

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ Й НАУКИ УКРАЇНИ  
БЕРДЯНСЬКИЙ МАШИНОБУДІВНИЙ КОЛЕДЖ  
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

**ТЕХНОЛОГІЧНЕ УСТАТКУВАННЯ ЛИВАРНИХ, КОВАЛЬСЬКО-ПРЕСОВИХ І  
ТЕРМІЧНИХ ЦЕХІВ**

**КОНСПЕКТ**

**Розділ 3**

**Технологічне устаткування термічних цехів**

## ЗМІСТ

	стор.
<b>Тема 3.1. Вступ</b>	1
<b>Тема 3.2. Класифікація й основні елементи печей</b>	3
Електроустаткування печей	5
Конструктивні елементи печей	5
<b>Тема 3.3. Печі періодичної дії і непереривної дії</b>	11
Печі періодичної дії	12
Ковпакові печі	15
Камерна піч із підподовими топленнями	17
Печі з висувним подом	17
Шахтні печі	18
Елеваторні печі	20
Печі непереривної дії	21
Карусельні печі	21
Печі із крокуючим подом	23
Конвеєрні печі	24
Штовхаючі печі	25
Протяжливі печі	26
Вакуумні печі	27
Печі-ванни	30
<b>Тема 3.4. Устаткування для приготування контр. атмосфер</b>	35
Класифікація контрольованих атмосфер	35
Спеціальні атмосфери	38
ТБ при експлуатації установок для одержання контр. атмосфер	39
<b>Тема 3.5. Гартівні баки і машини</b>	41
Гартівні баки	41
Обладнання для перемішування гартівного середовища	45
Обладнання для очищення гартівного середовища	46
Обладнання для охолодження масла	47
Гартівні машини й преса	48
<b>Тема 3.6. Устаткування для очищення деталей</b>	52
Абразивні та інші установки для очищення деталей	52
Травильні установки	55
Мийні машини	57
Устаткування для виправлення деталей	59
<b>Тема 3.7. Устаткування для швидкісного поверхневого нагрівання</b>	60
Полум'яне нагрівання	61
Нагрівання в електроліті	62
Індукційне нагрівання	62
Техніка безпеки при роботі на високочастотних установках	65
<b>Тема 3.8. Установки для обробки холодом</b>	66
<b>Тема 3.9. Агрегати для термічної обробки деталей</b>	71
<b>Тема 3.10. Устаткування для контролю якості деталей</b>	76
Прилади для макроскопічного й мікроскопічного аналізу	76
Прилади для контролю твердості металів	77
Виявлення поверхневих і внутрішніх дефектів	82

## Тема 3.1. Вступ

**Навчальна мета:** Вивчити основні положення розділу.

**Виховна мета:** Викликати почуття інтересу до дисципліни.

**Зміст теми:**

1. Роль і завдання термічної обробки в розвитку сучасного виробництва.
2. Класифікація устаткування термічних цехів.
3. Механізація й автоматизація устаткування термічних цехів.

**Література:**

1. Кузьмин Б. А. Технологія металів и конструкційних матеріалів. М., Машинобудування, 1989 (стор. 91...102)

**Методичне забезпечення:**

1. Плакати.
2. Альбом креслень і схем устаткування, що застосовується в ливарних цехах.
3. Методичний посібник для самостійної роботи студентів над дисципліною.
4. Методичні вказівки для виконання практичних робіт з дисципліни.
5. Картки-завдання для проведення тестового контролю знань.
6. Екзаменаційні білети.

**У результаті вивчення матеріалу студент повинний знати:**

- роль термічної обробки в сучасному машинобудуванні;
- класифікацію устаткування термічних цехів.

### Вступ

У цей час термічна обробка є складовою частиною технологічних процесів виготовлення більшості напівфабрикатів, деталей машин, приладів, інструментів і т.п., визначає їхню надійність і довговічність у роботі й застосовуються у всіх областях металообробної промисловості.

Теоретичні основи металознавства й термічної обробки були розроблені Д.К. Черновим (1839 – 1924 рр.), який установив, що при нагріванні до певної температур (критичної точки) у сталі виникають перетворення, що змінюють її будову й властивості. Подальший розвиток науки про метали й сплави сприяли вчені всього світу.

Загартування може відбуватися не тільки в сталях, але й у кольорових металах. Була розроблена обробка сталей при негативних температурах, яка дозволяє значно поліпшити якість інструментів і магнітних сталей.

Розроблені термомеханічні, термомагнітні й інші методи зміцнення сталі, які значно підвищують механічні властивості сталі й збільшують термін служби деталей.

Якість термічної обробки багато в чому визначається встаткуванням. Багато видів термічної обробки вимагають спеціального устаткування. В 1906-1907 рр. були розроблені електричні печі й нагрівальні апарати для термічної обробки металів. Після 1920 року були впроваджені в промисловість нові процеси хіміко-термічної обробки, печі для газової цементації, механізовані агрегати для термічної обробки й інше встаткування.

Були розроблені й впроваджені у виробництво індукційне нагрівання струмами високої частоти для термічної обробки й устаткування для цих процесів. У цей час і впроваджені у виробництво нові типи автоматизованого встаткування, процеси термічної обробки включаються в загальний потік автоматичних ліній ливарних, ковальсько-штампувальних, механічних і інших цехів. Створені нові високопродуктивні агрегати для термічної обробки, у яких автоматизовані всі процеси нагрівання, охолодження й транспортування деталей. Для проведення термічної обробки використовують печі, індукційні установки, гартівні баки, вантажопідйомні механізми, установки для готування захисного газу й інше встаткування. Сучасне нагрівальне встаткування відрізняється високим ступенем механізації й автоматизації.

Устаткування термічних цехів підрозділяють на основне, додаткове й допоміжне. Основне встаткування пов'язане з нагріванням і охолодженням деталей. Додаткове встаткування пов'язане із промиванням, очищенням, травленням і виправленням деталей.

Допоміжне застосовують для готування захисних атмосфер, підйомно-транспортне встаткування, обладнання для створення вентиляції.

### **Запитання для самоперевірки**

1. Перелічіть види термообробки. їх призначення.
2. Якими методами термообробки підвищують зносостійкість поверхні деталей?
3. Який вплив термообробки на продовження строку робота деталей машин?

## **Тема 3.2. Класифікація й основні елементи конструкцій печей і нагрівальних обладнань**

**Навчальна мета:** Вивчити конструкцію і основні елементи конструкції нагрівальних печей.

**Виховна мета:** Викликати почуття інтересу до дисципліни.

**Зміст теми:**

1. Класифікація печей для термічної обробки металів.
2. Електроустаткування термічних печей.
3. Конструктивні елементи печей.

**Література:**

1. Долотов Г. П. и др. Устаткування термічних цехів і лабораторій випробування металів. М., Машинобудування, 1988 (стор. 3...19)

**Методичне забезпечення:**

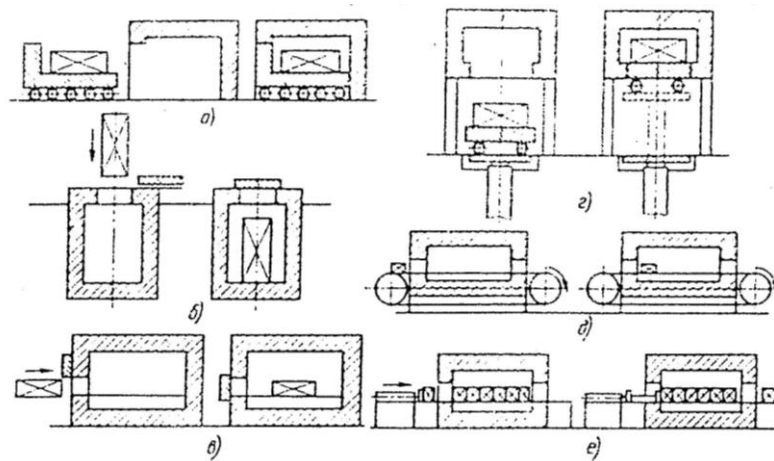
1. Плакати.
2. Альбом креслень і схем устаткування, що застосовується в ливарних цехах.
3. Методичний посібник для самостійної роботи студентів над дисципліною.
4. Методичні вказівки для виконання практичних робіт з дисципліни.
5. Картки-завдання для проведення тестового контролю знань.
6. Екзаменаційні білети.

**У результаті вивчення матеріалу студент повинний знати:**

- класифікацію печей для термічної обробки металів;
- вимоги до печей для термічної обробки металів;
- електроустаткування печей;
- конструктивні елементи печей для термічної обробки металів;

### **Класифікація печей для термічної обробки металів**

Печі для термічної обробки класифікують по різних ознаках: виду енергії (полум'яні й електричні); ступені механізації (механізовані й немеханізовані); по призначенню; по призначенню (гартівні, нормалізаційні, цементаційні й т.п.); способу завантаження (камерні, шахтні, з висувним подом, колпаковые, елеваторні, конвеєрні, штовхальні, з пульсуючим подом і т.д.) Схеми печей деяких типів показані на мал. 1.



Мал. 1. Схеми термічних печей

Електричні печі по способу нагрівання підрозділяють на дві основні групи:

1. Печі опору, принцип дії яких заснований на виділенні в провідниках теплоти при проходженні по них електричного струму; тверді або рідкі провідники включаються безпосередньо в електричне коло.

2. Індукційні печі й установки, у яких електроенергія передається тілу, що нагрівається, поміщеному в змінне електромагнітне поле, за законами електромагнітної індукції.

Позначення печей. Приклад:

СНЗ – 2,5.5,0.1,7/12; СДО-14-28.10/10; СШЦ-0304/10 і т.д.

Букви показують: перша – нагрівання опором; друга – тип печі (Н – камерна, Д- з висувним подом, Ш – шахтна, Т – штовхаюча й ін.); третя - середовище (ПРО – окисна, З – захисна, Ц – цементаційна, В – вакуум). Числа в чисельнику позначають відповідно ширину, довжину й висоту робочого простору в дециметрах (у шахтних печах перші дві цифри показують діаметр, другі – висоту робочого простору). Знаменник показує температуру робочого простору в сотнях градусів Цельсія (1250°С округляється до 12).

До термічних печей висувають наступні вимоги: простота конструкції й надійність в експлуатації; одержання високої якості оброблених деталей, мінімальне споживання енергії, економічна експлуатація, виконання вимог екологічного характеру.

Рівномірне нагрівання деталей у печі досягається застосуванням вентиляторів, які перемішують атмосферу в печі.

Тип печі для термічної обробки вибирають із урахуванням ряду факторів: перелік деталей, марка матеріалу деталей, звідси температуру печі.

До переваг печей з електричним нагріванням відноситься більша точність регулювання температури, чим в газових печах, забезпечення кращих умов праці, а до недоліків – більша вартість нагрівання, складність конструкції печі, наявність трансформаторів і іншої апаратури, велика витрата дорогих і дефіцитних матеріалів і комплектуючих виробів (сплави високого омичного опору, кабельна продукція, спеціальна кераміка і т.д.)

Електричні печі опору в порівнянні з аналогічними по технологічному призначенню газовими печами мають меншу надійність і частіше зазнають ремонту.

## Електроустаткування термічних печей

Переважна більшість термічних печей працює на змінному струмі.

Для зниження напруги застосовують електропічні трансформатори зі східчастим або плавним регулюванням напруги й тиристорні перетворювачі. Вони можуть бути одне – і трифазні.

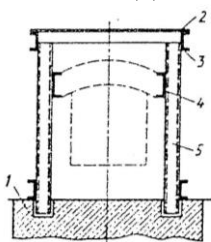
Струмопроводи між піччю й електропічним трансформатором або тиристором утворюють коротку мережу. Щоб уникнути втрат електроенергії в короткій мережі трансформатори розташовують у безпосередній близькості від печі. Коротку мережу виконують жорсткою або гнучкою. Тверді струмопроводи виготовляють із шин прямокутного або трубчастого перетину, гнучкі рухливі струмопроводи – з мідних неізольованих проводів або кабелів.

У якості електроізоляційного матеріалу для колодок і прокладок при кріпленні струмопровід застосовують асбоцемент. Для силових ланцюгів і ланцюгів керування, що прокладаються по каркасах печей і поблизу від них, використовують проведення з термостійких оболонок й ізоляцією в трубах або коробах для захисту від механічних ушкоджень. Ці проведення можна прокласти в конструкціях нагрітих до температури 120-180°C.

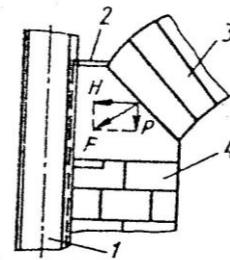
### Конструктивні елементи печей

Термічна піч складається з наступних основних конструктивних елементів: каркаса, футеровки, механізмів переміщення деталей через піч, механізмів завантаження й вивантаження, нагрівальних елементів, газових пальників, системи відводу продуктів горіння, теплообмінників, електроустаткування й автоматики.

Печі, як правило встановлюють на фундаменті. При застосуванні гартівних баків, розташовуваних нижче рівня підлоги цеху, передбачають приямки, а для трубопроводів – канали. Каркас печі споруджують на фундаменті. Каркас призначений для того, щоб сприймати зусилля, що виникають від маси металу, що перебуває в печі, механізмів і інших елементів, що кріпляться до каркаса.



Мал. 2. Каркас печі



Мал. 3. Підп'ятова балка

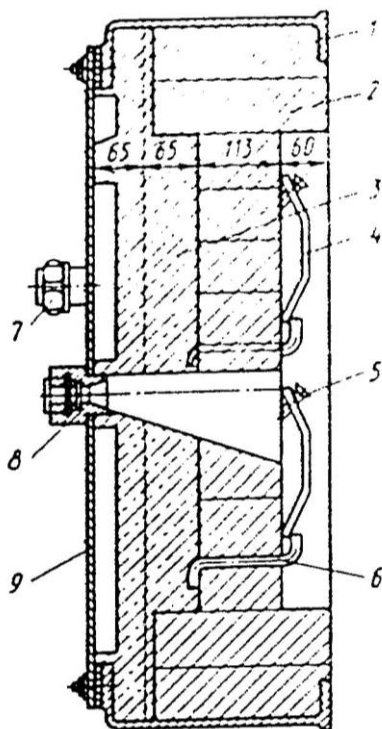
**Конструкція каркаса залежить від типу печі.** При застосуванні твердого каркаса (мал.2) у футеровці залишають температурні шви для компенсації температурного розширення кладки. Завдяки твердому каркасу кладка розширюється убік температурного шва. Каркаси печей з арковим склепінням розраховані на розпірне зусилля зводу.

На мал. 3 показані підп'ятова балка 2 і стійка 1, де сила  $F$ , що виникає від дії зводу 3, спрямована перпендикулярно до площини п'ятової цегли. Цю силу можна розкласти на вертикальну силу  $P$ , що діє на стінку 4, і на розпірне зусилля  $H$ , що діє на балку. Для сприйняття й передачі на каркас розпірного зусилля зводу призначені підп'ятові балки. Каркаси печей, що працюють із контрольованими атмосферами, зварюють суцільним швом і перевіряють на щільність гасом, усі болтові з'єднання ущільнюють азбестовими прокладками. Каркаси вакуумних печей мають спеціальні ущільнення.

Печі футерують вогнетривким і теплоізоляційним матеріалом.

**Під печі** викладають на сталеві листи каркаса. Під завжди роблять багатошаровим. Нижні шари, названі вистілкою, викладають із теплоізоляційної цегли, а верхні шари з вогнетривкого. Стіни печей викладають із цегли на плашку. Стіни роблять багатошаровими: внутрішній шар вогнетривкий, а зовнішній – теплоізоляційний. У стінах печей є отвори: робочі й оглядові вікна, отвори пальників, ремонтні люки, місця проходу елементів механізмів, газові введення і т.д. Зводи в печах виконують у вигляді арок і плоских перекриттів.

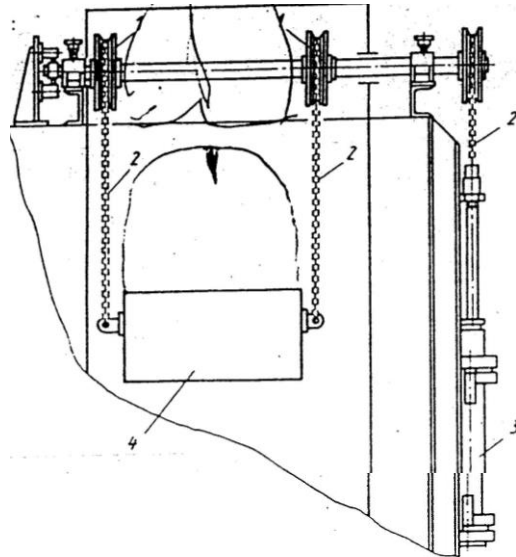
Останнім часом для футеровки термічних печей почали застосовувати вогнетривкі волокнисті матеріали у вигляді аркушів і рулонів замість вогнетривкої кладки.



Мал. 4. Заслінка електропечі

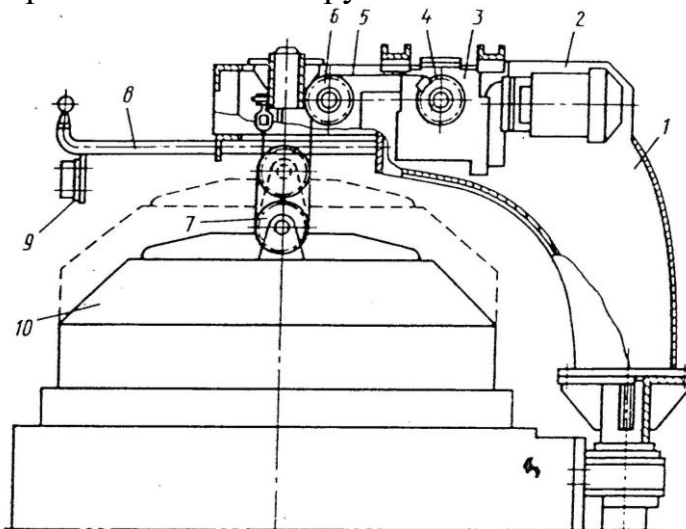
**Заслінки** мають литий або зварений каркас. Футеруються вогнетривким і теплоізоляційним матеріалом. На мал. 4 зображена заслінка електропечі, оснащена електронагрівниками. Заслінка має литу раму 1, вона футерована легковагим шамотом 2 і діатомітом 3. На заслінці розміщені нагрівачі 4, підвішені на штирях 5 і закріплені гачками 6. На заслінці змонтоване оглядове вікно 8. Передній лист 9 заслінки – знімний. На ньому встановлений електровивід 7 для нагрівачів.





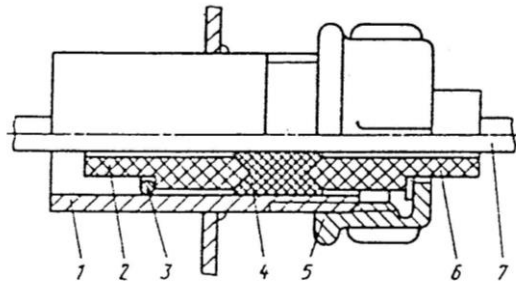
Мал. 5. Механізм підйому заслінки

**На мал. 5** показаний механізм підйому заслінки. Футерована заслінка 4 кріпиться до ланцюгів 2, кінці яких прикріплено до блоків 1, розташованих на загальному валу. Гідроциліндр 3 закріплений на каркасі печі. Шток гідроциліндра з'єднаний з ланцюгом, кінець якої прикріплений до блоку, розташованого над гідроциліндром. При переміщенні штока гідроциліндра блоки обертаються й заслінка піднімається або опускається. Привід заслінки може бути також електромеханічним або ручним.



Мал. 6. Механізм підйому і повороту кришки шахтної печі

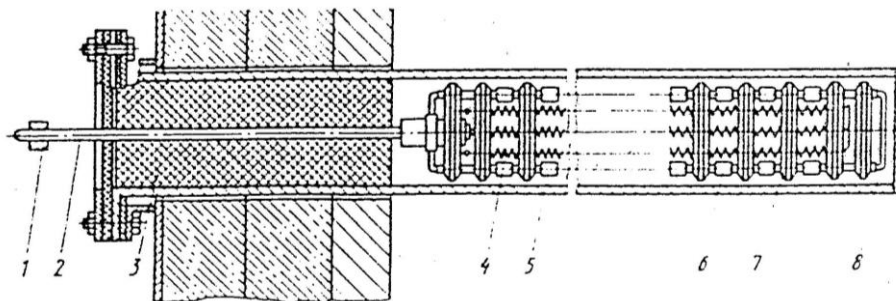
**На мал.6** зображений механізм підйому й повороту кришки шахтної печі. Кришка печі 10 прикріплено до рухливого блоку 7. Приводний блок 4 приводиться в обертання електродвигуном 2 через черв'ячний редуктор 3. Втулочно-роликівий ланцюг 5 перекинута від приводного блоку до рухливого через блок 6. При включеному електродвигуні ланцюг натягається й рухливий блок із прикріпленої до нього кришкою піднімається. Підйом регулюється за допомогою кнопки керування 9, яка закріплена на рукоятці повороту 8. Після підйому над піччю кришка разом із приводом повертається вручну убік на поворотному стовпчику 1.



Мал. 7. Виходи електричних нагрівачів

**Виходи електричних нагрівачів** опору пропускають через футеровку й каркас печі за допомогою спеціальної арматур. На мал.7 зображена арматури висновку нагрівача з печі. Корпус 1 приварений до каркаса печі. Висновок нагрівача 7 проходить через електроізоляційні втулки 2 і 6.

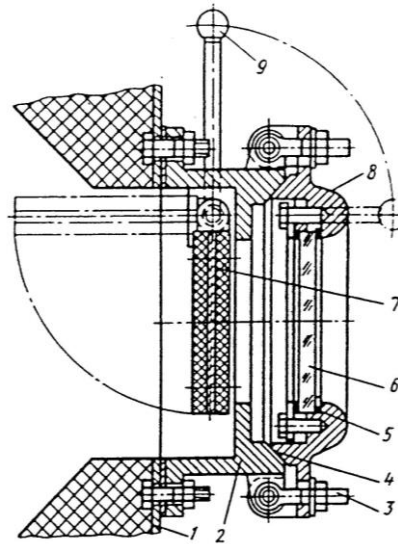
Втулка 2 упирається в розпірне кільце 3. Втулка 6 підтискається накидною гайкою 5. Ущільнення між висновком 7 і корпусом 1 створює азбест 4.



Мал. 8. Радіаційний електричний нагрівач

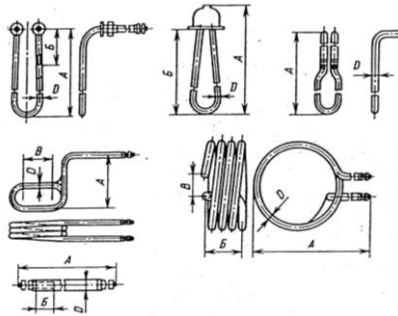
**На мал.8** показаний **радіаційний електричний нагрівач**. Він складається з герметичної жаротривкої радіаційної труби 5, усередині якої розташований електронагрівальний елемент 4. Електронагрівник закріплений в електроізоляторах 7, які у свою чергу зафіксовані сполучним стрижнем 8. Електроізоляційні втулки 6 запобігають замиканню електронагрівника на сполучний стрижень. Електричний висновок 2 пропущено через пробку 3. Живлення до електричного виходу підводиться за допомогою контактного затиску 1. Радіаційний електричний нагрівач кріплять до каркаса печі за допомогою фланця.

**Оглядові вікна** застосовують у термічних печах з контрольованою атмосферою для спостереження за процесами в печах. Оглядове герметичне вікно (мал. 9) забезпечує гарний огляд внутрішньої порожнини печі. Корпус 2 вікна прикріплений до каркаса печі 1 через ущільнювальну прокладку за допомогою болтового з'єднання. Кварцове скло 6 герметичне притягнуте болтами до кришки 8 оглядового вікна й ущільнене прокладками 5. У нормальному положенні скло закрито рухливим екраном 7, рукоятка 9 якого виведена назовні. Кришка оглядового вікна прикріплена до корпусу за допомогою відкидних болтів 3 і при необхідності легко знімається. Кришка й корпус ущільнені між собою прокладкою 4, яка закріплена в кришці.



Мал. 9. Оглядове герметичне вікно

**Трубчасті нагрівачі (ТЕНи) (мал. 10)** застосовують для нагрівання селітри й рідин (вода, слабкі розчини солей, лугів і кислот, мінерального масла й ін.). Оболонки ТЕНів виготовляють із матеріалів, відповідних до умов їх експлуатації.

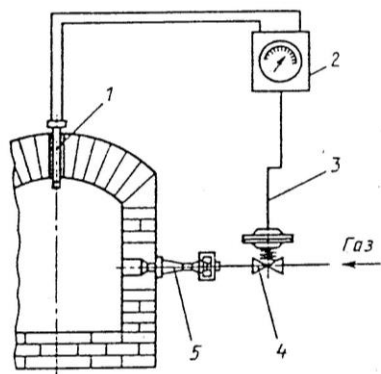


Мал. 10. Типи ТЕНів

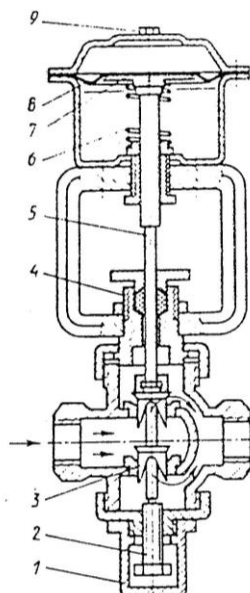
**Схема автоматичного регулювання температури в газовій печі (мал.11).** Датчиком є термопара 1. Задане, вимірювальне й керуюче устаткування сконцентровано у вторинному приладі 2, який являє собою потенціометр із пневматичним виходом. Виконавчим механізмом і регулювальним органом є регулювальний клапан 4 з мембранним приводом. Клапан регулює подачу газу в інжекційний пальник 5. Значення заданої температури встановлюється на потенціометрі. При зниженні або перевищенні температури в печі нижче або вище заданої вторинний прилад дає команду на виконавчий механізм, який відповідно збільшує або зменшує подачу газу в інжекційний пальник. Команда на мембрану виконавчого механізму передається стисненим повітрям по трубці 3.

Клапан з мембранним приводом показаний на мал. 12. Він складається з регулювального клапана й мембранного приводу. Газ у регулювальний клапан подається по напрямковій, зазначеній стрілкою, клапан двосідельний. Золотник 3, що регулює кількість проходження газу через клапан, зв'язаний штоком 5 з мембраною 8. У простір над мембраною через штуцер 9 від регулюючого приладу подається стиснене повітря. Знизу на мембрану діє пружина 6, що працює на стиск.

Верхній кінець пружини через диск 7 упирається в мембрану. Шток ущільнений сальником 4.



Мал. 11. Схема автоматичного регулювання температури в печі



Мал. 12. Клапан з мембранним приводом

9

Під тиском повітря мембрана переміщає золотник униз, у результаті чого клапан відкривається. Ступінь відкриття клапана залежить від тиску повітря, подаваного регулюючим приладом. Клапан здійснює плавне регулювання подачі газу. Регульований завзятий болт 2, закритий ковпачком 1, обмежує ступінь відкриття клапана. Клапан використовується для регулювання витрати газу середнього й низького тиску.

### Запитання для самоперевірки

1. По яких признаках класифікуються печі для термічної обробки металу.
2. Назвіть основні конструктивні елементи печей.

### Тема 3.3. Печі періодичної і неперервної дії

**Навчальна мета:** Вивчити конструкцію і основні елементи конструкції печей.

**Виховна мета:** Викликати почуття інтересу до дисципліни.

**Зміст теми:**

1. Печі періодичної дії:
  - камерні печі;
  - ковпакові печі;
  - камерна піч з під подовими топками;
  - печі з витяжним подом;
  - шахтні печі;
  - елеваторні печі.
2. Печі неперервної дії:
  - карусельні печі;
  - печі з крокуючим подом;
  - конвеєрні печі;
  - штовхальні печі;
  - протяжні печі.

**Література:**

1. Долотов Г. П. и др. Устаткування термічних цехів і лабораторій випробування металів. М., Машинобудування, 1988 (стор. 20...97)

**Методичне забезпечення:**

1. Плакати.
2. Альбом креслень і схем устаткування, що застосовується в ливарних цехах.
3. Методичний посібник для самостійної роботи студентів над дисципліною.
4. Методичні вказівки для виконання практичних робіт з дисципліни.
5. Картки-завдання для проведення тестового контролю знань.
6. Екзаменаційні білети.

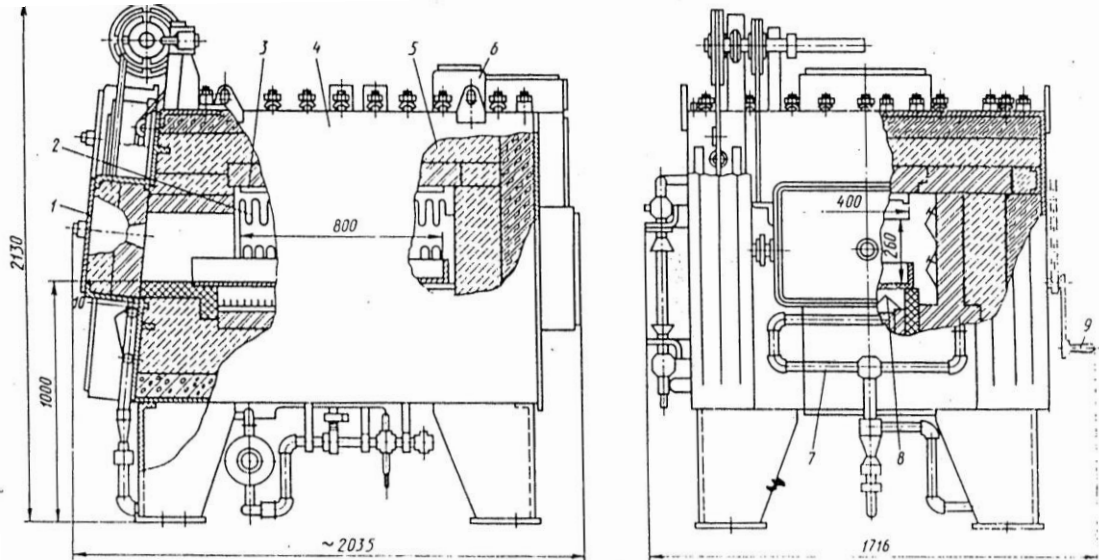
**У результаті вивчення матеріалу студент повинний знати:**

- конструкція печей періодичної дії;
- конструкцію печей неперервної дії;
- конструктивні елементи печей для термічної обробки металів.

# Печі періодичної дії

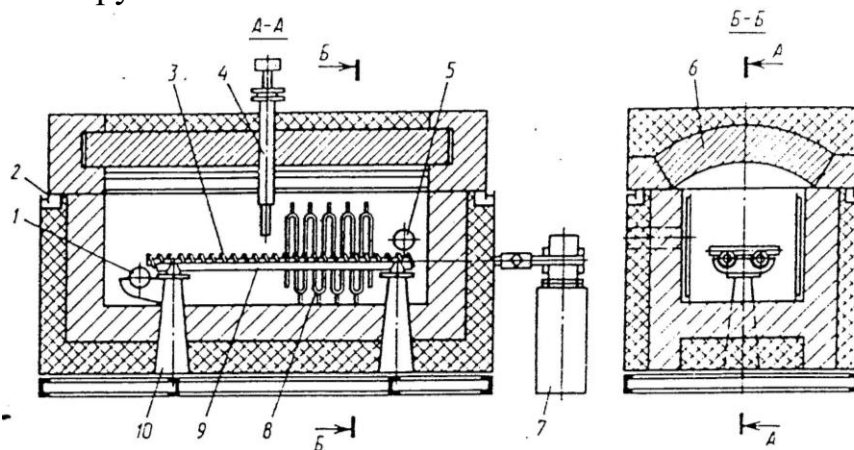
## Камерні печі

Камерні печі широко застосовують для різних видів термічної обробки деталей. Завантаження й вивантаження деталей звичайно проводиться в ручну. При масі деталей 9 кг і більш печі обладнують засобами зовнішньої механізації. Печі можуть мати як окисну як і контрольовану атмосферу.



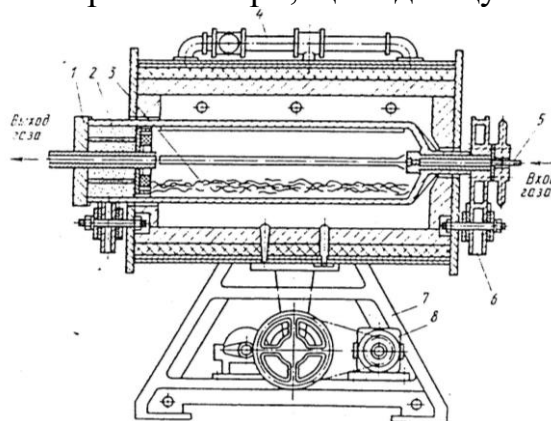
МАЛ.13. Камерна електропід типу СНЗ-4,8,2, 6/10

**Камерна електропід (мал.13)** має металеві нагрівачі й захисну атмосферу. Під має герметичний каркас 4 і герметичну заслінку 1, футеровану шамотним вогнетривом. У заслінці передбачене оглядове вікно. Металеві нагрівачі 2, 3, 8 розташовані на зводі, бічних стінах і на підлозі. Подача захисного газу в грубний простір здійснюється газопроводом 7. Завантажувальне вікно печі обладнане газовою завісою 10. Завіса включається автоматично й перекриває плоским смолоскипом проріз завантажувального вікна при підніманні заслінки. Електроживлення до нагрівачів підводить струмопроводом 6. Підйом і опускання заслінки здійснюється вручну за допомогою рукоятки 9.



Мал.14. Камерна під з гвинтовим подом

**Камерна піч із гвинтовим подом (рис 14)** призначена для нагрівання під загартування деталей циліндричної форми довжиною 300...2000 мм і діаметром 15...60 мм. Деталі рухаються поперек печі. У камері нагрівання печі на двох литих стійках 10 встановлена плита 9, у якій розміщено два гвинти 3. При включенні приводу 7 гвинти 3 обертаються в протилежні сторони таким чином, що деталі для нагрівання, покладені на гвинти, пересуваються уздовж убік розвантажувального вікна 1. Деталі, нагріті в середовищі захисного газу, падають із гвинтів у витягувач і вивантажуються з печі. Піч має знімний звід 6, що дозволяє ремонтувати електричні нагрівачі 8, а також замінити гвинти. Необхідна герметичність печі досягається ущільненням зводу пісковим затвором 2. Температура в печі вимірюється термопарою 4. У печах із гвинтовим подом відсутній нагрівання тари, що підвищує КПД печі.



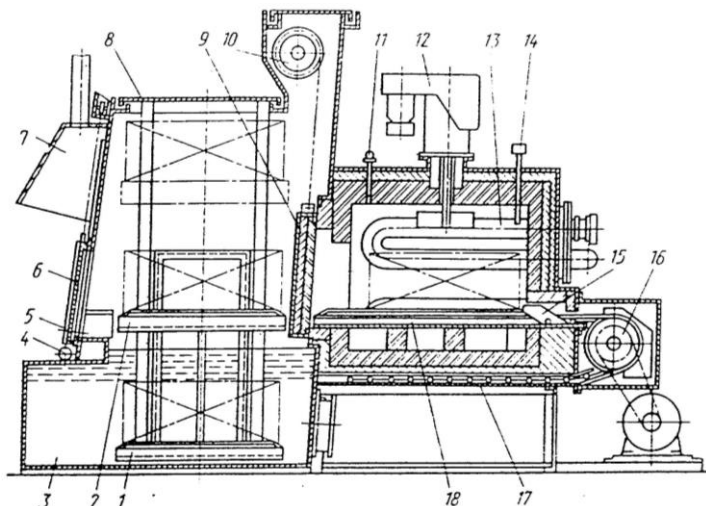
Мал. 15. Камерна цементацияна піч

**Камерна ретортна цементацияна піч (мал. 15)** забезпечує перемішування деталей у процесі насичення їх вуглецем з метою одержання рівномірного цементованого шару. У середині камерної газової печі встановлена реторта 2, відлита із хромонікелевої сталі. Реторта розташована горизонтально на чотирьох ковзанках 6, закріплених на торцевих стінах печі. На цих ковзанках реторта обертається навколо своєї осі, обертає реторту електродвигун, встановлений разом з редуктором і ланцюговою передачею на торцевій стінці печі. Завантажувальний кінець реторти має кришку, що герметично закривається, 1 з футерованим екраном. У протилежному кінці реторти передбачений отвір 5 для подачі вуглецевого газу в реторту. З боків циліндричної частини каркаса приварено дві цапфи. На одній цапфі закріплена зірочка, з'єднана з ланцюгом із приводом 8, змонтованим на рамі 7. Привід призначений для нахилу печі разом з ретортою. Для футеровки печі використаний шамотний вогнетрив.

Печі обігрівають шістьма газовими пальниками, розташованими уздовж реторти по двом сторонам печі.

Газопровід печі 4 з'єднаний із цеховим газопроводом за допомогою гнучкого шланга, що дозволяє нахилити піч при працюючих пальниках. Деталі 3 завантажують у розігріту реторту. Кількість металу, що завантажується, становить 200..250 кг. Після установки в реторту кришки реторта починає обертатися. Газ-карбюратор надходить у реторту, взаємодіє із завантаженими деталями й, пройшовши через реторту, виходить із неї через отвір у кришці й згоряє. Впродовж всього часу цементация реторта обертається.

Після цементації піч разом з ретортою нахиляється й деталі висипають із реторти в гартівний бак, розташований поруч із піччю. Робочі розміри реторти: діаметр 360 мм, довжина 1200 мм. Час цементації 5...6 година.



Мал. 16. Камерна універсальна піч

Камерна універсальна піч (мал. 16) призначена для термічної обробки в контрольованій атмосфері. Піч складається із трьох основних частин: камери нагрівання, гартівного бака й завантажувального тамбура. Камера нагрівання має герметичний сталевий каркас, вогнетривку кладку, заслінку завантажувального вікна, механізм завантаження й вивантаження деталей, вентилятор для перемішування атмосфери, що оточує деталі, що нагріваються, і систему обігріву мови. Подом печі служать рейки 18, відлиті із хромонікелевої сталі. Заслінка 9 завантажувального вікна зварена з вуглецевої сталі й футерована дистенсилиманітовим вогнетривком, підвішена на двох ланцюгах що піднімається нагору при обертанні зірочки 10, насадженої на вал. Привід механізму для завантаження в піч піддона з деталями розміщений на задній стінці печі. При обертанні зірочки 16 переміщається ланцюг, на одному кінці якої закріплено захоплення-штовхальник 15. Довжина ланцюга, виготовленої із хромонікелевої сталі, обрана такий, що захоплення-штовхальника може виходити при піднятій заслінці з камери нагрівання в завантажувальний тамбур. Зворотна галузі ланцюга розташована під камерою нагрівання в герметичному корпусі 17. Вентилятор 12 перемішує атмосферу печі й вирівнює температуру в камері нагрівання. Інтенсивна циркуляція газів забезпечує швидке нагрівання деталей, що перебувають у середній частині піддона, що позитивно позначається на рівномірності прогріву садки по всьому її обсягу. Це має особливе значення при цементації.

Система нагрівання печі складається із чотирьох зигзагоподібних радіаційних труб 13, розташованих на бічних стінах камери нагрівання. Температура в камері нагрівання регулюється автоматично залежно від температури в робочому просторі печі термпарою, що заміряться, 14.

Гартівний бак 3 розташований безпосередньо перед камерою нагрівання й має піднімальний стіл із двома платформами. При верхньому положенні стола платформа 1 перебуває на рівні поду печі. При нижньому положенні стола верхня платформа 2 перебуває на рівні поду, а нижня платформа 1 у цей момент занурена в гартівну рідину.



Завантажувальний тамбур печі є шлюзом, що відокремлює камеру нагрівання від цехового простору в момент завантаження й вивантаження деталей. Корпус тамбура герметичний і приєднаний до гартівного бака й до камери нагрівання. Завантажувальне вікно тамбура перебуває перед завантажувальним вікном камери нагрівання й перекрите заслінкою 6 з листової сталі, що піднімається пневматичним циліндром.

Заслінка 6 тамбура має отвір 5, через яке з печі виходить захисний газ. При виході з печі захисний газ з'єднується з повітрям і згоряє, запалюючись від постійно палаючого запальника. Продукти горіння віддаляються через зонт 7, з'єднаний з вентиляційною системою. У випадку хлопка в печі кришка 8 припіднімається над тамбуром і тиск у печі знижується.

Завантажувальне вікно тамбура має газову завісу. При піднятті заслінки 6 тамбура з колектора 4, розташованого нижче вікна, починає виходити газоповітряна суміш. Запалюючись від постійно гарячого запальника, суміш згоряє й утворює при цьому смолоскип, що перекриває вікно тамбура. Газова завіса забезпечує надійне згоряння вихідного з печі газу.

Послідовність роботи печі наступна.

Піддон з деталями встановлюють на завантажувальний столик. Піднімається заслінка тамбура, загоряється газова завіса й піддон з деталями через завісу заштовхується на платформу піднімального стола гартівного бака. Заслінка тамбура опускається, смолоскип газової завіси гасне. Для відновлення складу атмосфери в тамбурі й печі, робиться витримка 5...10 хв., після чого піднімається заслінка камери нагрівання, включається привід механізму завантаження піддона в піч і ланцюг починає просуватися через піч у тамбур. Дійшовши до піддона, ланцюг зупиняється, а захоплювач-штовхальник ланцюга з'єднується з піддоном. При русі ланцюга у зворотному напрямку піддон переміщається з тамбура в камеру нагрівання. Повернувшись у вихідне положення, ланцюг зупиняється, заслінка камери нагрівання опускається.

Починається період нагрівання деталей. При цементації, після прогріву садки, у камеру нагрівання подається газ-карбюратор – починається процес насичення деталей вуглецем. Після відповідної витримки в камері нагрівання піддон передається в тамбур.

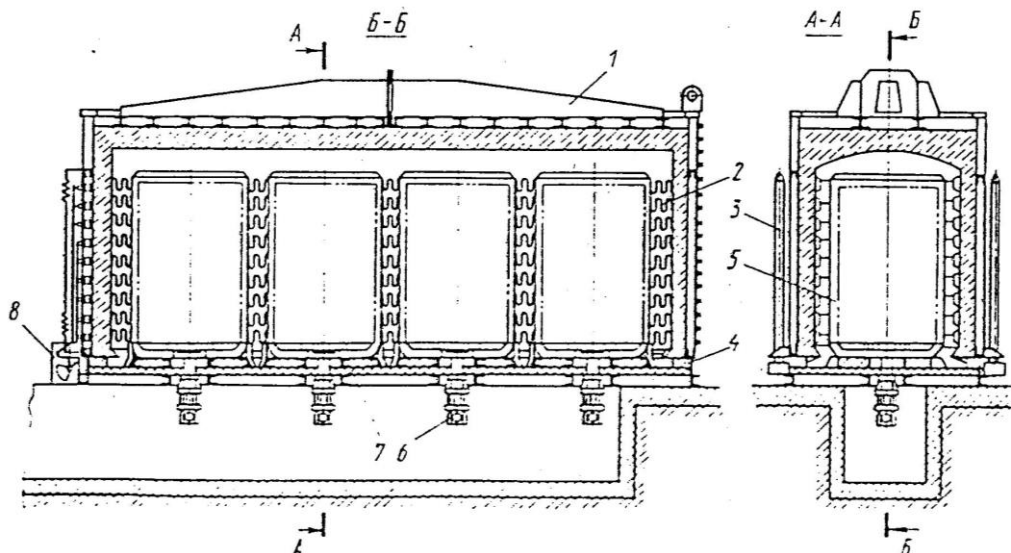
Залежно від виду термічної обробки деталі охолоджуються або в гартівному баку, або в газовому середовищі тамбура.

### **Ковпакові печі**

Печі цього типу включають переносний ковпак і один або кілька стендів. Ковпак футерований вогнетривким і теплоізоляційним матеріалом і може бути з електричним або полум'яним нагріванням. Його встановлюють на нерухливий футерований стенд, на якому розміщують вироби, що нагріваються, а також нагрівальні елементи. Один ковпак використовують для нагрівання декількох стендів. При використанні контрольованих атмосфер вироби, що перебувають на стенді, закривають муфелем. Охолодження роблять при зняттю ковпаку. Використання декількох стендів при одному ковпаку підвищує КПД печі й забезпечує відсутність простоїв.

Тривалість переносу й установки нагрівального ковпака становить 15...20 хв, за цей час температура ковпаки знижується на 200...250°C. Ковпакові печі застосовують для відпалу листів у стопах, стрічки в рулонах і дроту в бунтах. Конструктивно бувають циліндричними й прямокутними, одностопними й багатостопними.

На мал. 17 зображена ковпакова чотиристопна електропеч. Точну посадку ковпака на стенд здійснюють за допомогою напрямних стійок 3.



Мал. 17. Ковпакова чотиристопна електропеч

Нагрівальні елементи опору 2 поміщують на бічних стендах футерованого ковпака 1. Вироби, розташовувані на стенді 7, закриті муфелями 5 з пісковими затворами. Знизу стенда розташовані вентилятори 6 для забезпечення циркуляції грубої атмосфери у внутрішньомуфельному просторі. Місце посадки ковпака на стенд також ущільнене пісковим затвором 4. Електроживлення нагрівачів забезпечує електроконтактне обладнання 8.

Переваги печей: надійні в експлуатації, дозволяють проводити різні по тривалості й температурному режиму технологічні процеси й застосовувати будь-які контрольовані атмосфери.

Недоліки: необхідність застосування для їхнього обслуговування мостових кранів великої вантажопідйомності. Для їхньої установки потрібен цех великої висоти.

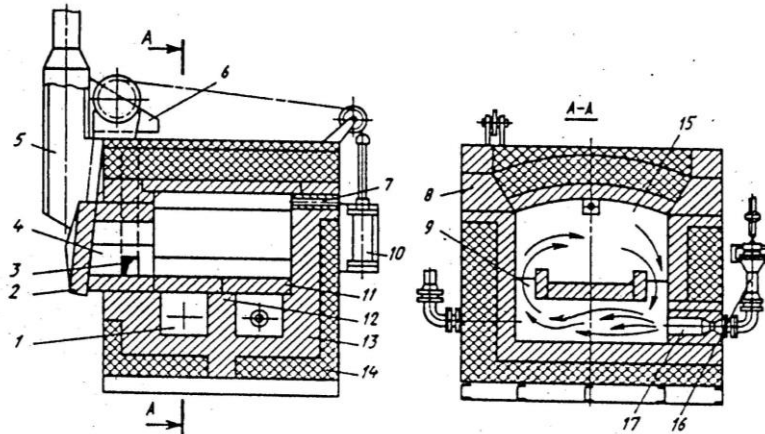
#### Основні параметри ковпакових печей

Тип печі	Маса завантаження, кг	Габаритні розміри, мм
	Циліндричні печі	
СГЗ-16.37.5/5	7000	14960x4250x6990
СГЗ-16.37.5/5	26000	7562x7000x6540
	Прямокутні печі	
СГЗ-8.50.8/10	10000	7935x3350x3485
СГЗ-10.56.10/0	12000	17455x3200x4466

СГЗ –опору, ковпакова, захисна атмосфера  
 Діаметр x висота (внутрішня) x висота (зовнішня)  
 Довжина x ширина x висота

## Камерна піч із підподовим топленням

На мал. 18 показана камерна піч із підподовим топленням для нагрівання деталей під загартування й високий відпустк в атмосфері, що складається із продуктів горіння палива (газоподібне або рідке), з ручним завантаженням і вивантаженням деталей. Піч має передню, задню й дві бічні стіни, на які опирається звід. У передній стіні є завантажувальне вікно 4 і два димоходи 3 для відводу з печі продуктів горіння палива. Подом 11 служать плити з вогнетривкого матеріалу, що опираються на уступи в стінах, і стовпчик 12, що розділяє підподовий простір на дві частини.



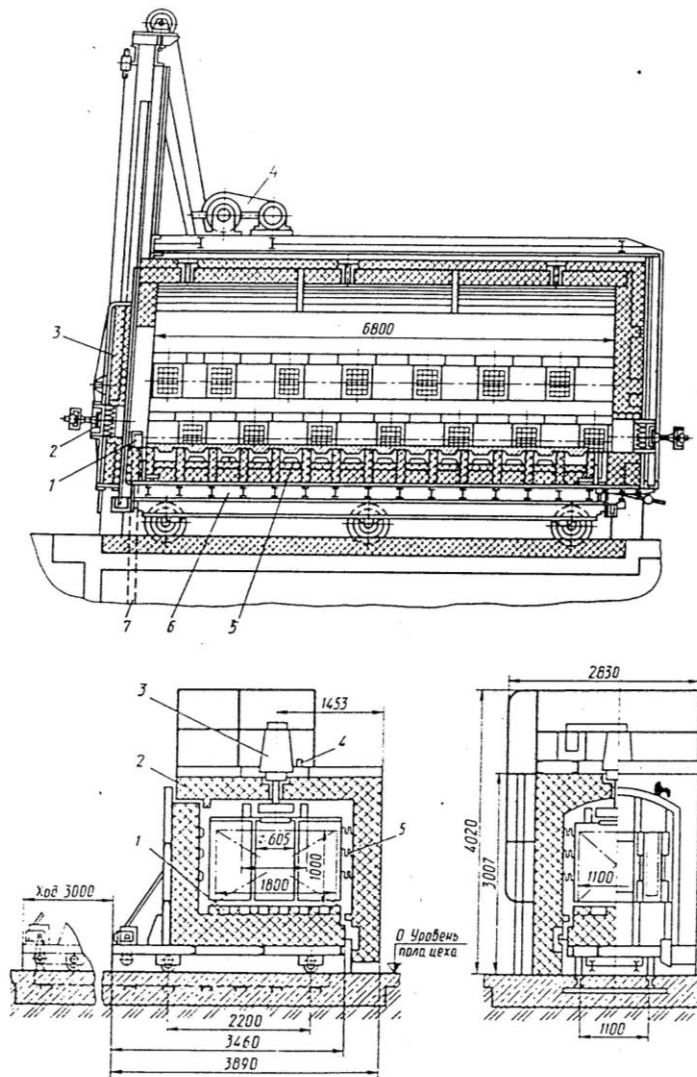
Мал. 18. Камерна піч з підподовими топками

Підподовий простір призначений для спалювання палива. У печі під подом перебувають два топки 1, кожна з яких з'єднана з робочим простором 15 печі двома вертикальними каналами 9. Інжекторні голівки 16 призначена для спалювання газу. Тунель для горіння 17. Завантажувальне вікно закрите заслінкою 2. Підйом заслінки здійснюється пневматичним циліндром 10. Шамотний вогнетрив 13. Теплоізоляція – діатоміт 14. Каркас печі 8, зварений з листової сталі товщиною 5 мм і посилений профільним прокатом. Температуру заміряють термопарою вставленої в отвір 7. У топці холодні й гарячі гази перемішуються й потім по каналу 9 надходять у камеру нагрівання. Для видалення з печі продуктів горіння передбачений зонт 5. Гази, що вибиваються з печі через завантажувальне вікно 4, попадають прямо в зонт, а гази, що виходять із димоходів 3, попадають у зонт через патрубки 6, з'єднані з парасолем.

Печі можуть працювати й на рідкому паливі. У цьому випадку замість пальників установлюють форсунки.

## Печі з викотним подом

На мал.19 (зверху) показано печі з викотним подом для відпалу великих деталей. Під 6 цієї печі висувається на ковзанках по рейках до місця завантаження й розвантаження. При цьому заслінка 3 піднімається й опускається за допомогою приводного механізму 4. Нагрівання печі комбіноване – газовий і електричний. Панельні газові пальники 2 установлені на стінах печі й на заслінці 3.



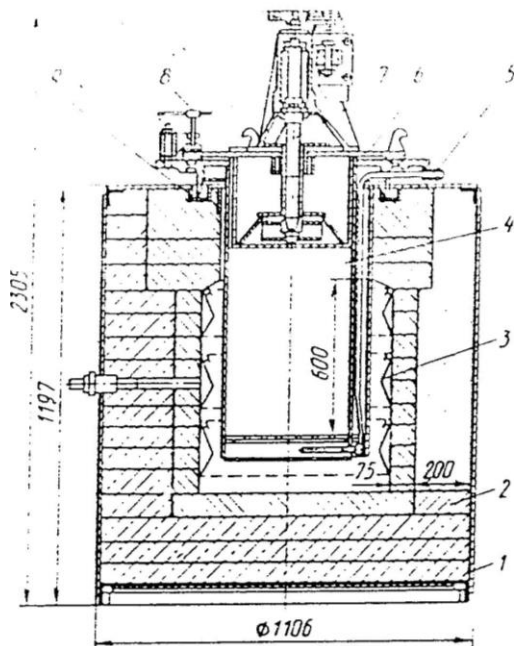
Мал. 19. Печі з викотним подом

Подина обігривається електричними нагрівачами опору 5, покладеними в її кладці. Наявність нижнього підігріву зменшує різницю температур між верхом й низом садки й забезпечує гарну якість термічної обробки. Продукти згоряння газу через вікна 1, 7 віддаляються за допомогою димової труби. і канали.

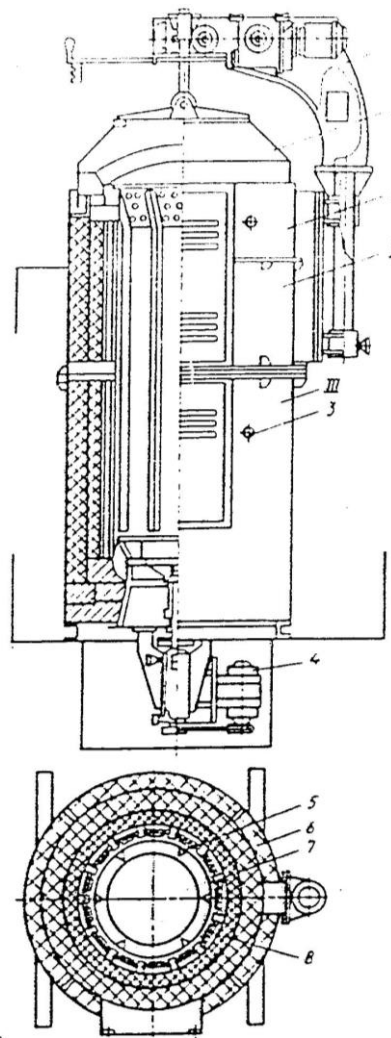
Електропіч опору з викотним подом показана на мал.19 (унизу) призначена для відпустки. Піч складається з камери нагрівання 2 і висувного поду 1, нагрівачів опору 5, водоохолоджувального вентилятора 3 із системою водоохолодження 4. Вентилятор призначений для вирівнювання температури в робочій камері печі. Електричні нагрівачі розташовані на бічних стінах камери нагрівання й на вертикальній стінці висувного поду.

### Шахтні печі

Шахтні печі застосовують для термічної й хіміко-термічної обробки довгомірних виробів, що підвішуються у вертикальному положенні, і для обробки виробів, що завантажуються в спеціальні жаротривкі кошики, решітки і т.д.



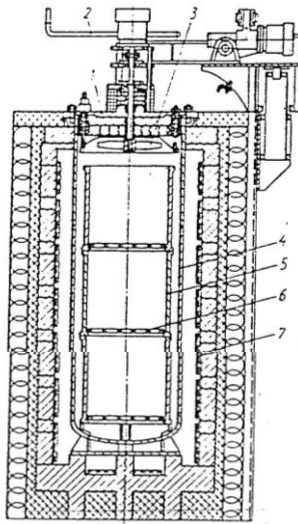
Мал. 20. Шахтна електропіч для газового азотування



Мал. 21. Шахтна електропіч

На мал. 20 показана шахтна електропіч для газового азотування. Складається з каркаса 1, футеровки 2, виконаної з вогнетривкого й теплоізоляційного матеріалу, циліндричного муфеля 4, що герметично закривається кришкою 6. Підведення аміаку 5 здійснений знизу муфеля під решітки, над якими розташовуються оброблювані деталі. Для перемішування атмосфери печі передбачений вентилятор 7. Нагрівачі 3 розташовані на стінках печі. Рознімання між муфелем і каркасом печі ущільнений пісковим затвором 9. Притиск кришки до фланця муфеля здійснюють гвинтовими притисками 8.

На рис 21 показана шахтна електропіч із температурою нагрівання до 700°C. Являє собою каркас, футерований вогнетривкими й теплоізоляційними матеріалами 6. Зверху піч перекривається поворотною кришкою 2 з механізмом підйому й повороту 1. Вентилятор 4 розташований унизу печі. Нагрівачі 8 розміщені на бічних стінках печі. Між нагрівачами й оброблюваними деталями або виробами є екран 7 і напрямні 5 для запобігання його від ушкодження при завантаженні виробів. Для забезпечення рівномірності нагрівання піч розбита по висоті на три температурні зони I –III. Температуру вимірюють термопарами 3.



Мал. 22. Шахтна муфельна електропіч

На мал. 22 показана шахтна муфельна електропіч призначена для хіміко-термічної обробки деталей і світлого відпалу дроту й стрічки із чорного й кольорових металів у бунтах. Електричні нагрівачі розташовують на стінах шахти печі. Піч має жаротривкий муфель 4, установлений на підставку, що опирається на футеровку поду печі. Нагрівачі 7 розташовані на стінках і поду печі. Спеціальні пристосування 5 з жароміцних сталей, установлені в муфель, мають знімні днища 6 з отворами для проходження газу-карбюратора.

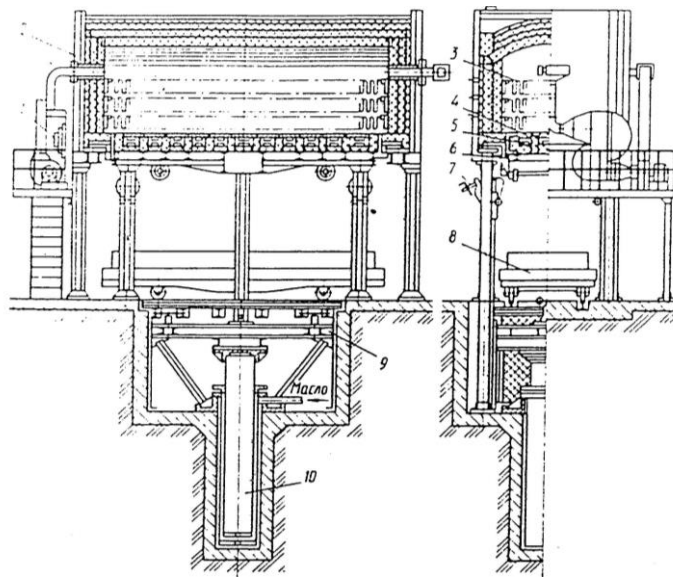
Піч закривається кришкою 1. Кришка має механізм підйому й повороту 2. У кришці є отвори для подачі в муфель газу-карбюратора й відводу відпрацьованої атмосфери. По центру кришки встановлений вентилятор 3 для перемішування атмосфери в муфелі для одержання стабільних результатів по глибині насичення вуглецем оброблюваних деталей. Для рівномірного нагрівання муфеля з деталями, піч по висоті розділена на дві самостійні температурні зони.

### Елеваторні печі

На мал. 23 показана елеваторна піч для відпалу. Деталі завантажують на візок 8, яку заковчують під піч 2. За допомогою гідравлічного підйомника 10 і платформи 9 візок з деталями піднімають у верхнє положення й фіксують там упорами 7. Підйомник опускається у вихідне положення. Після цього включають електричні нагрівачі опору 3 і 5, розташовані на станах печі й на візку. Для запобігання нагрівачі візки прикриті литими жаротривкими плитами 4. Ущільнення між візком і піччю досягають за допомогою піскового затвора 6. Для прискорення процесу охолодження передбачений водяний холодильник 1 із циркуляційним вентилятором.

Елеваторні печі застосовують для відпалу чавунних і сталевих виливків, термічної обробки алюмінієвих сплавів.

Переваги печей: можливість здійснення різних технологічних процесів, легкість забезпечення герметичності, менша витрата електроенергії, компактність конструкції.



Мал. 23. Елеваторна електропіч

Недоліки: складність конструкції, більша висота цеху.

### Печі безперервної дії

У печах безперервної дії різні процеси термічної обробки здійснюються при переміщенні виробів від завантажувального вікна печі до розвантажувального. Вироби рухаються або безупинно, або періодично. Печі безперервної дії класифікують по способу переміщення через них виробів. Бувають: із крокуючим подом, з пульсуючим подом, карусельні, рольгангові, барабанні, конвеєрні, штовхальні, протяжні й струмкові.

Переваги печей безперервної дії: механізація переміщень виробів через піч, можливість роботи в потоковій лінії термічної обробки.

Недоліки: наявність механізмів у пічному просторі, що працюють при високій температурі й в агресивних газових середовищах, що обумовлює їхню низьку стійкість і значні втрати теплоти.

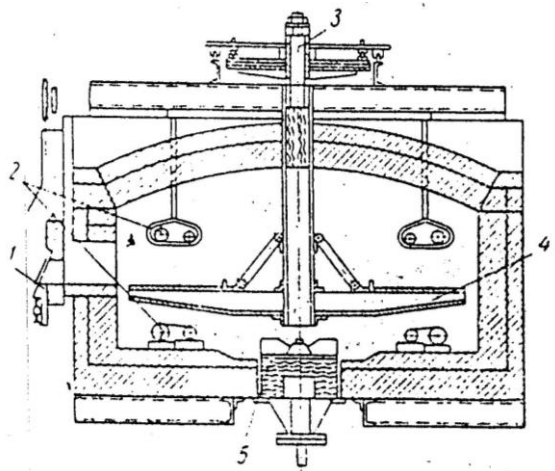
Печі безперервної дії застосовують у масовому виробництві.

### Карусельні печі

Ці печі мають циліндричну форму робочого простору. Деталі рухаються по колу на обертовому поду, на обертовій циліндричній стінці печі або на карусельному механізмі, розташованому в робочому просторі печі. Обертання поду проводиться періодично або безупинно з такою швидкістю, щоб за один оборот завершилося нагрівання й витримка деталей. У термічних цехах застосовують полумєневих й електричні карусельні печі для нагрівання різних деталей під загартування, відпал або нормалізацію.

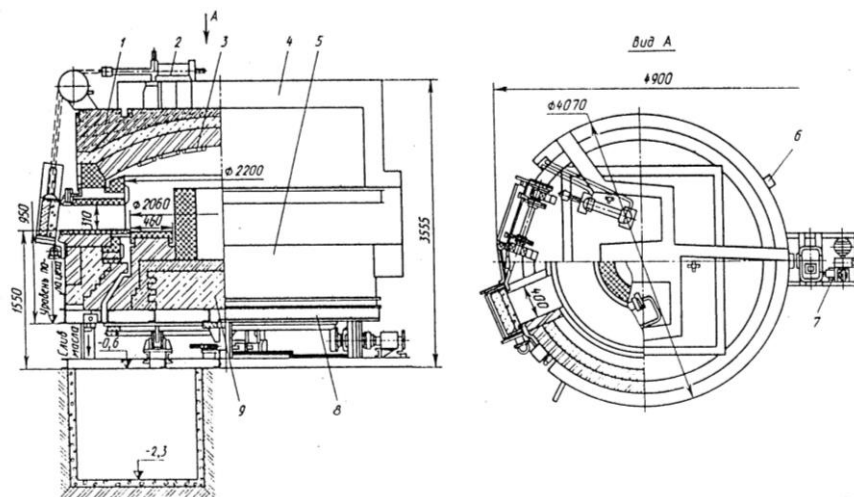
Карусельні печі займають меншу площу, чому прямоточні.

Недоліки: труднощі створення рівномірної температури в робочому просторі печі, складність герметизації, труднощі механізації завантаження й вивантаження.



Мал. 24. Карусельна піч

На мал. 24 представлена схема карусельної печі. Пекти опалюється газом, який спалюється в U-образних трубах 2. Подом печі є карусельне обладнання 4, укріплене на вертикальному валу, обертання якого створюється приводним механізмом 3. Деталі на поду можна розміщати на піддонах, у кошиках і без них. Контрольована атмосфера надходить через вентилятор 5. Завантажують і вивантажують деталі за допомогою автоматичної руки через робоче вікно 1.



Мал. 25. Карусельна піч о

Мал. 25. Карусельна піч опору великого діаметра

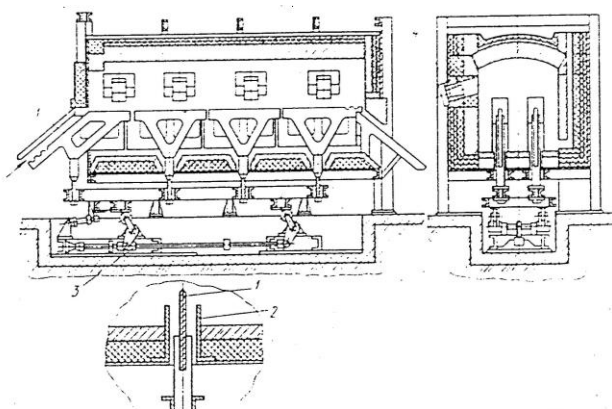
**Карусельна піч опору великого діаметра з нижнім розташуванням приводу (мал.25)** призначена для термічної обробки деталей у захисній атмосфері при максимальній температурі 1200°C. Піч складається з кожуха 5, футеровки 1, 9, нагрівальних елементів опору 3, верхньої частини 4 поду, що обертається, 8, електричних проводів у кожусі, механізмів підйому заслінок завантаження й вивантаження 2, установлених на зводі, підведення контрольованої атмосфери 6 і приводу обертання поду 7. Зигзагоподібні нагрівальні елементи встановлені на зводі й бічних стінках печі. Герметизацію рознімання між обертаним подом і нерухливим каркасом забезпечують два затвори – масляний і пісковий.



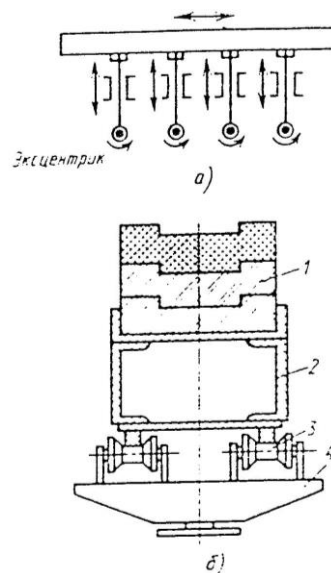
Привід механізму обертання поду складається з електродвигуна й редуктора. Завантаження печі проводиться в одне а вивантаження в інше. Для того щоб запобігти потрапляння повітря в робочий простір печі, завантажувальне й розвантажувальне вікна обладнані плоскополум'яними газовими завісами.

### Печі із крокуючим подом

У печах із крокуючим подом деталі можна завантажувати й вивантажувати поштучно.



Мал. 26. Піч з крокуючим подом



Мал. 27. Схема крокуючої балки

Під печі складається з нерухливої опорної частини й однієї або декількох крокуючих балок, які роблять зворотно-поступальні рухи.

Металеву частину крокуючих балок виносять у зону знижених температур. Опорна частина балки, розташовувана в зоні високих температур, футерована вогнетривким матеріалом.

Балка піднімається й опускається ексцентриком і переміщається вперед та назад механізмом, наприклад гідроциліндром.

На мал. 26 зображено піч із крокуючим подом для нагрівання деталей під загартування. Напрямок руху деталей зазначене стрілкою. Дві крокуючі балки 1 робить зворотно-поступальний рух за допомогою механізму 3. Балки 2 нерухливі й деталі пересуваються по них убік вивантаження. Піч опалюють газовими пальниками 4.

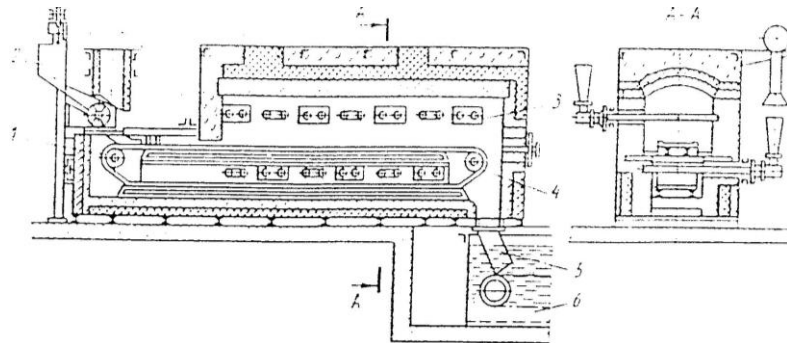
Печі із крокуючим подом вигідно відрізняються від печей інших типів відсутністю втрат теплоти на нагрівання тари для транспортування виробів через піч.

На мал.27, а зображена схема руху крокуючої балки. Балка піднімається й опускається ексцентриком і переміщається вперед та назад механізмом, наприклад гідроциліндром.

На мал. 27,б зазначений поперечний розріз крокуючої подової балки. Крокуюча балка 2 з футеровкою 1 лежить на роликах 3, установлених на рамі печі 4.

## Конвеєрні печі

Для термічної обробки болтів, шпильок, гайок, втулок і інших деталей у масовому виробництві застосовують конвеєрні печі. Вони мають високу пропускну здатність, стабільність обробки. Одним з основних елементів конвеєрної печі є пічний стрічковий конвеєр. Він складається з нескінченної стрічки, що ведучого й ведомого барабанів, опорної частини й натяжного пристрою. В основному в таких печах застосовують сітчасті й панцирні стрічки.



Мал. 28. Конвеєрна гартувальна піч

На мал. 28 показана конвеєрна гартувальна піч, обладнана завантажувальним механізмом 2. Конвеєр печі складається з нескінченної стрічки, опори для стрічки, приводного й натяжного механізмів. Стрічка конвеєра панцерна зібрана з окремих ланок.

Зібрана стрічка натягається на барабани, установлені на приводному й натяжних валах. Барабани відлиті із хромонікелевої сталі й на зовнішній поверхні мають зуби, призначені для зачеплення з конвеєрною стрічкою. Барабан 4 на приводному валу кріпиться жорстко й при обертанні тягне стрічку разом з лежачими на ній деталями. Барабан 1 на натяжному валу встановлений вільно, може обертатися й мати невелике осьове переміщення. Це дає можливість натяжному валу прийняти найбільш точне положення, що забезпечує надійну роботу конвеєра.

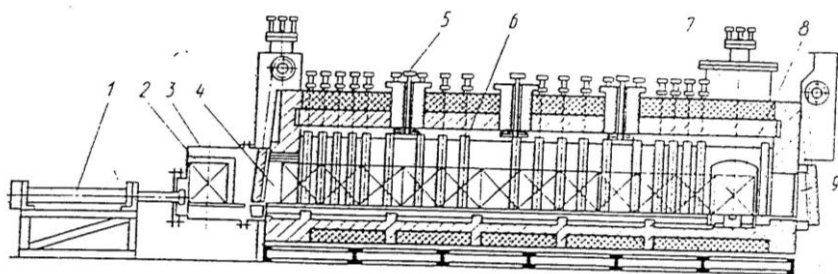
Приводний вал перебуває в зоні високої температури й випробовує більші механічні навантаження, тому його прохолоджують проточною водою. Натяжний вал розташований у зоні щодо невисокої температури й працює без охолодження. Натяг здійснюється за допомогою вантажу для компенсації температурного розширення стрічки конвеєра. При русі по печі стрічка скочає по поздовжніх рейках, що лежать на поперечних балках, замурованих у кладку печі. Рейки, що лежать під верхньою галуззями конвеєра, кріплять до поперечної балки, установлені близько приводного барабана 4. Пекти нагрівається за допомогою зигзагоподібних радіаційних газових труб 3 з рекуператорами. Труби в печі розташовані у два ряди. Труби верхнього ряду передають теплоту деталям, що безпосередньо нагріваються. Нижній ряд труб обігрівають конвеєр знизу.

Захисний газ подається в піч через отвори, розташовані в бічних стінах печі близько приводного барабана 4. Вихід газу з печі відбувається через вікно завантаження. По виходу з печі гарячий захисний газ з'єднується з киснем і згоряє.

Деталі завантажуються в піч рівномірно по всій ширині стрічки конвеєра через отвір близько натяжного барабана. Проходячи через піч, деталі нагріваються. При згинанні стрічки на приводному барабані деталі зсковзують зі стрічки й падають у розвантажувальний отвір. У розвантажувальній частини печі встановлений хобот 5, опущений у гартівний бак 6. Хобот занурений у гартівну рідину, що герметизує розвантажувальну частину печі. деталі, що заколюються, з хобота попадають на конвеєр гартівного бака й потім, після охолодження, виходять на повітря.

## Штовхаючі печі

**Штовхаюча гартувальна піч (мал. 29)** застосовується під загартування різних деталей. Деталі завантажують на піддони. Нагрівання відбувається в середовищі захисного газу.



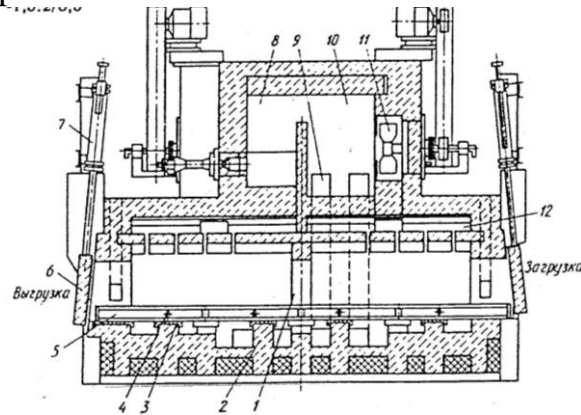
Мал. 29. Штовхаюча гартувальна піч

Піч складається з герметичного каркаса, футеровки, напрямних для переміщення піддонів, системи обігріву й вентиляторів для перемішування атмосфери печі. Холодні деталі надходять у завантажувальне вікно 4 печі, а потім нагріті до певної температури – у гартівний бак через розвантажувальне вікно 8. На розвантажувальній стороні печі є ремонтне вікно 9, що закривається футерованою заслінкою. Для герметизації робочого простору в конструкції печі передбачені тамбури, установлені на завантажувальній і розвантажувальній частинах печі. Внутрішній простір завантажувального тамбура 3 відділяється від робочого простору печі футерованою заслінкою, а від атмосфери цеху – зовнішньою заслінкою, що закриває завантажувальне вікно 2 тамбура. Розвантажувальний тамбур 7 з'єднує каркас печі з гартівним баком. Від грубого простору внутрішній простір тамбура 7 відділене футерованою заслінкою, що перекриває розвантажувальне вікно 8 печі.

Піддони з деталями в печі переміщуються по двом напрямним за допомогою гідравлічного штовхальника 1. Пройшовши піч, піддон з нагрітими деталями подається в гартівний бак ланцюговим виштовхувальником, розташованим на бічній стінці печі напроти розвантажувального вікна 8. Піч нагрівається тупиковими радіаційними трубами 6. По довжині піч має три зони, температура в яких регулюється автоматично. У зводі печі встановлені вентилятори, що перемішують, 5.

**Штовхаюча відпускна піч (мал.30).** Температура в печі регулюється в межах 250...6500С. Атмосфера печі складається із продуктів горіння природного газу.

Через піч піддони з деталями просуваються по двом напрямним 5, покладеним на поперечні опори 3. Секції напрямних 5 з'єднано між собою штангами 4. Навантаження, створювана деталями й піддонами на напрямні, рівномірно розподіляється на кладку й каркас печі через стовпчики 2, виготовлені із щільного шамотного вогнетриву. Дві заслінки 6 перекривають завантажувальне й розвантажувальне вікна печі. Заслінки піднімаються й опускаються гідравлічними циліндрами 7.



Мал. 30. Штовхаюча відпускна піч

Піч має дві температурні зони, відділені один від одного розділовою стінкою 1, виконаної із шамотного вогнетриву. У першій зоні відбувається нагрівання деталей до заданої температури, а в другій зоні – витримка деталей впродовж необхідного часу. Температура регулюється автоматично. Піч нагрівають природним газом, що спалюється у двох топках 8, розташованих над піччю ( на мал. 44 показано одна топка). Гарячі продукти горіння з топки подаються в камеру змішання 10, де вони перемішуються з холодними газами, що надходять із робочого простору печі по каналах 9.

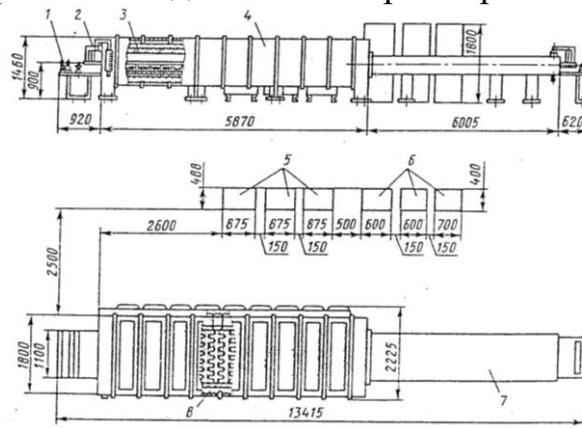
Вентилятор 11 відсмоктує з камери змішання газу й направляє їх у розподільний канал 12, розташований над зводом печі. Через отвори у зводі газу надходять у робочий простір печі. Топка 8 відділена від робочого простору печі, що виключає перегрів деталей. Кожна зона має свою власну систему обігріву, що включає топлення, камеру змішання й вентилятор.

У першу зону безупинно надходять холодні деталі, для нагрівання яких потрібне велика кількість теплоти. Пальники першої зони майже завжди працюють на повну потужність.

## Протяжні печі

Протяжні печі (мал. 31) застосовують для термічної обробки дроту й тонких труб. Застосовують багатоходові й муфельні печі. У кожному трубчастому муфелі простягається одна нитка дроту або тонкої труби. Піч має 24 муфеля з жаротривкої сталі, завдяки чому одночасно обробляється 24 нитки дроту (діаметром 0,08...0,45 мм). Термічна обробка відбувається в контрольованому середовищі й забезпечує одержання не окисненої світлої поверхні. З камери нагрівання дріт надходить у труби холодильника 7, які обмиваються водою. Дріт прохолоджується до 200°C.

До складу печі входить камера нагрівання 4, холодильник, вбудовані шафи керування й напрямне обладнання. Камера нагрівання має футеровку 3.



Мал. 31. Протяжна піч

Нагрівальні елементи 8 виготовлені із дроту й установлені горизонтально, під муфелями, перпендикулярно напрямку переміщення виробів. Холодильник являє собою ванну, заповнену водою. Через ванну пропущені труби (муфеля), у яких проходить дріт. Нагрівання й охолодження дроту відбувається в захисному газі, який подається газопідводом 2. Для правильного напрямку дроту в муфелі перед піччю передбачене напрямне обладнання 1. Живлення електронагрівників роблять через понижувальні трубні трансформатори 5, електроустаткування розміщують у шафах 6. Температура  $900^{\circ}\text{C}$ . Потужність 50кВт. Довжина камери нагрівання 5 м. Довжина холодильника 6 м.

### Вакуумні печі

Вакуум – стан газу, що має тиск значно нижче атмосферного. Температурна обробка у вакуумі має ряд переваг. Безокисне нагрівання у вакуумі в порівнянні з нагріванням у контрольованій атмосфері виключає взаємодія металу, що нагрівається, з газовим середовищем. Нагрівання у вакуумі виробів з окисненою поверхнею дозволяє одержати чисту поверхню без окисної плівки, тому що при високій температурі оксиди деяких металів у вакуумі випаровуються або дисоціює. Вакуумні печі економічно вигідніше, чим печі з контрольованою атмосферою.

У вакуумних печах через відсутність атмосфери виключене окиснення й насичення нагрівачів, внаслідок чого можна одержати більш високі температури.

Вакуумні печі застосовують для всіх видів термічної й хіміко-термічної обробки.

По максимальній робочій температурі вакуумні електричні печі підрозділяють на низькотемпературні ( до  $1100...1200^{\circ}\text{C}$ ) з нагрівачами з ніхрому, середньотемпературні ( $1200...1700^{\circ}\text{C}$ ) з нагрівачами з молібдену й високотемпературні ( $1700...2500^{\circ}\text{C}$ ) з нагрівачами з вольфраму, графіту, або тугоплавких карбідів.

Для створення вакууму в робочому просторі печі використовують вакуумні насоси.

Принцип дії вакуумних роторних насосів (НВР) заснований на тому, що при обертанні ротора відбувається безперервний забір газу з висмоктувального обсягу з викидом газу, стислого до тиску, що перевищує атмосферне, через викидний клапан.

Насоси вакуумні золотникові (НВЗ). У насосах цього типу перекачування газу здійснюється в результаті руху в корпусі насоса плунжера. При певному положенні плунжера відкривається отвір у золотниковому клапані й у впускному патрубку насоса створюється розрідження. Після заповнення внутрішнього обсягу насоса усмоктуваним газом отвір у золотниковому клапані перекривається, а плунжер витісняє газ із насоса через викидний клапан.

Для створення вакууму застосовують також двороторні насоси (ДВН), де ротори виконані у формі вісімок. При обертанні ротори забирають і переміщують газ від вхідного до вихідного патрубка насоса.

У турбомолекулярних насосах (обертання ротора 20 000 об/хв) відкачка газу відбувається за рахунок відбиття молекул газу від середини ротора до країв.

При виборі матеріалів для виготовлення нагрівачів, теплової ізоляції й інших елементів конструкції вакуумних печей необхідно враховувати можливість випару матеріалу у вакуумі.

Випар матеріалу визначає строк його служби. Швидкість випару залежить від величини вакууму й температури, тому застосування матеріалів без обліку можливості їх випару – неприпустимо.

Нікель у вакуумі й при температурі 1400°C буде інтенсивно випаруються, а молібден за тих самих умов буде служити досить тривалий строк.

Нагрівачі печей з робочою температурою до 1100°C виготовляють із хромонікелевих і залізохромоалюмінієвих сплавів. Молібден застосовують до 1700°C, тантал до 2300°C вольфрам до 2500°C, графіт до 2200°C, карбід ніобію до 2500°C.

Конструкції нагрівачів із хромонікелевих і залізохромолюмінієвих сплавів аналогічна конструкції нагрівачів, застосовуваних у печах з контрольованою атмосферою. Нагрівачі з молібдену й танталу виготовляють із тонкого листа.

Нагрівачі із графіту застосовують у вигляді стрижнів, труб і тканини. Для одержання необхідного електричного опору нагрівач виготовляють із декількох шарів тканини.

У якості теплової ізоляції широко застосовують екрани з листів вольфраму, молібдену або корозійно-стійкою сталлю товщиною 0,1...0,4 мм. Екрани з'єднуються за допомогою шпильок і кріпляться до кожуха печі на штирях.

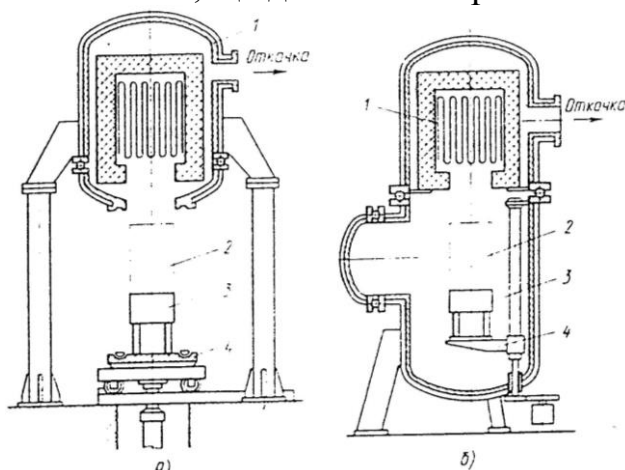
Звичайні вогнетривкі й теплоізоляційні матеріали застосовують тільки в низьковакуумних печах. Для полегшення дегазації печі між футеровкою і водоохолоджувальним кожухом печі встановлюють металеві екрани. У цьому випадку футеровка прогривається швидше й процес її дегазації прискорюється.

У якості теплоізоляційного матеріалу у вакуумних печах застосовують повсть. Для температури печі 1270°C товщина повсті рівна 35 мм.

В електричних печах з нагрівачами з карбіду ніобію футеровку робочого простору виконують також з карбіду ніобію, а теплову ізоляцію із графіту.

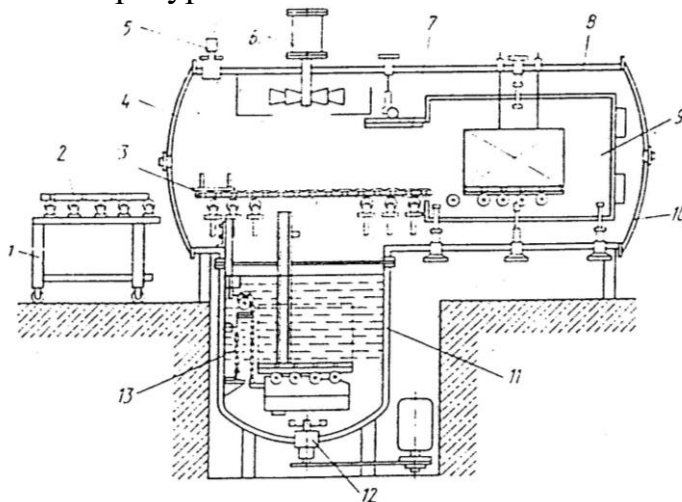
### Конструкції вакуумних печей

Вакуумні печі підрозділяють на печі періодичної дії й печі безперервної дії. До печей періодичної дії відносять печі камерні, шахтні, елеваторні, ковпакові і т.д., до печей безперервної дії – штовхальні, із крокуючим подом, рольгангові, протяжливі і т.д. Вакуумні печі неперервної дії оснащені шлюзовими камерами на завантажувальній і розвантажувальній сторонах, у зв'язку із цим завантаження деталей у піч і вивантаження їх з неї відбувається без порушення вакууму в робочому просторі. Шлюзові камери з'єднані з потужними відкаючими системами, що дозволяє скоротити час відкачки.



Мал. 32. Елеваторна вакуумна піч

Елеваторні вакуумні печі виготовляють без камери охолодження й з камерою охолодження (мал. 32) Висота таких печей 500...1200 мм, діаметр 500...1200 мм. Робоча температура 200...1600°C.



Мал. 33. Камерна вакуумна піч для загартування

На мал.33 показана камерна вакуумна піч із робочою температурою до 1300°C. Піч складається з водоохолоджувального кожуха 8 циліндричної форми, що закривається завантажувальної 4 і ремонтної 10 дверцятами.

Камера нагрівання 9 має теплову ізоляцію із графітірованої повсті, яка зовні охоплена сітчастим металевим каркасом, що прикріплюються молібденовими шпильками до кожуха печі. Завантажувальне вікно камери нагрівання закривається дверцятами 7. У якості нагрівачів використовуються три багаточарові стрічки із графітірованої тканини. Кожна стрічка із двох кінців затиснута графітовими колодками, до яких підводить електричний струм. Над гартівним баком 11, прикріпленим до нижньої частини кожуха печі, розміщений вентилятор 6 для загартування в газовому середовищі.

Робота печі: відкривається завантажувальні дверцята печі й до печі підкочують візок 1 із установленим на ній піддоном 2. Візок фіксується в завантажувального вікна штирями, що забезпечує її точне розташування по осі печі. Піддон із садкою вручну пересувається з візка на ролики, що перебувають у печі. Стіл гартівного бака в цей момент перебуває у верхньому положенні, так що ролики утворюють у печі суцільну доріжку від завантажувального вікна печі до кінця камери нагрівання. При відкритих дверцятах камери нагрівання при включенні ланцюгового механізму 3 піддон із садкою передається в камеру нагрівання. Потім закривають дверцята камери нагрівання, відкочують візок від завантажувального вікна й вікно закривають дверцятами. Піч включають на заданий режим. Вакуумний насос починає відкачувати повітря з печі. По досягненню необхідного вакууму (10-2 Па) включається електричні нагрівачі й температура в камері нагрівання починає збільшуватися. Після необхідної витримки при заданій температурі закривається клапан глибокого вакууму. Починається процес заповнення печі інертним газом. Коли вакуум досягне 4000 Па, піч готова до загартування. Електричні нагрівачі відключаються, дверцята камери нагрівання відкривається й піддон із садкою переміщається з камери нагрівання на стіл гартівного бака. Дверцята камери нагрівання закривається.

При загартуванні в маслі піддон з деталями ланцюговим механізмом 13 опускається в гартівний бак. Рівномірне охолодження деталей забезпечується інтенсивним переміщенням масла за допомогою крильчатки 12.

При загартуванні в газовому середовищі піддон з деталями на виході з камери нагрівання залишається на столі гартівного бака. Включається вентилятор і деталі починають прохолоджуватися із заданою швидкістю.

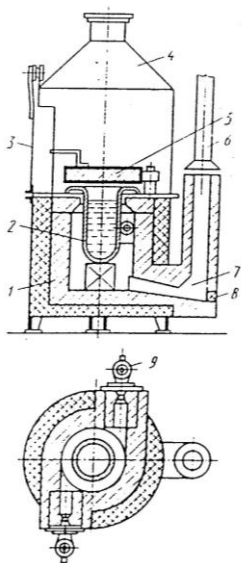
Загартовані деталі вивантажуються з печі після її охолодження до 65°C и заповнення повітрям до досягнення тиску в печі, рівного атмосферному. Запобіжний клапан 5 призначений для зниження надлишкового тиску, що виникає в печі. Включення окремих механізмів печі, зміни температури відбувається автоматично по заданій програмі термічної обробки.

## **Печі-ванни**

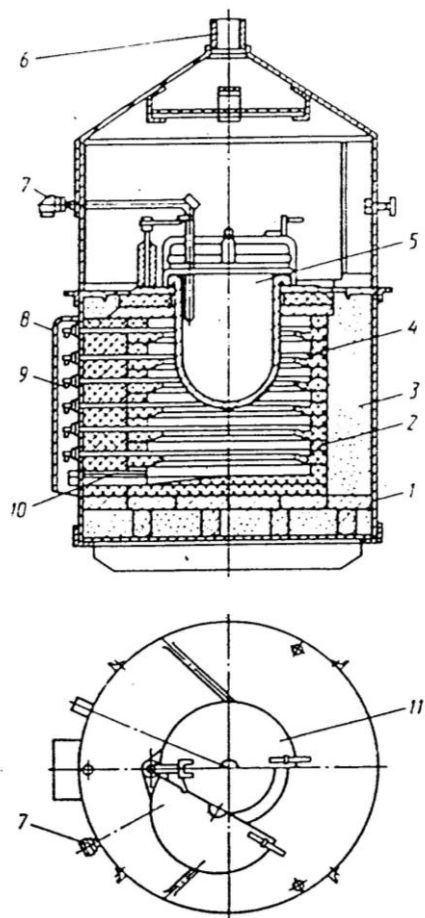
Печі-ванни використовують для нагрівання деталей при різній термічній обробці. Особливість нагрівання у ваннах полягає в тому, що, що нагрівається деталь повністю або частково занурюють у рідке середовище із заданою температурою. У якості середовища, що нагрівається, застосовують розплавлені метали, солі, луги й масла.



Нагрівання в рідкому середовищі в порівнянні з нагріванням у печі має ряд переваг, найважливішими з яких є висока швидкість і рівномірність прогріву. Ванни виготовляють двох основних типів: із зовнішнім нагріванням середовища, що нагрівається, і внутрішнім.



Мал. 34. Піч-ванна із зовнішнім нагрівом



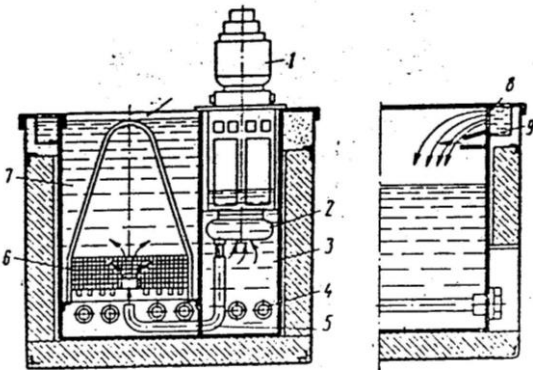
Мал. 35. Електричної ванни із зовнішнім нагрівом

**Печі-ванни із зовнішнім нагрівом.** Ці ванни мають тигель. Зовні тигля розміщують систему його нагрівання. При електричному нагріванні використовують елементи опору, рівномірно розташовувані по периметру тигля. При газовому або мазутному нагріванні зовнішню поверхню тигля нагрівають продуктами повного горіння палива. Для попередження прогорання тигля полум'я направляють відносно до поверхні тигля.

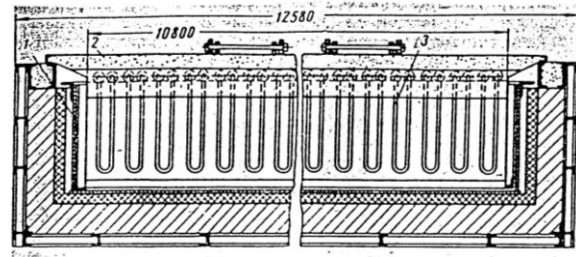
На мал. 34 показано піч-ванна, яка нагрівається газоподібним або рідким паливом. Ванна має металевий каркас, усередині якого перебуває вогнетривка кладка 1 і тигель 2. Спалювання палива здійснюється двома пальниками 9, розташованими тангенціально до тигля. Продукти згорання палива по виходу з пальників обминають тигель і йдуть по каналу 7 у короб 6 витяжної вентиляції. Канал для відводу продуктів горіння розташований похило, що полегшує видалення вмісту тигля при його прогарі через отвір 8. Для зменшення втрат теплоти дзеркалом ванни зверху над тиглем установлена поворотна кришка 5. Для вловлювання пар солей над ванною розташований ковпак 4, приєднаний до витяжної вентиляції. З боку завантаження в ковпаку є вікно, перекрите екраном, що відсуваються, 3. Деталі завантажують у тигель за допомогою кліщів.

Температуру в тиглі контролюють термопарою, що поринає в розплавлене середовище зверху.

На мал. 35 соляна піч із зовнішнім обігрівом має робочу температуру 850°C. Металевий тигель 5 поміщений у простір, що обігривається нагрівальними елементами опору 4, розташованими на внутрішній стінці футеровки 2, 3. Струмopідводи 9 до нагрівальних елементів закриті захисним кожухом 8. Над каркасом 1 ванни розташований вентиляційний парасоль 6. Тигель перекривають рознімною кришкою 11. У ванні встановлено дві термопари. Перша термопара 7 розташована в солі і є робочою (з її допомогою здійснюють автоматичне регулювання температури в тиглі), друга термопара 10 встановлена в зоні розташування нагрівальних елементів.



Мал. 36. Конструкція електричної ванни для закалки



Мал. 37. Електрична соляна піч із внутрішнім нагрівом

**Печі-ванни із внутрішнім нагріванням.** У цих печах нагрівальні елементи розташовані безпосередньо в розплавленій солі, що заповнює простір, де перебувають оброблювані деталі. Нагрівання ванни може електричним, у цьому випадку використовують трубчасті електричні нагрівачі, або полум'яні, тоді застосовують радіаційні труби, у яких спалюється природний газ. Нагрівачі, як правило, розташовують по краях ванни, щоб забезпечити рівномірне нагрівання робочого простору.

На мал. 36 показана конструкція ванни для ізотермічного загартування, де поряд з перемішуванням солі роблять також охолодження розплаву і його очищення від домішок.

Зварений тигель ванни розділений на дві частини: робочу 7 і для приготування солі 3. В обох частинах тигля сіль нагрівається трубчастими електричними нагрівачами 4. Із солеприготовчої частини в у робочу розплав подається по трубці 5 відцентровим насосом 2 з електроприводом 1. Рівень солі в робочій частині тигля вище, чим у солеприготовчій, і розплав перетікає в солеприготовчу частину тигля по жолобах, на виході яких встановлені фільтри 8 для вловлювання з розплаву сторонніх домішок.

Тут же струмінь розплаву проохолоджується потоком повітря, що надходить із патрубку 9.

На дні робочої частини тигля встановлений сітчастий металевий кошик 6 для видалення з ванни шламу.

На мал. 37 наведена схема ванни із трубчастими електронагрівниками (ТЕН) для термічної обробки деталей з алюмінієвих сплавів.

Максимальна робоча температура ванни 520°C, потужність 300 квт. Електродні печі-ванни – це різновид ванн із внутрішнім нагріванням. У робочому просторі електродної ванни встановлені електроди, виготовлені зі сталі, до яких підводять електричну енергію. Струм до електродів подається по масивних шинах від грубого трансформатора. В електродних ваннах нагрівальним елементом є розплавлена сіль. Електричний опір шару солі між електродами значно більше опору самих електродів, що підводять до шин, тому при підключенні ванни до мережі практично вся теплота виділяється безпосередньо в розплавленій солі.

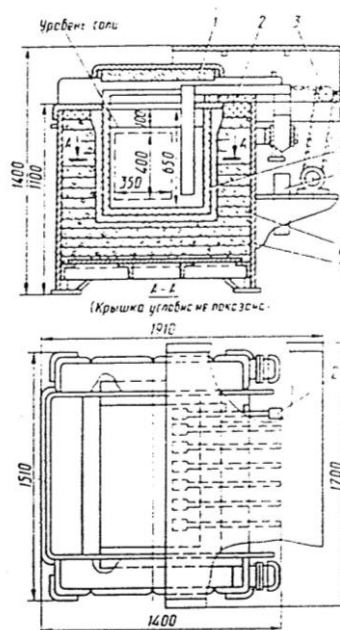
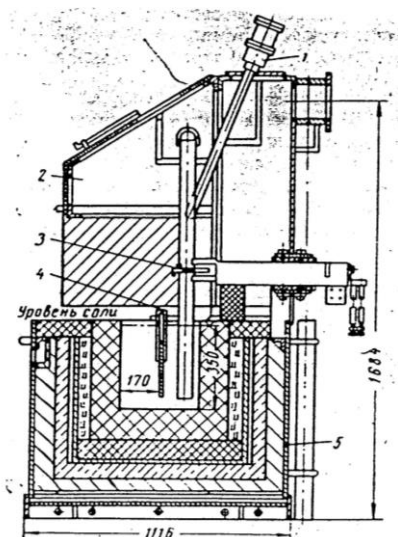
Електродні печі-ванни можуть бути однофазними (мають два електроди) і трифазними (мають три електроди).

Струм, що протікає по електродах, досягає великої величини (5000...10000 А), тому навколо них виникає сильне магнітне поле. Під дією цього магнітного поля починається інтенсивна циркуляція розплавленої солі у ванні. Близько стін ванни сіль піднімається із дна й, досягаючи верху, переміщується до електродів, а потім униз, до нижніх кінців електродів. Виникаюча циркуляція солі сприяє вирівнюванню температури у ванні й запобігає перегріву солі поблизу електродів.

У запобігання електролізу солі застосовують змінний струм.

Для пуску холодної ванни необхідно розплавити деяку кількість солі між електродами, тому що у твердому виді сіль не проводить електричний струм.

У високотемпературних ваннах (1300°) робочий простір футерують цеглою або плитами із шамоту.



Мал. 38. Електродна піч-ванна    Мал. 39. Трифазна електродна піч-ванна

На мал. 38 представлена конструкція електродної печі-ванни. Робочий простір ванни являє собою проміжний металевий тигель-кожух 5, футерований вогнетривкою цеглою. При виході з ладу робочої камери її витягають із печі разом з металевим кожухом і замінюють новою. У робочий простір опущено три електроди 3, закріплені в спеціальних власниках.

Уздовж фронту електродів підвішена перегородка 4 з листової сталі, яка відгороджує робочу зону ванни від електродів, сприяє вирівнюванню навантаження на фазах при розташуванні електродів в один ряд, створює електромагнітну й теплову циркуляцію розплавленої солі й охороняє, що нагріваються деталі від короткого замикання. Ванна має витяжний зонт 2, що приєднується до вентиляційної системи цеху. Температура ванни вимірюється оптичним пірометром 1.

На мал. 39 показана трифазна електродна соляна піч-ванна, з робочою температурою 850°C. Піч-ванна являє собою каркас 7, футерований вогнетривким і теплоізоляційним матеріалами 6. Усередині ванни встановлений металевий тигель 4 з розташованими в ньому електродами 2, до яких підходять струмопроводи 5. Тигель перекривається футерованою кришкою 1 з механізмом відкривання 3.

## **Тема 3.4. Устаткування для приготування контрольованих атмосфер**

**Навчальна мета:** Вивчити конструкцію і принцип роботи устаткування приготування контрольованих атмосфер.

**Виховна мета:** Викликати почуття інтересу до дисципліни.

**Зміст теми:**

1. Класифікація установок для приготування контрольованих атмосфер.
2. Устаткування для отримання ексогазу.
3. Устаткування для отримання ендогазу.
4. Техніка безпеки при експлуатації установок для приготування контрольованих атмосфер.

**Література:**

1. Долотов Г. П. и др. Устаткування термічних цехів і лабораторій випробування металів. М., Машинобудування, 1988 (стор. 168...188)

**Методичне забезпечення:**

1. Плакати.
2. Альбом креслень і схем устаткування, що застосовується в ливарних цехах.
3. Методичний посібник для самостійної роботи студентів над дисципліною.
4. Методичні вказівки для виконання практичних робіт з дисципліни.
5. Картки-завдання для проведення тестового контролю знань.
6. Екзаменаційні білети.

**У результаті вивчення матеріалу студент повинний знати:**

- класифікація установок для приготування контрольованих атмосфер;
- конструкцію устаткування для отримання ексогазу;
- конструкцію устаткування для отримання ендогазу;
- техніка безпеки при експлуатації установок для приготування контрольованих атмосфер.

### **Класифікація контрольованих атмосфер**

Контрольованою атмосферою називають газоподібне середовище, що складається з декількох газів, яка виявляє спрямований контрольований вплив на поверхневий шар металів і сплавів у процесі їх термічної обробки.

Контрольовані атмосфери класифікують по наступних ознаках:

по характеру взаємодії з оброблюваними металами й сплавами атмосфери на нейтральні, відбудовні, окисні, для вуглецевого насичення, для видалення вуглецю, спеціальні (для азотування, хромування, борування і т.д.).

по вихідній сировині, з якої готують контрольовану атмосферу, на водневі, аміачні, деревинно-вугільні, вуглецеві та ін.;

по хімічному складу;

по тепловому ефекту реакцій, що протікають при одержанні контрольованої атмосфери, на ендотермічні й екзотермічні.

Умовна позначка газоприготувальні установки складається з букв і цифр. Перші дві букви позначають призначення (одержувану атмосферу): ЕН – ендогаз, ЕК – екзогаз, ДА – диссоційований аміак, В – очищення водню від кисню, АЗ – очищення азоту, ІО – очищення інертних газів.

Після букв через тире даються цифри, що показують продуктивність ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ).

Найбільш широке поширення знайшов метод одержання захисних атмосфер із природного газу. Природний газ складається в основному з метану. При горінні метану із не достатком повітря утворюються продукти неповного його горіння, до складу яких входить водень і окис вуглецю. Чим більше не достаток повітря, тим більше в продуктах неповного горіння метану буде водню й окису вуглецю.

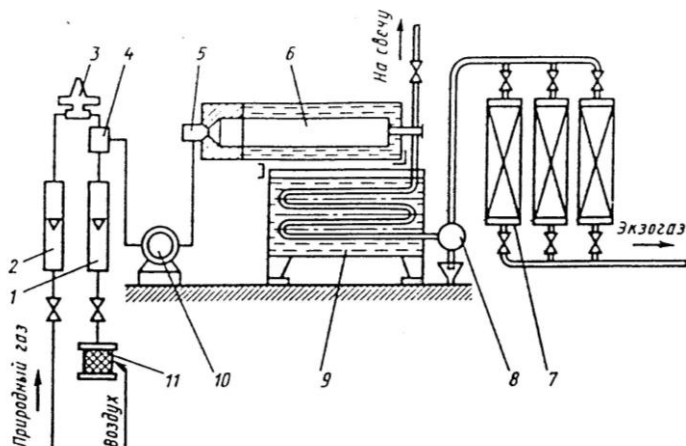
При коефіцієнті витрати повітря рівним 0,25 реакція горіння може протікати лише при підведенні в реакційну камеру додаткової теплоти. Горіння метану при меншому коефіцієнті витрати повітря чим 0,25, неприпустимо через появи вільного вуглецю в продуктах горіння. Вуглець, потрапляючи в піч, накопичується у вигляді сажових відкладань, які заважають роботі механізмів печі й ускладнюють регулювання процесу нагрівання. Продукти ендотермічної реакції називаються ендогазом.

При збільшенні коефіцієнта витрати повітря в продуктах горіння до 0,55...0,6 процес горіння метану можливий без додаткового підігріву суміші. Чим більше коефіцієнт витрати повітря, тим більше виділяється теплоти. Реакція стає екзотермічною, а продукт такої реакції екзогазом. Екзогаз, отриманий при коефіцієнті витрати повітря 0,55...0,9, утримується ще досить велика кількість  $\text{H}_2$  і  $\text{CO}$ , тому його називають багатим екзогазом на відміну від екзогаза, одержуваного при коефіцієнті 0,9...1, який містить незначну кількість  $\text{H}_2$  і  $\text{CO}$  і тому називається бідним екзогазом.

Ендогаз і багатий екзогаз є горючими й вибухонебезпечними газами. Бідний екзогаз у суміші з повітрям не горить і не вибухонебезпечний. Ендогаз звичайно подають у піч. Екзогаз, як правило, спочатку очищають від  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и тільки після цього подають у піч. Для одержання ендогаза використовують ендогазові установки, а екзогаза – екзогазові.

**Установка для одержання бідного екзогаза (мал.40)** крім системи підготовки газоповітряної суміші, камери згоряння, водяного й фреонового охолоджувача, мають тонке очищення від  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{O}$ . Блок містить ємності, заповнені керамічними поглиначами (цеалітами), що адсорбують гази  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{O}$ .

При спалюванні природного газу виділяється багато теплоти, тому камера згоряння має зовнішнє водяне охолодження. Продукти неповного згоряння по виходу з камери згоряння (в %) приблизно 3  $\text{C}$ , 10  $\text{CO}_2$ , 17  $\text{H}_2\text{O}$  и решта азот.

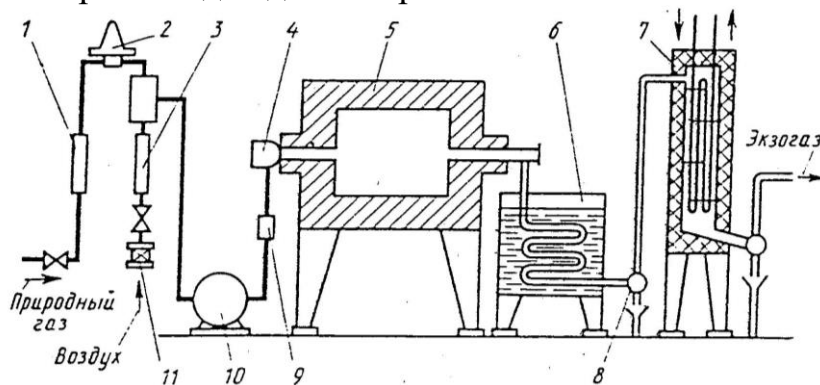


Мал.40. Схема ендогозової установки для отримання бідного екзогазу

Після попереднього охолодження частково осушений екзогаз надходить у ємність із цеолітами, де трьохатомні гази  $\text{Z}_2$  і  $\text{H}_2$  Про відділяються від екзогаза й охолоджуються на поверхні цеолітів.

Блок очищення 7 складається із трьох ємностей із цеолітами. Одна ємність працює в режимі очищення екзогазу, друга регенерується., тобто цеоліти продуваються гарячим повітрям, яке звільняє цеоліти, що наситилися, третя ємність охолоджується після регенерації. Перемикання ємностей із цеолітами на різні режими роботи відбувається автоматично по заздалегідь заданій програмі.

**Установка для одержання багатого екзогазу (мал.41)** складається із системи підготовки газоповітряної суміші, камери згоряння й системи для очищення продуктів горіння від водяної пари.



Мал. 41. Схема екзогазової установки для отримання багатого екзогазу

Камера згоряння виконана в ідеї звичайного топки для спалювання газоподібного палива. Система очищення від  $\text{H}_2\text{O}$  складається з охолоджувача для попереднього охолодження, розміщеного поруч із камерою згоряння, і додаткової холодильної установки.

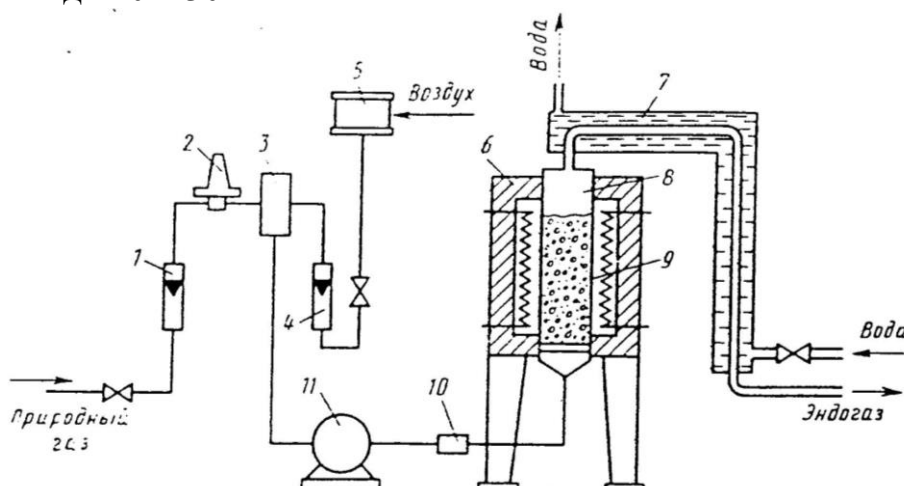
Робота установки наступна.

Компресор 10 через пламенегасник 9 подає в пальник 4 газоповітряну суміш. Надходячи в камеру згоряння 5, суміш запалюється. При виході з камери згоряння продукти неповного горіння містять 4%  $\text{CO}_2$ , 13%  $\text{C}$ , 16%  $\text{H}_2\text{O}$ , решта  $\text{N}_2$ . Даний склад через високий зміст  $\text{H}_2\text{O}$  ( $130\text{г/м}^3$ ) практично не придатний для термічної обробки.

В охолоджувачі 6 газ проохолоджується до 20...30°C. волога, що сконденсувалася, віддаляється через конденсатівідвідник 8. Після охолоджувача 6 в ексогазі втримується 30 г/м<sup>3</sup> вологи. Для більш повної осушки ексогаза його пропускають через установку 7, у якій використовують фреон. Додаткове охолодження ексогаза до 3...5°C знижує вміст вологи в ексогазі до 5...6 г/м<sup>3</sup>. Остаточний склад ексогаза направляється в піч.

Вихідний природний газ подається через витратомір 1 і регулятор тиску 2, а повітря, засмоктуване з атмосфери, проходить через фільтр 11 і витратомір 3.

**Ендогазова установка (мал.42).** Принцип її роботи полягає в готуванні суміші природного газу й повітря з коефіцієнтом рівним 0,25, нагріванні цієї суміші до температури 1050°C і охолодженні продуктів, що утворювалися, неповного горіння до 20...30°C.



Мал. 42. Схема ендогазової установки

Природний газ надходить із цехового газопроводу через витратомір 1 і регулятор нульового тиску 2 у змішувач 3. Повітря, необхідний для одержання ендогаза, засмоктується компресором 11 із цеху через витратомір 4 і фільтр 5. У змішувачі природний газ і повітря змішуються в заданій пропорції. З компресора газоповітряна суміш під тиском подається в реторту 8 генератора 6. Генератор може мати електричний або газове нагрівання. Температура в ньому підтримується 1050°C. Реторта виготовлена із хромонікелевої сталі й заповнена каталізатором 9.

Газоповітряна суміш, надходячи в реторту, стикається з каталізатором і нагрівається до необхідної температури. Відбувається взаємодія метану з киснем повітря. Гарячий ендогаз по виходу з реторти проохолоджують до температури 20...30°C у холодильнику 7, у який неперервно надходить холодна вода. Ендогаз проохолоджують, щоб попередити протікання реакції  $2CO = C_2 + CO$ , у результаті якої в трубопроводі випадає сажа.

У якості каталізатора використовують шматочки глинозем, просочений солями нікелю. Металевий нікель впливає на реакції утвору CO і H<sub>2</sub>.

Для попередження попадання полум'я в компресор при запаленні газоповітряної суміші на ділянці від компресора до реторти встановлений полум'ягасний клапан 10.



## Спеціальні атмосфери.

**Атмосфери для цементації** готують змішуванням газу-носія (ендогаза) із природним газом, пропаном або бутаном. Газ-носії розбавляє вуглеводні, зменшує швидкість їх термічної дисоціації в печі. Чим вище зміст у газі носія водню, тем менше виділяється сажі в печі й тем стабільніше йде процес цементації.

**Атмосфери для нітроцементації** готують змішанням ендогаза, природного газу й аміаку. Ендогаз виконує роль газу-носія. Природний газ необхідний як джерело вуглецю, а аміак як джерело азоту.

**Азотна атмосфера** може бути основою й для готування атмосфери для азотування. Для насичення сталі азотом застосовують атмосфери чистого аміаку, із суміші аміаку й азоту, із суміші аміаку т ендогаза. Для одержання атмосфери з аміаку й ендогаза, використовуваної для азотування при 570°C, застосовують газифікований аміак і ендогаз, вироблюваний із природного газу, бутану або пропану.

**Аргонові атмосфери** застосовують при термічній обробці спеціальних сортів корозійно-стійкої й інструментальної сталі, титану, танталу, цирконію і їх сплавів, у порошковій металургії, при одержанні напівпровідникових матеріалів (германія, кремнію). На відміну від азоту аргон повністю нейтральний і не утворює з металами хімічних сполук.

**Гелієві атмосфери.** Гелій є хімічно інертним газом і не вступає у взаємодію ні з якими іншими елементами. Гелій як і аргон, застосовується в металургії й машинобудуванні спеціальних сплавів і матеріалів як захисної атмосфери.

### Техніка безпеки при експлуатації установок для одержання контрольованих атмосфер

1. При експлуатації установок слід урахувати можливість утвору вибухонебезпечної газоповітряної суміші, отрутих і горючих газів.

2. Швидкість руху газоповітряної суміші повинна значно перевищувати швидкість поширення полум'я, тому суміш згоряє в топці й полум'я в трубопроводі не проникає. Для виключення проскакування полум'я в трубопроводі газоповітряною сумішшю на трубопроводі, у безпосередній близькості від джерела полум'я, установлюють полум'ягасник.

3. Випуск контрольованих атмосфер безпосередньо в цех неприпустима. Атмосфери, якщо вони є горючими, повинні спалюватися по виходу зі скидних свіч або віддалятися примусовим шляхом за межі цеху.

4. Аміак, сірчистий газ і сірководень мають різкий запах, що є деякою гарантією попередження про витіки. Видалення цих газів з робочої зони повинне проводитися примусовим шляхом за допомогою вентиляторів.

5. Перші ознаки отруєння окисом вуглецю: головний біль, затуманена свідомість і фізична слабкість. Обслуговуючий персонал повинен знати, що такі симптоми, як сонливість, головний біль, нудота, можуть бути ознаками отруєння, тому необхідно терміново вийти з небезпечної зони.

6. Горючі контрольовані атмосфери, як і будь-яке газоподібне паливо, вимагають дотримання відповідних правил пожежної безпеки.

### **Запитання для самоперевірки**

1. Конструкція установки для одержання ендогазової контрольованої атмосфери.

2. Конструкція установки для одержання ексогазової контрольованої атмосфери.

## Тема 3.5. Гартівні баки й машини

**Навчальна мета:** Вивчити конструкцію і принцип роботи устаткування для гартування деталей

**Виховна мета:** Викликати почуття інтересу до дисципліни.

**Зміст теми:**

1. Загартувальні баки.
2. Устаткування для перемішування загартувальної рідини.
3. Устаткування для очищення загартувальної рідини.
4. Устаткування для охолодження масла.

**Література:**

1. Долотов Г. П. и др. Устаткування термічних цехів і лабораторій випробування металів. М., Машинобудування, 1988 (стор. 123...144)

**Методичне забезпечення:**

1. Плакати.
2. Альбом креслень і схем устаткування, що застосовується в ливарних цехах.
3. Методичний посібник для самостійної роботи студентів над дисципліною.
4. Методичні вказівки для виконання практичних робіт з дисципліни.
5. Картки-завдання для проведення тестового контролю знань.
6. Екзаменаційні білети.

**У результаті вивчення матеріалу студент повинний знати:**

- конструкцію устаткування для загартування деталей;
- конструкцію устаткування для охолодження та очистки за гартувальних рідин;
- техніка безпеки при експлуатації установок для загартування деталей.

До встаткування, призначеного для охолодження при загартуванні, відносять немеханізовані й механізовані гартівні баки, у яких деталі прохолоджуються, гартівні преси, гартівні й згинальні машини.

### Гартівні баки

Розрізняють два види гартівних баків: немеханізовані й механізовані.

Немеханізований гартівний бак являє собою ємність циліндричної або прямокутної форми. Бак зварюють із листовий сталі товщиною 4...6 мм. У немеханізованих баках усі процеси по передачі деталей у бак, переміщенню в баку й видачі їх з бака виконують вручну.

Орієнтовний обсяг гартівної рідини в баку становить 15 л на 1 кг охолоджуваних деталей.

Таким чином, якщо відома маса охолоджуваного металу, легко визначити масу гартівного середовища, її обсяг. Необхідно враховувати, що для забезпечення рівномірних умов охолодження деталей над ними й під ними повинен бути шар гартівної рідини товщиною не менш 100 мм. Крім того, рівень гартівної рідини повинен бути від краю бака на відстані не менш, чим 100...150 мм.

**Механізований гартівний бак (мал. 43)** призначений для печі із захисною атмосферою. Гартівний бак має механізм для передачі піддонів, що надходять із печі, систему регулювання температури гартівного середовища й систему підтримки постійного рівня гартівного середовища. Гартівний бак установлюється в прਿਆмок, розташований на розвантажувальній стороні печі. Тамбур гартівного бака з'єднується з розвантажувальним тамбуром печі.

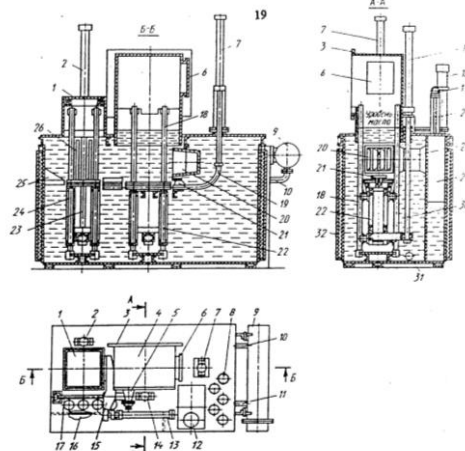


Рис. 45. Механізований закалочний бак:

Мал. 43. Механізований гартувальний бак

Механізми для передачі піддонів з деталями складаються з гартівного й розвантажувального столів, перештовхувача піддонів і штовхувача піддонів. Гартівний стіл 22 з'єднаний штангою 30 з гідроциліндром 14. На гартівному столі встановлені ролики, що обертаються при його вертикальному переміщенні в баку. Ролики котяться по напрямним 18, прикріпленим до бака.

При подачі в нижню порожнину гідроциліндра масла штанга, що є продовженням штока циліндра, піднімається нагору й тягне за собою гартівний стіл. У крайньому верхньому положенні верхня частина гартівного стола перебуває в тамбурі, тобто вище рівня гартівного середовища. У крайньому нижньому положенні верхня частина стола разом з деталями, що гартуються, що перебувають за нею піддоном і, виявляється зануреної в гартівне середовище.

Конструкція розвантажувального стола аналогічна конструкції гартівного стола. У верхній частині розвантажувального стола встановлено чотири стійки 26, що виконують роль піднімальної кришки 1, що закриває розвантажувальне вікно гартівного бака. При русі стола нагору стійки впираються в кришку й піднімають її над баком на достатню висоту, що забезпечує зняття піддона зі стола. При опусканні розвантажувального стола кришка залишається на розвантажувальному вікні, а стіл іде в бак.

Переміщення піддона з гартівного стола на розвантажувальний стіл здійснюється штовхаючим механізмом 21. Штовхаючий механізм з'єднаний спеціальним ланцюгом, розташований в напрямній 19, з гідроциліндром 7. При включенні шток гідроциліндра 7 проштовхує ланцюг по напрямній 19 і штовхаючий механізм починає переміщатися в горизонтальному напрямкові із крайнього правого положення, так як показано на мал. 45, у бік розвантажувального стола. Для переміщення перештовхувача передбачені напрямні, розташовані як на гартівному столі, так і між двома столами. Точна установка піддона на розвантажувальному столі досягається упором 25.

Загартовані деталі з гартівного бака в мийну машину передаються штовхачим механізмом піддонів 15. Штовхач з'єднаний зі штоком гідроциліндра 13 і рухається по напрямній 17.

У гартівному баку даної конструкції можуть одночасно перебувати два піддони. Один на гартівному столі, а другий на розвантажувальному столі.

Перед початком циклу всі механізми гартівного бака повинні займати вихідне положення, яке показано на мал. 43.

Спочатку піднімається розвантажувальний стіл і після того, як він досягне верхнього положення, включається штовхач піддонів. Піддон з розвантажувального стола пересувається штовхачем до мийної машини. Штовхач піддонів вертається у вихідне положення й порожній розвантажувальний стіл виявиться в нижньому положенні, включається перештовхувач піддонів. Він переміщає піддон з гартівного стола на розвантажувальний стіл і вертається у вихідне положення. Після цього порожній гартівний стіл піднімається в крайнє верхнє положення. Верхня площина стола виявляється на одному рівні з напрямними печі й піддон з деталями виштовхується з печі на гартівний стіл. Коли заслінка закриє розвантажувальне вікно печі, гартівний стіл опускається в бак і починається процес охолодження деталей.

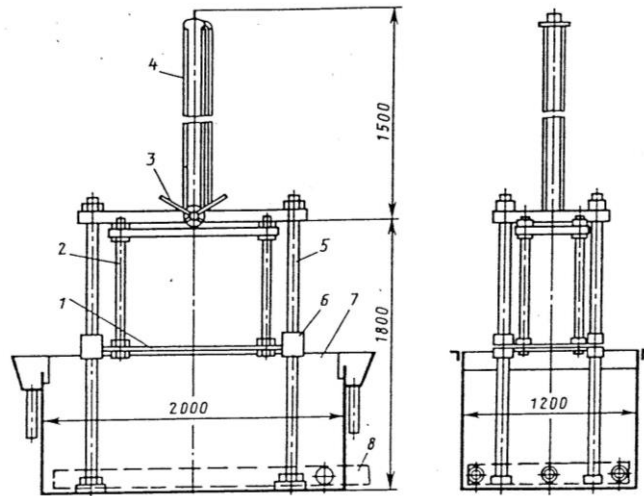
Рівномірне охолодження деталей досягається інтенсивною циркуляцією гартівного середовища. З розподільного короба потік гартівного середовища направляється на деталі, що загартовується. У розподільному коробі встановлено три перегородки, що забезпечують рівномірний вихід гартівного середовища по всьому периметру короба. Розподільний короб з'єднано із циркуляційним коробом 28, у якому встановлений осьовий насос, що приводиться в обертання двигуном 12.

Гартівне середовище підігрівається дев'ятьма електричними нагрівачами 8, опущеними через отвори в кришці бака. Електронагрівники включаються тільки тоді, коли температура гартівного середовища нижче встановленої. Коли температура гартівного середовища перевищує задану, включається насос і гартівне середовище пропускається через теплообмінник 9, охолоджуваний проточною водою. Постійний рівень у баку підтримується подачею гартівного середовища з підживлювального бака, відділеного від гартівного бака розділовою стінкою 16.

У тамбурі є оглядове вікно 5, через яке можна спостерігати переміщення піддона з печі на гартівний стіл.

Доступ у тамбур після видалення з нього захисної атмосфери можливий через ремонтне вікно 6, що герметично закривається кришкою.

Для загартування деталей, нагрітих у камерних штовхальних печах, застосовують баки (мал. 44) з механізованим переміщенням гартівного стола, на який встановлюється піддон з нагрітими деталями. За допомогою пневматичного підйомника стіл може опускатися й підніматися в баку.



Мал. 44. Гартувальний бак з механізованим переміщенням стола

Конвеєрні гартівні баки мають механізоване завантаження й вивантаження деталей. Установлюють баки в печей агрегатів і ліній безперервної дії.

У баку типу ЗБК – 600 (мал.45), (600- ширина конвеєрної стрічки в мм.), охолодження гартівної рідини здійснюється змійовиками 7 із циркулюючою водою. З боку подачі деталей у бак встановлена мішалка 2, що приводиться в рух електродвигуном 1.

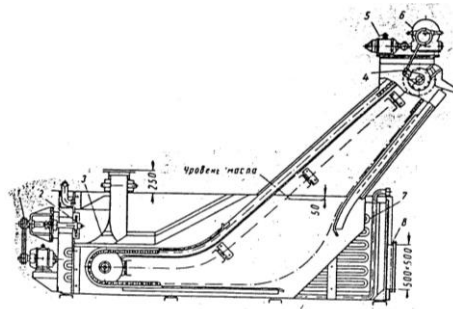


Рис. 50. Закалочний бак типу ЗБК-600

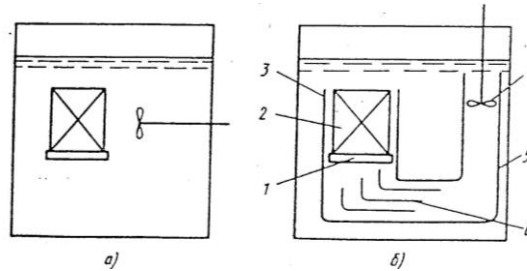
Мал. 45. Гартувальний бак типу ЗБК-600

Деталі, що надходять у бак, попадають на стрічковий конвеєр 3, який спочатку переміщається горизонтально, а далі піднімається догори під кутом  $35...45^\circ$  для вивантаження деталей з бака. Рух конвеєрної стрічки в баку здійснюється електродвигуном 5 через редуктор 6 і храповий механізм 4. Очищення бака від окалини роблять через люк 8. Недоліком цього бака є те, що очищення від окалини необхідно робити вручну, а також обмежена продуктивність бака через недостатню інтенсивність охолодження гартівної рідини.

Для очищення від окалини в деяких конструкціях баків під конвеєрною стрічкою встановлюють шнековий транспортер, який скидає окалину в кошик, установлену нижче бака. Кошик у міру нагромадження окалини виймають із бака тельфером і встановлюють знову.

### Обладнання для перемішування гартівного середовища

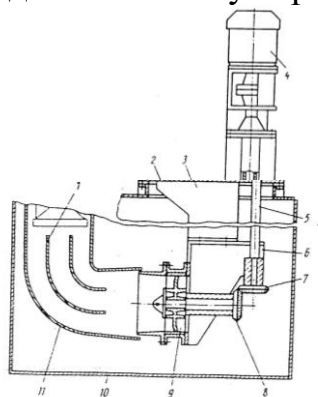
Обладнання для перемішування призначені для створення однакових умов охолодження деталей при загартуванні. Чим рівномірніше поле швидкостей руху гартівного середовища щодо, деталей що гартуються по всьому перетину садки (піддона), тем стабільніші результати термічної обробки.



Мал. 46. Схема устаткування для перемішування гартувальної рідини

У найбільш простому випадку в якості обладнання, що перемішує, використовують крильчатку вентилятора, що обертається в гартівному середовищі в безпосередній близькості від деталей, що гартуються (мал. 46,а). Ця схема перемішування гартівного середовища цілком прийнятна, коли деталі на піддоні розташовані рідко й між ними є великі зазори, достатні для проходження великої кількості гартівного середовища.

Більш рівномірний потік гартівного середовища через садку забезпечується при наявності в баку системи примусово спрямованої циркуляції (мал.46,б). У цьому випадку весь потік гартівного середовища, що направляється крильчаткою 4 у направляючий короб 5, надходить до піддона 1 і проходить через садку 2. Рівномірний розподіл потоку по перетину короба забезпечується розподільників 6 потоку. При загартуванні піддон, опускаючись, у гартівний бак, опиняється в шахті 3, з'єднаної з коробом, що направляє рідину. Відстань від піддона до стінок шахти невелике (20...30 мм), що забезпечує гарантоване проходження потоку через увесь обсяг садки.



Мал. 47. Частина гартівного баку

Для зменшення втрати тиску при русі гартівного середовища по напрямному коробу, у ряді випадків, крильчатку вентилятора розташовують якнайближче до деталей, що гартуються. На мал. 47 показана частина гартівного бака 10 з обладнанням для перемішування гартівного середовища. Крильчатка 9 вентилятора встановлена поруч із коробом 11. Рівномірний розподіл потоку гартівного середовища по перетину короба забезпечується розподільниками 1. Обертання крильчатки проводиться електродвигуном 4 за допомогою вертикального вала 5 і двох конічних шестірень 7 і 8. Вентилятор для перемішування гартівного середовища встановлюється у верхній частині бака, де є вікно із фланцем, до якого кріпиться фланець 2 вентилятора.

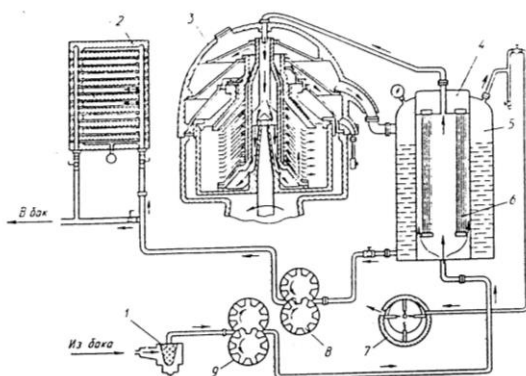
Кронштейн 3 вентилятора опускається в гартівне середовище на таку глибину, щоб вісь крильчатки розташувалася точно по осі короба 11. Жорсткість тієї частини вентилятора, де перебуває крильчатка й конічні шестірні, забезпечується конструкцією корпуса 6.

### Обладнання для очищення гартівного середовища

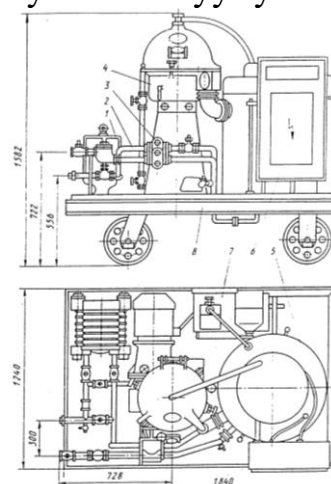
У процесі експлуатації гартівних баків відбувається забруднення гартівного середовища. Основні види забруднень - це окалина, частки сажі, смолисті з'єднання й вода.

Очищення баків від окалини вручну – важка й малопродуктивна робота. Для механізації цієї операції на деяких баках установлюють або шнековий транспортер, або скребковий конвеєр, які працюють безупинно й виносять із бака окалину в міру її нагромадження. Для очищення від окалини застосовують обладнання постачені магнітами.

Найбільш ефективно очищення гартівного середовища забезпечують відцентрові маслоочисні установки. У цих установках гартівне середовище безупинно відбирається з бака, проходить через очисну установку й знову зливається в нього. При відцентровому способі очищення гартівне середовище повністю очищається від усіх зважених часток. Для очищення від води застосовують підігрів гартівного середовища й наступне її вакуумування.



Мал. 48. Схема роботи маслоочисної станції ПСМ-3000



Мал. 49. Маслоочисна станція ПСМ-3000



На мал.49 показана маслоочисна установка, а на мал. 48 – схема її роботи. Усі агрегати установки: підігрівник масла, вакуум – насос, відцентровий сепаратор, прес-прес-фільтр-прес і ін. змонтовані на візку, що дозволяє, при необхідності, переміщати установку до необхідного об'єкта очищення.

Послідовність очищення масла.

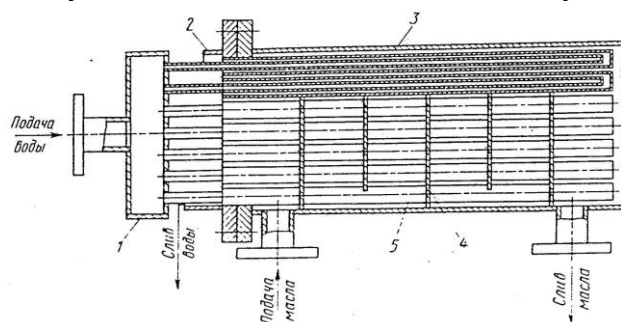
Брудне масло засмоктується шестерним насосом 9 через фільтр 1 грубого очищення з гартівного бака або маслосховища й нагнітається в електропідігрівач 4. У результаті безпосереднього контакту з нагрівачами 6 масло підігрівається до температури 55...60° С. Якщо температура масла, що надходить із гартівного бака, уже має цю або більш високу температуру, то нагрівач відключають. З підігрівника масло надходить у сепаратор 3 ( по центру осі барабана).

Потрапляючи в обертовий барабан, неочищене масло через отвір у дискодержавці витісняється на обертові розділові тарілки, де відбувається відділення від масла різних забруднень і води. Очищене масло зливається у вакуум – бачок 5 електронагрівника, де під дією розрядження випаровується вода, що залишився в маслі. Водяні пари з вакуум-бачка відсмоктуються вакуум-насосом 7, а остаточно збезджене масло шестерним насосом 8 подається або прямо в гартівний бак або, якщо потрібне додаткове посвітління його, через фільтр-прес 2.

### Обладнання для охолодження масла

Для охолодження масла, використовуваного в якості в якості гартівного середовища, застосовують різні конструкції теплообмінних обладнань. Гаряче масло проохолоджується водою або повітрям. У теплообмінному обладнанні охолоджуване й охолодне середовище розділене герметичною перегородкою, через яку й здійснюється передача теплоти.

При охолодженні масла безпосередньо в гартівному баку застосовують баки з подвійними стінками, між якими пропускається проточна вода. У ряді випадків у гартівний бак опускаються змієвики, охолоджувані водою.



Мал. 50. Трубчатий маслоохолоджувач

Великої інтенсивності охолодження масла можна добитися шляхом підвищення швидкості його руху щодо охолоджуваної поверхні. Із цією метою масло з бака відсмоктується насосом і під тиском подається в трубчастий теплообмінник, охолоджуваний водою (мал. 50). Маслоохолоджувач складається із зовнішнього корпусу 3, трубчастого теплообмінника 5, водорозподільника 1 і водяного кожуха 2.

Зовнішній корпус кріпиться до трубчастого теплообмінника за допомогою фланцевого з'єднання. На бічній поверхні зовнішнього корпусу є з'єднання. На бічній поверхні зовнішнього корпусу є два отвори для подачі гарячого масла й зливу охолодженого масла.

Трубчастий теплообмінник являє собою пучок труб, один кінець яких приварений до фланця теплообмінника, а іншої має заварені денця. На пучок труб надіті перегородки 4, розташовані рівномірно по довжині теплообмінника. Гаряче масло надходить у корпус і заповнює весь простір між трубами теплообмінника. Перегородки теплообмінника змушують потік масла проходити по звивистому шляхові, що забезпечує кращі умови теплопередачі від масла до труб теплообмінника. У міру руху масло проохолоджується й з корпусу виходить уже охоложене масло.

Вода, що надходить із мережі, направляється по трубах водорозподільника до заглушеного кінця труб теплообмінника. Вода з теплообмінника видаляється по кільцевому зазору між трубами водорозподільника та теплообмінника у водозливній кожух і звідти в каналізацію

У даному теплообміннику простір, заповнюваний холодною водою, завжди залишається відкритим і з'єднане з атмосферою. Це зроблене для того, щоб тиск води був меншим тиску масла, тоді вода не зможе потрапити в ту частину маслоохолоджувача, де перебуває масло. Конструкція маслоохолоджувача дозволяє виймати трубчастий теплообмінник із зовнішнього корпусу й робити чищення й промивання теплопередаючої поверхні.

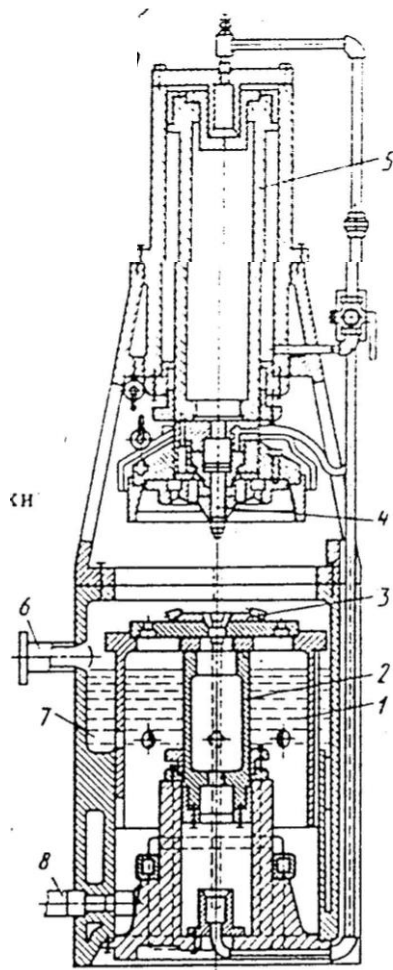
### **Гартівні машини й преси**

Гартівні машини й преси призначені для зменшення жолоблення й деформації деталей при загартуванні. У зв'язку із цим деталі в гарячому стані зажимаються в спеціальному пристосуванні й потім поринають у гартівне середовище.

У гартівних машинах і пресах деталь, що гартується, затискається в штампі. Штамп для загартування складається із двох частин. Нижня частина встановлюється на стіл гартівного преса, а верхня частина кріпиться до штока циліндра, розміщеного над столом преса. Поверхня штампа, що стикається із шестірнею, що гартується, точно відповідає її профілю. У штампі зроблені отвори для рівномірної подачі гартівного середовища на шестірню.

**На мал. 51 показаний прес для загартування шестірень заднього мосту автомобіля й більших кілець діаметром 170...630 мм.** Нижня 3 частина штампа, що складається із плити й установлені на ній втулки, змонтовано на столі 1 преса.

Загартування шестірень проводиться в такий спосіб. Шестірня укладається на нижню частину штампа, після чого пневматичний циліндр 5 притискає верхню 4 частину штампа до шестірні. При опусканні верхньої частини пуансон, розташований на його осі, входить у сегментну втулку й розсовує сегменти до упору, притискаючи їх до шестірні.



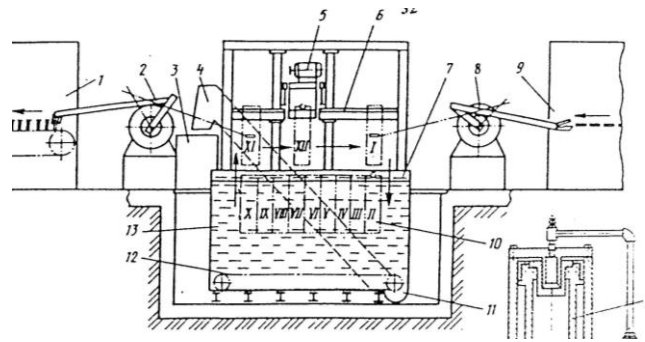
Мал. 51. Прес для гартування шестерні

При скиданні повітря із циліндра 2 стіл разом зі штампом і затиснутої в ньому шестірнею опускається вниз нижче рівня гартівного середовища. Гартівне масло безперервне надходить по трубі 8 у нижню частину преса, заповнює внутрішній простір стола й (коли стіл перебуває у верхньому положенні) через отвори в його бічній стінці перетікає в резервуар 7, заповнює його до зливального рівня й віддаляється через зливальний отвір по трубі 6.

При опусканні стола з шестірнею, що гартується в маслі зливальні отвори в бічній стінці стола виявляються перекритими й масло в резервуар надходить через щілини в сегментній втулці нижньої частини штампа. Спрямована подача масла на шестірню забезпечує необхідну швидкість загартування.

Гартівні машини застосовують і при загартуванні ресорних листів. Нагріті листи укладаються в штампи, що мають спеціальний профіль. При стиску штампа лист згинається й у такому стані разом зі штампом занурюється в гартівне середовище. Після охолодження штамп розкривається й вигнутий по заданому розміру ресорний лист виймається.

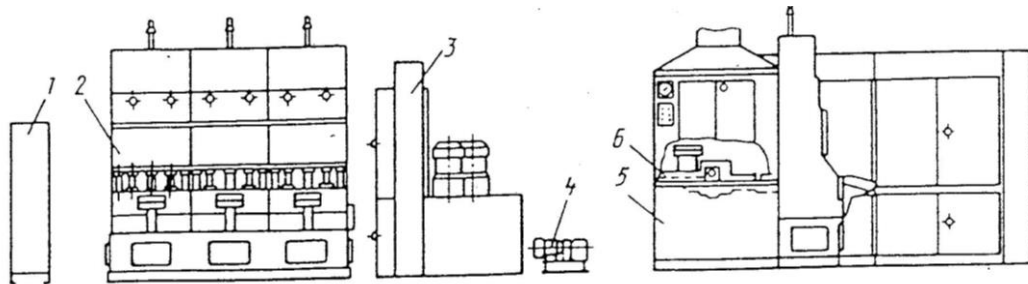
**Згибально-гартувальну машину (мал. 52)** установлюють між гартівної 9 і відпускної 1 печами. Передача нагрітих листів ресори з гартівної печі в згибально-загартувальну машину проводиться маніпулятором 8, а передача загартованих листів з згибально-загартувальної машини у відпускну піч – маніпулятором 2. Згибально-загартувальна машина складається з гартівного бака 13, заповненого гартівним маслом і робочого комплексу згибально-загартувальних штампів 10.



Мал. 52. Згибально-гартувальна машина

Згибально-загартувальні штампи спеціальним механізмом можуть переміщатися в напрямку, зазначеному на малюнку стрілками.

При знаходженні над гартівним баком штамп переміщається по горизонталі з позиції XI до позиції I по напрямної 6. Перебуваючи в гартівному баку, штамп переміщається по горизонталі від позиції II до позиції X. Нагрітий лист ресори завантажується в штамп, що перебуває на позиції I. На позиції II штамп практично весь занурений у гартівне середовище, тільки його верхня частина, яка переміщається по напрямної 7, залишається над рівнем масла. У стислому стані штамп утримують спеціальні засувки, розташовані на його бічних поверхнях. При підйомі штампа з гартівного бака (переміщення з позиції X до позиції XI) засувки відпадають, і штамп розкривається. Механізм 5 може викотити штамп, коли він перебуває на позиції XII, а на його місце поставити інший штамп.



Мал. 53. Гартівний прес

Для очищення гартівного бака від окалини передбачений ланцюговий механізм 12, який збирає окалину в поглиблення 11 у дні бака, і елеватор 4, який піднімає окалину з бака й скидає її в тару 3.

Гартівний прес (мал. 53) призначений для загартування зовнішніх кілець конічних роликопідшипників. Прес вбудовують в автоматичну лінію термічної обробки кілець, де він працює разом зі струмковою піччю, у якій нагріваються кільця під загартування в атмосфері захисного газу.

Загартування кілець здійснюється у два етапи: спочатку охолодження в масляній ванні до 225...240°C, потім у штампах під навантаженням до 90...110°C. При охолодженні під навантаженням проводиться виправлення жолоблень кільця, що виникають у процесі нагрівання й охолодження. Прес має три самостійні двопозиційні блоки, кожний з яких може працювати в автономному технологічному режимі. Зовнішній діаметр кілець, що гартуються, 85...100 мм, тривалість циклу загартування 35...70 с. Розміри: 2750x2000x2900.

## Запитання для самоперевірки

1. Гартувальні баки. Немеханізовані гартувальні баки. Конструкція.
- 2.Механізовані загартувальні баки. Конструкція конвеєрів гартувальних баків.
3. Устрої для підігріву гартувальних рідин.
4. Устрої для охолоджень гартувальних рідин.
5. Устрої для перемішування гартувальних рідин.
6. Улаштування для очищення гартувальних рідин.
- 7 Термічна машина для гартування ресор.

## Тема 3.6. Устаткування для очищення деталей

**Навчальна мета:** Вивчити конструкцію і принцип роботи устаткування для очищення деталей

**Виховна мета:** Викликати почуття інтересу до дисципліни.

**Зміст теми:**

1. Абразивні способи очистки деталей.
2. Ультрозвукова очистка деталей.
3. Травильні установки.
4. Миючі машини.
5. Устаткування для правки деталей після термообробки.

**Література:**

1. Долотов Г. П. и др. Устаткування термічних цехів і лабораторій випробування металів. М., Машинобудування, 1988 (стор. 152...173)

**Методичне забезпечення:**

1. Плакати.
2. Альбом креслень і схем устаткування, що застосовується в ливарних цехах.
3. Методичний посібник для самостійної роботи студентів над дисципліною.
4. Методичні вказівки для виконання практичних робіт з дисципліни.
5. Картки-завдання для проведення тестового контролю знань.
6. Екзаменаційні білети.

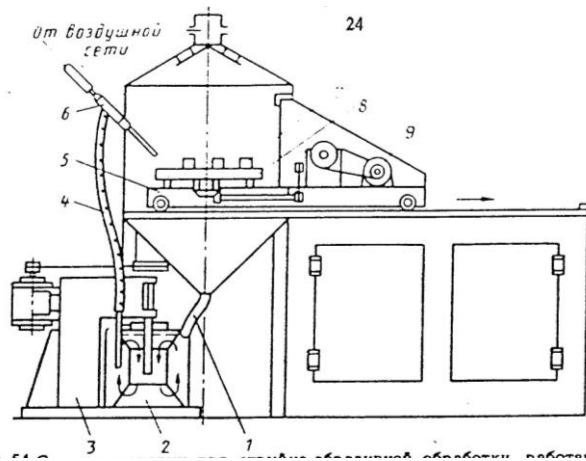
**У результаті вивчення матеріалу студент повинний знати:**

- конструкцію устаткування для очищення деталей деталей;
- конструкцію устаткування для миття деталей;
- конструкцію устаткування для правки деталей після термообробки;
- техніка безпеки при експлуатації установок для загартування деталей.

Для очищення деталей після термічної обробки застосовують травлення, промивання, абразивну, дробикидну й ультразвукову обробку.

### Абразивні й інші установки для очищення деталей

**Струйно-абразивна обробка (мал.54)** заснована на принципі ежектування абразивної суміші. У бункер 3 з мішалкою 2 заливають воду й засинають абразив. При подачі стисненого повітря в камері струминного апарата 6 створюється розрідження, завдяки якому абразивна суміш засмоктується з бункера по шлангові 4.

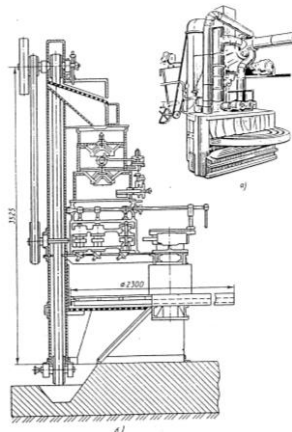


Мал. 54. Схема установки для струйно-абразивной очистки

У змішувальній камері струминного апарата абразивна рідина, змішується зі стисненим повітрям, одержує додаткову кінетичну енергію. Що захоплюється повітрям, абразивна рідина вилітає з вихідного сопла струминного апарата, а відпрацьована стікає назад по трубі 1 у бункер і цикл повторюється. У якості абразивного матеріалу застосовують річковий і гірський пісок у просіяному й просушеному виді. Для очищення сталевих виробів застосовують суміш, що полягає з 30% води 70% піску, для чавунних 50% і 50%. Перевага полягає в майже повній відсутності пилевиділення. Недоліком її є застосування герметизованих апаратів і додаткових операціях корозійного захисту виробів.

На мал. 55 показана схема апарата з обертовим столом для струйно-абразивного очищення. Частота обертання стола 0,44 об/хв. Завантаження й вивантаження виробів здійснюють на відкритій частині стола. Очищення виробів проводиться усередині камери. Три повільно обертові сопла обдувають вироби зверху й з боків. Після обдування пісок проходить у нижню частину стола й звідти ковшовим елеватором надходить знову в лійку апарата.

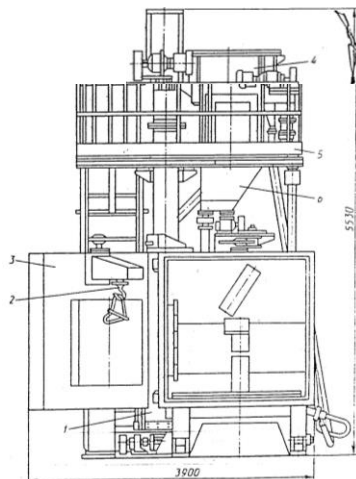
Найбільше широко поширене в промисловості очищення деталей дробом. Чавунний дріб застосовують литу діаметром 0,5...2 мм. Може також застосовуватися лита або рубаний сталевий дріб. Незважаючи на високу вартість готування застосування сталевому дробу цілком доцільно і й економічно, тому що її витрата в багато менше витрати чавунної, а зношування лопаток і сопел дробикидних і дробиструйних апаратів при цьому зменшується в кілька раз.



Мал. 55. Схема апарату з обертовим столом

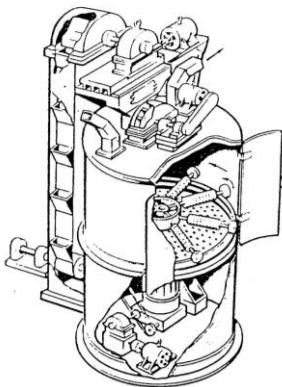
**Очисна дробикидна камера (мал.56).** Основні вузли камери: дробикидні апарати, робоча камера, система повертання дробі, повітряно-механічний сепаратор, бункери, двері із вантажонесучим обладнанням, обладнання збору дробі, майданчик обслуговування.

Робоча камера має завантажувальний стіл, до сторін якого на шарнірах кріпляться двері. Внутрішня частина робочої камери облицьована литими захисними плитами. У камері передбачено три види вантажонечих обладнань: підвіска, стіл і дзвін – кожне з них може бути встановлене на будь-які двері, тому що усередині неї передбачена трансмісійна передача для обертання вантажонесучого обладнання. Дробикидні апарати забезпечують інтенсивний потік дробі в кількості до 500 кг/хв, продуктивність до 3 т/ч.



Мал. 56. Схема універсальної дробикидної камери

**Дробикидна машина (мал.57)** має діаметр обертового стола 2500 мм, діаметр турбіни 500 мм, частота обертання турбіни 2500 об/хв, час обороту стола 225 сек. деталі, що очищаються, укладаються на робочий стіл дробикида. Для забезпечення рівномірного очищення після двох-трьох оборотів стола проводять переворот деталей і наступне їхнє очищення.

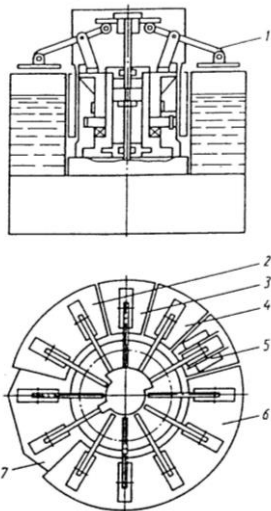


Мал. 57. Дробикидна машина

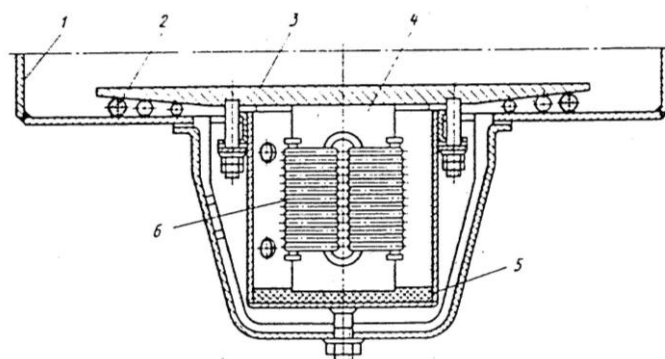
**Ультразвукове очищення.** Сутність її полягає в тому, що при розподілі ультразвукових коливань у рідині виникають по черзі стиск й розрідження. У момент розрідження відбуваються місцеві розриви рідини з утвором пухирців, які заповнюються парами рідини й розчиненим у ньому повітрям.



У момент стиску пухирці розплющуються, що супроводжується сильними гідравлічними ударами, які й забезпечують ефективне очищення поверхні виробів.



Мал. 58. Установа для очищення деталей



Мал. 59. Ультразвуковий випромінювач

**Установа для очищення деталей від окалини після термічної обробки (мал. 58).** Ця установа кільцевого типу складається із чотирьох ванн 3-6, камери сушіння 2 і позиції завантаження й вивантаження деталей 7.

Деталі, що очищаються, навішуються на підвіску 1 і автоматично проходять послідовне травлення у ванні 6 із соляною кислотою, ультразвукову абразивну обробку у ванні 5, промивання в проточній воді у ванні 4 і сушіння гарячим повітрям у камері 2. Установа комплектується генератором УЗГ 10.

**Ультразвуковий випромінювач (мал.59)** вбудовують у ванну для очищення деталей. Сердечник з феромагнітних матеріалів і сплавів під дією електромагнітного поля струму високої частоти змінює синхронно свої лінійні розміри, створюючи тим самим через пластину діафрагми високочастотні хвилі в миючому середовищі.

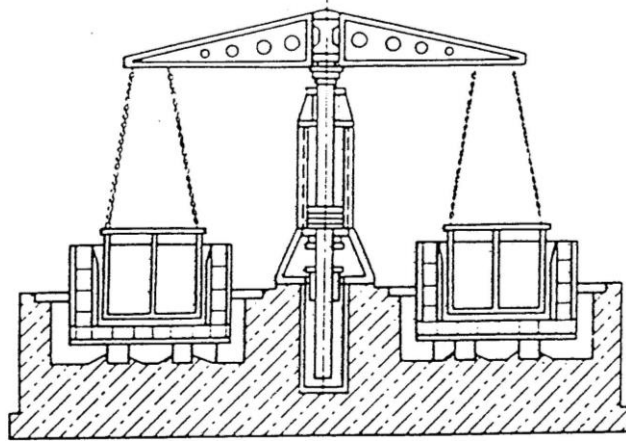
### Травильні установки

Процес травлення використовують для очищення виробів від окалини й іржі й здійснюють у травильних ваннах. Розрізняють хімічне й електролітичне травлення.

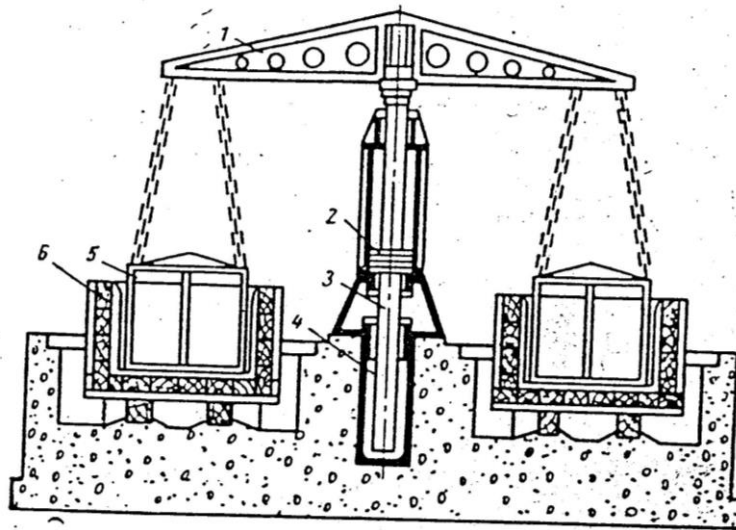
Хімічне травлення виробів проводять у водяному розчині сірчаної кислоти (5...18%) при 40...90°C або в розчині соляної кислоти (7...20%) при 30...60°C. Під дією кислоти окалина розчиняється й відривається від поверхні металу. У запобігання перетравлювання виробів до розчину додають різні органічні присадки, інгібітори, які не сповільнюючи процесу розчинення окалини, охороняють метал від впливу кислот, утворюючи на поверхні металу тонку захисну плівку.

Травильна ванна (мал.60, 61) з підйомно-поворотним краном має плунжер з поршнем, який рухається в циліндрі за допомогою стисненого повітря.

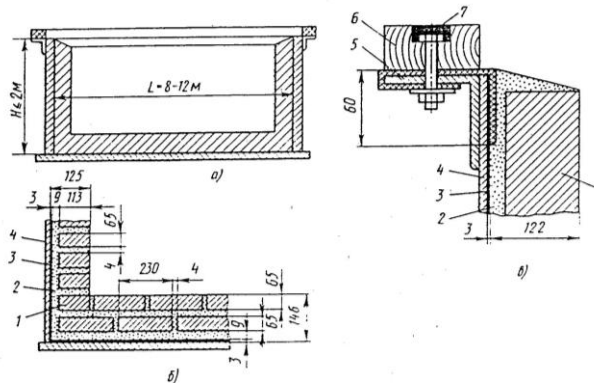
У верхній частині перебувають чотири балки крана, на кінцях яких висять кошики з деталями. При підйомі балки можуть бути повернені на 90°.



Мал. 60. Травильна машина з краном



Мал. 61. Травильна машина з краном



Мал. 62. Травильна ванна

Унизу розташовано три ванни з розчином кислоти, гарячої й холодної води. На вільному завантажувально-розвантажувальному майданчику міститься тара деталями для травлення.

Тривалість травлення в розчині кислоти близько 1 хв.

Електролітичне травлення проводиться в електролітичній ванні, що живиться електричним струмом.

При катодному електролітичному травленні деталь служить катодом, а анодом свинцева пластина. Видалення окалини відбувається в результаті відновлення оксидів заліза, що виділяється воднем і механічного видалення окалини воднем. Електролітичного розчинення металу при цьому не відбувається. Тривалість процесу 10...15 хв. При катодному травленні відбувається електролітичне покриття ділянок, що оголюються в процесі травлення, металу плівкою свинцю. Після травлення виріб промивають у теплій і холодній воді й знімають електролітичним способом плівку.

При експлуатації травильних установок необхідно дотримувати загальних і специфічних правила техніки безпеки. Кислоти, їх розчини й пари можуть вражати шкіру, очі й інші частини тіла.

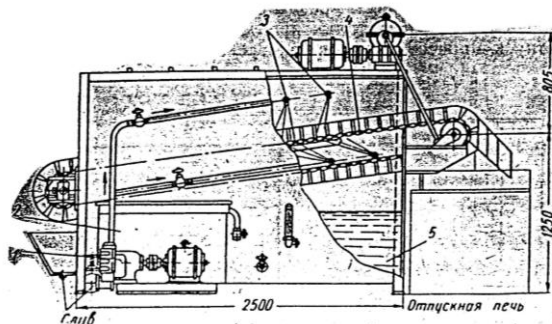
Робітники травильної ділянки забезпечуються спецодягом і взуттям (фартухи, халати, чоботи, рукавички) і захисними окулярами.

Корпус ванни для травлення виготовляють із листової сталі або із залізобетону з наступної футеровкою його усередині різними кислотостійкими матеріалами: м'якою гумою, поліетиленом, ебонітом. Ванна (мал. 61) призначена для сірчаної кислоти. Сталевий корпус ванни футерують у три шари гумою або бітумно-рубероїдною ізоляцією загальною товщиною 10 мм, потім шпаклюють силікатною замазкою шаром 5 мм і футерують кислототривкою цеглою. У якості розчину при футеровці використовують силікатна замазка. Корпус ванни зовні офарблюється етинолевим лаком. Ванна обігривається паровими змійовиками, опущеними в неї.

## Мийні машини

Деталі, що пройшли термічну обробку, промивають у гарячому водяному розчині для очищення від масла, бруду і солей. Для цього застосовують промивні баки й мийні машини.

Промивний бак по конструкції аналогічний гартівному буку; до нього підводить вода й пар для нагрівання мийного розчину. У нижній частині промивного бака встановлюється кран для зливу робочого розчину при чищенні бака. Промивання виробів проводиться в спеціальних кошиках впродовж 5...15 хв. Відновлення розчину й чищення бака проводять 1...2 рази на місяць залежно від його завантаження.

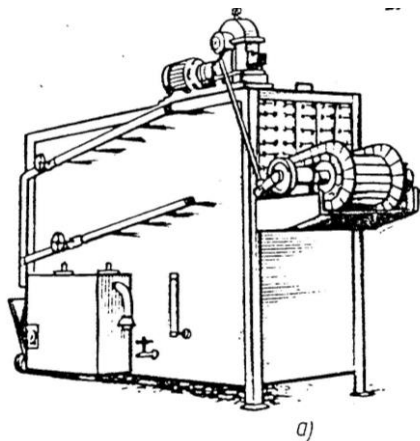


Мал. 63. Конвеєрна мийна машина

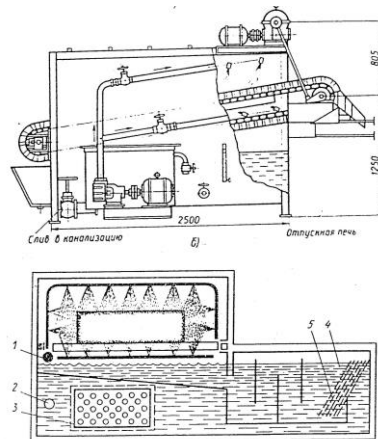
Деталі в мийній машині (мал. 63) переміщуються на пластинчастому конвеєрі 4, швидкість руху конвеєра регулюється.

Розчин подається на деталі у вигляді гарячого душу із бризкальних трубок 3. Нагрівання розчину до 90°C роблять гострою парою. Відпрацьований розчин стікає в резервуар 5, звідки надходить у бачок 2 з фільтром, потім його знову подають у бризкальні трубки насосом 1. Промивання триває 4...8 хв.

Конвеєрні мийні машини можуть застосовуватися як окреме термічне встаткування, а також в агрегатах для термічної обробки. В останньому випадку їх установлюють безпосередньо за масляним конвеєрним гартівним баком таким чином, щоб вироби з нього падали на стрічку конвеєра мийної машини. Загальний вид і схема мийної машини показана на мал. 64. Машина має водонепроникний каркас, усередині якого рухається конвеєр з отворами для стоку робочого розчину. Бак поміщений у нижній частині машини. Зовні машини встановлюється бачок з фільтром і насос із електродвигуном. Після промивання розчин фільтрується й подається насосом до системи гідрантів. Підігрів розчину роблять пором.

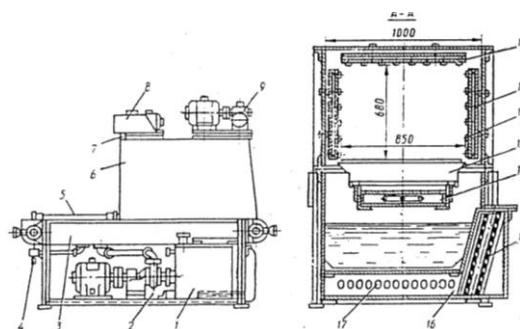


Мал. 64. Мицна машина



Мал. 65. Схема фільтрації мийного розчину

Система фільтрації робочого розчину виконується по-різному. Одна зі схем фільтраційного обладнання показана на мал.65. Волокнисті забруднення й великі частки затримуються перфорованими металевими сітками з отворами 0,7...1,5 мм.



Мал. 66. Схема малогабаритної мийної машини

На мал.68 показана малогабаритна мийна машина з роликівим подом. На звареній рамі встановлена мийна камера, вхід у яку закритий гумовою заслінкою. Контейнер з покладеними деталями встановлюють на роликівий під. У процесі промивання контейнер робить зворотно-поступальне переміщення в мийній машині зі швидкістю 2,9 м/хв.

## Устаткування для виправлення деталей після термообробки

При термічній обробці деталі можуть одержати жолоблення й деформацію, для усунення яких застосовують спеціальне устаткування.

При невеликій кількості деталей, тонкостінні деталі й складної форми часто піддають ручному виправленню (рихтуванню) мідними ( для сталевих деталей), або дерев'яними ( для алюмінієвих деталей) молотками на правильній чавунній плиті. Застосовують також ручні рейкові й гвинтові преси. Найбільше поширення одержали гідравлічні й кривошипні правильні преси.

Плоскі вироби, виготовлені з листової або смугової сталі, для виправлення жолоблення після загартування й відпустки зазнають рихтуванню за допомогою ударів молотка.

Інструмент і пристосування для виправлення повинні втримуватися в належному стані й використовуватися тільки по призначенню.

### Запитання для самоперевірки

1. Правильні установки. Конструкція. Застосування.
2. Мийні машини. Конструкція. Застосування. Конвеєрна мийна машина.
3. Конструкція апаратів для струменеві - абразивної очистки деталей.
4. Дробикідна машина для очистки деталей.
5. Установка для очистки деталей ультразвуком.

## **Тема 3.7. Устаткування для швидкісного й поверхневого нагрівання**

**Навчальна мета:** Вивчити конструкцію і принцип роботи устаткування для швидкісного і поверхневого нагрівання деталей

**Виховна мета:** Викликати почуття інтересу до дисципліни.

### **Зміст теми:**

1. Полум'яний нагрів деталей.
2. Нагрівання в електроліті.
3. Індукційний нагрів.
4. Техніка безпеки при роботі на устаткування для високочастотній установці.

### **Література:**

1. Долотов Г. П. и др. Устаткування термічних цехів і лабораторій випробування металів. М., Машинобудування, 1988 (стор. 101...123)

### **Методичне забезпечення:**

1. Плакати.
2. Альбом креслень і схем устаткування, що застосовується в ливарних цехах.
3. Методичний посібник для самостійної роботи студентів над дисципліною.
4. Методичні вказівки для виконання практичних робіт з дисципліни.
5. Картки-завдання для проведення тестового контролю знань.
6. Екзаменаційні білети.

### **У результаті вивчення матеріалу студент повинний знати:**

- конструкцію устаткування для полум'яного нагріву деталей;
- конструкцію устаткування для індукційного нагріву деталей;
- техніка безпеки при експлуатації установок для індукційного нагріву деталей.

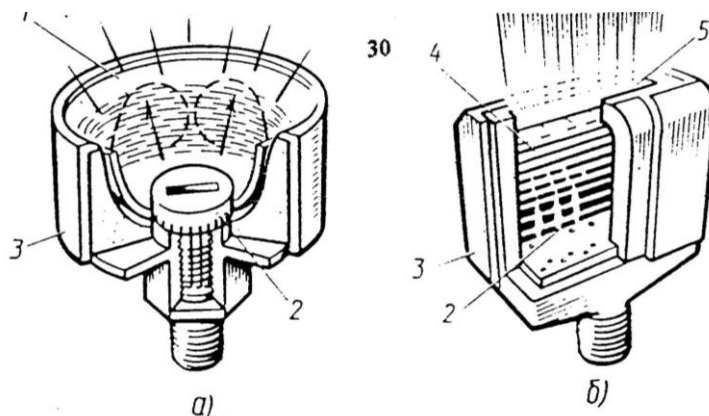
## Полум'яне нагрівання

При нагріванні металу в термічних печах через недостатню інтенсивність підведення теплоти від грубого простору до поверхні металу не вдається добитися необхідного перегріву поверхневого шару металу. У результаті порівняно повільного нагрівання метал устигає прогріватися на більшу глибину.

Полум'яне поверхневе нагрівання можливе тільки при різкій інтенсифікації процесу передачі теплоти від джерела нагрівання до металу.

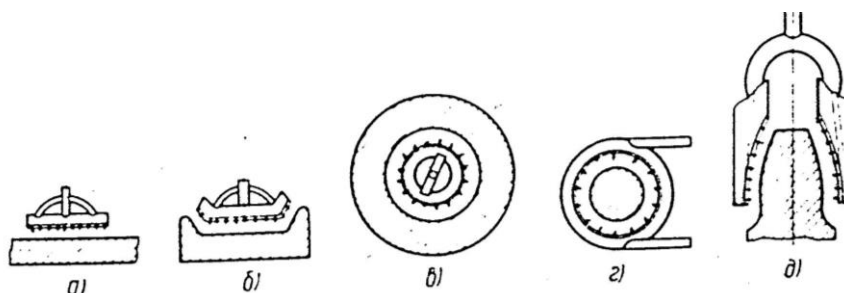
У промисловості застосовують наступні способи полум'яного поверхневого нагрівання: спалювання ретельно приготовленої газоповітряної суміші в керамічних пальниках і спалювання газоповітряної суміші, збагаченої киснем.

При першому способі одержання високої температури ( до  $2000^{\circ}\text{C}$ ) досягається спалюванням газоповітряної суміші в якій коефіцієнт витрати повітря рівний 1.



Мал. 67. Горілки для швидкісного нагріву

Залежно від конфігурації, що нагрівається поверхні застосовують керамічні пальники з необхідною формою камери згорання. При нагріванні невеликих поверхонь використовують пальники, у яких процес горіння палива повністю закінчується в камері горіння (мал.67,б), з якої вилітають зі швидкістю до 100 м/с розпечені продукти горіння. У цьому випадку нагрівання поверхні металу відбувається як у результаті прямого випромінювання теплоти з камери горіння пальника, так і внаслідок передачі теплоти конвенцією від продуктів горіння. Пальника із чашовидною формою камери горіння (мал.67,а) використовують для нагрівання досить великої поверхні. Основна кількість теплоти від такого пальника передається шляхом випромінювання поверхні камери горіння.



Мал. 68. Наконечники для полум'яного нагрівуї

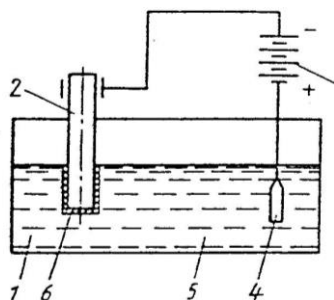
Застосування чистого кисню для спалювання природного газу або ацетилену підвищує температуру горіння палива до  $3000^{\circ}\text{C}$  і прискорює нагрівання. Газокиснева суміш зі швидкістю близько  $100\text{ м/с}$  впливає з отвору в наконечнику пальника. Діаметр отворів  $0,8\text{ мм}$ .

У ряді випадків (великі зубчасті колеса, вали й т.п.), особливо при виконанні ремонтних робіт, полум'яне поверхнєве загартування є практично єдиним способом одержання високої поверхневої твердості. На мал. 67 показані наконечники газокисневих пальників для поверхневого полум'яного загартування і їх розташування щодо поверхні, що нагрівається.

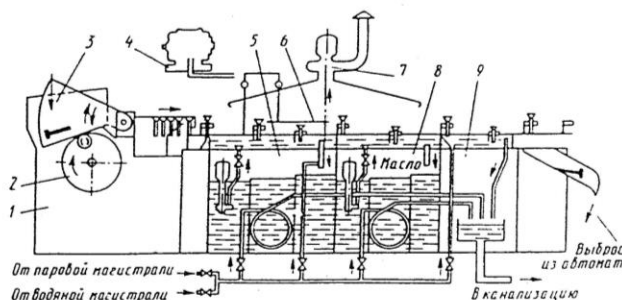
### Нагрівання в електроліті

В електролітних установках (мал.69) деталь, що нагрівається, є катодом. При подачі напруги на деталь її поверхня, що стикається з електролітом, швидко нагрівається. При знятті напруги гаряча поверхня деталі охолоджується в електроліті, який має температуру  $20\dots 50^{\circ}\text{C}$ .

У якості електролітів використовують  $5\dots 15\%$  водянні розчини кальцинованої соди.



Мал. 69. Схема нагріву в електроліті



Мал. 70. Автомат для нагріву стержнів клапанів

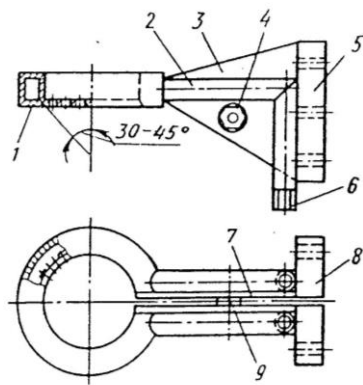
Нагрівання в електроліті може бути місцевим і поверхневим.

На мал. 70 показаний автомат, призначений для нагрівання стержнів клапанів двигунів. Завантаження клапанів проводиться в бункер, з якого вони попадають на завантажувальний майданчик і потім по одному захоплюються затискним пристосуванням і переносяться у ванну з електролітом. Після витримки в електроліті впродовж  $4\dots 5\text{ с}$  клапан переміщається в гартівний бак з маслом, де й проохолоджується впродовж  $7\text{ с}$ . Далі клапан переноситься механізмом у мийний бак із проточною водою. Постійна напруга  $180\text{ В}$ , вироблюване генератором, подається на шину, з якої контактує клапан, і на електроліт. Продуктивність до  $1200$  клапанів у годину.

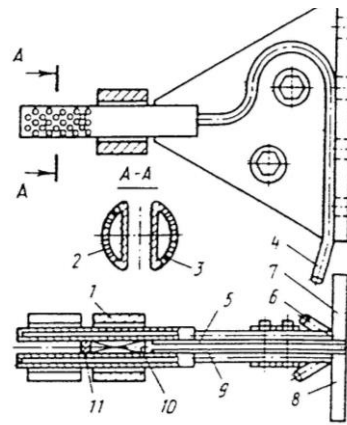
### Індукційне нагрівання

Індукційне нагрівання широко застосовують при термічній обробці металів. Швидке нагрівання металу підвищує продуктивність праці й забезпечує одержання якісної продукції.





Мал. 71. Кільцевий індуктор



Мал. 72. Індуктор у вигляді петлі

Під індукційним нагріванням розуміють нагрівання при безконтактній передачі енергії в тіло, що нагрівається за допомогою електромагнітних хвиль. Індукційні установки у своїй основі мають індуктор-провідник спеціальної форми, що живиться змінним струмом. При протіканні по індуктору струму виникає змінне електричне поле. При впливі змінного поля на металеві тіла останні нагріваються.

Чим вище напруженість поля, тем інтенсивніше нагрівається метал.

Залежно від профілю деталі, що нагрівається, застосовують індуктори відповідної форми.

Якщо провідник згорнути в кільце й по ньому пропустити змінний електричний струм, то найбільша його щільність буде на внутрішній поверхні (кільцевий ефект). Це підвищує ефективність нагрівання деталей, охоплених індуктором, що використовується при нагріванні циліндричних поверхонь.

**На мал. 71** показаний кільцевий індуктор для загартування, виготовлений із прямокутної мідної трубки, яка приварено до струмопідвідних шин 3 і 7. У свою чергу шини приварено до контактних колодок 5, 8, що мають по три отвори для приєднання їх до вторинної обмотки трансформатора.

Струмопровідні шини з'єднано між собою болтовим з'єднанням 4 з розпірною втулкою 9, що забезпечує необхідну жорсткість конструкції й мінімально припустимий зазор між шинами.

Вода надходить в індуктор через патрубок 6, проходить по трубці 2 і прохолоджує контактну колодку 5 і струмопровідну шину 3. Потрапляючи потім у кільцеву частину індуктора 1, вода частково виливається із трубки через дрібні отвори, рівномірно розташовані по окружності, а інша її частина надходить у трубку, з'єднану із шиною 7 і колодкою 8.

У даному індукторі відбувається нагрівання й охолодження деталі, що гартується. У міру проходження деталі через індуктор з певною швидкістю поверхневий шар її нагрівається до необхідної температури й відразу ж після того, як у нагрітому шарі відбуваються структурні перетворення, на гарячу поверхню починає надходити вода.

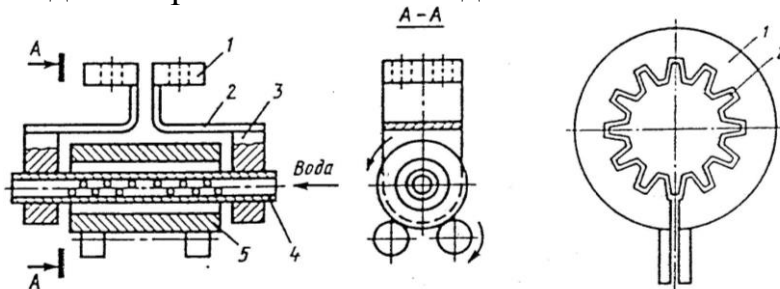
Осі отворів для води в індукторі розташовано під кутом 30...45° до осі індуктора. Зазор між індуктором і поверхнею, що нагрівається залежно від розмірів деталі становить 2...5 мм.

**Індуктор у вигляді петлі (мал.72)** призначений для нагрівання внутрішньої поверхні отворів діаметром менш 50 мм. Складається із двох контактних колодок 7,8 і двох струмопровідних шин 5, 9, до яких припаяні водо охолоджувальні сегменти 2,3. Сегменти з'єднано один з одним перемичкою 11. Вода для охолодження контактних колодок, струмопровідних шин і сегментів індуктора подається по двом трубкам 4, 6. Злив води з індуктора відбувається через отвори, рівномірно розташовані на частині сегмента індуктора за перемичкою.

Сегмент має дві зони: одну де проходить струм для нагрівання, і іншу за перемичкою, де розташовані отвори для виходу води з індуктора, для охолодження.

Деталь, що нагрівається, 1 спочатку встановлюється на частину, що гріє, індуктора, а потім після необхідної витримки переміщується по осі індуктора й проохолоджується.

Магнітопровід 10, розташований між сегментами індуктора, виготовлений із пластин трансформаторної сталі й призначений для проходження струму по зовнішній поверхні індуктора. Для рівномірного загартування всієї внутрішньої поверхні деталь під час нагрівання й охолодження необхідно обертати із частотою до 200 об/хв.



Мал. 73. Стрижневий індуктор

Мал. 74. Індуктор фасонної форми

Стрижневий індуктор (мал. 73) використовують для нагрівання внутрішніх поверхонь невеликих отворів. Індуктор рознімний. Стрижень 4 може переміщатися в башмаках 3, з'єднаних з струмопровідними шинами 2. Після установки в деталь, що нагрівається, вводиться стрижень і на контактні колодки індуктора подається напруга.

У процесі нагрівання й охолодження деталь обертається. Вода для охолодження надходить через отвори по довжині стрижня індуктора.

Через близькість розташування струмопровідних шин 1 до деталі 5 нагрівається не тільки її внутрішня частина, де перебуває стрижень але й зовнішня.

**Для шестірень із великим модулем застосовують індуктор фасонної форми (мал.74).** У цьому випадку напруженість магнітного поля й питома потужність розподіляються по поверхні, що нагрівається, приблизно однаково, що забезпечує більш рівномірне нагрівання як зубців, так і западин.

Для нагрівання під загартування таких деталей як розподільні вали, застосовують багатовиткові індуктори. У цьому випадку кожний виток індуктора призначений для нагрівання певної частини деталі.

Окремі витки індуктора з'єднують між собою послідовно, що забезпечує ідентичність режиму нагрівання елементів деталі.

У ряді випадків при нагріванні поверхонь під загартування цільні індуктори не можуть бути використані. У таких випадках застосовують різні індуктори. В автоматичних гартівних обладнаннях використовують різні індуктори із пневматичним або гідравлічним приводом.

### **Техніка безпеки при роботі на високочастотних установках**

1. Необхідно застосовувати заходу щодо захисту від ураження струмом, впливу високих температур та дії електромагнітного поля.

2. Металеві частини установок і інструмента повинні бути заземлені.

3. Робітники повинні використовувати ізоляційні рукавиці, спеціальне взуття, килимки й майданчика.

4. Воду для охолодження деталей установок необхідно подавати через шланги з ізоляційного матеріалу. На кінцях шлангів для вільного зливу води в лійку повинні бути встановлені заземлені металеві наконечники.

5. Блоки індукційної установки, що мають конденсатори, повинні бути постачені розрядним обладнанням, що автоматично діють при відкриванні дверей даного блоку.

6. Усі роботи із заміни несправних деталей установки повинні проводитися зі зняттям напруги.

7. Для захисту від теплових поразок використовувати спецодяг, сувора дисципліна, держати устаткування в справному стані, захист очей окулярами й щитками.

8. Для захисту від впливу електромагнітного поля встановити захисні екрани, перенесення джерела поля далі від робочого місця. Кабелі повинні мати екранну оболонку.

### **Запитання для самоперевірки**

1. Установки для індукційного нагріву. Типи індукторів.

2. Установка для контактного поверхневого нагріву.

3. Установка для нагріву газу - кисневим полум'ям.

4. Установка для нагріву в електроліті.

## Тема 3.8. Установки для обробки холодом

**Навчальна мета:** Вивчити конструкцію і принцип роботи устаткування для обробки холодом деталей

**Виховна мета:** Викликати почуття інтересу до дисципліни.

**Зміст теми:**

1. Основні положення.
2. Речовини, які застосовують в установках для обробки холодом.
3. Конструкція установок для обробки холодом.
4. Двохступенева обробка холодом.

**Література:**

1. Долотов Г. П. и др. Устаткування термічних цехів і лабораторій випробування металів. М., Машинобудування, 1988 (стор. 144...151)

**Методичне забезпечення:**

1. Плакати.
2. Альбом креслень і схем устаткування, що застосовується в ливарних цехах.
3. Методичний посібник для самостійної роботи студентів над дисципліною.
4. Методичні вказівки для виконання практичних робіт з дисципліни.
5. Картки-завдання для проведення тестового контролю знань.

**У результаті вивчення матеріалу студент повинний знати:**

- конструкцію устаткування для обробки деталей холодом деталей;
- вибір способу та хладагента для обробки холодом;
- техніка безпеки при експлуатації установок для обробки деталей холодом

Обробку холодом, тобто охолодження сталі до температури нижче 0 С, застосовують для перетворення в мартенсит залишкового аустеніту загартованих високолегованих інструментальних і цементуємих сталей з метою зміни їх властивостей. Результатом обробки холодом є підвищення твердості, стабілізації геометричних розмірів оброблюваних деталей, поліпшення магнітних характеристик.

Обробка холодом проводиться в камері з низькою температурою. Від навколишнього простору внутрішня порожнина камери відділяється стінкою, виготовленою з теплоізоляційного матеріалу.

Широке застосування в якості хладагентів одержали вуглекислота, рідкий азот, фреони й інші речовини.

Охолодження деталей проводиться в камері або безпосередньо в рідкому газі.

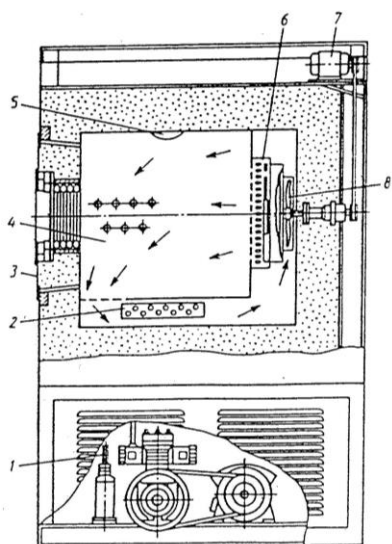
Фреони й ряд інших газів використовуються в установках, у яких одержання холоду засноване на процесі випару.

Для охолодження невеликого числа окремих деталей застосовують камери.

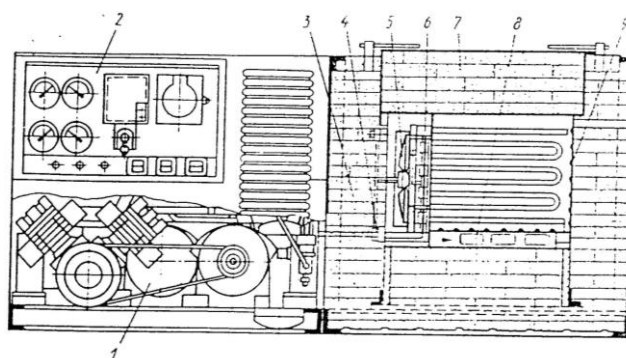
### Характеристики холодоагентів

Холодоагент	Температура застосування
Аміак Вуглекислота Фреон 12 Пропан Сірчистий ангідрид	До -50 С
Етилен Етан Фреон 13	До -110 С
Метан	До -170 С
Азот Кисень	До -200 С

**Камера шафова (мал. 75)** обладнана компресорною установкою, що забезпечує охолодження до  $-100^{\circ}\text{C}$ , і електронагрівники, що дозволяють нагрівати камеру до  $1550^{\circ}\text{C}$ . Машинне відділення 1 розташовано під робочим простором 4 камери. Крильчатка 8 вентилятора, що обертається електродвигуном 7, направляє потік повітря в повітроохолоджувач 6, у якому розміщений змійовик, послідовно з'єднаний зі змійовиком випарника, припаяним до поверхні внутрішнього корпусу камери. Через вікно у двері 3 можна при включеному освітлювальному приладі 5 оглядати внутрішній простір камери.



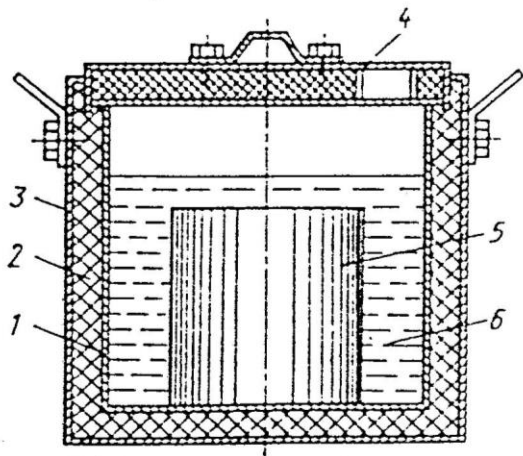
Мал. 75. Камера шафова



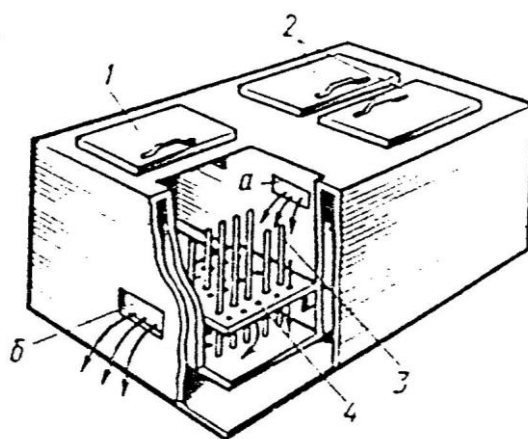
Мал. 76. Камера сундучного типу

### **Камера сундучного типу показана на мал. 76.**

Для зниження термічних напруг, що виникають при охолодженні в азоті, деталі не рекомендується відразу занурювати в азот. Їх треба спочатку якийсь час витримувати в парах над рідким азотом. Застосовують холодильні камери, у яких є відділення, де деталі можуть бути попередньо видержані в парах азоту.



Мал. 77. Холодильна камера для охолодження



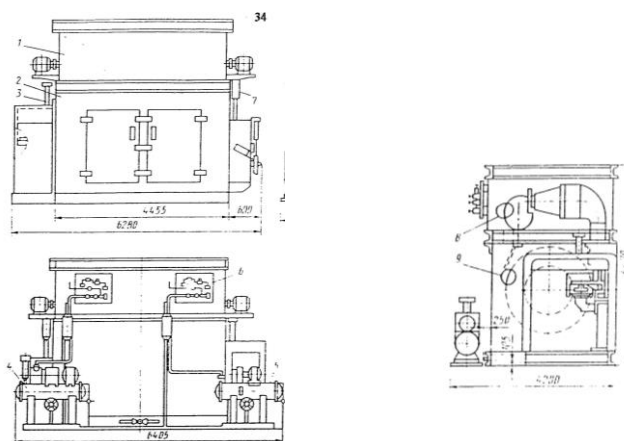
Мал. 78. Холодильна камера з двома відділами

Типова холодильна камера для охолодження деталей безпосередньо в рідкому азоті показана на мал. 77. камера має ванну 1 з корозійно-стійкою сталі, теплову ізоляцію 2 і зовнішній кожух 3. Камера зверху закрита герметичною кришкою 4. Охолоджувана деталь 5 занурено в рідкий азот 6

Така холодильна камера (мал. 78) складається з відділення 1 для попереднього охолодження в рідкому азоті. Деталі 3 перед їх завантаженням у холодильну камеру укладають на пристосування 4, яке спочатку поміщають у відділення з парами азоту, а потім у відділення з рідким азотом. Холодні пари азоту надходять (стрілки на малюнку) з відділення 2 через отвір «а» і виходять в атмосферу з відділення 1 через отвір б.

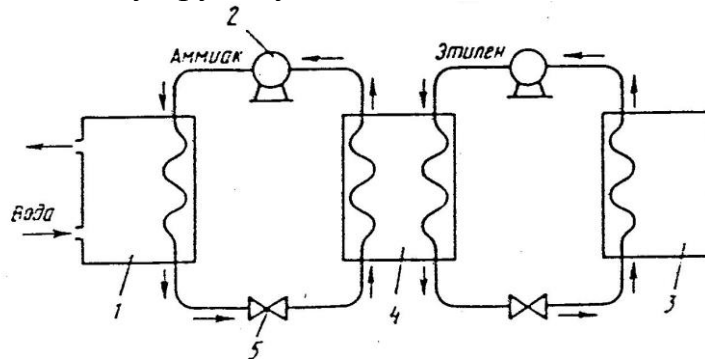
Час витримки в кожному відсіку по 1 ч. Передача кілець із одного відсіку в іншій механізована. Автомат вбудовується в автоматичну лінію термічної обробки продуктивністю 500кг/ч.

У ряді випадків застосовують холодильні установки з багатоступінчастим циклом, при якому дві (або більш) холодильні машини працюють спільно. Багатоступінчастий цикл заснований на послідовному охолодженні й скрапленні декількох газів з понижувальними температурами кипіння. У цьому випадку конденсація газу з більш низькою температурою кипіння проводиться в результаті випару іншого газу з більш високою температурою кипіння.



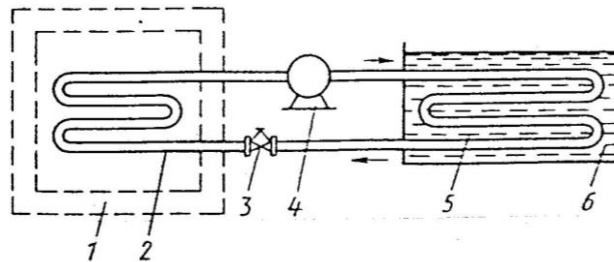
Мал. 79. Автомат для обробки холодом кілець

На мал. 79 показаний автомат для обробки холодом кілець. Автомат барабанного типу має два температурні відсіки. У першому відсіку кільця прохолоджуються від  $20^{\circ}$  до  $-5^{\circ}$  С, у другому від  $-5^{\circ}$  до  $-30^{\circ}$  С.



Мал. 80. Схема холодильної установки із двоступінчастим циклом

На мал.80 показана схема холодильної установки із двоступінчастим циклом. У першому циклі використовується аміак з температурою кипіння  $-33^{\circ}$  С, у другому циклі – етилен з температурою кипіння  $-103^{\circ}$  С, який конденсується під тиском в аміачному випарнику. Етилен, випаровуючись при температурі  $-103^{\circ}$  С, прохолоджує камеру, у яку завантажуються оброблювані деталі.



Мал. 81. Схема установки для обробки холодом

На мал. 81 показана схема установки для обробки холодом, у якій послідовно здійснюється стиск парів холодоагентів, перетворення їх у рідину й наступний випар рідкого холодоагенту.

Герметична система, що включає конденсатор 5, випарник 2 і сполучні трубопроводи з компресором 4 і вентилем 3, Заповнена холодоагентом. Конденсатор поміщено в бак 6, заповнений проточною водою. Випарник розташований в камері 1, у внутрішній простір якої містяться оброблювані деталі.

При включенні компресор засмоктує з випарника пари холодоагенту, стискає їх і нагнітає в конденсатор, де ці пари перетворюються в рідину, теплота, що виділяється при конденсації холодоагенту, передається через стінки конденсатора до води, що перебуває в баку. Через невеликий отвір у вентилі рідкий холодоагент під тиском надходить у випарник. Тиск у випарнику нижче, чим у конденсаторі рідкий холодоагент, що надходить у випарник, переходить у газоподібний стан. При цьому віднімається теплота від стінок випарника й дотичного з ним повітря, що перебуває в робочому просторі камери. Температура в камері знижується. Пари холодоагенту з випарника відсмоктуються компресором і цикл повторюється. Температура в камері знижується доти, поки не досягає заданої величини. Автоматичне регулювання температури в камері здійснюється періодичним включенням компресора.

## **Запитання для самоперевірки**

1. Для чого застосовують обробку деталей холодом?
2. Який хладагент дає саму високу температуру охолодження деталі?
3. Конструкція камери для обробки холодом.
4. Для чого застосовують двохступеневу обробку холодом?



### **Тема 3.9. Агрегати й автоматичні лінії для термічної й хіміко-термічної обробки**

**Навчальна мета:** Вивчити конструкцію і принцип роботи агрегатів автоматичні лінії для термічної й хіміко-термічної обробки.

**Виховна мета:** Викликати почуття інтересу до дисципліни.

**Зміст теми:**

1. Агрегати й автоматичні лінії для термічної й хіміко-термічної обробки

**Література:**

1. Долотов Г. П. и др. Устаткування термічних цехів і лабораторій випробування металів. М., Машинобудування, 1988 (стор. 34...39)

**Методичне забезпечення:**

1. Плакати.
2. Альбом креслень і схем устаткування, що застосовується в ливарних цехах.
3. Методичний посібник для самостійної роботи студентів над дисципліною.
4. Методичні вказівки для виконання практичних робіт з дисципліни.
5. Картки-завдання для проведення тестового контролю знань.
6. Екзаменаційні білети.

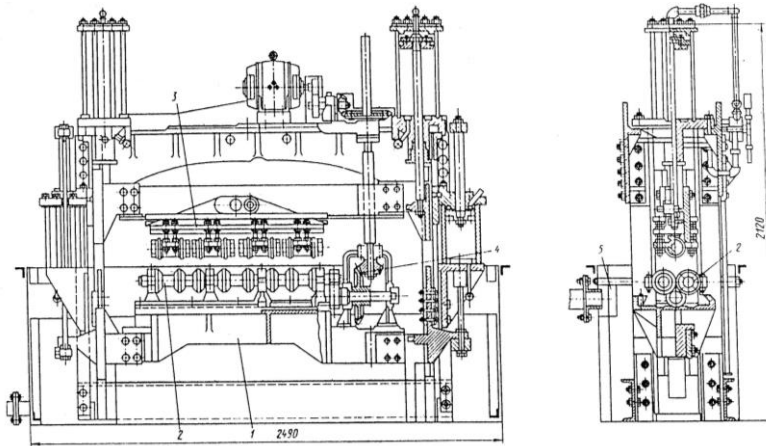
**У результаті вивчення матеріалу студент повинний знати:**

- агрегати й автоматичні лінії для термічної й хіміко-термічної обробки

Агрегати з печами для термічної й хіміко-термічної обробки складаються з високотемпературних печей, печей для відпустки, мийної машини, установки для готування захисного газу й транспортне обладнання, за допомогою якого деталі переносяться з однієї частини агрегату в іншу.

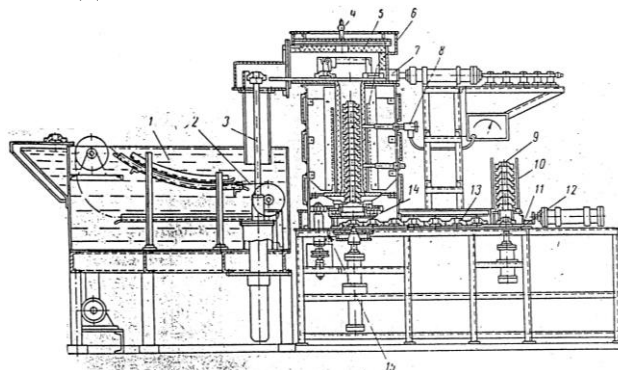
**На мал. 82 зображена машина для загартування кулачкових валиків двигунів внутрішнього згорання.** Час охолодження валика в штампі 1...1,5 хв. Машина має дві траверси. На нижній траверсі встановлений притискної вал, що вільно обертається у своїх підшипниках. Вали, установлені на траверсах, мають профіль, що дозволяє затискати деталь, що гартується у необхідних місцях.

Гаряча деталь укладається на обертові вали нижньої траверси, після чого верхня траверса опускається вниз і деталь гартується, що затискається між трьома обертовими валами. У такому положенні деталь разом із траверсами опускається в гартівне середовище. У процесі охолодження обертання валів триває. Обертається деталь, що й гартується.



Мал. 82. Машина для гартування кулачків

На мал. 83 представлений агрегат для газової цементації т.в.ч. Безпосереднього загартування. Зубчасті колеса 9 із завантажувального магазину 10 передаються штовхальником 12 у завантажувальний коридор 13, по якому проштовхуються вліво лапою 11 до упору. У коридорі перебувають сім зубчастих коліс. Зубчасте колесо, що перебуває в крайньому лівому положенні, фіксується сосною з індуктором, і через кожні 2...3 хв штоком 14 подається в піч із багатовитковим циліндричним індуктором 6, у якому відбувається нагрівання. Індуктор виконаний з мідної трубки прямокутного перетину й футерований зсередини керамічними гільзами, які центрують деталі, що перебувають в індукторі, і захищають його від теплового випромінювання нагрітих деталей.



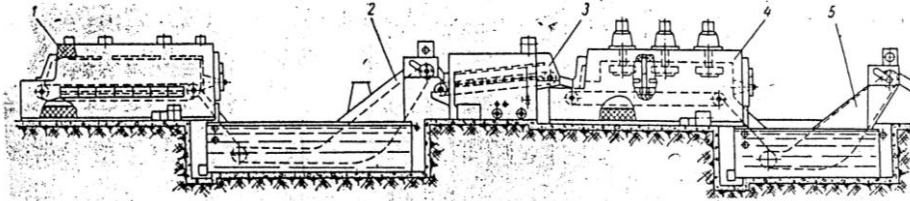
Мал. 83. Агрегат для газової цементації

При русі штока 14 усі зубчасті колеса, що перебувають у печі, піднімаються, і верхнє зубчасте колесо з індуктора надходить у камеру охолодження 5, температура в якій 850...870°C. Тут воно витримується потрібний час, а потім штоком 7 переміщається вліво, установлюється на столі штока 3 і опускається разом з ним на конвеєр 2 гартівного бака 1, з якого після охолодження подається наверх конвеєром 2. Цементуючий газ подається в піч через трубу 15 і виходить через трубу 4. Температура контролюється фотоелектричним пірометром 8.

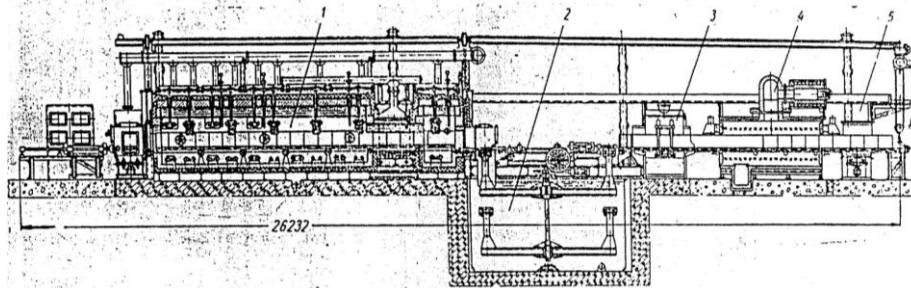
Живлення індуктора проводиться від генератора із частотою 2000 гц. Температура нагрівання деталей 1050...1080°C, при цьому тривалість процесу цементації скорочується в 7...8 раз у порівнянні із цементацією в муфельних печах.

**На мал. 84** показана схема конвеєрного агрегату для загартування й відпустки дрібних і середніх деталей.

Нагрівачі в гартівній печі розташовані під зводом і в поду нижче конвеєра. Зводові нагрівачі укріплені на гачках, подові – виймальні. Час перебування деталей у печі для нагрівання під загартування – від 20 до 80 хв. Гартівні печі мають контрольовану атмосферу. У печі для відпустки нагрівачі розташовані на бічних стінках.

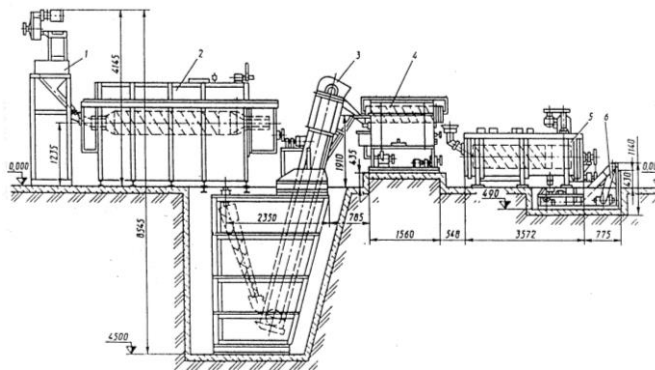


**Мал. 84.** Схема конвеєрного гартувально-відпускового агрегату



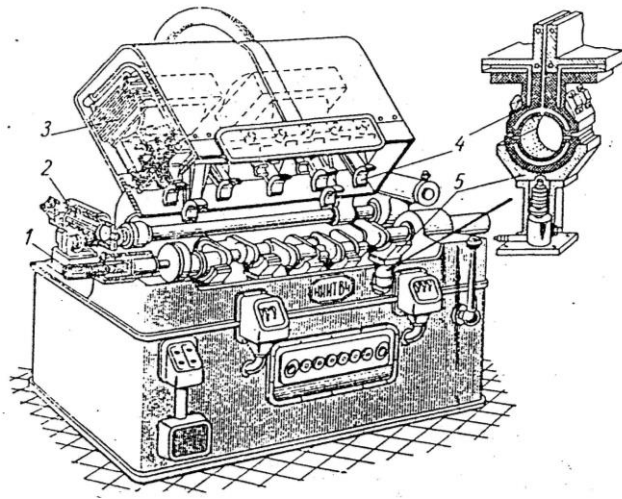
**Мал.85.** Конструкція прямоточного агрегату

**На мал. 85** показана конструкція прямоточного агрегату. Він складається з механізованої безмуфельної штовхаючої печі 1 з випромінюючими трубами, механізованого гартівного бака 2, мийної машини 3, відпускну печі 4 із циркуляцією гарячого повітря й продуктів згоряння газу й камери 5 для охолодження деталей після відпустки шляхом обдування повітрям. Усі механізми пересування піддонів, підйому заслінок і пов'язані з ними ланки агрегату зблоковані й діють автоматично.



**Мал. 86.** Барабанний агрегат типу СБГА

**На мал. 86** зображений агрегат типу СБГА (серійний барабанний гартівний агрегат) з низькотемпературною відпусткою. У нього входить механізм завантаження 1, гартівна барабанна піч 2 з гартівним баком 3, відпускна барабанна піч 5 для низькотемпературної відпустки й транспортер 6. Апарати цього типу застосовують для цементациї або нітроцементациї.



Мал. 87. Верстат для гартування шийок колінчатих валів

На мал. 87 показаний верстат для загартування шийок колінчатих валів. Верстат має кілька індукторів ( по числу шийок вала). Індуктор рознімний і складається із двох половин. Верхні половини індуктора змонтовані на рамі, яка за допомогою гідравлічних циліндрів відкидається убік.

Колінчатий вал установлюють у центрах, потім раму опускають, і верхні напівіндуктори охоплюють одночасно всі шийки. Нижні напівіндуктори при цьому відтягнуті пружинами назад. Після включення верстата нижні напівіндуктори по черзі піднімаються, забезпечуючи послідовне нагрівання й охолодження шийок через отвори в індукторах. Керування верстатом повністю автоматизоване.

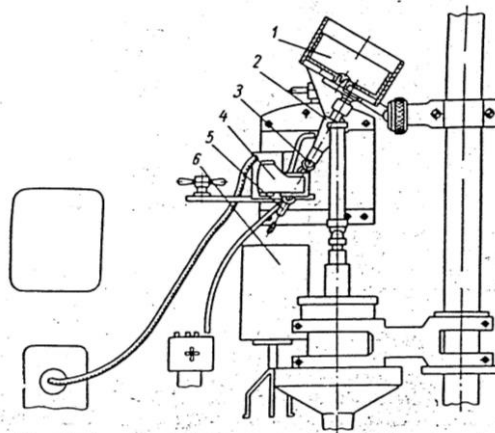
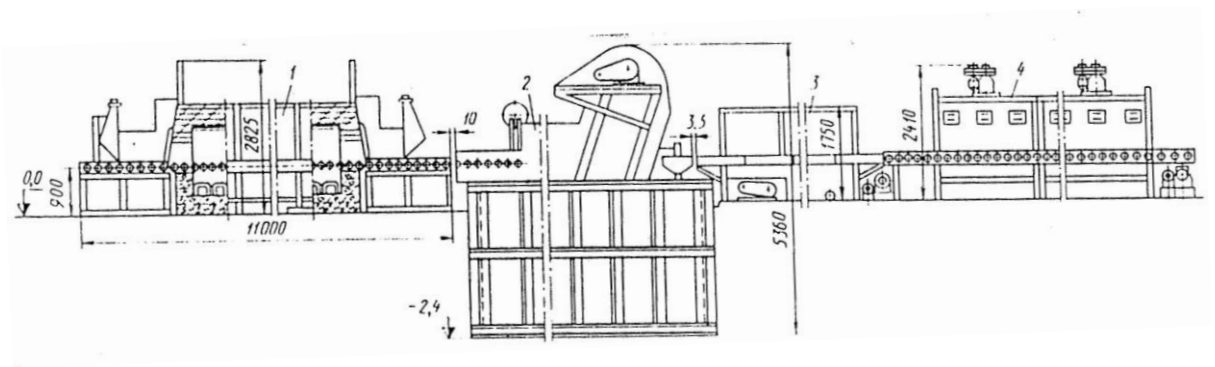


Рис. 89. Схема автомата для закалки метчиків (конструкція)

Мал. 88. Схема автомата для гартування метчиків

На мал. 88 наведена схема автомата для загартування мітчиків. Мітчики засипаються в бункер 1, звідки вони через воронку 2 по черзі попадають у порцелянову трубку 3 індуктора. Біля індуктора розташований електромагніт 4, що створює магнітне поле, що втримує мітчик в індукторі. Після нагрівання до необхідної температури мітчик втрачає свої магнітні властивості й падає в порцелянову трубку 5, з якої попадає в бак 6 з маслом. Після загартування мітчик знає відпуск при температурі 150...180°C. Продуктивність 60 мітчиків у хвилину.



Мал. 89. Автомат для загартування з відпуском

На мал. 89 зображений агрегат для загартування з низькотемпературним відпуском. Агрегат складається з гартівної печі 1, гартівного бака 2 конвеєрного типу, мийної машини 3 і відпускнуї печі 4.

### Запитання для самоперевірки

1. Прямоточний безмуфельний агрегат для газової цементації.
2. Поточний агрегат із ванн для рідинного ціанування.

### **Тема 3.10. Устаткування для контролю якості деталей після загартування**

**Навчальна мета:** Вивчити конструкцію і принцип роботи устаткування для контролю якості деталей після загартування

**Виховна мета:** Викликати почуття інтересу до дисципліни.

**Зміст теми:**

1. Прилади для макроскопічного й мікроскопічного аналізу
2. Прилади для контролю твердості металів

**Література:**

1. Долотов Г. П. и др. Устаткування термічних цехів і лабораторій випробування металів. М., Машинобудування, 1988 (стор. )

**Методичне забезпечення:**

1. Плакати.
2. Альбом креслень і схем устаткування, що застосовується в ливарних цехах.
3. Методичний посібник для самостійної роботи студентів над дисципліною.
4. Методичні вказівки для виконання практичних робіт з дисципліни.
5. Картки-завдання для проведення тестового контролю знань.
6. Екзаменаційні білети.

**У результаті вивчення матеріалу студент повинний знати:**

- прилади для макроскопічного й мікроскопічного аналізу;
- прилади для контролю твердості металів.

#### **Прилади для макроскопічного й мікроскопічного аналізу**

Макроскопічний аналіз полягає у визначенні будови металу неозброєним оком або через лупу при невеликому збільшенні ( до 30 раз). Це дозволяє судити про якість металу, а також про характер обробки, що застосовувався для додання деталі остаточної форми й властивостей.

Макроаналіз не визначає всіх особливостей будови металу. Тому він є не остаточним, а попереднім видом дослідження. Макроаналіз дає можливість вибрати саме ті ділянки досліджуваної деталі, які необхідно піддати більш докладному мікроскопічному дослідженню.

Макробудова можна вивчати не тільки на поверхні металу, але й у його зламі, а також після попередньої підготовки досліджуваної поверхні, що полягає в її шліфуванні й травленні спеціальними реактивами. Шліфований і протравлений зразок називається макрошліфом.

За допомогою макроаналізу можна визначити:

- порушення однорідності металу: пористість, підкіркові міхури, міжкристалічні тріщини, дефекти зварювання;
- хімічну неоднорідність литого металу;
- розміри й орієнтацію зерен у литому металі;
- волокнисту структуру деформованого металу;
- структуру або хімічну неоднорідність металу;
- загартованість.

Мікроскопічний аналіз полягає в дослідженні структури матеріалів при більших збільшеннях за допомогою мікроскопів. Спостережувана при цьому структура називається мікроструктурою.

Зразок, поверхня якого підготовлена для проведення мікроаналізу, називається мікрошліфом.

Для готування шліфів використовують шліфувально-полірувальні верстати.

Вивчення мікроструктури нетравленого шліфа дає можливість виявити дрібні пори або неметалічні включення, спостережувані в полі зору мікроскопа як невеликі темні ділянки на світлому тлі.

Після перегляду нетравленого шліфа, для більш повного вивчення структури, шліф труять.

Для вивчення мікроструктури металів використовують металографічні мікроскопи, які дозволяють розглядати при збільшенні непрозорі тіла у відбитому світлі.

### **Прилади для контролю твердості металів**

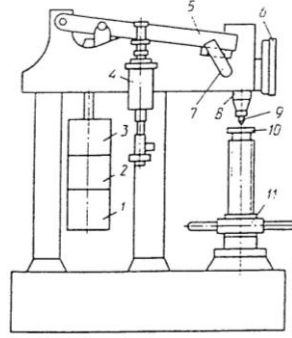
Під твердістю розуміють опір випробуваного металу вдавненню в нього металевого або алмазного наконечника. На цьому заснований принцип дії більшості приладів для виміру твердості. Випробування на твердість є найпоширенішим способом визначення механічних властивостей матеріалу й широко поширене в практиці, тому що вимагає мінімальних витрат за часом і не веде до руйнування випробуваного виробу.

Існує кілька способів виміру твердості. Твердість, певна царапанням, характеризує опір руйнуванню; твердість, певна по відскокові, характеризує пружні властивості; твердість, певна вдавненню, характеризує опір пластичної деформації.

Найбільше застосування одержало вимір твердості методом вдавнення. У результаті вдавнення з досить великим навантаженням поверхневі шари металу, що перебувають під наконечником і поблизу його, пластично деформується. Після зняття навантаження залишається відбиток, який дозволяє судити про твердість деталі, що перевіряється. Вимірювана поверхня повинна представляти шліфований горизонтальний майданчик, установлений перпендикулярно дії тіла, що вдавлюється. Протилежна сторона деталі або зразка також повинна бути зачищена й не мати окалини, яка при навантаженні деталі зминається, спотворюючи результати виміру.

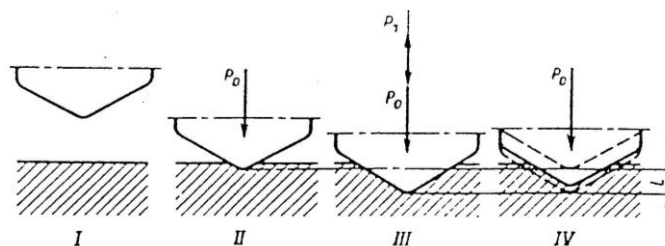
**Вимір твердості вдавненням алмазного конуса (твердість по Роквеллу).** Твердість визначається по глибині відбитка.

На мал. 90 показаний прилад типу ТК (твердомір з алмазним конусом). Маховик 11 служить для підйому столика 10 з випробуванним виробом до зіткнення його з алмазним конусом 9. При підйомі столика пружина шпинделя 8 підтискається до одержання попереднього навантаження 100 Н, що фіксується малою стрілкою індикатору 6. Після додаткового попереднього навантаження циферблат індикатору повертають так, щоб більша стрілка встановлювалася на нуль шкали. Остаточне навантаження проводиться поворотом рукоятки 7, що звільняє важіль 5, що дозволяє вантажам 1-3 опуститися вниз і створити на шпинделі 8 необхідне зусилля. Амортизатор 4 забезпечує плавне навантаження шпинделя. Після опускання важеля з вантажами в нижнє положення рукояткою 7 піднімають вантаж. Зі шпинделя знімається навантаження й алмазне наконечник внаслідок пружності випробуваного матеріалу небагато піднімається нагору. У результаті, при зануренні наконечника у виріб фіксується глибина залишкової деформації. Ця глибина відзначається на круговій шкалі індикатору приладу в умовних одиницях, названих числом твердості по Роквеллу.



Мал. 90. Схема приладу ТК

На мал. 90 показано чотири стадії вдавлювання алмазного конуса в матеріал.

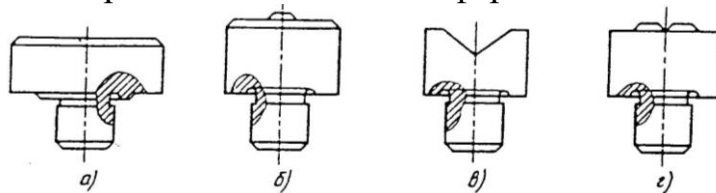


Мал. 91. Стадії вдавлювання алмазного конуса

Твердість на приладі Роквелла можна вимірювати алмазним конусом (із загальним навантаженням 600 і 1500 Н) і сталеву кулькою (із загальним навантаженням 1000 Н). При випробуванні алмазним конусом із загальним навантаженням 1500 Н твердість характеризується цифрою, зазначеною стрілкою на шкалі С циферблата, і позначається HRC. Наприклад, 65 HRC означає, що твердість матеріалу становить 65 одиниць по Роквеллу по шкалі С при загальному навантаженні 1500Н.

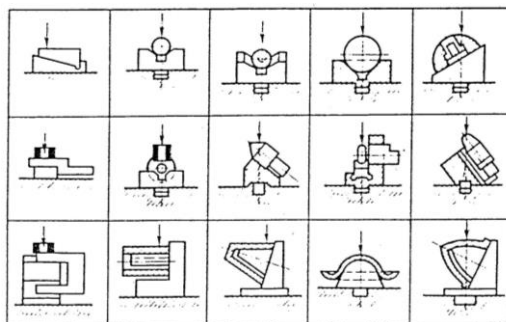


При випробуванні алмазним конусом із загальним навантаженням 600 Н значення твердості також характеризується цифрою, але по шкалі А циферблата й позначається HRA. При випробуванні сталеву кулькою діаметром 1,6 мм із загальним навантаженням 1000 Н значення твердості характеризується цифрою, що вказується стрілкою по шкалі В циферблата й позначається HRB.



Мал. 92. Опірні столики для випробовування деталей  
а- плоских; б- дрібних і тонких; в і г- циліндричних

Більш часто твердість вимірюють вдавленням алмазного конуса у випробуваний зразок під дією навантаження 1500 Н. Ці виміри проводять для загартованої або низьковідпускнуї сталі із твердістю більш 450 HB (коли вдавлення сталеву кульки може викликати деформацію самої кульки й викривлення результатів).



Мал. 93. Спеціальні опорні столики

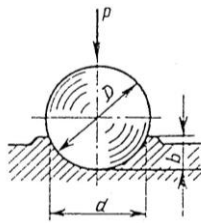
Алмазний конус із навантаженням 600 Н використовують при визначенні твердості дуже твердих матеріалів (більш 70 HRC), коли вдавлення конуса з великим навантаженням може викликати викрашування алмаза, і тонких поверхневих шарів.

Сталеву кулькою з навантаженням 1000 Н визначають твердість м'якої (відпаленої) сталі або відпалених кольорових сплавів.

При вимірі твердості по Роквеллу вимагає менше часу, чим при вимірі твердості по Бринеллю, причому результат виміру видний по шкалі й відбиток на поверхні деталі виходить менше.

Залежно від форми й розмірів випробуваних виробів застосовують опорні столики різних типів. На мал.91 показана конструкція універсальних, на мал. 92 – спеціальних опорних столиків.

**Вимір твердості методом вдавлення сталеву кульки (твердість по Бринеллю).** По цьому способу в метал, що перевіряється, вдавлюється сталева кулька. У результаті вдавлення кульки в зразку залишається відбиток (мал. 94), що має сферичну поверхню. Число твердості по Бринеллю HB розраховується як середня напруга на одиницю площі поверхні кульового відбитка діаметром  $d$  і глибиною  $b$ , одержуваного вдавленням кульки діаметром  $D$  при навантаженні  $P$ .

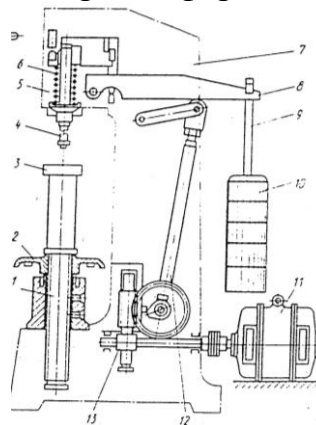


Мал. 94. Схема вимірювання твердості при вдавлюванні сталюї кульки

НВ визначається по формулі:  $HV = 0,102 P/F$ , де  $P$  – навантаження на кульку, Н;  $F$  – площа поверхні відбитка,  $mm^2$ .

Діаметр відбитка вимірюють спеціальною лупою, на окулярі якої нанесена шкала з розподілами, відповідними до десятих часток міліметра. Виміру слід проводити з точністю до 0,05 мм у два взаємно перпендикулярних напрямках. За число твердості ухвалюють середню величину від проведених вимірів. Для полегшення підрахунку заздалегідь становлять таблиці залежності числа твердості від діаметра відбитка  $d$  при певному навантаженні й діаметрі кульки.

На приладах Бринелля застосовують змінні кульки із загартованої сталі діаметром 10, 5, 2,5 мм. При стандартному випробуванні виробів застосовують кулька діаметром 10 мм і навантаження 29,4 кН. На приладі Бринелля не рекомендується випробовувати метали із твердістю вище 450 НВ щоб уникнути погрішності через деформацію самої кульки.

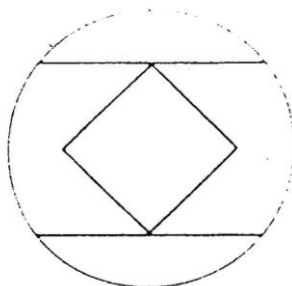


Мал. 95. Схема прибору ТШ

На мал. 95 показаний прилад типу ТШ. Випробуваний виріб укладають на опорний стіл 3, потім за допомогою маховика 2 і піднімального гвинта 1 піднімають до зіткнення з кулькою 4, установленим у шпindel 5, і підтискають до упору. Шпindel опирається на пружину 6, що створює попереднє зусилля 1000 Н, що запобігає зсуву зразка під час випробувань. Повне навантаження забезпечується важільною системою з вантажами 8-10. Нагруження проводиться від електромотора 11, установленого на станину 7, через черв'ячну передачу 13 і шатун 12.

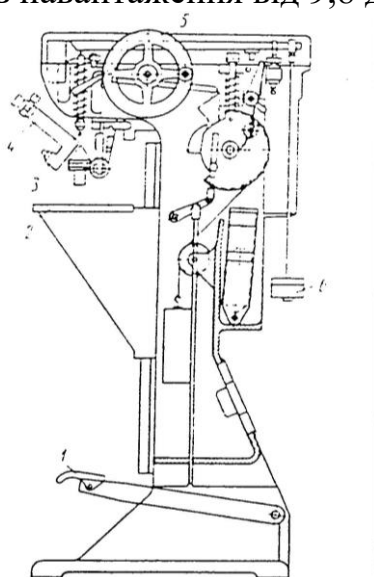
Для одержання правильного відбитка необхідно, щоб товщина зразків була не менш десятикратної глибини відбитка. Крім того, центр відбитка повинен бути вилучений від краю зразка не менш чим на відстань, рівне діаметру відбитка, а від центру сусіднього відбитка – на відстань, рівне двом діаметрам кульки.

**Вимір твердості вдавненням алмазної піраміди (твердість по Вickersу).** Визначення твердості по Вickersу проводиться вдавненням у випробуваний матеріал чотиригранної алмазної піраміди з кутом між протилежними гранями  $136^\circ$ . Випробування проводять на приладі (мал. 97), що має нерухливу станину, у нижній частині якої встановлений столик 2, що переміщається по вертикалі обертанням маховика 5.



Мал. 96. Схема вимірювання відбитку, отриманого при вдавлюванні алмазної піраміди

Зразок установлюють на столику випробуваною поверхнею (перпендикулярно діючій силі) догори й потім піднімають столик майже до зіткнення зразка з алмазною пірамідою 3, закріпленої в штоку. Натисканням педалі 1 пускають у хід механізм, що навантажує, який передає тиск вантажів 6 на алмазну піраміду. Після цього опускають столик приладу й підводять мікроскоп 4, установлений на штанзі, прикріпленої до станини. За допомогою мікроскопа визначають довжину діагоналей отриманого відбитка. На окулярі мікроскопа є дві шторки: рухлива й нерухлива. Мікрометричний гвинт з'єднаний з обертовим показчиком із цифрами. Пересування рухливої шторки викликає обертання цифрової стрічки показчика. Цифри, які відповідають положенню рухливої шторки, коли вона стикається із зображенням відбитка (мал. 96), переводять по таблиці на числа твердості по Вickersу. Необхідно вимірювати дві діагоналі й ухвалювати величину середню від двох вимірів. При визначенні твердості ухвалюють навантаження від 9,8 до 980 Н.



Мал. 97. Схема прибору для вимірювання твердості вдавлюванням алмазної піраміди

Твердість по Вickersу HV, так само як і твердість по Бринеллю HB, визначається як зусилля, що доводиться на одиницю поверхні відбитка. Числа твердості по Вickersу й по Бринеллю мають однакову розмірність і для матеріалів із твердістю до 450 HB практично збігаються. Однак вимір пірамідою дають більш точне значення для матеріалів з високою твердістю, чому вимір конусом або кулькою.

Алмазна піраміда має великий кут при вершині ( $136^\circ$ ) і діагональ її відбитка примітно в 7 раз більше глибини відбитка, що підвищує точність виміру й робить цей спосіб особливо придатним для визначення твердості тонких і твердих тел.

## **Виявлення поверхневих і внутрішніх дефектів у виробі**

**Капілярні методи неруйнуючого контролю** призначені для виявлення поверхневих дефектів типу неоднорідності матеріалу, не видимих неозброєним поглядом. Вони засновані на використанні капілярних властивостей рідини. Цими методами виявляють дефекти шляхом утвору індикаторних малюнків з високим оптичним контрастом і із шириною лінії, що перевищує ширину виявлених дефектів.

При контролі на деталь наносять спеціальну змочувальну рідину (85% гасу, 15% трансформаторного масла, 25% золотавого-зелено-золотавого дефектоля), яка під дією капілярних сил заповнює порожнини поверхневих дефектів. Ця суміш через малу в'язкість і гарне змочування легко заповнює поверхневі дефекти, в ультрафіолетовому опроміненні суміш світиться жовто-зеленим світлом.

Недоліком даного методу є необхідність видалення з поверхні окалини, масел, захисних покриттів і тривалість процесу контролю.

**Магнітопорошковий метод контролю** застосовують для виявлення місць порушення однорідності у феромагнітних матеріалах. Він включає три основні операції: розміщення деталі, що зазнає контролю, у відповідне магнітне поле; нанесення магнітних часток на поверхню контрольованої деталі; дослідження поверхні деталі, на якій утворюються скупчення часток магнітного порошку, і оцінка придатності контрольованої деталі.

Даним методом можна виявити не тільки поверхневі, але й підповерхневі дефекти.

Магнітопорошковий метод заснований на виявленні магнітних полів розсіювання над дефектами за допомогою феромагнітних часток, нанесених на контрольовану ділянку. Магнітний потік у бездефектній частині деталі не міняє свого напрямку. Якщо ж на шляху магнітного потоку зустрічаються ділянки зі зниженою магнітною проникністю (тріщини, раковини), то відбувається скривлення магнітних ліній з утвором магнітних полюсів на кожній стороні тріщини. Ці полюси будуть притягати магнітні частки й порушення однорідності стануть видимими.