тиску; 2 – манометр низького тиску; 3 – штуцер випускний;  
4 – запобіжний клапан; 5 – корпус; 6 – регулювальний гвинт; 7 – штуцер впускний

спеціальні шланги з морозостійкої гуми, що витримує температуру до  $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Гумові рукави з нитяним каркасом для газового зварювання та різання виготовляють за ГОСТом 9356-75. Технічні характеристики рукавів наведено в таблиці 7.2.

Рукава призначені для подавання під тиском газів і рідкого палива. Є такі класи рукавів: I – на тиск 6,3 МПа для ацетилену, пропан-бутану та міського газу; II – на тиск 6,3 Мпа для бензину (ГОСТ 2084-67), гасу (ГОСТ 4753-68) або їх сумішей; III – на тиск 2 МПа.

*Різаки для кисневого різання.* Різаки для кисневого різання призначені для змішування горючого газу з киснем, утворення підігрівального полум'я та подання до металу, який розрізають, чистого кисню. Різаки класифікують за такими ознаками: родом пального – для ацетилену, для газів-замінників (пропан-бутану, природного газу, коксового газу), для рідких горючих (гасу, бензину); принципом дії – інжекторні й безінжекторні; величиною тиску кисню – високого й низького тиску; видом різання – роздільного, поверхневого, киснево-флюсового; призначенням – універсальні, спеціалізовані; типом мундштука – з кільцевим підігріванням, щілинні багатосоплові, сітчасті.

До універсальних ручних різаків ставлять такі вимоги: невелика маса і зручність у роботі; стійкість проти зворотних ударів; можливість різання широкого діапазону товщин у будь-якому напрямку; утворення горючої суміші необхідного складу незалежно

Таблиця 7.2 – Технічні характеристики гумових рукавів (ГОСТ 9356-75)

Діаметр рукава, мм		Мінімальний радіус згину
внутрішній	зовнішній	
6,3	12,0	63
8,0	16,0	80
9,0	18,0	90
10,0	19,0	100
12,0	22,5	120
12,5	23,0	120
16,0	26,0	160

від зміни тиску кисню. На штуцері для приєднання ніпеля під гумовий рукав кисню наносять букву К. На мундштуках наносять відповідні для кожного пального індекси: А – ацетилен, ПГ – природний газ, П – пропан-бутан.

Різак інжекторного типу «Факел» (рис. 7.10) призначений для ручного роздільного різання вуглецевої і низьколегованої сталей. Для

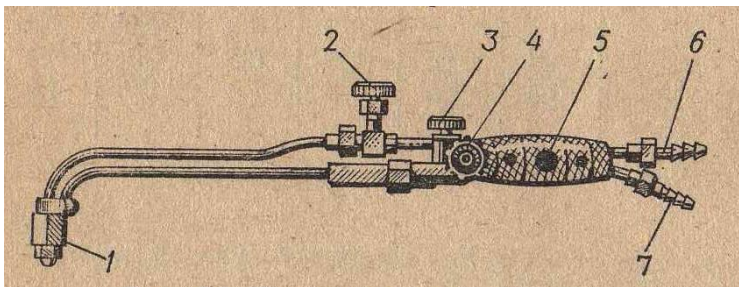


Рисунок 7.10 – Газовий різак «Факел»:

1 – головка; 2 – вентиль ріжучого кисню; 3 – вентиль підігрівачного кисню; 4 – вентиль ацетилену; 5 - рукоятка ствола; 6 - штуцер кисневий; 7 - ацетиленовий штуцер

вирізання деталей круглої форми різак комплектують циркульним пристроєм, укріпленим на опорному візку. До комплекту різача входять мундштуки: внутрішні № 2–4 і зовнішні № 1 і 2. Різак «Полум'я – 62» використовують для ручного роздільного різання низьковуглецевої і низьколегованої сталі, різак РАП-62 – для

видалення коренів зварних швів і невеликих вад у сталевому литві та чорновому прокаті.

**Машини для газового (термічного) різання листового металу.** Машини поділяють на стаціонарні й переносні.

**Стаціонарні машини.** Стаціонарні машини класифікують за конструктивною схемою на порталні (П), портално-консольні (Пк), шарнірні (див. рис. 7.11); за способом різання – на кисневі (К), киснево-флюсові (КФ), плазово-дугові (П), газолазерні (Гл); за системою контурного керування або способом руху – на лінійні для прямолінійного різання (Л), магнітні за сталевим копиром, для фігурного різання (М), фотокопіювальні за кресленням, для фігурного різання (Ф), цифрові програмні для фігурного різання (Ц).

На великих заготівельних ділянках ремонтно-механічних цехів можуть застосовуватися газорізальні машини марок «Чорномор», ЮГ-8К4 та ін.

Машина «Чорномор» порталного типу призначена для прямолінійного різання сталевих листів (машина виконує прямолінійне обрізання крайок листа без скоусу і з підготовкою кромки для зварювання, різання смуг).

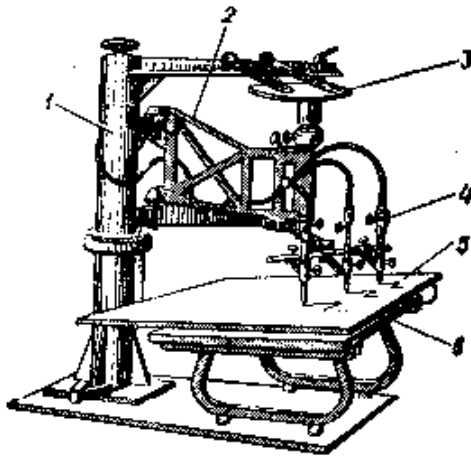


Рисунок 7.11 – Машина для кисневого вирізання деталей АСШ-70:

1 – колона; 2 – шарнірна рама; 3 – копир; 4 – різак; 5 – лист, що розрізається; 6 – стіл

ЮГ-8К4 – порталного типу з масштабним фотоелектронним контурним керуванням, призначена для вирізання фігурних деталей із сталевих листів (машина може вирізати одночасно деталі з декількох

листів або обробляти широкі полотнища; виконує вирізання фігурних деталей без скосу кромки та підготовку кромки для зварювання за допомогою поворотних трирізаків блоків, різання смуг, прямолінійну порізку листів без скосу кромки і з підготовкою кромки для зварювання).

*Переносні машини.* Переносні машини залежно від контурного керування або способу руху мають такі позначення: Р – за розміткою, Ц – за циркулем, Н – за напрямними, Г – за гнучким копиром. Переносні установки це – самохідні візки, оснащені одним або декількома газовими різакми (рис. 7.12). Займаючи невелику робочу площу, ці установки дуже зручні в експлуатації, оскільки переміщуються безпосередньо по металу, який розрізають. Рух візка спрямований уздовж лінії різання вручну за напрямною лінійкою або за допомогою циркульного пристрою.

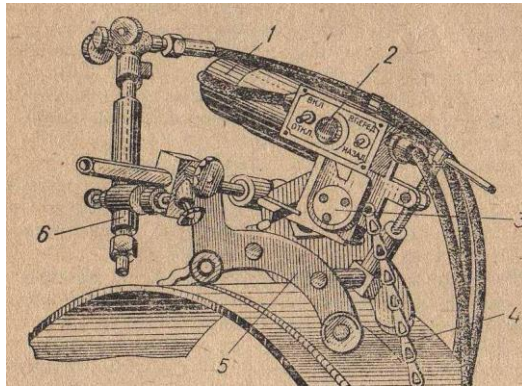


Рисунок 7.12 – Машина для різання труб «Супутник–2»:

1 – електродвигун; 2 – пульт керування; 3 – натягач; 4 – ланцюг розбірний;

5 – ходовий візок; 6 – супорт із різаком

*Газові пальники.* Газові пальники поділяють за такими ознаками: способом подавання газу та утворення горючої суміші (інжекторні й безінжекторні); призначенням (спеціалізовані та універсальні, ручні й машинні); родом горючого газу (ацетиленові, пропанові і т. ін.). Пальники бувають однополуменеві (рис. 7.13) і багатополуменеві. Інжекторні пальники (тип П) застосовують для горючих газів низького тиску, безінжекторні (типи Г2, Г3 та Г4) – для високого тиску.

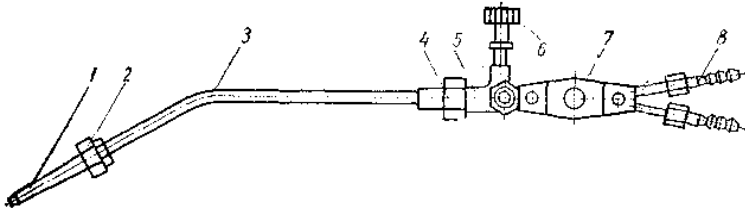


Рисунок 7.13 – Газовий пальник «Зірочка»:

1 – мунштук; 2 – з’єднувальний ніпель; 3 – знімний наконечник; 4 – накидна гайка; 5 – корпус зі змішувальною камерою; 6 – вентилі для кисню і ацетилену; 7 – рукоятка; 8 – штуцери впускні.

Пальник Г1 належить до пальників мікропотужності, пальник Г2 – малої потужності, Г3 – середньої потужності і Г4 – великої потужності.

## Висновки

Кисневе різання є одним із найбільш поширених процесів газополуменового оброблення металів. Його широко використовують у металообробленні та металургії під час різання листів, заготовок профільного прокату, труб і т. ін. Як горючий газ найбільшого застосування набув ацетилен, який під час згоряння в кисні виділяє температуру полум’я, достатню для зварювання сталей і більшості інших відомих металів та їх сплавів.

Для зварювання металів (свинцю, алюмінію та інших), температура плавлення яких нижча від температури плавлення сталі, використовують й інші горючі гази, наприклад, водень, природний газ та деякі інші, що мають більш низьку температуру плавлення.

## Питання для самоперевірки

- 1 Дайте загальну характеристику процесу газового зварювання.
- 2 Яким може бути зварювальне полум’я?
- 3 Дайте загальну характеристику процесу кисневого різання.
- 4 Які бувають типи кисневого різання?
- 5 Для чого застосовують кисневі балони? Маркування кисневих балонів.
- 6 Класифікація різаків для кисневого різання.

## **Тема 7.3 Методи контролю якості складання зварних з'єднань, прилади та обладнання**

7.3.1 Показники якості зварних з'єднань.

7.3.2 Дефекти підготовки та складання.

7.3.3 Класифікація дефектів.

7.3.4 Види контролю.

7.3.5 Контроль зовнішнім оглядом вихідних матеріалів, складання та процесу зварювання.

7.3.6 Методи неруйнівного контролю.

7.3.7 Методи руйнівного контролю.

### **7.3.1 Показники якості зварних з'єднань**

**Якість продукції** — це сукупність властивостей продукції, які зумовлюють їх придатність задовольняти визначені потреби відповідно до її призначення.

Показники якості зварних з'єднань характеризуються такими властивостями: міцністю, надійністю, відсутністю дефектів, структурою металу шва та біляшовної зони, корозійною стійкістю, кількістю і характером виправлень.

Згідно з прийнятою термінологією під надійністю розуміють властивості виробів виконувати задані функції, зберігаючи свої експлуатаційні показники в заданих межах упродовж певного проміжку часу відповідно до вимог. Це визначення належить до експлуатаційної надійності конструкції.

Керування якістю зварювання повинне передбачати контроль усіх факторів, від яких залежить якість продукції. На якість зварних з'єднань, які одержують під час зварювання, впливає багато факторів, основні з яких можна умовно згрупувати як технологічні й конструктивні.

До технологічних факторів належать зварювальні матеріали, обладнання, підготовка і збирання вузлів, процес зварювання, кваліфікація зварника (оператора).

До конструктивно-експлуатаційних — основний метал, конструкція з'єднань, умови експлуатації, методи і система контролю, норми якості.

Оптимальна схема контролю в зварювальному виробництві:

1) контроль документації на стадії проекту — вибір конструкції й технології складання-зварювання; вибір основного металу, обґрунтування норм допустимих дефектів і плану контролю; вибір методів контролю і забезпечення дефектоскопії конструкцій;

2) контроль технологічної підготовки виробництва — перевірка умов та якості підготовки до зварювання, складання, перевірка підготовки і зберігання вихідних матеріалів, дисципліни зварників;

3) контроль готової продукції — раціональне використання існуючих методів і засобів контролю;

4) перевірка якості контрольних операцій — перевіряння додержання режимів і чутливості дефектоскопії, контроль дефектоскопічних матеріалів, кваліфікації операторів.

### **7.3.2 Дефекти підготовки та складання**

Найхарактернішими дефектами під час підготовки та складання зварних виробів є: неправильний кут зрізу кромки у швах з V-, U- і X-подібним розробленням; дуже велике чи мале притуплення за довжиною кромки, що стикаються; нерівномірний зазор між кромками, незбігання площин кромки, які стикаються; розшарування і забруднення на кромках і т. ін.

Причинами цих дефектів можуть бути несправності верстатів для виготовлення заготовок і пристроїв для складання; неякісні вихідні матеріали, помилка в кресленнях, а також низька кваліфікація зварника. Правильність складання контролюють зовнішнім оглядом і вимірюванням за допомогою шаблонів та інструментів.

### **7.3.3 Класифікація дефектів**

**Дефект** — це кожна окрема невідповідність продукції вимогам, установленим нормативною документацією. У зварювальному виробництві прийнято поділяти дефекти підготовки та складання виробів для зварювання й зварювальні дефекти. Останні можуть бути зовнішніми (дефекти форми швів), поверхневими і внутрішніми. Внутрішні — це дефекти нещільності (макроскопічні дефекти), або дефекти структури.

**Зовнішні дефекти.** Форма та розміри швів залежать від товщини зварюваного матеріалу. Їх задають технічними умовами і зазначають на кресленнях. Під час зварювання плавленням зазвичай регламентують: ширину шва, висоту посилення шва, проплавлення.

Для таврових і напусткових з'єднань регламентують катет шва, висоту робочого перерізу. Шви можуть мати нерівномірну ширину за довжиною, нерівномірну висоту, напливи, підрізи, сідловини, нерівномірну величину катетів у кутових швах і з'єднаннях.

Дефекти форми швів виникають унаслідок відхилення від технології під час автоматичного зварювання (порушення швидкості подавання дроту, швидкості зварювання) та низької кваліфікації зварника за ручного зварювання. Деякі зовнішні дефекти часто розглядають як поверхневі нещільності швів (особливо характерно для внутрішніх дефектів). До них належать підрізи, незаварені кратери, горбистість, пропалювання, свищі тощо.

**Підрізи** – дефекти зварного з'єднання, місцеве зменшення товщини основного металу у вигляді канавок, що розміщуються вздовж межі зварного шва (рис. 7.14 а). Підрізи належать до зварних дефектів, які дуже часто спостерігаються під час зварювання кутових швів із високою напругою дуги і в разі неточного ведення електрода. Одна з кромки проплавляється глибше, метал стікає на горизонтально розміщену деталь і його не вистачає для заповнення канавки.

Однобічні підрізи можуть спричинювати зміщення електрода з осі стику і неправильне ведення електрода, особливо під час зварювання горизонтальних швів на вертикальній площині.



Рисунок 7.14 – Дефекти зварних швів:  
а – підріз; б – наплив

**Напливи** — дефекти зварного з'єднання, що утворюються під час натікання металу шва на основний метал, що з ним не сплавляється (рис. 7.14 б). Напливи можуть утворюватися через недостатність напруги дуги, наявності на зварних кромках товстого шару окалини, зайвої кількості присадкового матеріалу. В кільцевих поворотних стикових швах поява напливів спричиняється неправильним розміщенням електрода щодо zenіту. Напливи можуть мати невелику довжину або бути протяжними.



**Пропалювання** — дефекти зварювання, що проявляються витіканням металу зварної ванни через отвір у шві з утворенням у ньому порожнини. Причинами виникнення пропалювання може бути велика сила зварювального струму, збільшення зазору між кромками, недостатня товщина підкладної стрічки або її нещільне прилягання. Під час зварювання поворотних кільцевих швів появи пропалювання сприяє зміщення електрода від zenіту в бік обертання виробу. Це спричиняє стікання рідкого металу з-під кінця електрода; виникає більш активна пропалювальна дія дуги. Дефектні місця повинні бути видалені й заварені заново.

**Кратери** — дефекти зварних швів у вигляді заглиблень, що залишаються в місцях обриву дуги.

Усадкові крихкості в кратерах часто є причиною утворення тріщин. Тому дефектні місця повинні бути зачищені та заварені. У випадках механізованих видів зварювання застосовують вивідні планки, на яких закінчують шви. Потім планки з кінцями швів і кратерами на них видаляють. В електричних схемах автоматів передбачають такі елементи, які забезпечують можливість автоматичного заварювання кратера.

**Свищі** — дефекти у вигляді порожнин у зварних швах, які виходять на їх поверхню. Свищі зазвичай, виникають із канальних пор. Значна кількість поверхневих дефектів сигналізує також про наявність внутрішніх дефектів.

**Внутрішні дефекти.** Утворення внутрішніх дефектів під час зварювання пов'язане з металургійними, термічними та гідродинамічними явищами, що проходять під час формування зварного шва.

До внутрішніх дефектів належать тріщини (гарячі й холодні), непровари, пори, шлакові, вольфрамові та оксидні включення.

**Тріщини** — дефекти зварних швів, макроскопічні й мікроскопічні руйнування, порожнини, що утворилися з дуже малим початковим розкриттям. Під дією залишкових і робочих напружень тріщини можуть поширюватися з дуже великими швидкостями. Тому спричинені ними крихкі руйнування проходять майже миттєво й дуже небезпечні.

Залежно від температури, за якої вони виникають, розрізняють гарячі та холодні тріщини.

**Гарячі тріщини** — це руйнування металу, що кристалізується і проходить по рідких прошарках під дією напружень розтягу. Ці

напруження виявляються внаслідок примусової усадки металу шва та нерівномірного нагрівання ділянок основного металу, що прилягає до нього.

**Холодні тріщини** найчастіше утворюються в зоні термічного впливу, рідше – в металі шва зварних з'єднань середньо- і високолегованих сталей перлітного та мартенситного класів.

Поява холодних тріщин пояснюється дією комплексу причин. Одна з них — це вплив високих внутрішніх напружень. Вони виникають у зв'язку з об'ємним ефектом, який сприяє мартенситному перетворенню, що проходить в умовах зниження пластичності металу.

**Непровари** — це ділянки зварного з'єднання, де відсутнє сплавлення між зварними деталями, наприклад, у корені шва, між основним і наплавленим металом (по кромці) або між суміжними шарами наплавленого металу.

Поверхні непроварів покриті тонкими оксидними плівками та іншими забрудненнями. Непроварювання металу зменшує робочий переріз зварного шва, що може призвести до зниження працездатності зварного з'єднання. Непровари є концентраторами напружень і тому можуть спричинити появу тріщин, зменшувати корозійну стійкість зварного з'єднання та корозійне розтріскування.

Непровари можуть бути викликані багатьма причинами: малим кутом розкриття кромки, малим зазором, великим притупленням за недостатньої сили струму, великою силою струму зварювання, зміщенням електрода від осі шва, особливо під час зварювання двобічних швів, недостатнім очищенням шлаку перед накладанням наступних шарів, порошкоподібним матеріалом за зменшеної сили струму і великої швидкості зварювання, низькою кваліфікацією зварника.

**Пори** – це порожнини в металі шва, заповнені газами. Вони мають сферичну або близьку до неї форму. У зварних швах вуглецевих сталей пори часто мають трубчасту форму. Розміри пор коливаються від мікроскопічних до 2–3 мм у діаметрі і за рахунок дифузії газів (насамперед водню) можуть збільшуватися. Утворюються раковини (порожнини неправильної форми і більших, ніж пори розмірів), а також свищі, що виходять на поверхню. Крім поодиноких пор, спричинених дією випадкових факторів, у зварних швах можуть з'являтися пори, що рівномірно розподіляються по всьому перерізу шва, розміщуються у вигляді ланцюжків або окремих скупчень.

До основних причин, які викликають появу пор вналежать: погане очищення зварних кромок від іржі, масел та інших забруднень, підвищений вміст вуглецю в основному або присадковому матеріалі, велика швидкість зварювання, за якої не встигає відбутися газовиділення, і пори залишаються в металі шва, велика вологість електродних покриттів, флюсу, зварювання під час несприятливих погодних умов.

**Шлакові включення** — це порожнини в металі зварного шва, заповнені шлаками, що не встигли виплисти на поверхню шва.

Шлакові включення утворюються за великої швидкості зварювання, сильних забруднень кромок і під час багат шарового зварювання в разі поганого очищення від шлаку поверхні швів між шарами. Розміри шлакових включень можуть досягати декількох міліметрів у поперечному перерізі, десяти і більше міліметрів за довжиною. Форма шлакових включень може бути дуже різноманітною, внаслідок цього вони є небезпечнішими дефектами, ніж круглі пори.

**Вольфрамові включення** можуть виникати в металі зварного шва під час аргонодугового зварювання неплавким електродом (наприклад, алюмінієвих сплавів), у яких вольфрам не розчиняється.

**Оксидні включення** можуть виникати в металі зварних швів за наявності важкорозчинних оксидів, наприклад  $Al_2O_3$  за великих швидкостей кристалізації шва.

### 7.3.4 Види контролю

Залежно від характеру дії на матеріал зразка або виробу всі різноманітні методи контролю якості зварних з'єднань можуть бути поділені на дві основні групи: методи контролю без руйнування зразків або виробів — неруйнівний контроль і методи контролю з руйнуванням зразків або виробничих стиків — руйнівний контроль.

Усі види неруйнівного контролю класифікують за такими основними ознаками:

- характером фізичних полів або випромінювань;
- характером взаємодії фізичних полів або речовин із контрольованим об'єктом;
- первинними інформативними параметрами, розглянутими методами контролю;
- способами індикації первинної інформації;

- способом подання кінцевої інформації.

Усі методи неруйнівного контролю поділяють згідно із стандартом на такі види: акустичний, капілярний, магнітний, оптичний, радіаційний, радіохвильовий, тепловий, електричний, електромагнітний (вихрові струми), течешукач.

До неруйнівних видів контролю необхідно віднести і контроль зовнішнім оглядом та обмірюванням, що має істотне значення для одержання якісних зварних конструкцій.

До руйнівних видів контролю належать механічні випробування зварних з'єднань. Для оцінювання механічних властивостей зварні з'єднання піддають різним випробуванням. Механічні випробування зварних з'єднань застосовують у тих випадках, коли потрібно визначити якість зварювальних матеріалів, розробити оптимальні технологічні режими (особливо під час зварювання спецсталей) та під час перевірки кваліфікації зварників або їх ператестації.

### **7.3.5 Контроль зовнішнім оглядом вихідних матеріалів, складання та процесу зварювання**

Запобігти появі таких дефектів допомагає попередній і поопераційний контроль, виконуваний методом зовнішнього огляду і перевіркою відповідності розмірів.

До вихідних матеріалів належить і основний метал, з якого складають конструкції, зварювальні електроди, дроти, флюс і захисні гази.

У литих виробках, металопрокаті перевіряють наявність сертифіката, заводського маркування і відповідність їх проекту. Зовнішнім оглядом установлюють наявність раковин, розшарувань, тріщин, у трубі — якість скосу кромки, у заготовках із спецсталей — відповідність хімічного складу і механічних властивостей.

Зварювальні електроди підлягають зовнішньому огляду для виявлення механічних пошкоджень покриття, відсутності корозії стрижня під ним, а також визначення товщини нанесеного покриття.

Зварювальний дріт перевіряють на чистоту поверхні від оксидів, іржі та забруднень. Якщо властивості дроту відповідають сертифікату й вимогам стандартів, то забруднення на поверхні (але не оксидні) можуть бути очищені механічним чи хімічним способом.

Використання дроту з мідним покриттям унеможливило утворення іржі й сприяє утворенню якісних зварних швів.

Зварювальний флюс контролюють методом перевірки грануляції й технологічної проби, що дозволяє, як і в разі перевірки електродів та зварювального дроту, визначити за зовнішнім оглядом шва і його зламу якість формування, поро- та шлакоутворення, відділення шлаку. Під час зварювання відповідальних конструкцій флюс перед роботою перевіряють на гранулоутворювальний склад, однорідність, насипну щільність і забрудненість. За вологості понад 0,1 % флюс просушують.

Захисні гази (вуглекислий газ, аргон) за наявності сертифікатів заводу-виробника підлягають контролю лише в тому разі, якщо у зварних швах, виконаних з їх використанням, виявляють недопустимі дефекти.

Складені для зварювання деталі перевіряють на відповідність вимогам технології та проекту. За допомогою спеціальних шаблонів і лінійок перевіряють якість зрізу кромки (рівномірність та величину кута розкриття, відсутність місцевих виривів), наявність і розмір притуплення, перевищення кромки, величину й рівномірність зазору. Особливу увагу приділяють перевірці чистоти поверхонь кромки і прилеглої зони, зачищенню прихваток.

Під час зварювання сталей (зокрема й тих, які гартуються) товщиною понад 20 мм поверхні прихваток старанно перевіряють на наявність тріщин.

Прихватки з тріщинами повинні бути старанно видалені, місця основного металу, де вони знаходилися, оглядають за допомогою лупи і лише після цього виконують нові прихватки із застосуванням особливих технологічних прийомів, наприклад підігрівання.

Огляд та обмірювання готового виробу є першочерговим і важливим етапом приймального контролю. Найперше оглядають зварні шви і поверхню виробу в зоні термічного впливу. Зовнішній огляд дозволяє звиявити такі зовнішні дефекти: підрізи, поверхневі пори та свищі, напливи, пропалювання, незаварені кратери, тріщини, які виходять на поверхню, а також непровари (в разі двобічного доступу до зварного з'єднання). Під час огляду попередньо очищеної від шлаку і бризок поверхні швів і біляшовних зон застосовують лупи і за необхідності – додаткове місцеве освітлення. Розміри швів, ширину, висоту посилення, плавність переходу від посилення до

основного металу, катет шва перевіряють за допомогою спеціальних шаблонів.

### 7.3.6 Методи неруйнівного контролю

*Гідравлічним випробуванням* піддають трубопроводи, резервуари, технологічні апарати та інші споруди з метою перевірки щільності та міцності зварних швів. Гідравлічні випробування регламентуються ДСТУ 3242-79, що передбачає їх здійснення трьома способами: гідравлічним тиском, наливанням води і поливанням водою. Вибір способу, основні параметри випробувань (величина тиску, витримка й герметичність) установлюють відповідні ТУ та правила Держнаглядохоронпраці України.

Під час випробування гідравлічним тиском виріб заповнюють контрольною речовиною (робочою речовиною або водою), герметизують. Потім за допомогою насоса створюють у ньому необхідний тиск, за якого витримують упродовж часу, встановленого ТУ, потім обстукують молотком із круглим бойком й оглядають усі зварні та інші з'єднання для виявлення місць витікання. Герметичність можна визначати не лише за появою на поверхні виробу крапель рідини, а й за зниженням тиску на манометрі під час випробування.

Випробування наливанням води проводять для контролю щільності з'єднань відкритих ємностей: вертикальних циліндричних резервуарів і газгольдерів, цистерн, відділів суден. Зварні шви протирають та сушать, обдувають повітрям. Ємність заповнюють водою (до передбаченого ТУ рівня) і після певного часу всі з'єднання підлягають зовнішньому огляду. Контроль проводять за додатних температур.

Випробування поливанням водою проводять у тому разі, якщо є можливість вільного доступу до зварних з'єднань з обох боків. З одного боку з'єднання поливають струменем води з брандспойта (тиск 0,1–1 МПа) одночасно, з іншого – проводять огляд з метою виявлення течі. Вертикальні з'єднання поливають знизу вгору.

*Пневматичні методи випробувань* застосовують для контролю зварних швів замкнених систем — трубопроводів, посудин та апаратів, а також відкритих листових конструкцій типу резервуарів. На практиці використовують три основних методи: випробування стисненим повітрям, пневмогідравлічний і вакуумування.

Випробування стисненим повітрям проводять двома способами: наповненням системи повітрям та обдуванням струменем стисненого повітря. У першому випадку після герметизації контрольованої системи (трубопроводу, посудини) в ній створюють випробувальний тиск, що дорівнює 1,1–1,2 робочого тиску. Виявлення течії проводять за допомогою піноутворювальних складників, якими із зовні покривають усі шви. У місцях, де є наскрізні дефекти, під дією повітря утворюються бульбашки, за якими й визначають місце знаходження дефекту. Випробування стисненим повітрям необхідно проводити після гідравлічних випробувань на міцність.

Випробування обдуванням струменем стисненого повітря проводять для контролю герметичності зварних з'єднань листових великогабаритних конструкцій (резервуарів, корпусів суден).

Випробовують пневмогідравлічним методом шляхом занурення посудини в індикаторну рідину і подавання контрольованого газу. Дефекти визначають за появою бульбашок.

Випробування вакуумуванням здійснюють за допомогою вакуумних камер. Для випробування на щільність ділянку зварного шва покривають сумішшю, що утворює піну, потім накладають вакуумну камеру, яку притискають до поверхні виробу, і вмикають вакуумний насос. Водночас у камері створюється розрідження. Якщо у шві є нещільності, то повітря, проникаючи через них у камеру, спричиняє появу бульбашок. Послідовно пересуваючи камеру, можна випробовувати шви будь-якої довжини.

*Випробування гасом.* Відомо, що гас має особливі властивості (неполярність, висока змочувальна властивість, відносно мала в'язкість), які забезпечують високу чутливість контролю. Розрізняють чотири способи випробування гасом: газовий, гасопневматичний, гасовакуумний і гасовібраційний.

За газового способу на зварне з'єднання, очищене від шлаку та інших забруднень, наносять тонкий шар крейдяної суспензії за допомогою пульверизатора. Після висихання суспензії протилежний бік зварного шва багаторазово (5–15) змочують гасом. У місцях суцільних дефектів на крейдяній суспензії з'являються темні плями.

Гасопневматичний і гасовакуумний способи підвищують продуктивність і чутливість методу випробування гасом. У першому випадку змочені шви обдувають із боку гасу стисненим повітрям за тиску не менше ніж 0,3–0,4 МПа. В іншому разі на покриті крейдяною

суспензією з'єднання встановлюють вакуумну камеру і створюють розрідження, що сприяє проникненню газу через дефекти.

Гасовібраційний спосіб відрізняється тим, що зварні з'єднання обприскують гасом у процесі вібрації.

Випробування гасом застосовують й у разі, якщо до зварних швів є лише однобічний доступ.

*Хімічний метод.* Основою хімічного методу контролю є властивість індикаторної речовини змінювати своє забарвлення внаслідок хімічної взаємодії з контрольною речовиною.

Суть цього методу полягає в тому, що в контрольовану зварну посудину після попереднього гідравлічного або пневматичного випробування подають контрольний газ. Під тиском він виходить через нещільності і в місцях суцільних дефектів зафарбовує індикаторну речовину, попередньо нанесену на поверхню зварного виробу. Як контрольний газ використовують суміш аміаку з повітрям. Шов покривають індикаторною стрічкою з паперу або тканини, просоченої 5 % водним розчином азотнокислої ртуті або розчином фенолфталеїну. Тиск газу становить 0,1–0,15 МПа, час витримки — 1–15 хв. За індикатор використовують також желеподібні маси, які наносять на контрольовані поверхні зварних швів; як контрольний газ — суміш аміаку (3 %) з азотом (97 %) або вуглекислий газ.

*Галоїдний метод.* За цього методу наявність суцільних дефектів установлюють за допомогою галоїдного течешукача. Розрізняють два способи галоїдного контролю: вакуумування і спосіб шупа. Відповідно до цього галоїдні течешукачі мають два типи датчиків: атмосферний і вакуумний. Атмосферний датчик складається з шатенового анода — емітера і колектора. зазор між колектором та емітером заповнений атмосферним повітрям. У вакуумному датчику цей зазор вакуумується, а сам датчик додатково комплектується інжектором.

Як контрольні гази використовують хлористий вуглець, фреон та інші галоїди в чистому вигляді або в суміші з повітрям, азотом. Найчастіше використовують фреон, тому що він неотруйний і дешевий.

*Капілярний метод контролю* використовують для виявлення поверхневих дефектів зварних з'єднань (мікротріщин і тріщин), що виходять на поверхню виробу; дрібних поверхневих пор і вузьких непроварів, які важко виявити під час зовнішнього огляду.



Цей метод особливо важливий для контролю відповідальних зварних з'єднань аустенітних, нержавіючих, жароміцних і жаростійких сталей, алюмінію, латуні, властивості яких обмежують можливості використання інших методів контролю.

Розміри поверхневих дефектів — мікроскопічне розкриття і макроскопічна протяжність, надають їм властивостей капілярів.

Розрізняють три методи капілярного контролю: люмінесцентний, метод фарб (кольоровий) і люмінесцентно-кольоровий.

В основу капілярної дефектоскопії покладена зміна контрастності зображення поверхневих дефектів і фону, на якому вони виявляються, за допомогою спеціальних світло- та кольороконтрастних індикаторних рідин — пенетрантів, їх наносять на попередньо очищену поверхню шва, витримують деякий час, видаляють надлишок рідини і наносять проявну суміш. Індикаторна рідина, що залишилася в дефектах, утворює на фоні проявника рисунок, за яким роблять висновок про наявність дефекту.

За люмінесцентного методу контролю до складу індикаторних рідин уводять спеціальні речовини, які під час подальшого освітлення чи опромінення ультрафіолетовими променями самі стають джерелом випромінювання.

Контроль методом фарб проводять за допомогою індикаторних рідин, до яких уводять спеціальні фарбники. Технологія контролю аналогічна люмінесцентному методу.

Люмінесцентно-кольоровий метод контролю є поєднанням люмінесцентного й кольорового методів контролю. Він відрізняється тим, що індикаторні сліди не лише люмінесціюють в ультрафіолетових променях, а й забарвлюються. Люмінофори, фарбники, використовувані за цього методу, під час опромінення ультрафіолетовими променями дають оранжеве світіння, а при звичайному освітленні – червоне.

*Магнітні методи* контролю дозволяють виявити дефекти зварних з'єднань — тріщини, неповари, шлакові включення, газові пори (поверхневі та на глибині до 20–25 мм), а також дрібні дефекти основного металу. Ці методи ґрунтуються на реєстрації та аналізі магнітних полів розсіювання, – що виникають у місцях розміщення дефектів. Найчастіше застосовують магнітопорошковий і магнітографічний способи. Магнітний потік ( $\Phi$ ) у феромагнітному

матеріалі поширюється по перерізу рівномірно, якщо цей матеріал суцільний, і його магнітна проникність має постійне значення.

У місцях, де є дефекти, суцільність матеріалу порушується. Середовище дефектів виявляє великий опір магнітному потоку, який відхиляється та обтікає дефект. Магнітне поле над дефектом називають полем розсіювання.

Ефект розсіювання виявляється максимально, якщо дефект розміщений перпендикулярно до напрямку магнітного потоку.

Таким чином, контроль магнітними методами полягає у виявленні полів розсіювання, утворюваних дефектами, подальшою фіксацією цих місць та розшифруванням характеру і величини виявлених дефектів.

*Магнітопорошковий метод.* За цим методом магнітного контролю поля розсіювання, утворювані під місцями розміщення дефектів, виявляються за допомогою магнітних порошоків. Феромагнітні частинки цих порошоків, потрапляючи в неоднорідне магнітне поле, прагнуть під його дією зосередитись у тих місцях, де його силові лінії згущаються, тобто біля крамок дефектів; і над місцями, де вони розміщені, якщо дефекти поверхневі.

*Магнітографічний метод.* Цей спосіб полягає в реєстрації магнітних полів розсіювання від дефектів, зафіксованих на магнітній стрічці, і в зчитуванні цього запису за допомогою спеціальних пристроїв, що перетворюють одержану інформацію в сигнали, зображені на екрані електронно-променевої трубки.

Магнітографічний метод широко використовуються під час контролю зварних стиків трубопроводів.

*Контроль ультразвуковими методами.* Переваги контролю ультразвуковим методом — це оперативність, чутливість до найнебезпечніших дефектів (тріщини й непровари), високі техніко-економічні показники. Апаратура для контролю — портативна і надійна.

Для виявлення дефектів у зварному з'єднанні в основному застосовують три методи ультразвукового контролю: ехоімпульсний метод, тіньовий і дзеркально-тіньовий.

Ехоімпульсний метод здійснюють шляхом уведення у виріб імпульсу ультразвуку і приймання відображеного від дефекту ехо-сигналу, який є ознакою наявності нещільності. За відрізком часу між зазначеними імпульсами роблять висновки про глибину залягання дефекту.

У разі тіньового методу шукачі розмішують на протилежних поверхнях виробу, ультразвук проходить від випромінювача до приймача через контрольований переріз, а ознакою дефекту є зменшення амплітуди (інтенсивності) сигналу. Цей метод використовують в імпульсному та неперервному режимах випромінювання ультразвуку.

Дзеркально-тіньовий метод — про наявність дефекту роблять висновок за зменшенням амплітуди ехосигналу, відображеного від протилежної донної поверхні виробу та ослабленого наявними нещільностями.

Найчастіше застосовують високочутливий ехоімпульсний метод, у якому поєднуються шукач і функції випромінювача та приймача.

*Контроль радіаційними методами.* Можливість неруйнівного контролю радіаційними методами ґрунтуються на здатності іонізувальних випромінювань, які випускає джерело, проникати з різним ступенем послаблення через зварне з'єднання і діяти на реєструвальний пристрій (детектор).

Залежно від способу реєстрації результатів (способів детектування) розрізняють три методи радіаційного контролю: радіографічний, радіоскопічний і радіометричний.

Радіоскопічний і радіометричний методи дають можливість автоматизувати процес контролю, але через громіздку апаратуру застосовують лише в заводських умовах.

Виявлення дефектів за радіаційного просвічування ґрунтується на різному поглинанні рентгенівського чи гамма-випромінювання ділянками металу з дефектами чи без них. Зварні з'єднання просвічуються спеціальними апаратами.

З одного боку шва на деякій відстані від нього розмішують джерела випромінювання, з протилежного боку щільно притискають касету з чутливою плівкою (рис. 6.15). Під час просвічування випромінювання проходить через зварне з'єднання та опромінює плівку. В місцях, де є пори, шлакові включення, непровари, великі тріщини на плівці утворюються темні плями. Вигляд і розміри дефектів визначають порівнянням плівки з еталонними знімками.

Просвічування не дозволяє виявити тріщини, якщо вони розміщені не в напрямі центрального променя (кут більше ніж  $5^\circ$ ), а також непровари у вигляді злипання зварювальних металів без

газового чи шлакового прошарку. Цим способом визначають дефекти в металі товщиною до 60 мм.

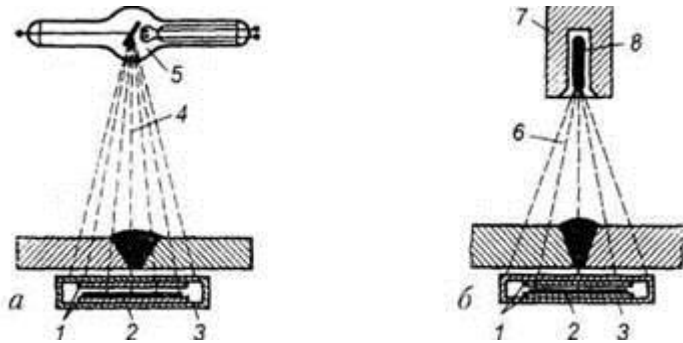


Рисунок 7.15 – Схема просвічування зварних швів:

а – рентгенівське випромінювання; б – гамма-випромінювання;

1 – підсилювальний екран; 2 – рентгенівська плівка; 3 – касета; 4 – рентгенівське випромінювання; 5 – рентгенівська трубка; 6 – гама-випромінювання; 7 – свинцевий кожух; 8 – ампула радіактивної речовини

Під час просвічування зварних з'єднань джерелом гамма-випромінювання є радіоактивні ізотопи: кобальт-60, тулій-170, ридій-122 та ін.

### 7.3.7 Методи руйнівного контролю

*Механічні випробування зварних з'єднань.* Механічні випробування зварних з'єднань застосовують у разі, якщо потрібно визначити якість зварювальних матеріалів, розробити оптимальні технологічні режими (особливо під час зварювання спецсталей), а також піз час перевірки кваліфікації зварників чи їх переатестації.

Механічні випробування зварних з'єднань за характером прикладання навантажень у часі можна поділити на три основні види:

— статичні випробування, що здійснюються шляхом поступового збільшення навантаження навіть до повного його руйнування; імітує роботу зварних з'єднань за постійного навантаження;

— динамічні випробування, за яких зусилля зростає миттєво і діє майже миттєво. Вони характерні для з'єднань, які працюють в умовах навантажень (ударів), що швидко зростають;

— випробування на втомлюваність, за яких навантаження миттєво змінюється за величиною або за величиною та знаком.

Методи визначення механічних властивостей зварних з'єднань передбачають такі види випробувань металу різних ділянок зварного з'єднання і наплавленого металу зварного шва:

- на статичний (короткочасний) розтяг;
- на ударний згин (на надрізаних зразках);
- на стійкість проти механічного старіння;
- на статичний розтяг зварного з'єднання;
- на статичний згин (загин зварного з'єднання);
- на ударний розрив зварного з'єднання.

Крім того, вони передбачають вимірювання твердості металу різних ділянок зварного з'єднання і наплавленого металу. Випробування проводять на зразках, які вирізають безпосередньо з контрольованих виробів, наприклад, із стиків трубопроводів або з контрольних з'єднань, що спеціально зварюють.

*Статичні випробування.* Випробування на розтяг є одними з найпоширеніших, тому що дають можливість порівняно точно оцінити поведінку металу й за інших видів навантажень. Цей вид випробувань передбачається для більшої частини відповідальних зварних конструкцій, є відносно простим і легким щодо виконання. Під час випробування на статичний (короткочасний) розтяг можна визначити межу текучості металу (різна або умовна), тимчасовий опір, відносне видовження і звуження.

Під час випробування на згин використовують зразки циліндричної або прямокутної форми. Згин проводять на зразках із знятим посиленням і в бік, протилежний кореню шва (за одnobічного зварювання). За величиною допустимого кута згину залежно від матеріалу і його товщини роблять висновок про пластичні властивості зварного шва та біляшовної зони.

Випробування на зминання проводять для труб малого діаметра з поздовжніми та поперечними швами. Випробування проводять на пресі шляхом деформації зразка стискувальним навантаженням.

*Динамічні випробування.* Динамічні випробування розрізняють за характером деформації, температурними умовами, кількістю і циклом навантажень. До основних видів динамічних випробувань зварних з'єднань належить випробування на ударну в'язкість. Випробування на ударний згин завдяки відносній простоті виконання і

точності результатів є найпоширенішим. За цих випробувань визначають ударну в'язкість шва, різних ділянок біляшовної зони і наплавленого матеріалу.

*Випробування на втомленість.* Різні структури і механічні властивості зварних швів, зони термічного впливу під впливом змінних навантажень можуть призвести до утворення мікротріщин, а потім і до руйнування зварного з'єднання. Таке руйнування називають втомлене, а стан металу – втомленість. Зразок зварного з'єднання піддають дії змінних навантажень — розтягу, стиску, згину, крученню або комбінації цих навантажень.

*Металографічні випробування зварних з'єднань.* Вивчення структурних складових металу різних зон зварних з'єднань проводять за металографічних випробувань, які дозволяють виявити зміни, що проходять у металі за різних режимів зварювання і термооброблення. За металографічних випробувань досліджують характер руйнування зразків (вид злому), макро- і мікроструктуру зварного шва і зони термічного впливу. Крім того, на шліфах для металографічних випробувань визначають твердість різних зон зварного з'єднання.

Макроструктуру досліджують для визначення розмірів і форми перерізу зварного шва, величини зони термічного впливу, виявлення нещільностей у вигляді непроварів, тріщин, пор та інших дефектів. Під час макродосліджень можна виявити ділянки хімічної неоднорідності, ліквіаційні зони, усадкову пористість, форму, розміри й напрям росту кристалітів.

Мікроаналіз — це дослідження спеціально виготовлених мікрошліфів за допомогою металографічних мікроскопів, які дають збільшення в 50–2 000 і більше разів. Під час вивчення мікрошліфів виявляють дефекти у вигляді мікротріщин і мікроскопічних включень, визначають структурні складові зварного з'єднання (різних ділянок шва і зони термічного впливу), що дозволяє робити висновки про процеси кристалізації металу шва.

*Корозійні випробування.* Корозією називається зниження міцності зварних з'єднань, спричинене незворотними фізико-хімічними перетвореннями, що відбуваються у металі під дією активних складових зовнішнього або робочого середовища. Основою корозійних явищ є два процеси: хімічний та електрохімічний. Хімічна корозія — це хімічна взаємодія між металом і середовищем. Інтенсивність визначається концентрацією агресивного компонента в середовищі, що діє на метал. Хімічна корозія має найбільше значення

за підвищених температур на межах металу з газовим середовищем. Її називають газовою корозією.

Серед загальної корозії найбільш небажаними є ті її види, які мають зосереджений характер. Місцева міжкристалічна корозія, що виникає переважно у зварних з'єднаннях хромистих і хромонікелевих сталей та алюмінієвих сплавах, різко знижує несучу здатність конструкцій і більш небезпечна, ніж загальна, бо її важко прогнозувати. Але найбільшу небезпеку становлять руйнування, які можуть виникнути внаслідок руйнувань, корозійної втомленості. Цей вид руйнувань призводить до спільної дії корозійного середовища і напружень за статичних навантажень (корозійне розтріскування), а також за статичних і циклічних навантажень. Небезпека цих руйнувань полягає в тому, що їм властиві крихкість, можуть розвиватися міжкристалічні й транскристалічні тріщини. Їх виникнення може призвести до раптового виходу з ладу відповідальних конструкцій.

Корозійну стійкість оцінюють за основним методом. Водночас гравітаційні зразки піддають дії сильних кислот упродовж певного часу, потім зважують і встановлюють втрати або визначають товщину зруйнованого металу.

### **Висновок**

У процесі зварювання в металі шва і зоні термічного впливу можуть бути дефекти, що знижують міцність з'єднання, призводять до негерметичності швів, знижують експлуатаційну надійність виробу. Причини виникнення дефектів різні, тому й заходи щодо їх попередження та усунення також різняться.

Основне завдання будь-якої системи контролю – це виявлення дефектів і визначення меж міцності та надійності. Дефекти можуть виникнути в результаті помилки під час конструювання, виробництва або експлуатації: дефекти лиття, втомне руйнування, атмосферна корозія, зношування сполучених деталей, дефекти під час нанесення покриттів, дефекти нерознімних з'єднань металу і т. ін. У кожному конкретному випадку застосовують спеціальні методики, що дозволяють визначити ступінь впливу дефекту на якість виробу: наскільки зменшаться надійність, робочі характеристики, як зміняться терміни й умови експлуатації або дефект є критичним і предмет не може бути допущений до використання. Розрізняють дві основні групи випробувань: руйнівного і неруйнівного контролю.

## Питання для самоперевірки

- 1 Назвіть основні показники якості зварних з'єднань.
- 2 Які дефекти належать до зовнішніх?
- 3 Які дефекти належать до внутрішніх? Назвіть причини їх виникнення.
- 4 За якими ознаками класифікують неруйнівні методи контролю?
- 5 Які методи контролю належать до гідравлічних і пневматичних, їх фізичні основи?
- 6 У чому полягає суть ультразвукового контролю?
- 7 Які види радіаційного методу контролю вам відомі?
- 8 Назвіть основні види механічних випробувань і стисло їх охарактеризуйте.
- 9 Назвіть основні види і типи корозії.
- 10 Виберіть метод контролю для визначення дефектів під час зварювання труб.
- 11 Які дефекти є найнебезпечнішими для посудин, що працюють під тиском?
- 12 Як впливає корозія на зварне з'єднання?
- 13 У чому полягає суть макроаналізу?
- 14 Охарактеризуйте індикаторні рідини.



## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Будник А. Ф. Типове обладнання термічних цехів та дільниць : навчальний посібник / А. Ф. Будник. – Суми : СумДУ, 2008. – 212 с.
2. Гуманюк І. В. Технологія електродугового зварювання : підручник / І. В. Гуманюк, О. В. Івасків, О. В. Гуманюк. – Київ : Грамота, 2006 – 512 с.
3. Дальский А. М. Технология конструкционных материалов / А. М. Дальский. – Москва : Высшая школа, 1977. – 524 с.
4. Ермаков В. И. Ремонт и монтаж химического оборудования / В. И. Ермаков, В. С. Шеин. – Ленинград : Химия, 1981. – 368 с.
5. Егоров М. Е. Основы проектирования машиностроительных заводов : учебник для машиностроит. вузов / М. Е. Егоров. – Москва : Высшая школа, 1969. – 480 с.
6. Козлов Г. О. Обробка металів різанням : навчальний посібник / Г. О. Козлов, Н. В. Христиненко. – Нікополь : НТ НметАУ, 2004. – 520 с.
7. Мікульонок І. О. Виготовлення, монтаж та експлуатація обладнання хімічних виробництв : підруч. для студ. вищ. навч. закл. / І. О. Мікульонок. – Київ : НТУУ «КПІ», 2012. – 419 с.
8. Никифоров А. Д. Типовые технологические процессы изготовления аппаратов для химических производств : атлас / А. Д. Никифоров, В. А. Беленький, Ю. В. Поплавский. – Москва : Машиностроение, 1979. – 280 с.
9. Поплавский Ю. В. Технология химического машиностроения / Ю. В. Поплавский. – Москва : Машгиз, 1961. – 287 с.
10. Справочник по сварочному оборудованию / Л. Ц. Прох, Б. М. Шпаков, Н. М. Яворская. – Киев : Техника, 1978. – 152 с.
11. Справочник сварщика / под ред. В. В. Степанова. – 3-е изд. – Москва : Машиностроение, 1975. – 520 с.
12. Ткачев А. Г. Технология аппаратостроения / А. Г. Ткачев. – Москва : Изд-во машиностроения, 2001. – 205 с.
13. Фарамазов С. А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов / С. А. Фарамазов. – Москва : Химия, 1988. – 304 с.
14. Шабрацький В. І. Експлуатація і обслуговування механізмів і машин : навчальний посібник / В. І. Шабрацький. – Рубіжне : ІХТ СНУ ім. Володимира Даля, 2008. – 243 с.

15. Яхненко С. М. Монтаж, експлуатація та ремонт хімічного обладнання : конспект лекцій / С. М. Яхненко, А. В. Литвиненко. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 192 с.

Навчальне видання

**Яхненко Сергій Михайлович**

**Обладнання ремонтно-механічних цехів  
хімічних та нафтопереробних виробництв**

**Опорний конспект лекцій**

для студентів спеціальності *133 «Галузеве машинобудування»*  
освітніх програм  
«Комп'ютерний інжиніринг обладнання хімічних виробництв»,  
«Обладнання нафто- і газопереробних виробництв»  
денної та заочної форм навчання

Відповідальний за випуск В. І. Складі́нський  
Редактор С. М. Симоненко  
Комп'ютерне верстання С. М. Яхненка

Підп. до друку 19.05.2020, поз. 93.  
Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 12,79. Обл.-вид. арк. 18,27. Тираж 5 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач  
Сумський державний університет,  
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062 від 17.12.2007.