

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ
УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МЕТАЛІВ ТА МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА
ім. О.М. ПЕТРИЧЕНКА



ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Конспект лекцій

Автор Глушкова Д.Б.
ДТН, Проф.

Дистанційний курс: [**http://dl.khadi.kharkov.ua/course/view.php?id=336**](http://dl.khadi.kharkov.ua/course/view.php?id=336)

м. Харків, 2020 р.

Лекція 1



ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТАЛІВ ТА ЇХ КРИСТАЛІЧНА
ПОБУДОВА

ПЛАН

1.ТКМ-як наука

2.Класифікація металів

3. Основні типи кристалічних решіток металів

4. Кристалічна побудова металів

Технологія конструкції металів(ТКМ)

ТКМ – це наука, що вивчає методи одержання металів із руд, виготовлення з них заготовок та деталей, а також структуру, властивості, та взаємозв'язок між ними.

Ми з вами розглянемо слідуючі розділи:

- | | |
|--|----------------------------|
| 1. Будову та властивості конструкційних матеріалів | 3. Ливарне виробництво |
| 2. Методи отримання
конструкційних матеріалів: | 4. Зварювання |
| а) Металургію чорних металів | 5 Обробку металів тиском |
| б) Металургію кольорових металів | 6 Обробку металів різанням |

Усі конструкційні матеріали діляться на групи:

1. Металеві

До металевих належать:

- а) Метали
- б) Сплави
- в) Металлокераміка

- матеріали, які одержують із порошків металів та їх оксидів спеціальними методами (порошкова металургия)



2. Неметалеві

До неметалевих належать:

- а) Пластичні матеріали
- б) Гума
- в) Скло
- г) Дерево
- д) Шкіра
- е) Папір

Класифікація металів

Метали - це кристалеві тіла, в яких атоми розташовані періодично і закономірно, мають характерний металевий блиск, високу теплопровідність, термоелектричну емісію (здібність випромінювати електрони при нагріванні), високу пластичну деформацію.

Усі метали можливо розділити на 4 групи:

1. Чорні метали (сталь, чавун)

2. Кольорові метали

а) легкі (Na, K, Ca, Mg, Al)

б) важкі (Ni, Cu, Pb, Sn)



3. Благородні (золото - Au, срібло - Ag)

4. Легуючі (Cr, Mo, W, N)



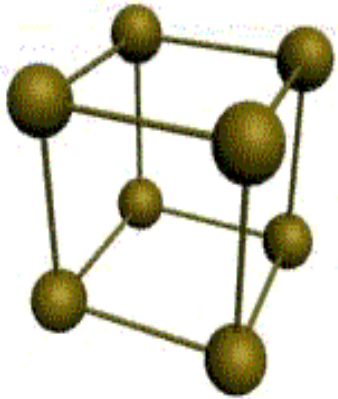
Для першої групи - характерний колір (сірий), висока температура сплавління, висока твердість, пластичність

Основні типи кристалічних решіток металів

Кристалева решітка представляє собою уявну просторову сітку, у вузлах якої знаходяться атоми (іони), які утворюють тверде кристалеве тіло.

Найменший об'єм кристала, який дає уяву про атомну структуру металу у будь якому об'ємі, одержав назву елементарної **кристалеві комірці**.

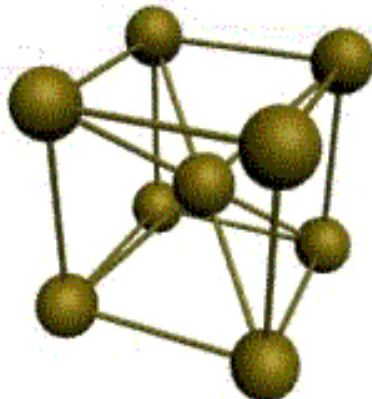
Кристалева решітка складається з **багатьох** елементарних комірок.



кубическая

(1 атом на ячейку)

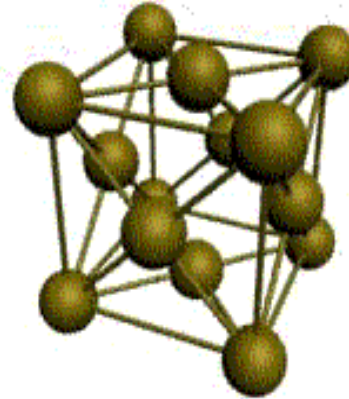
а)



объемно-центрированная кубическая (ОЦК)

(2 атома на ячейку)

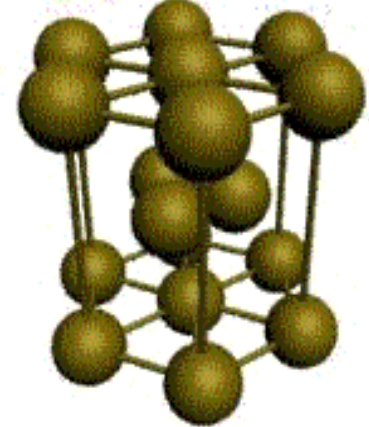
б)



гранецентрированная кубическая (ГЦК)

(4 атома на ячейку)

в)



гексагональная плотноупакованная (ГП)

(6 атомов на ячейку)

г)

Кристалічна побудова металів

Усі атоми в металах розташовані у строго геометричному порядку і утримуються на своєму місці силами взаємного зціплення.

Для опису атомно - кристалічної структури користуються поняттям просторової або **кристалеві** решітки

Кристалеві
решітки, в
яких атоми
знаходятьс
я тільки у
вершинах
звуться
простими.

ОЦК - об'ємно-центрований куб

ГЦК - граньцентрований куб

ГЦУ - гексагональна щільна упаковка

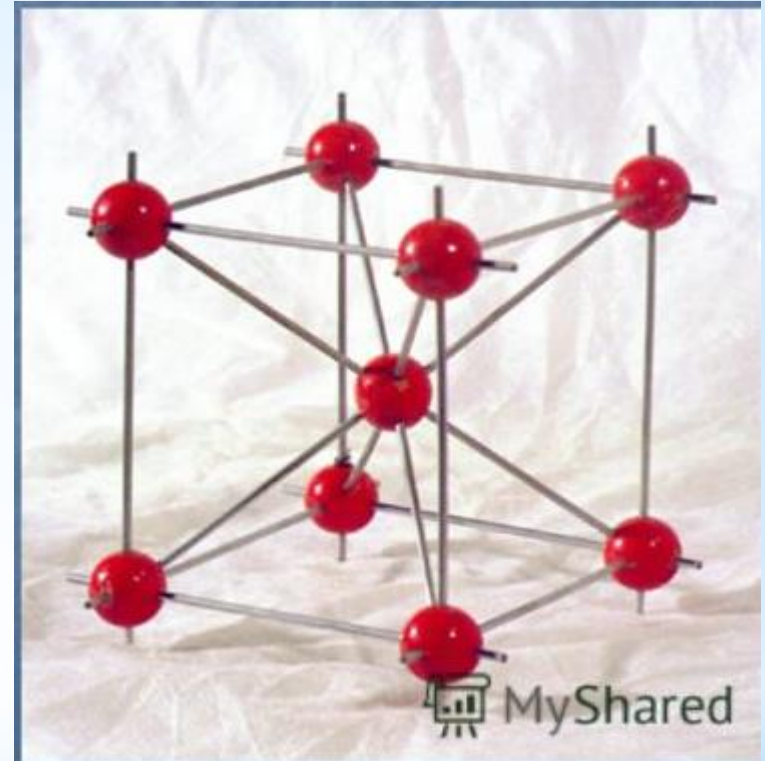
Більшість металів мають одну з складних високосиметричних решіток з щільною упаковкою атомів:

Кристалеві
решітки, в яких
атоми
знаходяться не
тільки у
вершинах, а і у
середині, та на їх
гранях звуться
складними

ОЦК - об'ємноцентрований куб

У такому типі решітки атоми знаходяться в кутах куба і один у центрі об'єма куба. Елементарна комірка має 9 атомів. Відстань між атомами (a) називається параметром решітки і вимірюється в ангстремах (④)

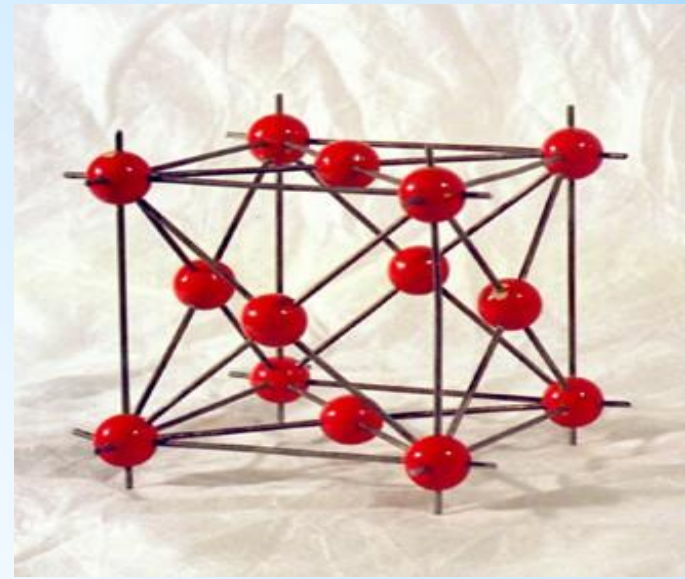
$$\text{④} = 10^{-8} \text{ см} \quad a = 2-6 \text{ ④}$$



Кубічну ОЦК - решітку мають такі метали як α - Fe, W, Mo, R, V, Cr, Ba

ГЦК - гранєцентрований куб

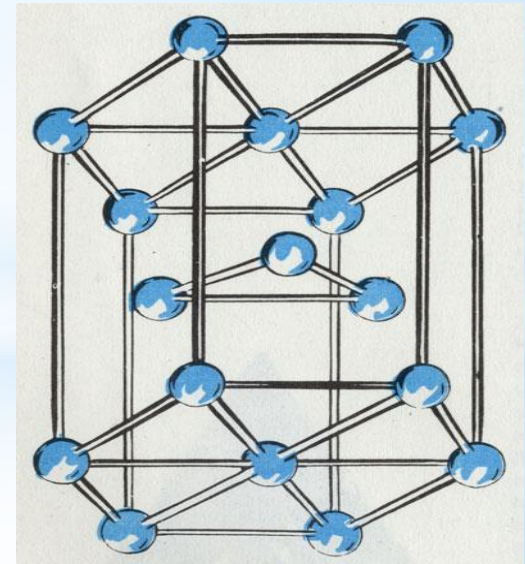
В кубічній гранєцентрованій решітці (ГЦК) атоми розташовані у в кутах куба і в центрі кожної грані. Елементарна комірка має 14 атомів.



Такий тип решітки мають метали: Cu, Ni, Au, Pt, Al

ГЦУ - гексагональна щільна упаковка

У гексагональній щільній решітці (ГЦУ) атоми знаходяться у кутах та центрі основи шестигранної призми. Крім того 3 атоми знаходяться в середній площині призми.



Такий тип решітки мають Ti, Zn, Mn, Cd

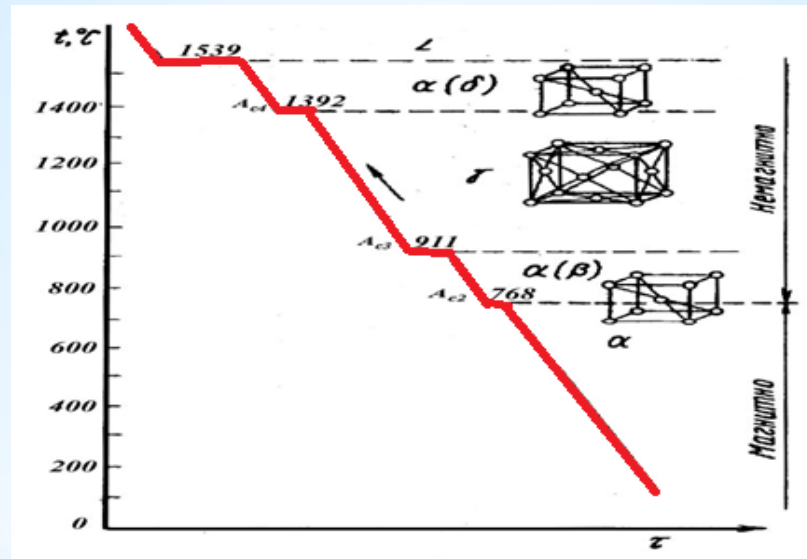
Із зміною температури та тиску параметри решіток можуть змінюватись. Деякі метали при різних температурах (в твердому стані) мають різну кристалеву решітку, що завжди приводить до зміни їх фізико- механічних властивостей

Існування

одного і того ж металу в декількох кристалевих формах носить назву поліморфізму або алотропії

Перебудова

кристалеві решітці при критичних температурах називається поліморфними перетвореннями



Діаграма поліморфних перетворень при нагріві (охолодженні) заліза.

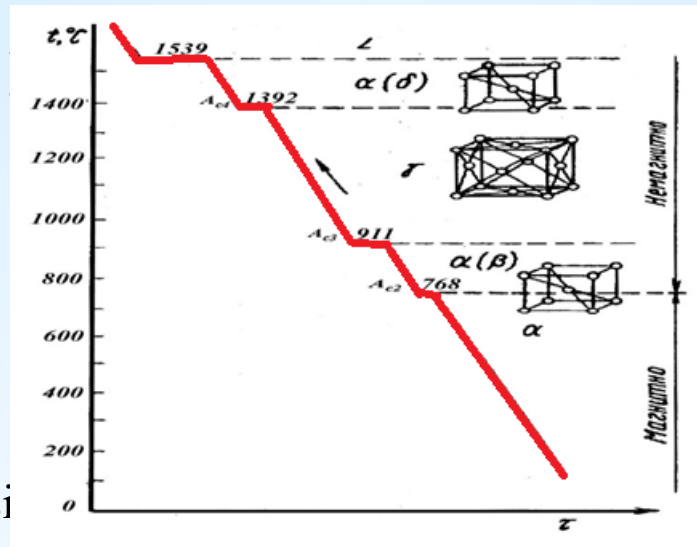
Залізо - метал срібно білого кольору. Атомний номер - 26, атомна вага - 55,85.

Давайте розглянемо як відбуваються поліморфні перетворення на прикладі заліза

Залізо відомо у 2-х поліморфних модифікаціях - α та α - Fe існує при температурі низчої за 910°C, та висчої за 1392 °C. Температура плавлення заліза - 1539 °C

Для інтервалу температур 1392-1539 °С α - Fe нерідко визначають як δ -Fe. До температурі 768 °С залізо має ферромагнитні властивості. Вище цієї точки магнитні властивості заліза втрачаються (парамагнетизм).

Критичну точку (768 °С відповідну магнитному перетворенню, тобто втраті магнітних властивостей називають точкою Кюрі і обозначають A_{c2} (при нагріві) і A_{u2} (при охолодженні)



Діаграма поліморфних перетворювань при нагріві (охолодженні) заліза.

Критичну точку α - γ перетворювань при температурі 910 °С обозначають A_{c3} (при нагріві) і A_{u3} (при охолодженні)

Критичну точку α - γ перетворювань при температурі 1392 °С обозначають A_{c4} (при нагріві) і A_{u4} (при охолодженні)

Повністю процес усіх поліморфних перетворювань які відбуваються при нагріві заліза зображено на нижчеприведеній діаграмі:

Кристалева будова сплавів

Під сплавом (або стопом) розуміють речовину, яка одержана сплавлінням двох або більше елементів. Елементами сплава можуть бути метали і неметали. Ці елементи називаються **компонентами сплава**.

В сплаві крім основних компонентів є і примісі. Примісі бувають корисними, які покращують властивості, і примісі бувають шкідливими, які згіршують його властивості.



Кристалева будова сплаву більш складніша ніж чистого металу, і залежить від взаємодії його компонентів кристалізації.

Компоненти в твердому стані можуть утворювати твердій розчин, хімічне з'єднання і механічну суміш.

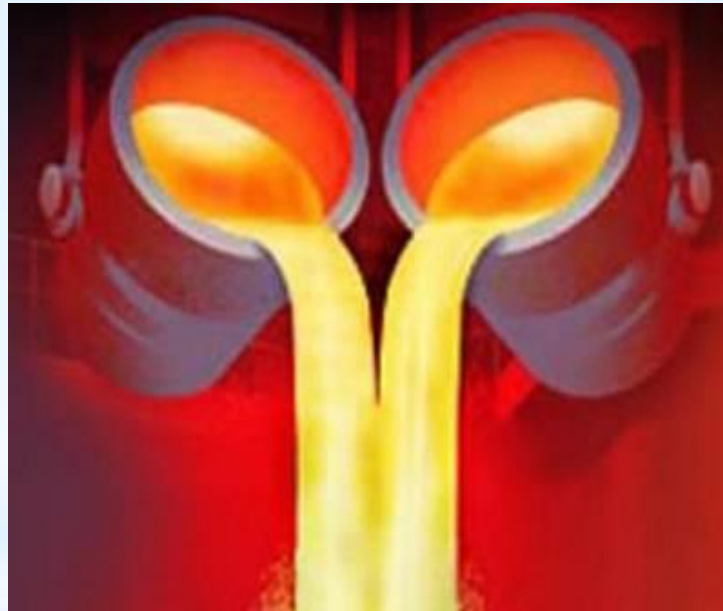
Твердий розчин - компоненти сплава взаємно розчинюються один в одному. Один із компонентів зберігає свою кристалеву решітку, а другий компонент у вигляді окремих атомів розподіляються у середині решітки

Суміші

Суміші бувають випадковими, які попадають в сплав при його приготуванні, і спеціальні, які вводять, щоб придати сплаву необхідні властивості.

Хімічне з'єднання

- компоненти сплава вступають в хімічну взаємодію. При цьому утворюється нова кристалева решітка і компоненти мають співвідношення по масі.



Механічна суміш -

компоненти сплава мають повну взаємну нерозчинність і різні кристалеві решітки. Сплав буде складатися із суміші кристалів, які складають її компоненти.

Механічна суміш, яка утворюється при одночасній кристалізації із розплаву називається евтектикою.

Кристалізація металів

Кристалізацією металів називається процес утворення кристалевої решітки в металах і сплавах. Вона буває двох видів - первинна та вторинна

Первинна

кристалізація - це перехід метала або сплава із розчиненого стану в твердий з утворенням кристалевої решітки.

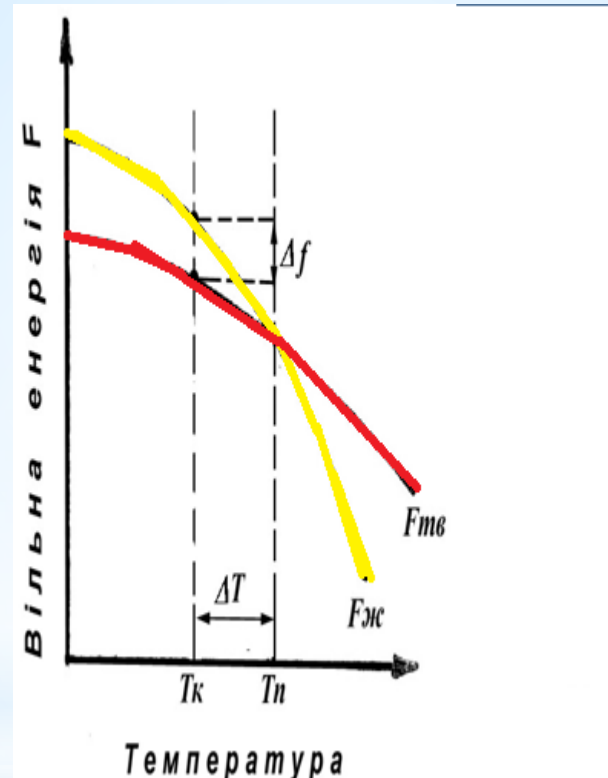


Вторинна

кристалізація - це утворення вторинних кристалів із твердої фази. Вона має місце у металів, для яких характерні поліморфні перетворювання.

Кристалізація відбувається при переході системи до більш стійкого, з термодинамічної точки зору стану з меншою вільною енергією (F).

Вільна енергія (F), або термодинамічний потенціал - це та складова повної енергії речовини, яка обрaтимо змінює свою величину при зміні температури поліморфних перетворювань та плавлінні. З підвищенням температури величина вільної енергії зменшується.



Зміну вільної енергії рідкого і твердого стану в залежності від температури

$F_{тв}$ - величина вільної енергії твердої фази

$F_{ж}$ - величина вільної енергії рідкої фази

T_n - температура, яка відповідає рівноважній температурі кристалізації (або плавління) даної речовини. При цій температурі в одночас можуть існувати дві фази - рідка та тверда.

Процес кристалізації при цій температурі не починається

Д.К. Черновим було встановлено, що будь яка кристалізація складається з двох стадій:

1. Утворення центрів кристалізації

2. Росту кристалів

Поки кристали ростуть вільно, і їх мало, вони мають правильну геометричну форму (див.малюнок)

Коли кристалів багато, то вони зіткаються один з одним і змінюють свою форму, утворюючи неправильну форму (див малюнок). В цьому разі вони називаються кристалітами або зернами.

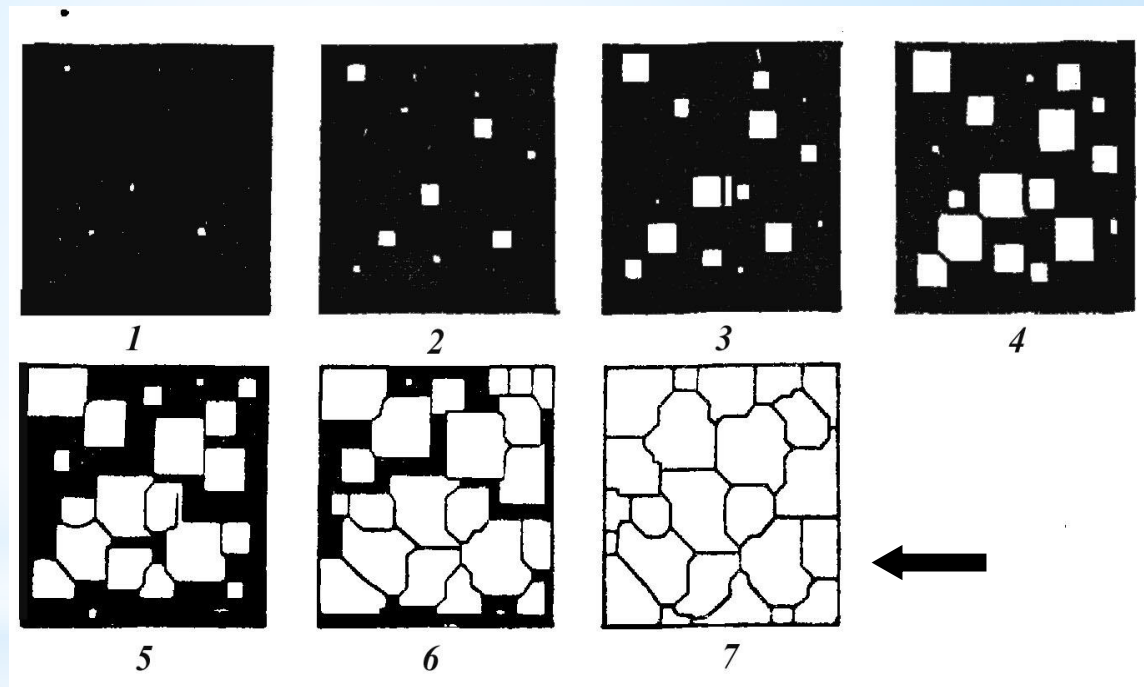


Схема процесу кристалізації металів та сплавів

Щоб кількісно оцінити процес кристалізації було введено 2 параметри

1. Число центрів кристалізації (ЧЦК)

2. Швидкість кристалізації

Щоб одержати якісний

метал або сплав два

вищевказаних параметри

повінні бути: перший -

збільшеним, другий -

зменшеним.

Щоб одержати дрібне

зерно необхідно:

1. Збільшити швидкість
охолодження рідкого металу

2. Ввести додатково зародиши

Швидкість кристалізації -

це швидкість збільшення

лінійних розмірів

кристалів

Розмірність - [мм

/сек]

ЧЦК - це кількість

центрів (зародишів),

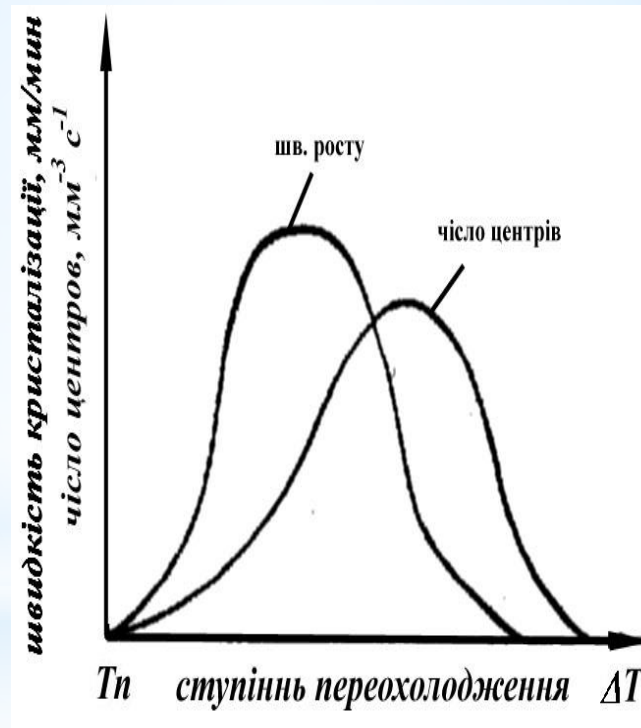
які з'явилися в

одиниці об'єму за

одиницю часу.

Розмірність - [мм⁻³×

сек⁻¹]



Число центрів кристалізації і швидкість кристалізації
залежать від переохолодження (див. графік)

Цей процес називається **модифікацією**, а самі речовини, які вводять - **модифікаторами**

Кристали, що утворюються при кристалізації можуть мати різну форму в залежності від швидкості охолодження, характеру і кількості примісі.

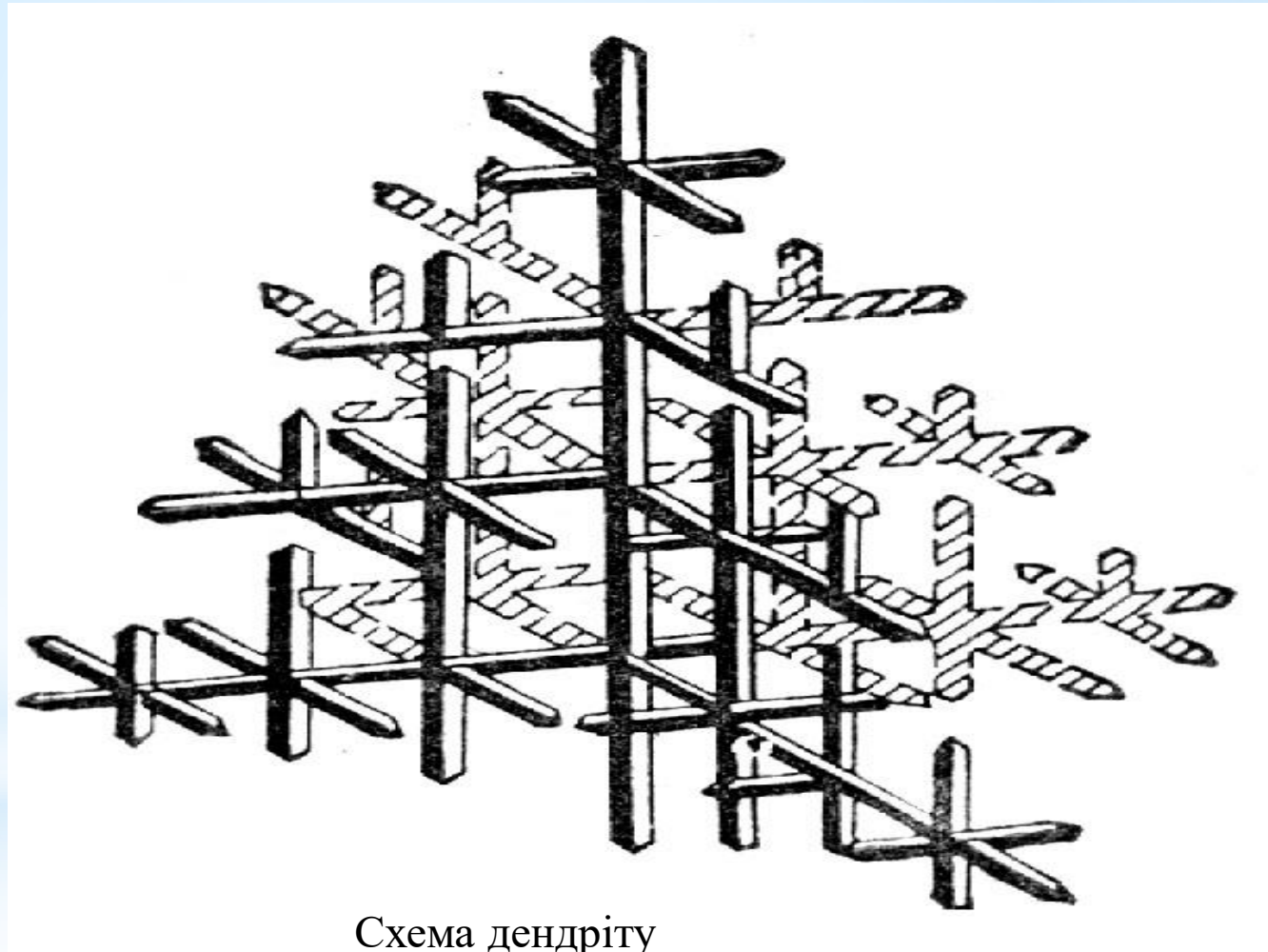


Схема дендріту

Найчастіше утворюються деревовидні кристали, які одержали назву дендрітів (див. малюнок)



ЛЕКЦІЯ 2

ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

«Властивості металів і сплавів»

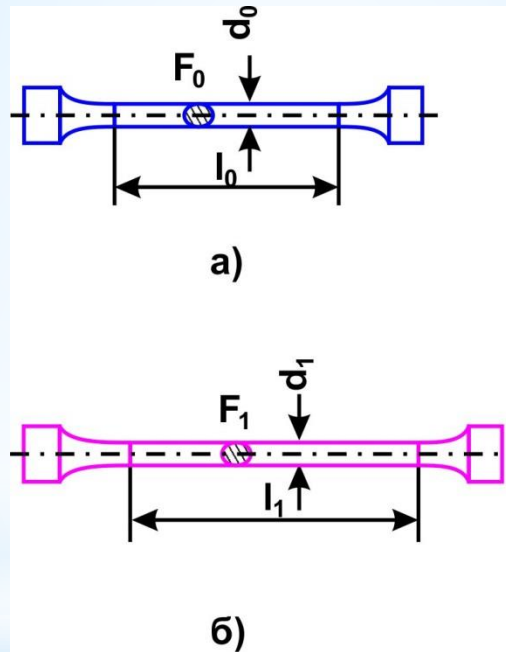
1. Властивості металів і сплавів
2. Міцність
3. Втомна міцність
4. Пластичність
5. Ударна в'язкість
6. Твердість

*План

Властивості металів і сплавів. Конструкційна міцність, надійність.

Матеріалознавство - це наука, яка вивчає будову і властивості матеріалів і встановлює зв'язок між їх складом, будовою і властивостями. Мета цієї науки - розробка шляхів впливу на будову і властивості матеріалів.

За своєю природою властивості діляться на механічні, хімічні і фізичні. Механічні властивості характеризують поведінку матеріалу під дією різних механічних навантажень.



Стандартный образец
для испытаний

До загальних відносяться стандартні механічні властивості, що визначаються відповідно з ГОСТами. Зусилля $\rightarrow$ напруження $\rightarrow$ пружна деформація $\rightarrow$ пластична деформація $\rightarrow$ утворення і розвиток тріщин $\rightarrow$ руйнування.

Види механічних властивостей:

1. Міцність; 2. Твердість; 3. Пластичність; 4. Ударна в'язкість.

Міцність

Міцність характеризує опір матеріалу деформації і руйнування.

За кривими «напруга - деформація» визначають такі показники міцності:

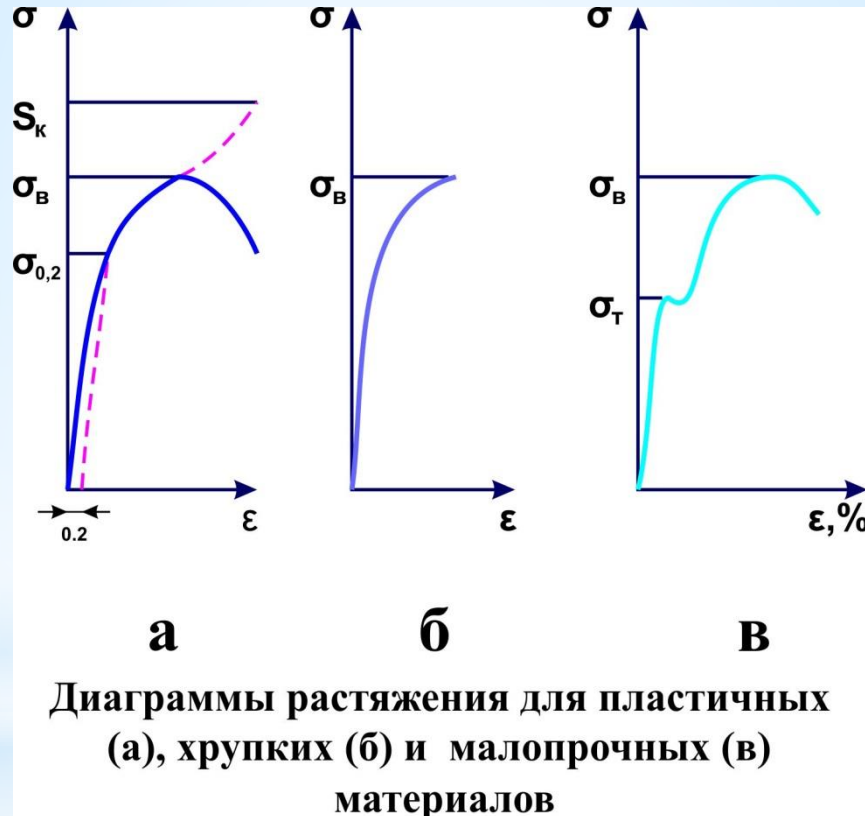
σ_v - тимчасовий опір руйнуванню - максимальне напруження, яке витримує метал при розтягуванні.

[МПа]

де R_v - зусилля; F_0 - площа поперечного перерізу до випробувань.

$$\sigma_v = \frac{P_v}{F_0}$$

$\sigma_{0,05}$ - умовна межа пружності - напруга, яка викликає залишкову деформацію 0,05%.



$\sigma_{0,2}$ - умовна межа плинності - напруга, яка викликає залишкову деформацію 0,2%. Цей показник характеризує опір матеріалу деформації.

$$\sigma_{0,2} = \frac{P_{0,2}}{F_0} \quad [\text{МПа}]$$

Якщо на кривій розтягування є майданчик плинності, то використовується показник σ_T - фізична межа плинності - напруга, при якому зразок деформується без підвищення зусилля [МПа]

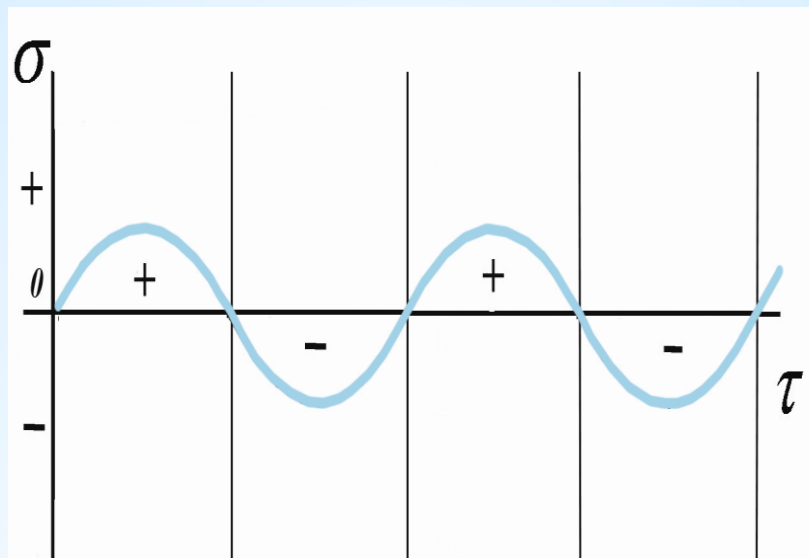
$$\sigma_T = \frac{P_T}{F_0}$$

Всі показники міцності вимірюються в МПа або ГПа

Втомна міцність (витривалість)

Втомна міцність характеризує опір матеріалу циклічних навантажень

Циклічні навантаження викликають в металі процес поступового накопичення ушкоджень, що призводить до утворення втомних тріщин. Це явище називається втомою.



У цьому випадку передчасне руйнування деталей відбувається при напругах, значно нижче σ_B . Здатність матеріалу чинити опір втоми називається витривалістю.

Схема циклічних змін напруг при симетричному циклі

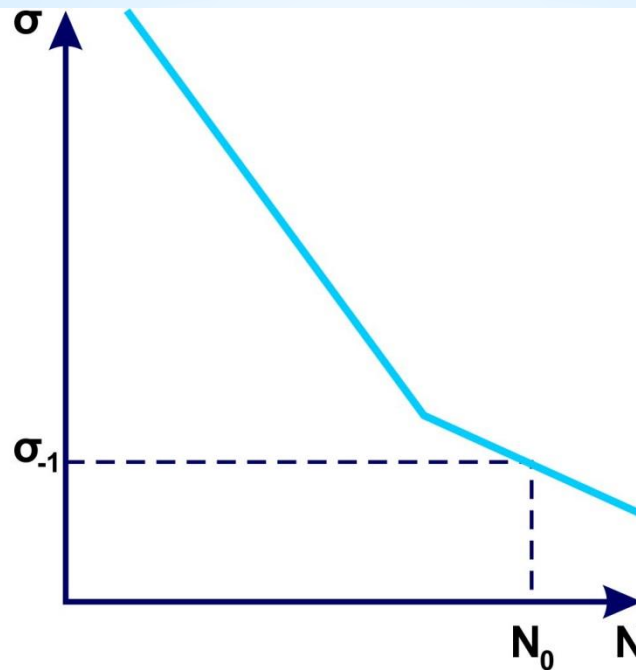
Циклічне напруження змінюється за синусоїдальним законом. При симетричному циклі, коли $\sigma_{\max} = -\sigma_{\min}$ критерієм витривалості називається умовний межа витривалості, який позначається σ_{-1}

Втомна міцність

Критерій витривалості - це максимальне напруження, яке може витримати матеріал при циклічному навантаженні без руйнування за певне число циклів, яке називається базою (N_0).

Цикл - це одне розтягування і стиснення

Кількість циклів, яке витримує матеріал без руйнування називається - базою (N_0).



Діаграма усталості: σ – напруження, N – кількість циклів навантаження, N_0 – база експериментів, σ_{-1} – межа витривалості (симетричний цикл навантаження)

σ -умовна межа витривалості

Для сталей база
 $N_0 = (5 \div 50) \cdot 10^6$
циклів, для
кольорових сплавів
 $N_0 \sim 10^8$ циклів.

Показники пластичності

Пластичність характеризує здатність металу пластично деформуватися без руйнування.

Показники пластичності визначаються при випробуванні зразків на розтяг (разом з показниками міцності).

Показники пластичності - це відносне подовження δ і відносне звуження Ψ , які знаходяться за такими формулами:

Відносне подовження:

$$\delta = (l_0 - l_1) \times 100\% / l_0$$

Відносне звуження:

$$\psi = (F_0 - F_1) \times 100\% / F_0$$

де l_0 і F_0 - довжина і площа поперечного перерізу вихідного зразка,

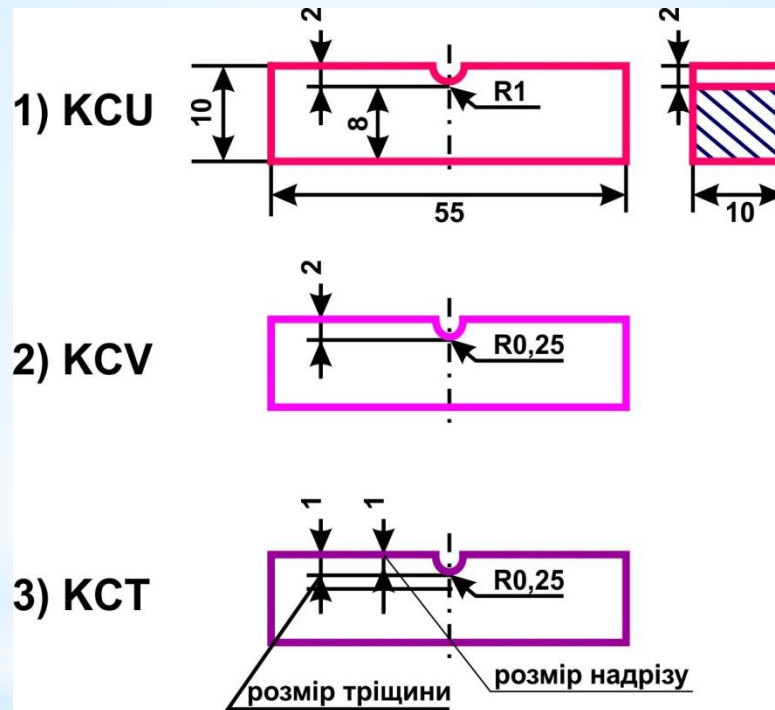
l і F - довжина і площа після руйнування зразка.

Ψ характеризує здатність матеріалу до локальної пластичної деформації

Ударна в'язкість

Ударна в'язкість характеризує здатність матеріалу чинити опір ударним навантаженням.

Ударна в'язкість КС - це питома робота руйнування при динамічному навантаженні. Вона визначає роботу, яку потрібно затратити для руйнування зразка перерізу 1 см² при ударі.



Стандартные образцы для определения ударной вязкости

Характеристика позначається КС:

$$КС = A / F_0 \text{ [Дж / см}^2\text{]}$$

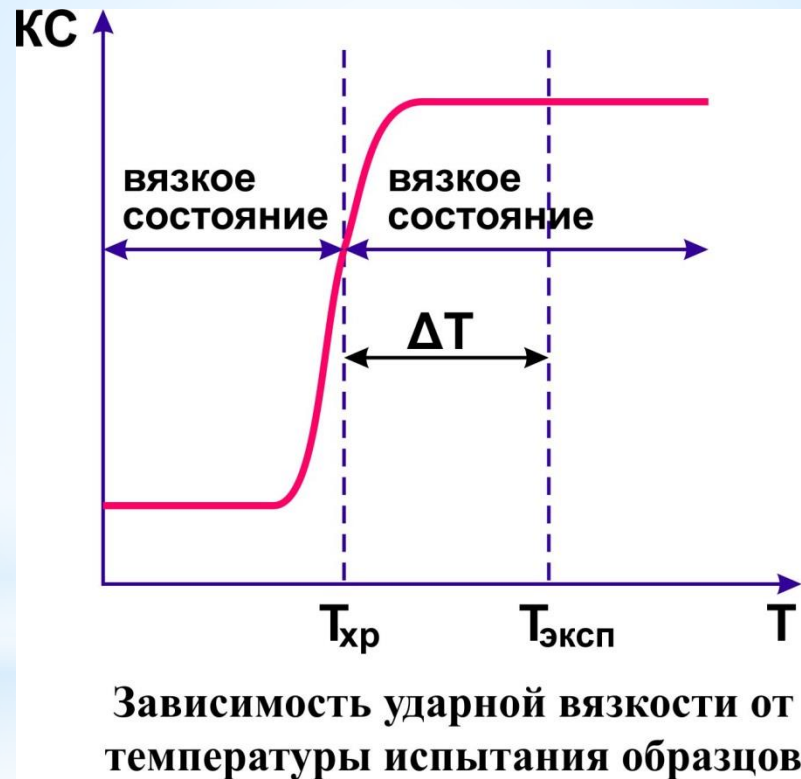
де А - робота руйнування,
F₀ - початкова площа перерізу зразка.

Ударна в'язкість КС-динамічний показник міцності

Ударна в'язкість - це інтегральна характеристика, яка включає в себе роботу зародження тріщини КСЗ і роботу поширення тріщини КСР.

$$КС = КСЗ + КСР$$

Ударна в'язкість при певній температурі різко знижується. Ця температура називається «поріг хладноломкості». Вона визначає перехід матеріалу від в'язкого руйнування до крихкого (рис.)



Різниця між температурою експлуатації ($T_{експл.}$) і порогом хладноломкості ($T_{хр.}$) Називається температурним запасом в'язкості (T).

Температура експлуатації повинна бути завжди вище порога хладноломкості
Чим більше запас в'язкості, тим менше ймовірність крихкого руйнування

Твердість

Твердість - це здатність матеріалу чинити опір проникненню в його поверхню іншого більш твердого тіла (індентора). Найбільш відомі такі методи вимірювання твердості: метод Брінелля, метод Роквелла і метод Віккерса.

метод Брінелля

Цей метод полягає у вдавлюванні в поверхню матеріалу сталевий куляки діаметром

$D = 2,5; 5; 10$ мм при зусиллі від 15,6 до 3000 кГс.

Застосовується цей метод для вимірювання твердості м'яких об'єктів.

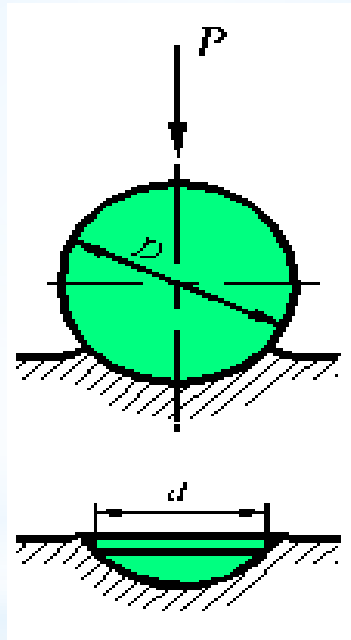


Схема випробування на твердість по Брінеллю

Величина твердості за Брінеллем визначається як відношення зусилля вдавлювання P до площі поверхні лунки F .

$$HBW = \frac{P}{F}$$

НВ виражається в МПа або ГПа

Для пластичних матеріалів існує зв'язок. Для $\sigma_{в} = (0,33-0,36) HB$, для мідних сплавів $\sigma_{в} = 0,45 HB$, для алюмінієвих сплавів $\sigma_{в} = 0,35 HB$

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ



**ДСТУ ISO 6506-1:
2007**

**Визначення твердості
по Брінеллю**

Дата введення : 2009-01-01

Позначення твердості за Брінеллем

425 HBW 10 / 3000 / 20



Час витримки, с (якщо не дорівнює 10-15 с)

Прикладена зусилля, кгс

Діаметр твердосплавної кульки-індентора, мм

Символ твердості за Брінеллем

Число твердості за Брінеллем, кгс / мм²

Метод Віккерса

Цей метод заснований на вдавлюванні в поверхню металу чотиригранної алмазної піраміди при навантаженні 5 ... 100 кГс і вимірі діагоналей відбитка, що має форму ромба.

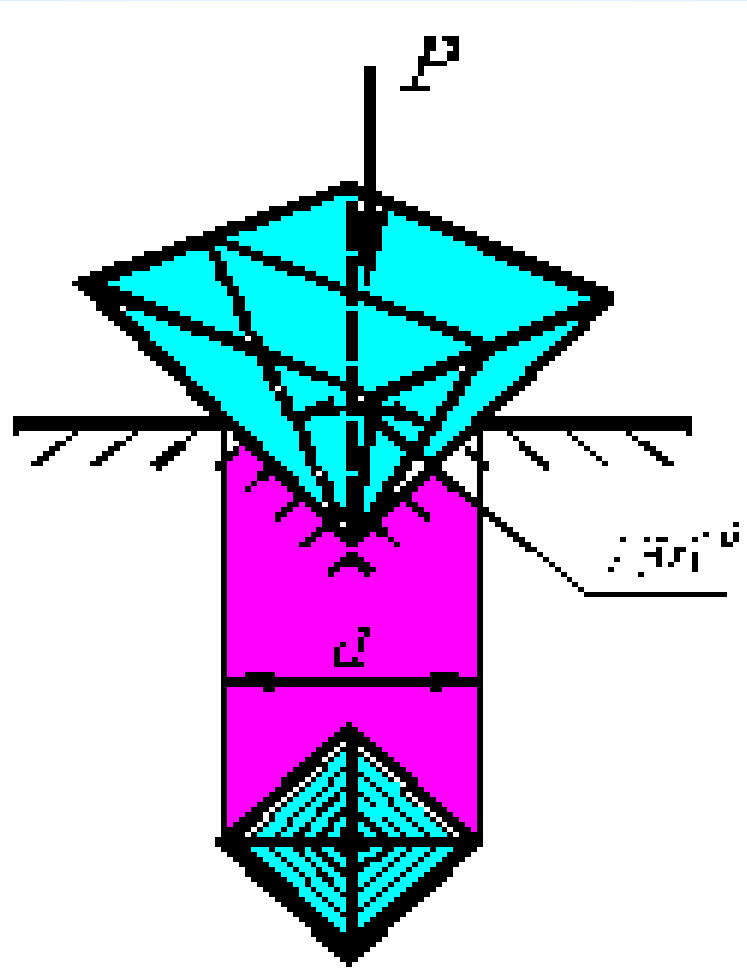


Схема випробувань на твердість за Віккерсом

За середнім значенням діагоналей за допомогою перекладних таблиць визначають твердість HV.

Розмірність кГс / мм² або МПа.

Цей метод застосовується для вимірювання твердості тонких поверхневих шарів.

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ



ДСТУ ISO 6507-1:2007

**ВИЗНАЧЕННЯ ТВЕРДОСТІ
за Вікерсом**

Дата введення : 2009-01-01

Позначення твердості за Віккерсом

750 HV 30 / 20



Час витримки, з
(якщо не дорівнює 10-15 с)

Прикладена зусилля, кгс

Символ твердості за Віккерсом

Число твердості за Віккерсом, кгс / мм²

Метод Роквела

Цей метод універсальний. Існує 54 шкали, найчастіше використовують три шкали А В С

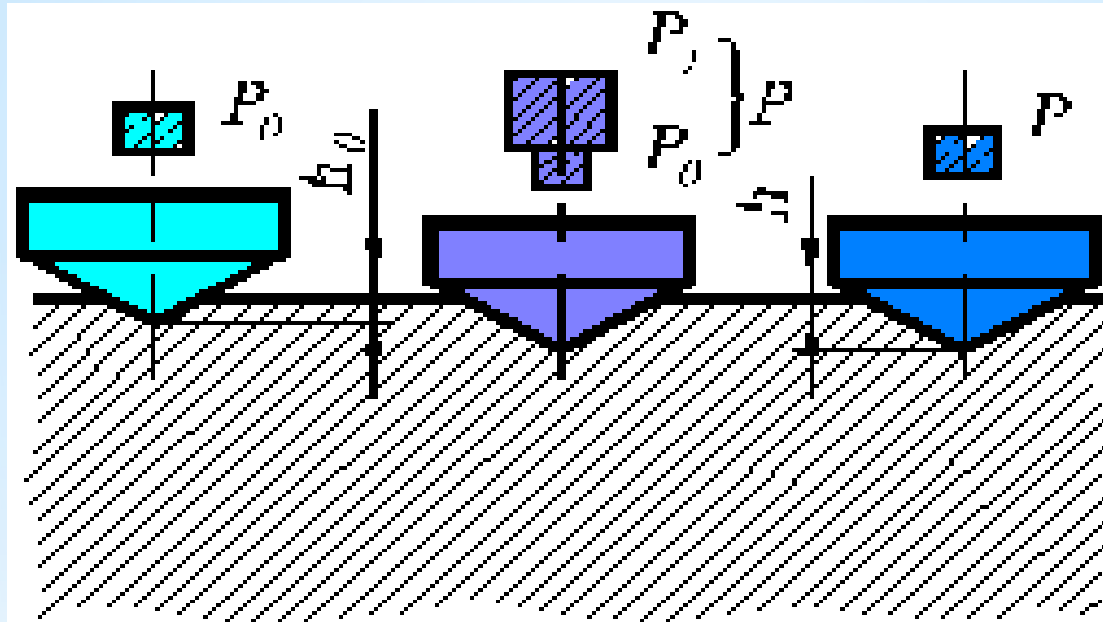


Схема випробування на твердість по Роквелу

Шкала	Индентор	Усилия, кГс	Обозначения твердости	Использование
А	Алмазный конус	60	HRA	Для твердых тонких слоев
В	Стальной закаленный шарик	100	HRB	Для мягких материалов
С	Алмазный конус	150	HRC	Для твердых материалов

При використанні цього методу в поверхню металу вдавлюють загартований сталевий шарик $d = 1,58$ г або алмазний конус з кутом при вершині 120° .

Твердість по Роквелу-безрозмірна величина

Значення твердості визначають за допомогою індентора по глибині його впровадження

МІЖНАРОДНИЙ СТАНДАРТ ISO



ISO 6508-1:2005

**Rockwell
hardness test**

Дата введення : 2005

Позначення твердості по Роквеллу

55

HR

30T

W



Матеріал индентора:
W - куляка з твердого сплаву;
S - куляка зі сталі;
порожньо - алмазний конус

Шкала твердості за Роквеллом

1,588

Символ твердості по Роквеллу

Число твердості по Роквеллу

Обозначение твердости по Роквеллу

55

HR

30Y

W



Материал индентора:

W – шарик из твердого сплава;

S – шарик из стали;

пусто – алмазный конус

Шкала твердости по Роквеллу

12,7

Символ твердости по Роквеллу

Число твердости по Роквеллу

Обозначение твердости по Роквеллу

55

HR

C



Материал индентора:

W – шарик из твердого сплава;

S – шарик из стали;

пусто – алмазный конус

Шкала твердости по Роквеллу

Символ твердости по Роквеллу

Число твердости по Роквеллу

на самостійну роботу виносяться:

1. Експлуатаційні властивості.

2. Хладностійкість

3. Поверхнева і об'ємна твердість

ЛЕКЦІЯ 3



ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

«Основи металургійного
Виробництва та виробництво
чавуну»

План

1. Суть металургійного виробництва
2. Структура металургійного виробництва
3. Матеріали для виробництва металів
4. Способи добування металів із руд
5. Матеріали для виробництва чавуну
6. Підготовка руд до плавки
7. Будова і робота доменної печі
8. Продукти доменного виробництва



СУТЬ МЕТАЛУРГІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА

Металургія - вивчає процес одержання металів із руд

1. СТРУКТУРА МЕТАЛУРГІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА

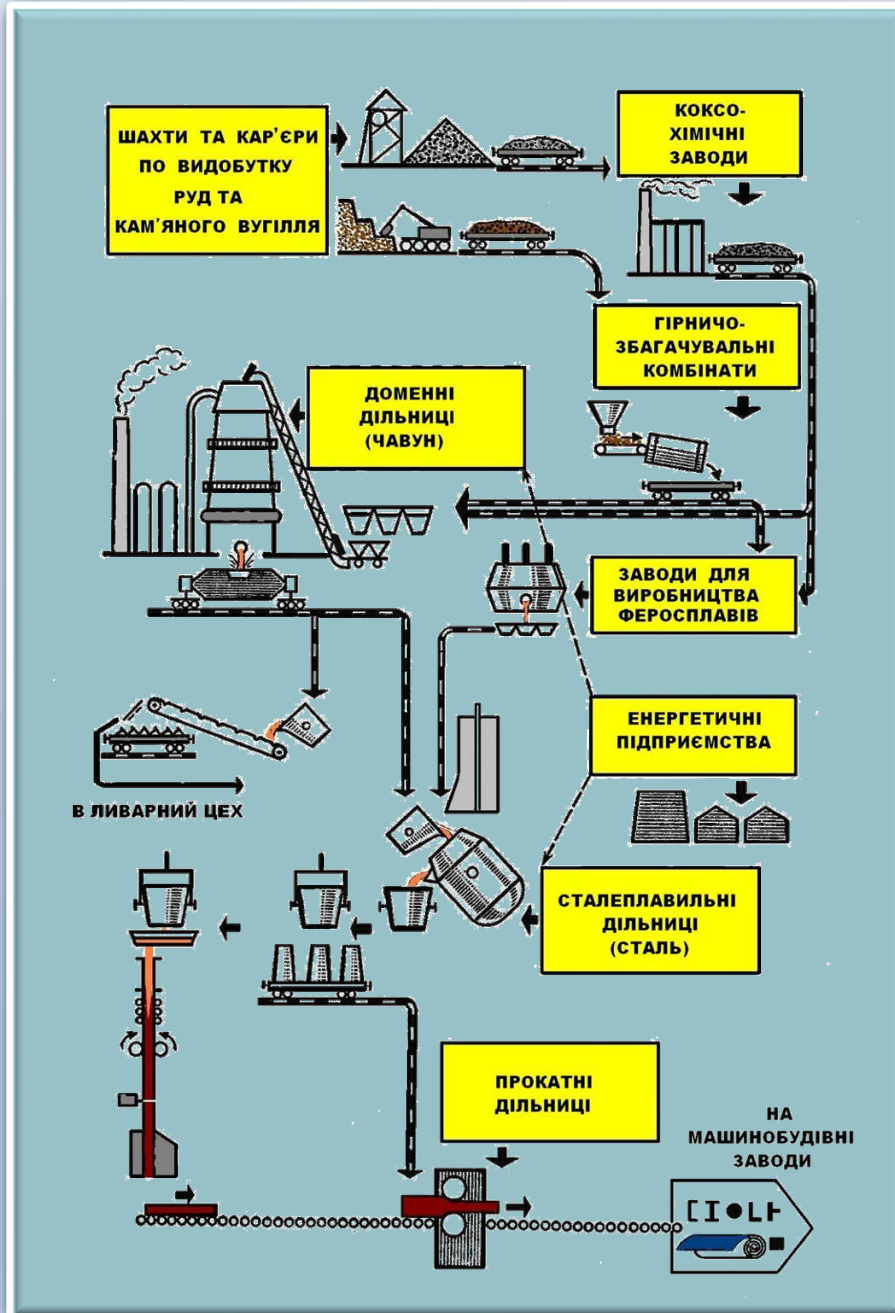
2. МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА МЕТАЛІВ

3. СПОСОБИ ДОБУВАННЯ МЕТАЛІВ ІЗ РУД

Для виробництва металів використовують
руди, флюси, паливо, вогнетривкі матеріали.



СХЕМА СУЧАСНОГО МЕТАЛУРГІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА



Металургія – це комплексна галузь промисловості, яка займається виробництвом металів з руд або металовмісних речовин з наданням їм необхідних властивостей.

У прикладному плані — сукупність зв'язаних між собою галузей і стадій виробничого процесу від видобутку сировини до випуску готової продукції – кольорових і чорних металів та їх сплавів (стопів).

МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА МЕТАЛІВ

Руда – природне мінеральне утворення, що містить метали та їх сполуки у кількостях та у вигляді, придатних і економічно доцільних для їх промислового використання.

Флюс – речовина, яка додається до вихідних матеріалів під час плавлення металів для регулювання складу шлаку, плавень.



Паливо – горючі природні або штучні тверді, рідкі або газоподібні речовини, які при спалюванні слугують джерелом теплової енергії.

Вогнетривкими є матеріали і вироби, що виготовляються переважно на основі мінеральної сировини, та володіють вогнетривкістю не нижче 1580 °C.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПАЛИВА

ТВЕРДЕ

природне

ДЕРЕВИНА

ТОРФ

БУРЕ ВУГІЛЛЯ

КАМ'ЯНЕ ВУГІЛЛЯ

ГОРЮЧІ СЛАНЦІ

штучне

ДРЕВЕСНЕ ВУГІЛЛЯ

БРИКЕТИ

КОКС

ВУГІЛЬНИЙ ПИЛ

РІДКЕ

природне

НАФТА

штучне

РІДКІ ПРОДУКТИ
ПЕРЕРОБКИ
НАФТИ

МАЗУТ

БЕНЗИН

ГАЗОПОДІБНЕ

природне

ПРИРОДНИЙ ГАЗ

ПОПУТНИЙ ГАЗ

штучне

КОКСОВИЙ ГАЗ

ПРИРОДНИЙ ГАЗ

СПОСОБИ ДОБУВАННЯ МЕТАЛІВ ІЗ РУД

Пірометалургія (від грец. вогонь і металургія) об'єднує хімічні способи відновлення металів з руд за високої температури.

Як відновники в пірометалургії використовують вугілля (кокс), карбон(II) оксид, водень, активні метали, силіцій.



Хіміко-металургійний спосіб добування металів об'єднує хімічні та пірометалургійні процеси. Титан, наприклад, одержують відновленням тетраклориду магнієм і подальшою плавкою в електродугових печах.

**ПІРО-
МЕТАЛУРГІЙНИЙ**

**ГІДРО-
МЕТАЛУРГІЙНИЙ**

**ХІМІКО-
МЕТАЛУРГІЙНИЙ**

**ЕЛЕКТРО-
МЕТАЛУРГІЙНИЙ**

Гідрометалургія полягає у перетворенні природної сполуки металічного елемента в розчинну форму з подальшим відновленням металу із розчину.

Цими способами добувають благородні (золото, срібло, платину), кольорові (мідь, нікель, кобальт, цинк), рідкісні (тантал, цирконій, гафній) та ін.



Електрометалургія – це добування металів за допомоги електричного струму (електролізу). Електролізом розплавів добувають найбільш активні метали (від літію до мангану), електролізом водних розчинів — менш активні (цинк, мідь, нікель, хром тощо).

Чавун — це продукт первинної переробки залізних руд способом їхнього плавлення у доменних печах. Використовується як ливарний матеріал, а близько 80% чавуну йде на виготовлення сталі. Чавун — це сплав заліза з вуглецем (більше 2%) та з добавками деяких хімічних елементів, які не видаляються в процесі доменного виробництва: марганець (до 1,5%), кремній (до 4,5%), фосфор (до 1,8%), сірка (до 0,08%), а інколи й інші елементи.

Матеріали для виробництва чавуну :

- а) залізні руди, в яких залізо знаходиться у вигляді з'єднань;
- б) марганцеві руди;
- в) флюси, що використовуються для утворення шлаку і виходу його з печі (вапняк CaCO_3);
- г) кокс, який є паливом і відновником заліза і його з'єднань.

Шихта складається з суміші руди, коксу і флюсу, взятих у певному співвідношенні. Мета цієї підготовки збільшити зміст заліза в шихті, зменшити кількість шкідливих домішок — сірки, фосфору і підвищити однорідність шихти по кусковатості і хімічному складу.

ВИРОБНИЦТВО ЧАВНУ

Чавун виплавляють із залізних руд пірометалургійним способом у доменних печах, використовуючи для цього тверде паливо (кокс) і флюси.

МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЧАВУНУ

ЗАЛІЗНІ РУДИ

магнітний залізняк

бурий залізняк

шпатовий залізняк

ПАЛИВО

КОКС

ФЛЮСИ

вапняк

доломітизований
вапняк

Матеріали для виробництва чавуну:

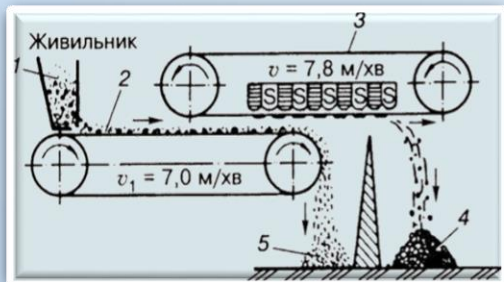
1. Залізні руди містять залізо у вигляді оксидів, гідратів оксидів, карбонатів. Пустою породою в цих рудах, як правило, бувають кварцит або пісковик, глинясті речовини.
2. Паливо в процесі виплавки чавуну виконує роль не тільки пального, а й відновлювача заліза із з руди. Цим вимогам найкраще задовольняє тверде паливо - кокс.
3. Флюсами при виплавці чавуну в доменній печі служать вапняк CaCO_3 або доломітизований вапняк, який складається з CaCO_3 та MgCO_3 . Їхнє призначення - сплавлення із пустою породою SiO_2 і Al_2O_3 і переведення їх в шлак, а також виведення із палива і руди домішок сірки.

ПІДГОТОВКА РУД ДО ПЛАВКИ

Для збільшення вмісту заліза в шихті, підвищення її однорідності за розмірами кусків та хімічним складом залізну руду перед плавкою піддають спеціальній обробці: збагаченню, агломерації, обкатуванню.

ЗБАГАЧЕННЯ

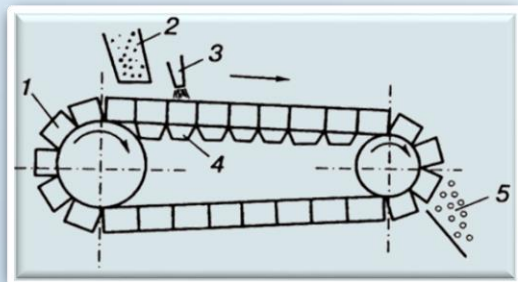
МАГНІТНИЙ СЕПАРАТОР



- 1 – куски руди
- 2 – живильна стрічка
- 3 – збиральна стрічка
- 4 – збагачений концентрат
- 5 – пуста порода

АГЛОМЕРАЦІЯ

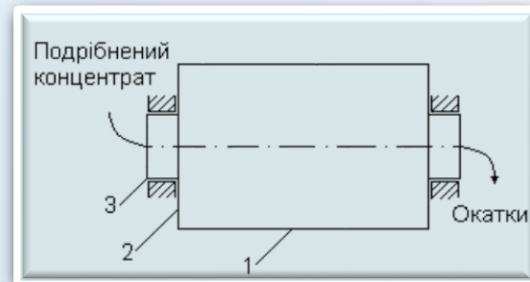
АГЛОМЕРАЦІЙНА МАШИНА



- 1 - візки
- 2 - шихтовий бункер
- 3 - пальник
- 4 - вакуум камери
- 5 - агломерат

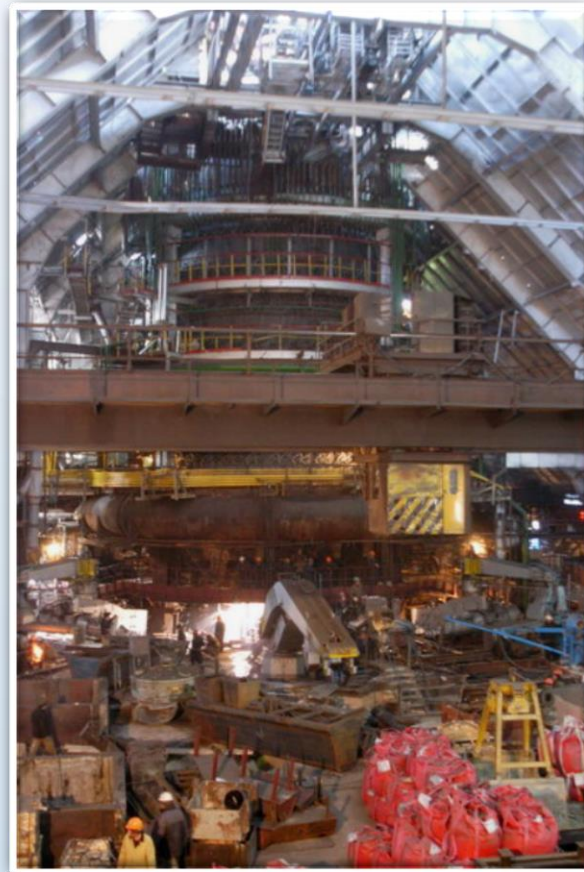
ОБКатуВАННЯ

БАРАБАНИЙ ГРАНУЛЯТОР



- 1 - пустотілий барабан
- 2 – торцеві кришки
- 3 – пустотілі цапфи

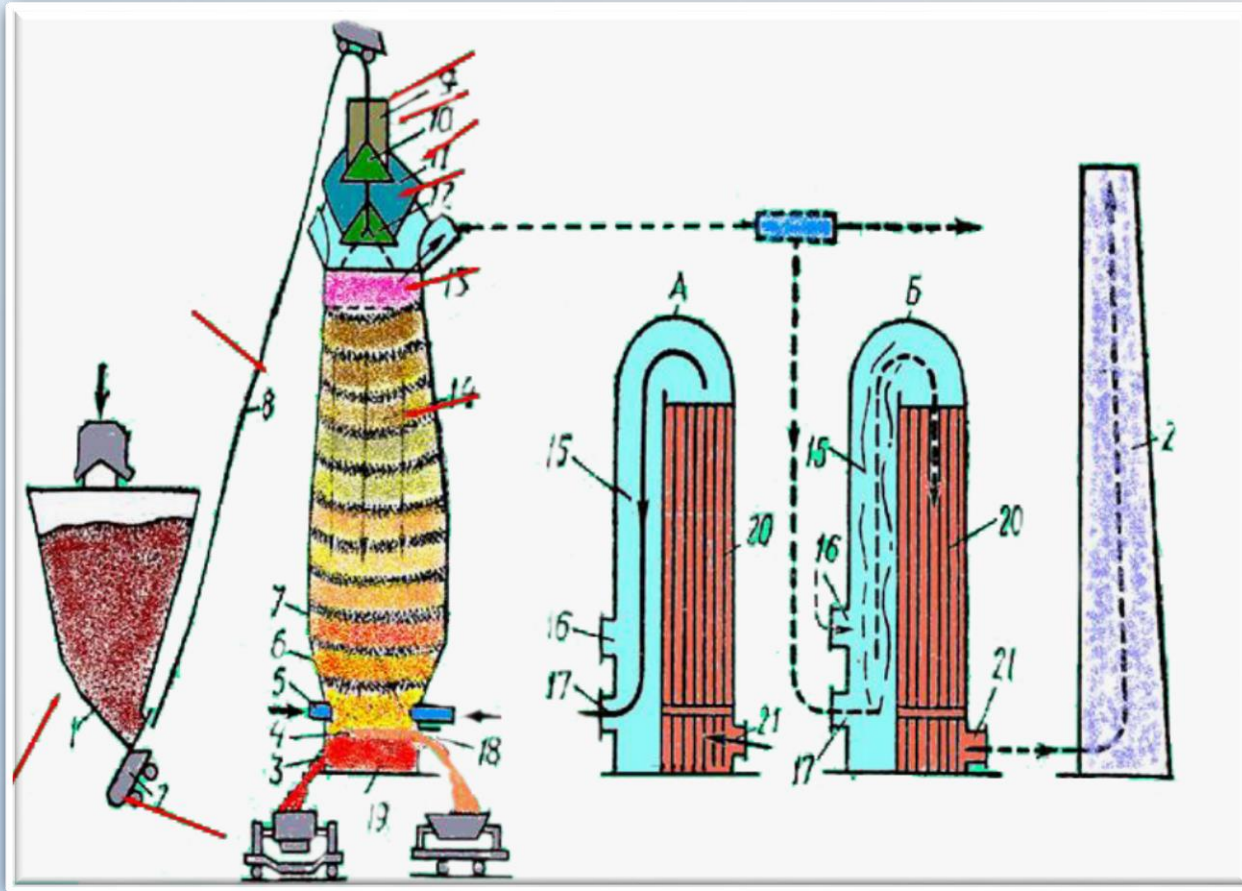
ДОМЕННІ ПЕЧІ



Доменні печі — це потужні сучасні шахтні печі з корисним об'ємом від 1300 до 2300 м³. Висота печі більше, ніж утричі перевищує її діаметр і становить залежно від корисного об'єму 30—80 м. Такі печі за добу виплавляють 2000—4000 тонн чавуну.

СХЕМА І РОБОТА ДОМЕННОЇ ПЕЧІ

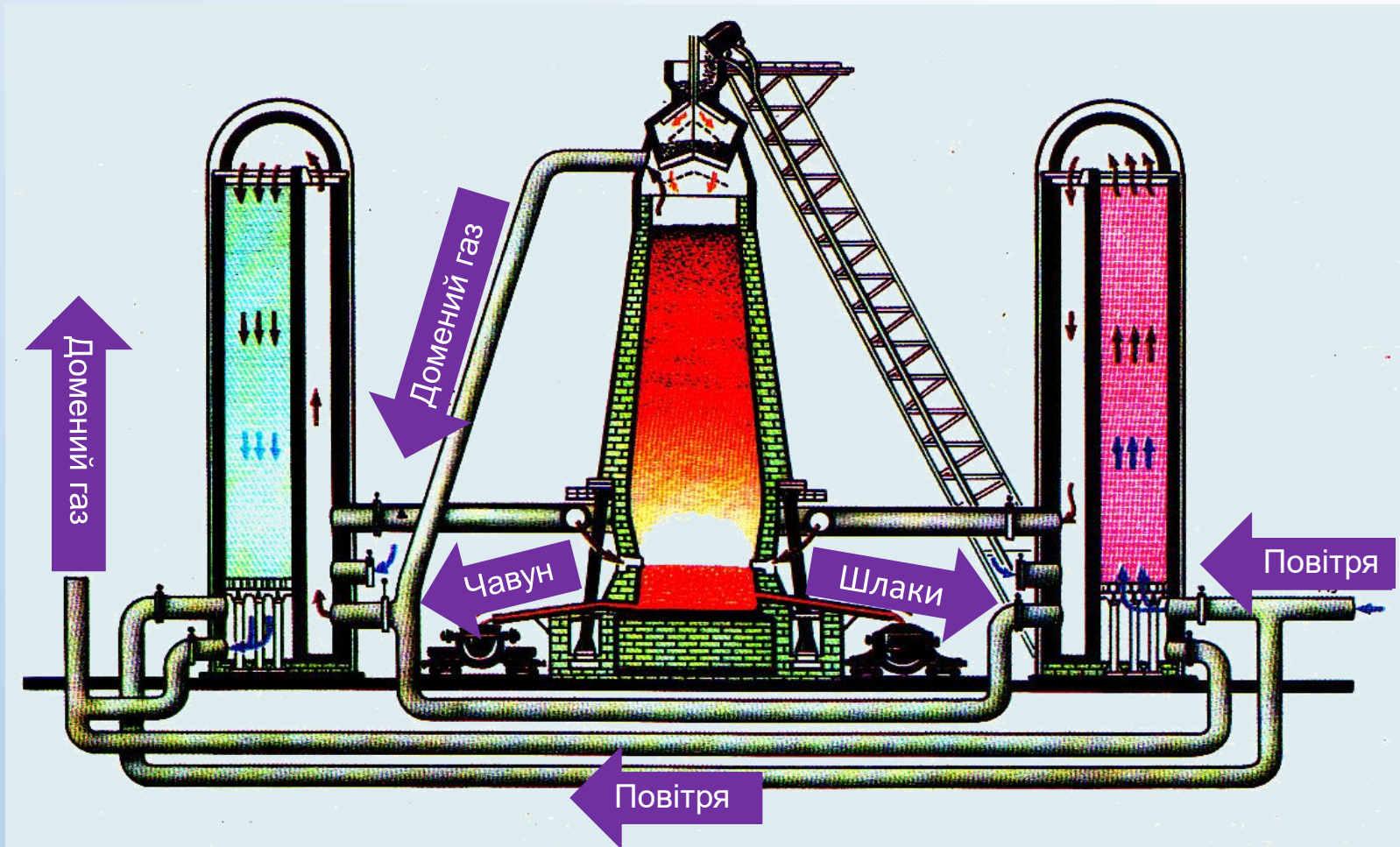
Для виплавки чавуну в домну завантажують шихту - суміш певного співвідношення руди, палива і флюсів. Окремі порції шихти називаються колошами.



Доменная печь: 1 – бункер; 2 – вагонетка; 3, 18 – летки; 4 – горн; 5 – фурмы; 6 – заплечики; 7 – распад; 8 – конвейер; 9 – принимающая воронка; 10 – малый конус; 11 – чаша; 12 – большой конус; 13 – колошник; 14 – шахта; 15 – камера сгорания; 16, 17 – отверстие; 19 – под; 20 – каналы насадки; 21 – отверстие; 22 – дымовая труба.

СХЕМА РОБОТИ ДОМЕННОЇ ПЕЧІ

Колоші з бункерів подаються вагонетками конвейєром у приймальну воронку засипного апарата. При опусканні малого конусу шихта попадає в чашу і при опусканні великого конуса попадає в колошник і далі в шахту печі.



Найбільша циліндрична частина домни називається *розпаром*. Нижче у вигляді зрізального конуса знаходяться *запечки* і *горн*, обмежений *подом*. У нижній частині горна розміщено *лотки* для випускання *чавуну* і *шлаку*.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

РАБОТЫ ДОМНЫ

Коэффициент использования полезного объема печи (КИПО), который представляет собой отношение полезного объема печи V [м³] к суточной производительности печи P [т]:

$$\text{КИПО} = \frac{V}{P} \text{ [м}^3\text{/т]}$$

Он колеблется в пределах 0,60 – 1,35 м³/т.

Удельный расход кокса K :

$$K = \frac{A}{P},$$

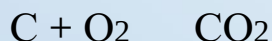
где A – расход кокса за сутки, т;

P – среднесуточная продуктивность печи, т.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРОИЗВОДСТВА ЧУГУНА

Домена піч працює по принципу протипотоку: шихтові матеріали рухаються зверху вниз, а назустріч їм піднімається потік гарячих газів - продуктів згоряння палива. При цьому горить паливо, відновлюється і насичується залізо вуглецем, відновлюються інші елементи, утворюється шлак.

1. Горение топлива:



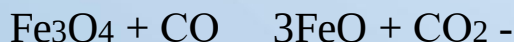
2. Восстановление железа:

а) косвенным восстановителем CO (50-60%);

б) прямым восстановителем C (40-50%);



достигается температура $\sim 600^\circ\text{C}$



достигается температура $\sim 900^\circ\text{C}$

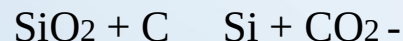
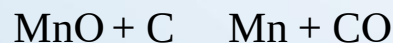
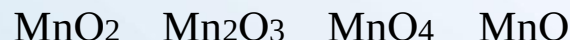


достигается температура $\sim 1000^\circ\text{C}$

3. Науглероживание железа:

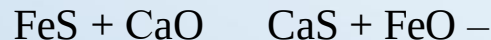


4. Восстановление полезных примесей – марганца и кремния:



Реакция идет с поглощением тепла.

5. Восстановление фосфора:



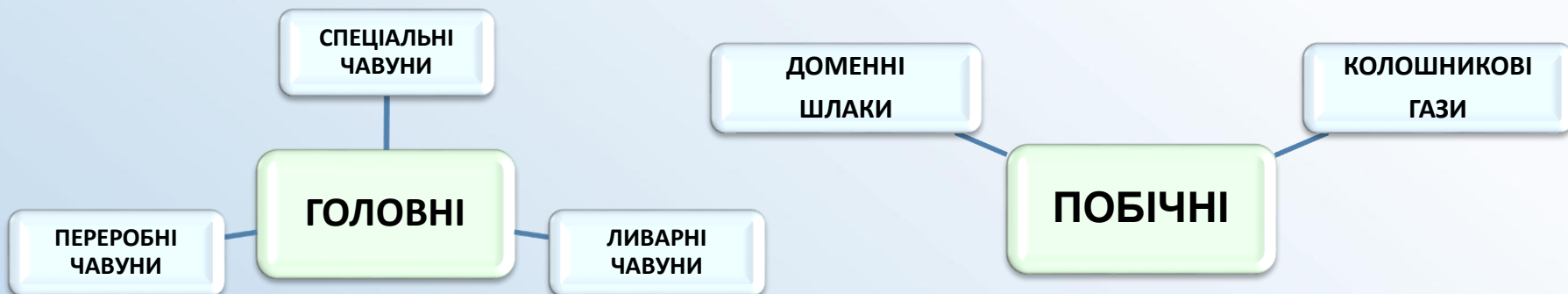
CaS удаляется в шлак.

6. Реакции шлакообразования:



ПРОДУКТИ ДОМЕННОГО ВИРОБНИЦТВА

Головними продуктами доменного виробництва є **чавуни** і **ферро-сплави**, побічними - **шлак** і **колошниковий газ**. Залежно від хімічного складу, будови і призначення виплавлені в доменній печі чавуни поділяють на переробні, ливарні і спеціальні.



1. Переробні чавуни - основний від чавуну, призначений для вироблення сталі. Звичайний його склад: 3-4% C; 0,3-1,3% Si; 0,8 -1,2% Mn; до 0,3% P і 0,07% S. Особливістю переробних чавунів є те, що вуглець в них знаходиться у вигляді сполуки Fe_3C - цементиту. Такі чавуни на зламі мають білий відтінок, тому їх ще називають білими.

2. Ливарні чавуни - призначені для одержання фасонного литва, відзначаються підвищеним вмістом кремнію до 3,6 %. Більша частина вуглецю в них знаходиться у вільному стані - у вигляді пластинчатого графіту, тому на зламі вони мають сірий відтінок. Такі чавуни називаються сірими.

3. Спеціальні чавуни, (феросплави) - це сплави заліза із значним вмістом Si, Mn, Cr, та інших елементів.

4. Шлак - використовують для виробництва шлаковати, шлакоблоків, цементу.

5. Гази (CO , CO_2 , H_2 , CH_4N_2) - утворюються в печі, підіймаються в гору і в зоні колошника відводяться трубами з печі. Ці газы, названі колошниковими і використовують як паливо для нагрівання повітрянагрівників.

На самостійну роботу ВИНОСИТСЯ:

- 1.Металургія кольорових металів
- 2.Виробництво алюмінія,міді
- 3.Особливості металургії
- 4.Її продукція



ЛЕКЦІЯ 3



ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

«Виробництво сталі»

План

1. Суть металургійного виробництва
2. Структура металургійного виробництва
3. Матеріали для виробництва металів
4. Способи добування металів із руд
5. Матеріали для виробництва чавуну
6. Підготовка руд до плавки
7. Будова і робота доменної печі
8. Продукти доменного виробництва



СУТЬ ТА ЕТАПИ ВИПЛАВКИ СТАЛІ

I ЕТАП

**РОЗПЛАВЛЕННЯ ШИХТИ
ТА НАГРІВАННЯ ВАННИ
РІДКОГО МЕТАЛУ**

II ЕТАП

**КИПІННЯ
МЕТАЛІЧНОЇ
ВАННИ**

III ЕТАП

**РОЗКИСЛЕННЯ
СТАЛІ**

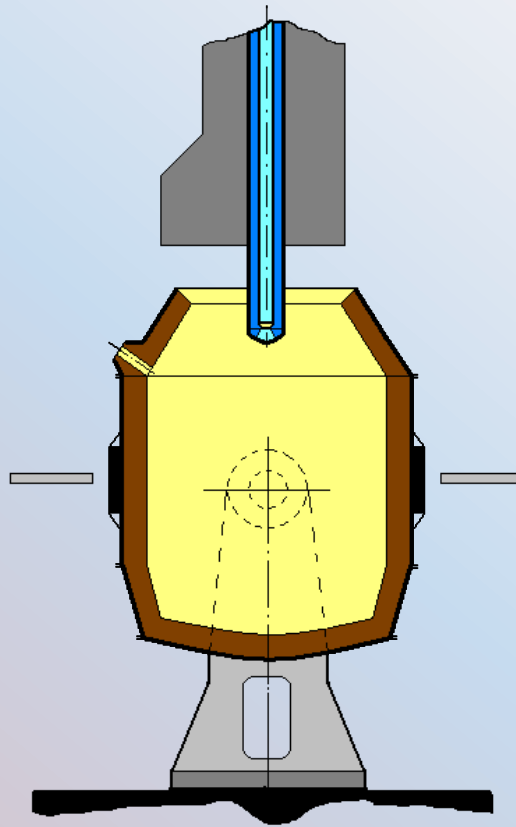
Суть металургійного переділу чавуна в сталь полягає в пониженні вмісту вуглецю і домішок шляхом їх вибіркового окислення і переведення в шлак та газу в процесі плавки.

Суть процесу: сталь відрізняється від чавуну меншим вмістом вуглецю, кремнію, магнію та домішок сірки і фосфору, тобто переробка чавуну на сталь полягає у зменшенні в ньому вмісту вуглецю та інших елементів і переведенні їх у шлак або газу в процесі плавки.

КИСНЕВИЙ КОНВЕРТЕР

Киснево - конверторний процес полягає у продувці рідкого чавуну киснем.

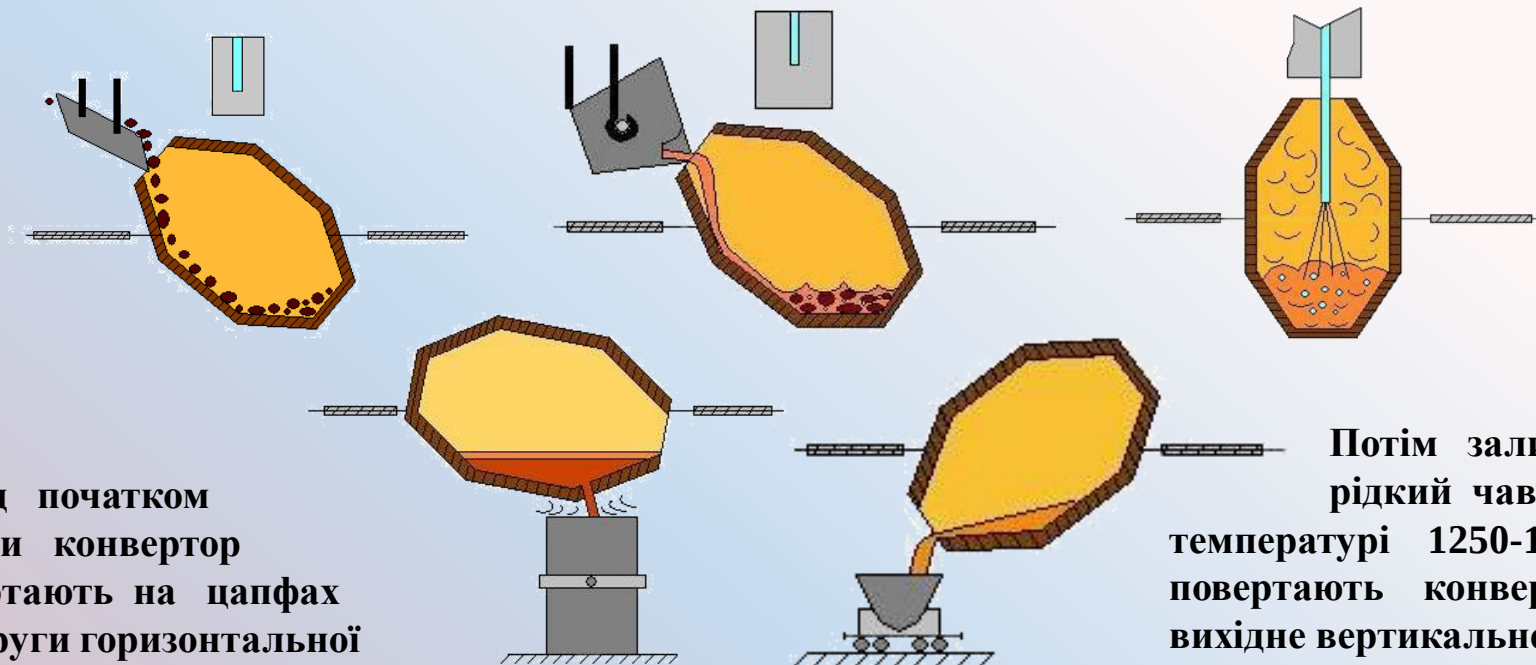
Кисневий конвертор (от англ. перетворювач, див. малюнок) - це посудина грушовидної форми зі сталюого листа, футерована з середини вогнетривкою цеглою. Робочій стан конвертора - вертикальний. Кисень в нього подається під тиском 1-1,5 МПа за, допомогою охолоджуваної водою фурми, яка вводиться у конвертор крізь горловину і розміщується над рівнем рідкого металу на відстані 0,7 - 3 м.



Матеріалами для одержання сталі у кисневому конверторі є рідкий переробний чавун і сталюий брухт. Для наведення шлаку у конвертор додають залізну руду до 10% та вапно; а для його розрідження боксит ($\text{Al}(\text{OH})_3$) і плавиковий шпат (CaF_2).

Завдяки великій продуктивності і малій металомісткості киснево - конверторний спосіб стає основним засобом виробництва сталі.

СХЕМА РОБОТИ КИСНЕВОГО КОНВЕРТЕРА



Перед початком роботи конвертор повертають на цапфах навкруги горизонтальної вісі і за допомогою завальної машини завантажують до 30% металобрухту.

Потім заливають рідкий чавун при температурі 1250-1400 °С, повертають конвертор у вихідне вертикальне положення, заводять кисневу фурму, подають кисень і додають шлакоутворювачі.

При продувці відбувається окислення вуглецю та інших домішок безпосередньо киснем дуття, а також оксидом заліза. Водночас утворюються активний шлак CaO , який сприяє виведенню сірки і фосфору з утворенням стійких сполук $3 \text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ і CaS у шлаку. Після 15-16 хв. продування фурму підіймають, похиляють конвертор, беруть пробу металу на аналіз і скочують більшу частину шлаку.

КИСНЕВИЙ КОНВЕРТОР

Конвертор

Кисень

Продуктивність киснево-
го конвертора об'ємом
300 т досягає 400-500 т
в год.

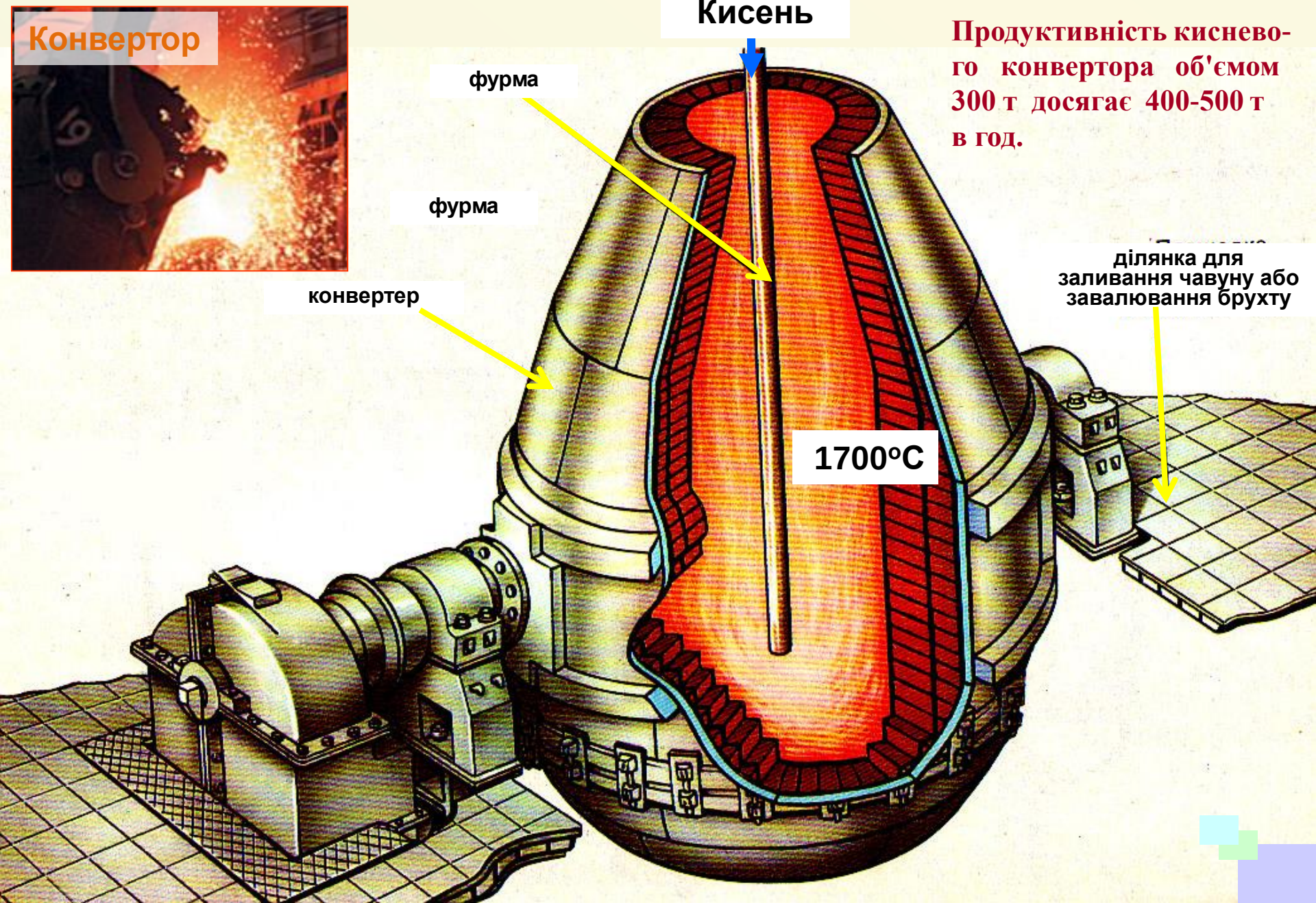
фурма

фурма

конвертер

1700°C

ділянка для
залиття чавуну або
завалювання брухту



МАРТЕНІВСЬКА ПЕЧ



Заливка чавуну у
мартенівську піч

Мартенівська
піч



Мартенівський спосіб з'явився в результаті необхідності переробки великої кількості металобрухту, масова переробка якого в конверторах неможлива. Ця проблема була вирішена шляхом створення полуменевої (мартенівської) печі. Понад 80 % всієї виплавленої сталі одержують мартенівським способом. Розповсюдженість способу пояснюється його універсальністю:

плавку можна вести як на твердій, так і на рідкій шихті з будь-якими співвідношеннями металобрухту і чавуну;

спосіб характеризується невисокими вимогами до якості сировини;

процес плавки добре регулюється;

вихід готової сталі високий;

Мартенівська піч

сталевипускний
отвір

отвір для
спуску шлаків

завантажувальні вікна

скле-
піння

під

газ

повітря
і кисень

робочий
майданчик

робочий
простір

шлаковик

насадка
регенераторів

борова (газоходи)

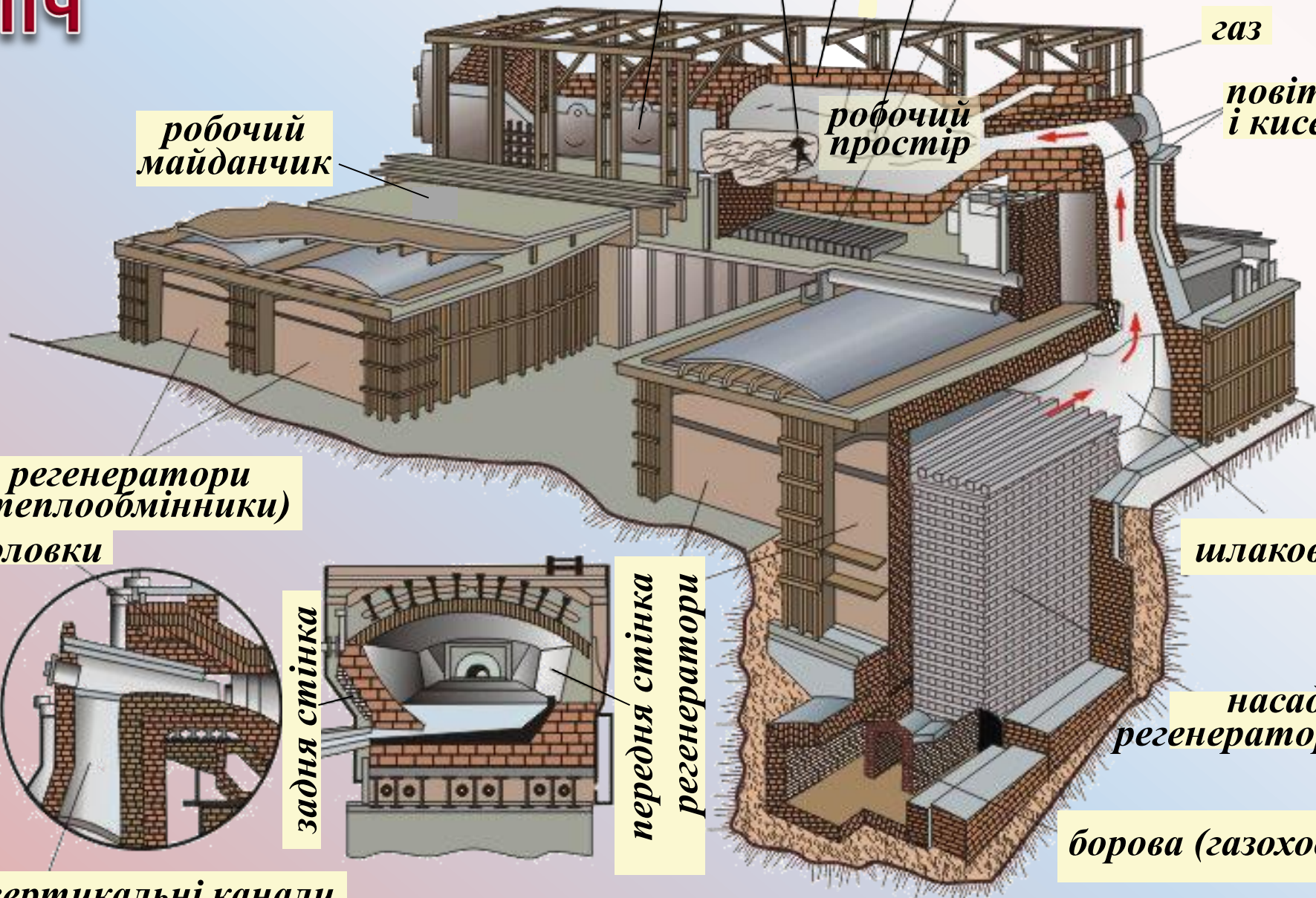
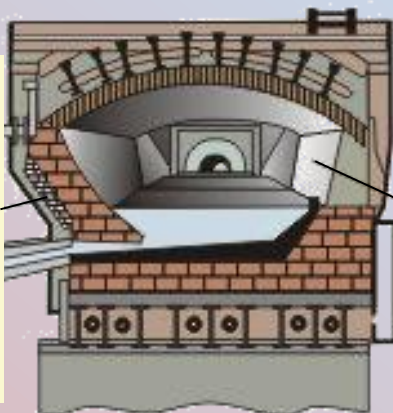
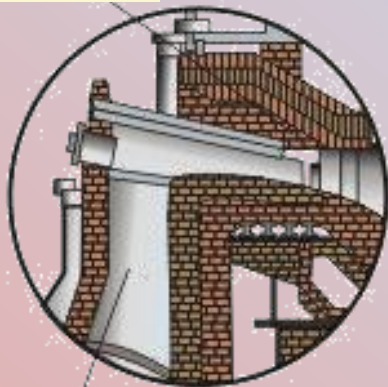
регенератори
(теплообмінники)

головки

задня стінка

передня стінка
регенераторів

вертикальні канали

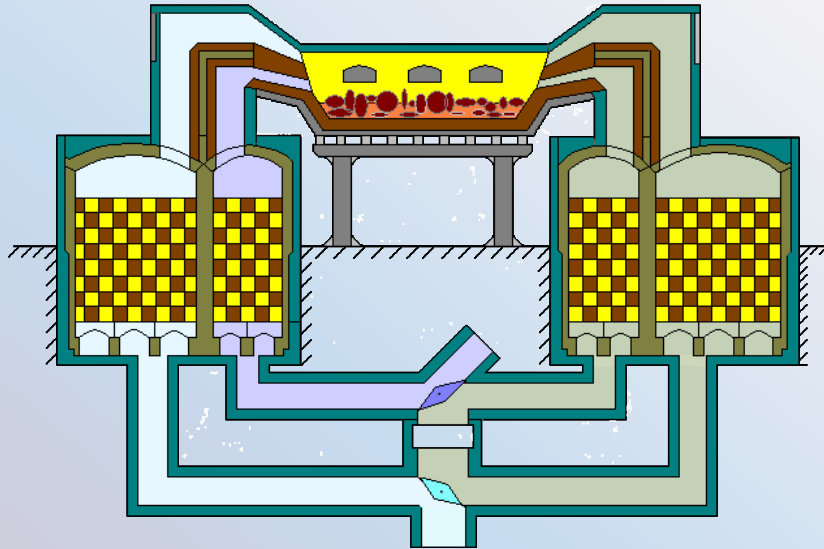


СХЕМИ РОБОТИ МАРТЕНІВСЬКОЇ ПЕЧІ

Матеріалами для виплавки сталі у мартенівській печі можуть бути металевий брухт (скрап), рідкий і твердий чавуни, залізна руда. Залежно від їхнього співвідношення розпізнають:

1. Скрап-рудний процес:

шихта складається із рідкого чавуну, 20-30% сталюого скрапу і залізної руди.



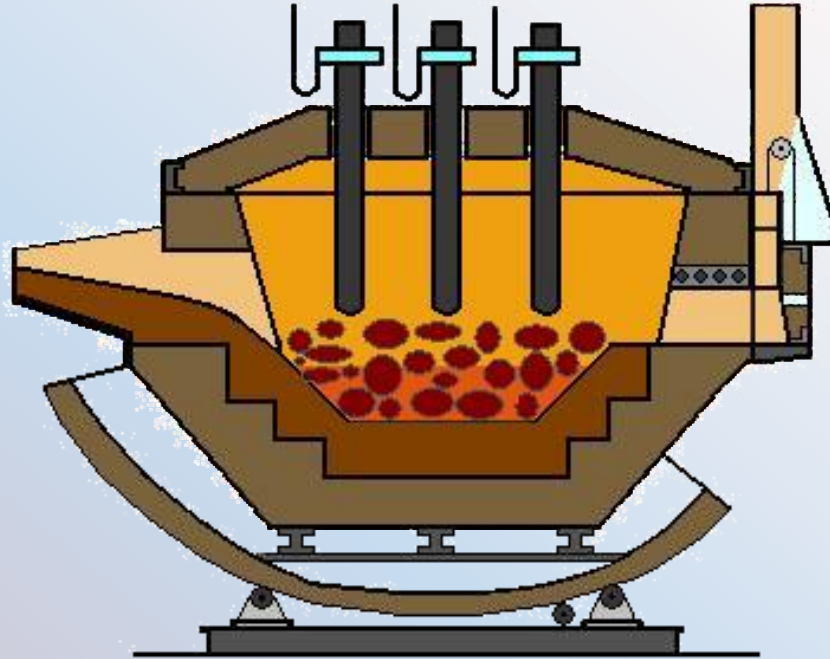
2. Скрап-процес:

на шихті з сталюого скрапу і 25 - 45% чушкoвого переробного чавуну.

Газ і повітря потрапляють у піч крізь нагріті до температури 1200 - 1250°C регенератори, нагріваються в них і попадають в плавильний простір печі. Тут газ і повітря змішуються і згоряють, створюючи полум'я високої температури. Продукти згоряння каналами надходять у регенератори, нагрівають їх, охолоджуючись до температури 500 - 600 °C, і виходять крізь трубу. В міру того, як охолоджуються регенератори, напрям газу і повітря в печі змінюють на зворотний за допомогою клапанів. Тоді газ і повітря поступають у плавильний простір каналами, проходячи нагріті регенератори, а продукти згоряння виходять по каналах, нагрівають насадки регенераторів виходять в трубу. Таким чином, газ і повітря при роботі печі проходять поперемінно крізь ліві і праві регенератори.

ЕЛЕКТРОДУГОВА СТАЛЕПЛАВИЛЬНА ПІЧ

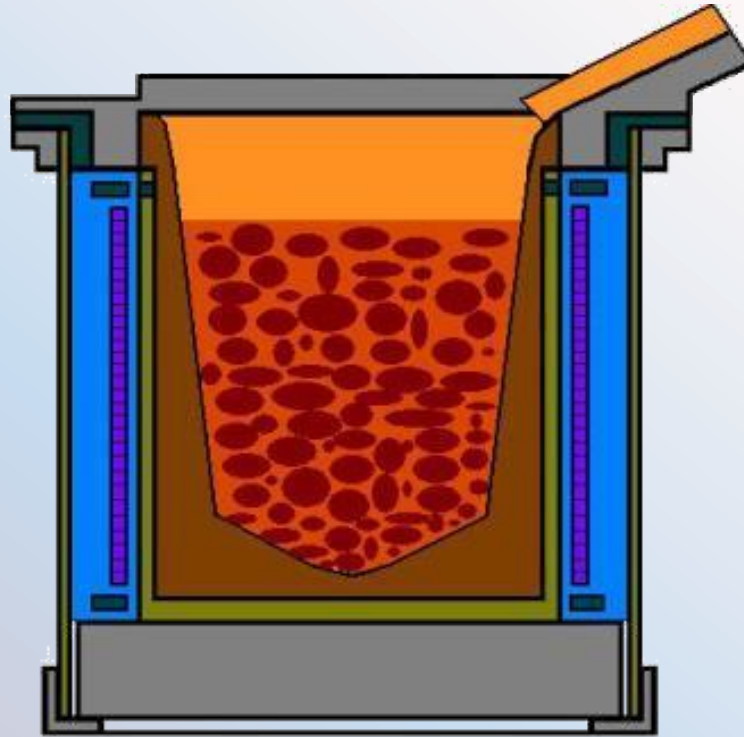
Сталь виплавляють
головним чином в ос-
новних електропечах
з окисленням і без
окис-лення домішок.



Плавка включає
2 періоди: окислю-
вальний і відновлю-
вальний.

Порівняно з іншими плавильними агрегатами електропечі мають ряд переваг: можливість швидкого нагрівання і підтримання необхідної температури в межах до 2000°C; можливість створення окислювальної, відновлювальної або нейтральної атмосфери, а також вакууму. Це дає змогу виплавляти в електричних печах сталі та інші сплави з мінімальною кількістю шкідливих домішок з оптимальним вмістом компонентів.

ЕЛЕКТРОІНДУКЦІЙНА СТАЛЕПЛАВИЛЬНА ПІЧ



Електроіндукційна піч складається з тигля с кришкою охолодженого водою індуктора вмонтованого в корпусі.

Печі бувають ємністю від 10 кг до 5 т. в окремих випадках, ємність їх сягає 25-30 т.

При проходженні по індуктору змінного струму частотою 500-2000 кГц утворюється магнітний потік, що наводить в металевій шихті потужні вихрові струми, які і нагрівають його до розплавлення. В індукційних печах плавку проводять методом переплаву відходів легованих сталей або чистого щодо сірки і фосфору вуглецевого скрапу і феросплавів. Після розплавлення шихти на поверхню металу подають шлак: в основних печах - вапно і плавиковий шпат, а в кислих - бій скла і інші матеріали, багаті кремнеземом SiO_2 . Шлак захищає метал від окислення, зменшує втрати тепла і вигар легуючих елементів.

РОЗЛИВКА СТАЛІ

*Розливка
сталі*



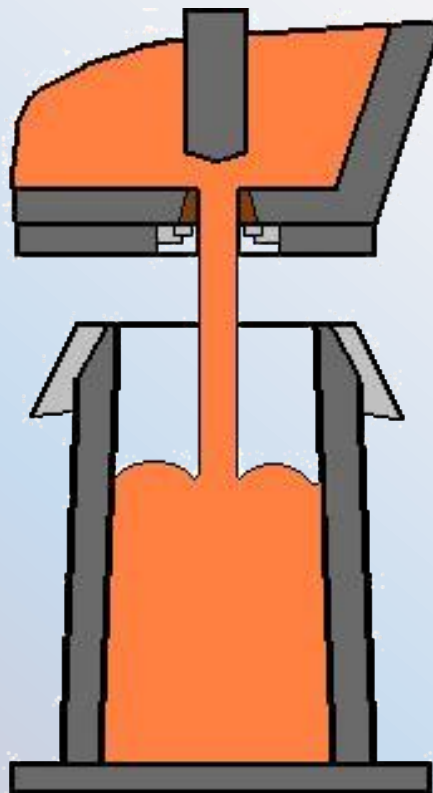
Ливарник



Електротермічний спосіб має перед мартенівським і особливо конверторним цілий ряд переваг. Цей спосіб дозволяє одержувати сталь дуже високої якості і точно регулювати її хімічний склад. Доступ повітря в електропіч незначний, тому значно менше утворюється монооксиду заліза FeO , що забруднює сталь і знижує її властивості. Температура в електропечі — не нижче $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$. Це дозволяє проводити плавку сталі на сильно основних шлаках (які важко плавляться), при яких повніше видаляється фосфор і сірка. Крім того, завдяки дуже високій температурі в електропечах можна легувати сталь тугоплавкими металами — молібденом і вольфрамом.

РОЗЛИВАННЯ СТАЛІ ЗВЕРХУ

Виплавлену у плавильній печі сталь виливають у розливний ківш і мостовим краном переносять до місця розливання в зливки. Ємність ковша 50-480 тон.

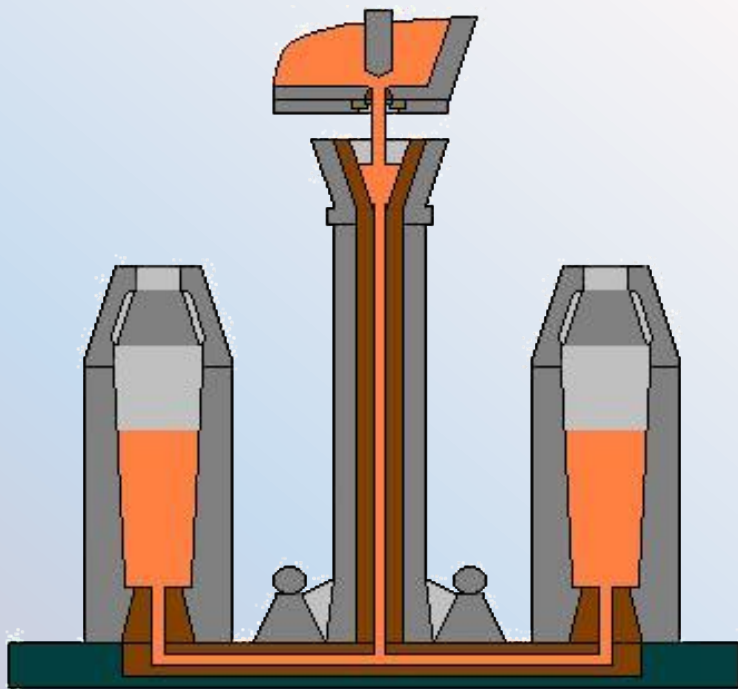


Сталь розливають у виливниці або в кристалізатори установок для безперервного розливання. Виливниці – це чавунні форми для одержання великих зливків різного перерізу.

При розливанні зверху сталь заливають із ковша окремо в кожну виливницю. При такому розливанні поверхня зливків забруднюється плівками оксидів (внаслідок попадання бризок рідкого металу на стінки виливниці). Розливання зверху застосовують для вуглецевих сталей.

СИФОННЕ РОЗЛИВАННЯ СТАЛІ

При сифонному розливанні сталю заливають одночасно від 2 до 50 встановлених на піддон виливниць.



Розливку зверху зазвичай застосовують для вуглецевих, а розливку сифоном – для легованих сталей.

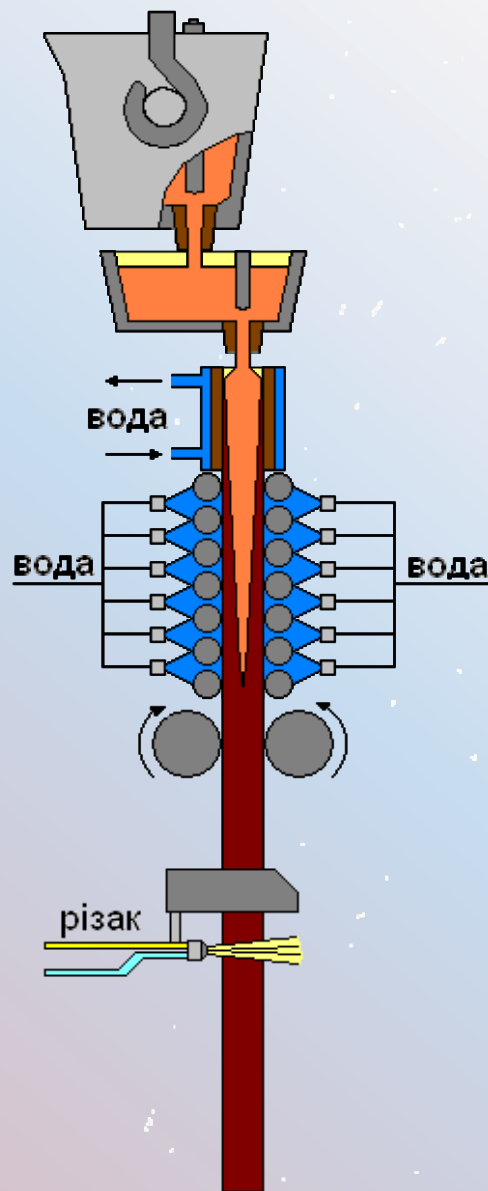
Сталь через центральний ливник і канали на піддоні попадає у виливниці. Сталь при цьому знаходиться у виливниці знизу що забезпечує плавне її заповнення. Сталь у надставці зберігається у рідкому стані, завдяки чому зменшуються об'єм раковини і відходи зливка.

БЕЗПЕРЕРВНЕ РОЗЛИВАННЯ СТАЛІ

Безперервне розливання сталі виконується на спеціальних машинах безперервного лиття заготовок.

Сталь з ковша надходить у виливницю – кристалізатор, який охолоджується водою.

До початку розливання у кристалізатор заводять штучне дно (затравку).

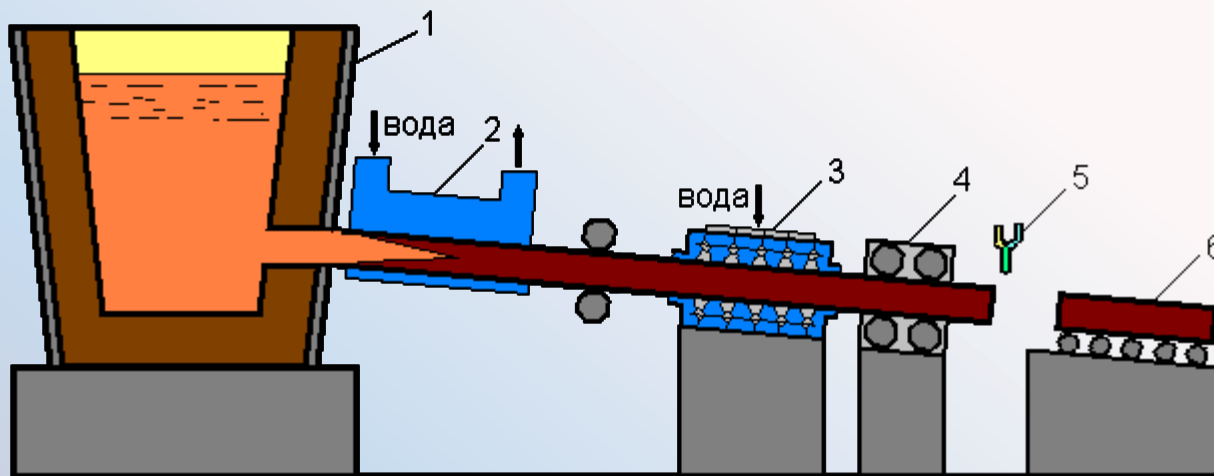


Рідкий метал при зіткненні з холодною затравкою і стінками кристалізатора затвердіває, а затравка разом із затверднлим на ній металом повільно витягується із кристалізатора і тягне за собою утворювану таким чином заготовку (злиток).

У цей час заготовка всередині може бути ще рідкою, тому її інтенсивно охолоджують струменями води.

Схема МБЛЗ горизонтального типу

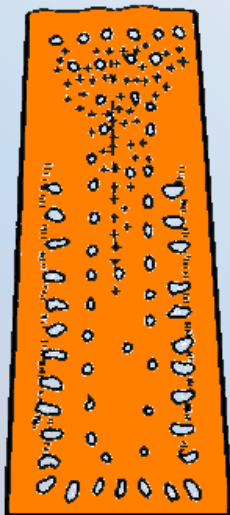
- 1 – футерований
металоприймач
- 2 – кристалізатор
- 3 – зона вторинного
охолодження
- 4 – тяговий механізм
- 5 – різак
- 6 – заготовка



Поверхня таких зливків відзначається високою якістю, а метал - однорідною будовою. Далі заготовку ріжуть газокисневим різакон на куски необхідної довжини 3-8 метрів. Є машини радіальні, криволінійні, горизонтальні.

БУДОВА СТАЛЬНИХ ЗЛИВКІВ

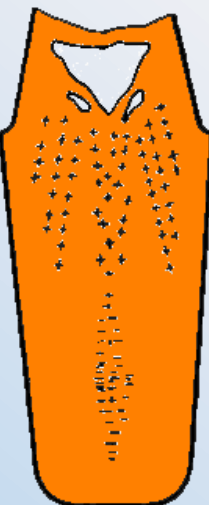
КИПЛЯЧА



Киплячою називають сталь, що неповністю розкислена в печі. Її розкислення продовжується у виливницях за рахунок взаємодії оксиду заліза з вуглецем:



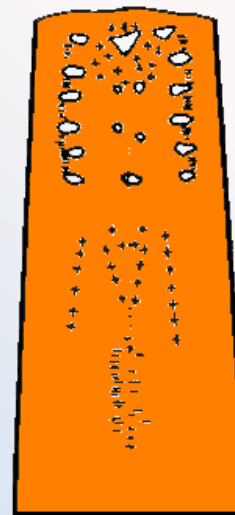
Пузири зникають при гарячій прокатці. Кипляча сталь не містить неметалевих домішок, має велику пластичність



СПОКІЙНА

Спокійну сталь добувають при повному розкисленні металу у ковші. Сталь має підвищену міцність але пластичність її менша ніж у киплячої. Ця сталь дорога, але механічні властивості її кращі ніж у киплячої.

НАПІВСПОКІЙНА

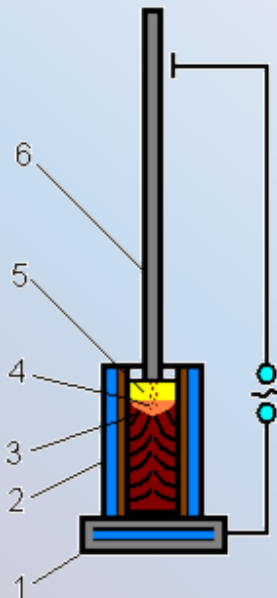


Напівспокійну сталь добувають при розкислюванні феромарганцем і недостатній кількості феросиліцію або алюмінію. В цьому випадку зливка немає концентрованої усадочної раковини. В нижній частині зливка він має будову спокійної сталі, а в верхній – киплячої.

СХЕМИ РАФІНУВАЛЬНИХ ПЕРЕПЛАВІВ

ЕЛЕКТРОШЛАКОВИЙ

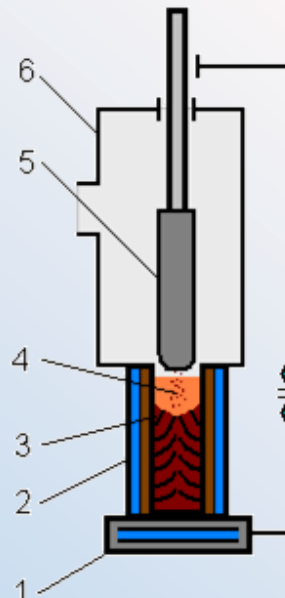
- 1 – охолоджуваний водою піддон
- 2 – кристалізатор
- 3 – зливоч
- 4 – металічна ванна
- 5 – шлакова ванна
- 6 – заготовка



Розглянемо *електрошлакову переплавку (ЕШП)*. Сталь для переплавки надходить у установку у вигляді електродів. Розплавлений шлак має великий електростір, тому при проходженні електричного струму у ньому генерується теплота, достатня для розплавлення електродів. Краплі металу проходять крізь шар шлаку, збираються у вані затвердівають в охолоджуваній воді виливниці і утворюють зливоч.

ВАКУУМНО-ДУГОВИЙ

- 1 – охолоджуваний водою піддон
- 2 – кристалізатор
- 3 – зливоч
- 4 – металічна ванна
- 5 – заготовка
- 6 – вакуумна камера

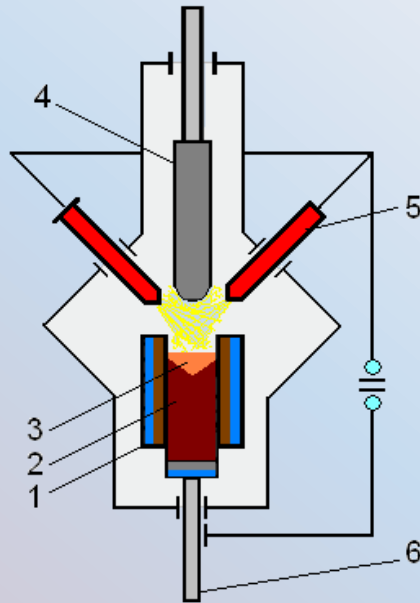


Вакуумно-дугову переплавку проводять в вакуумно - дугових печах. Електродом є сталь, що переплавляється. У корпусі печі вакуум приблизно 1,5 Па. Дуга виникає між електродом (катодом) і затравкою - анодом. Краплі рідкого металу проходять зону дугового розряду і дегазуються. При цьому утворюється цільна структура без раковин.

СХЕМИ РАФІНУВАЛЬНИХ ПЕРЕПЛАВІВ

ПЛАЗМОВОДУГОВИЙ

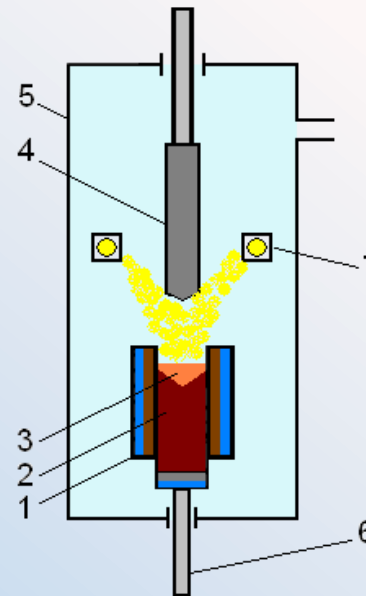
- 1 – кристалізатор
- 2 – зливоч
- 3 – металічна ванна
- 4 – заготовка
- 5 – плазмотрон
- 6 – піддон



Плазмодугову переплавку застосовують для добування сталі і сплавів особливо високої чистоти. Джерелом теплоти в установці є плазмова дуга с температурою 10000-15000 °С.

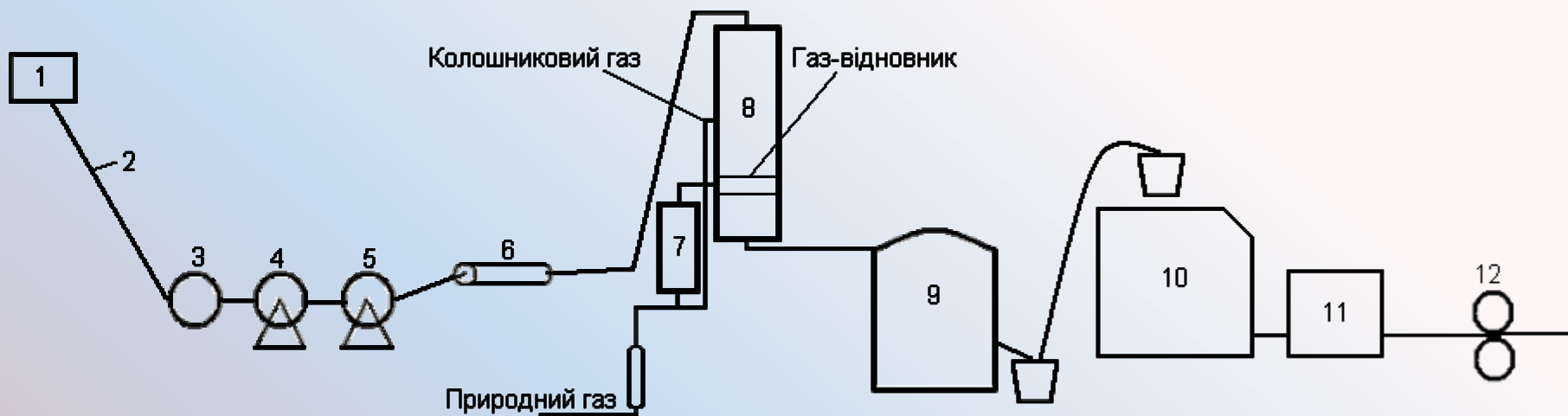
ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВИЙ

- 1 – кристалізатор
- 2 – зливоч
- 3 – металічна ванна
- 4 – заготовка
- 5 – вакуумна камера
- 6 – піддон
- 7 – електронна гармата



Електронно-променева обробка (ЕПО) діє на принципі видалення речовини під дією сфокусованого пучка електронів – випаровування, або сублімація речовини з точки дотику електронного променя (локальний нагрів за рахунок перетворення кінетичної енергії в теплову).

СХЕМА ПРОЦЕСУ БЕЗДОМЕННОГО ВИРОБНИЦТВА СТАЛІ



- 1 – збагачувальні комбінати
- 2 – трубопроводи для транспортування пульпи
- 3 – дискові вакуум-фільтри
- 4 – барабанний змішувач
- 5 – установка для грануляції концентрату
- 6 – обпалювальна піч

- 7 – реформер
- 8 – шахтна піч прямого відновлення заліза
- 9 – електроплавильна піч
- 10 – машина безперервного розливання сталі
- 11 – нагрівальна піч
- 12 – прокатні стани

Сировиною для одержання заліза є концентрат з 70% Fe, який подається трубопроводом довжиною 27 км із Лебединського збагачувального комбінату у вигляді пульпи (суміш з водою). Після відстою пульпи, осад концентрату зневоднюється за допомогою дискових вакуум-фільтрів, змішується із зв'язкою (бетонітом) і піддається гранулюванню в установці (одержують окатиші). Окатиші обпалюють у печі і подають конвеєром у шахтну піч прямого відновлення заліза. З низу в піч подається газ відновник з температурою 1000°C під тиском 0,15 Па, який утворюється у реформері при взаємодії природного і колошникового газів за наступною хімічною реакцією:



У результаті відновлення вміст заліза в окатишах підвищується до 90-95%. Далі окатиші поступають в електропіч ємністю 150 тон, плавляться, метал очищується від домішок, до нього додають необхідні концентрати і дістають леговану сталь, яка розливається на МБЛЗ.

НА САМОСТІЙНУ РОБОТУ ВІНОСИТЬСЯ:

1. Легування сталей
2. Кислий мартеновський процес



ЛЕКЦІЯ 5



ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

«Ливарне виробництво»

План лекції

- 1. Суть ливарного виробництва**
- 2. Загальна характеристика**
- 3. Елементи ливарної форми для трійника**
- 4. Фізичні основи виробництва виливок**
- 5. Ливарні властивості сплавів**
- 6. Тріщини у виливках**
- 7. Жолоблення**
- 8. Газові раковини й пористість у виливках**



ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

СУТЬ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

Ливарне виробництво – галузь машинобудування, що займається виготовленням фасонних заготовок або деталей шляхом заливання розплавленого металу в спеціальну форму, порожнину яка має конфігурацію заготовки (деталі).

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

При охолодженні залитий метал твердне й у твердому стані зберігає конфігурацію тієї порожнини, у яку він був залитий. Кінцеву продукцію називають виливком. У процесі кристалізації розплавленого металу й наступного охолодження формуються механічні й експлуатаційні властивості виливків.

Литтям одержують різноманітні конструкції виливків масою від декількох грамів до 300 т, довжиною від декількох сантиметрів до 20 м, зі стінками товщиною 0,5-500 мм (блоки циліндрів, поршні, колінчаті вали, корпуси й кришки редукторів, зубчасті колеса, станини верстатів, станини прокатних станів, турбінні лопатки й т.д.).

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

Виливки виготовляють такими способами:

- литтям у піщані форми,
- литтям в оболонкові форми,
- литтям по виплавлених моделях,
- литтям у кокіль,
- литтям під тиском,
- відцентровим литтям й ін.

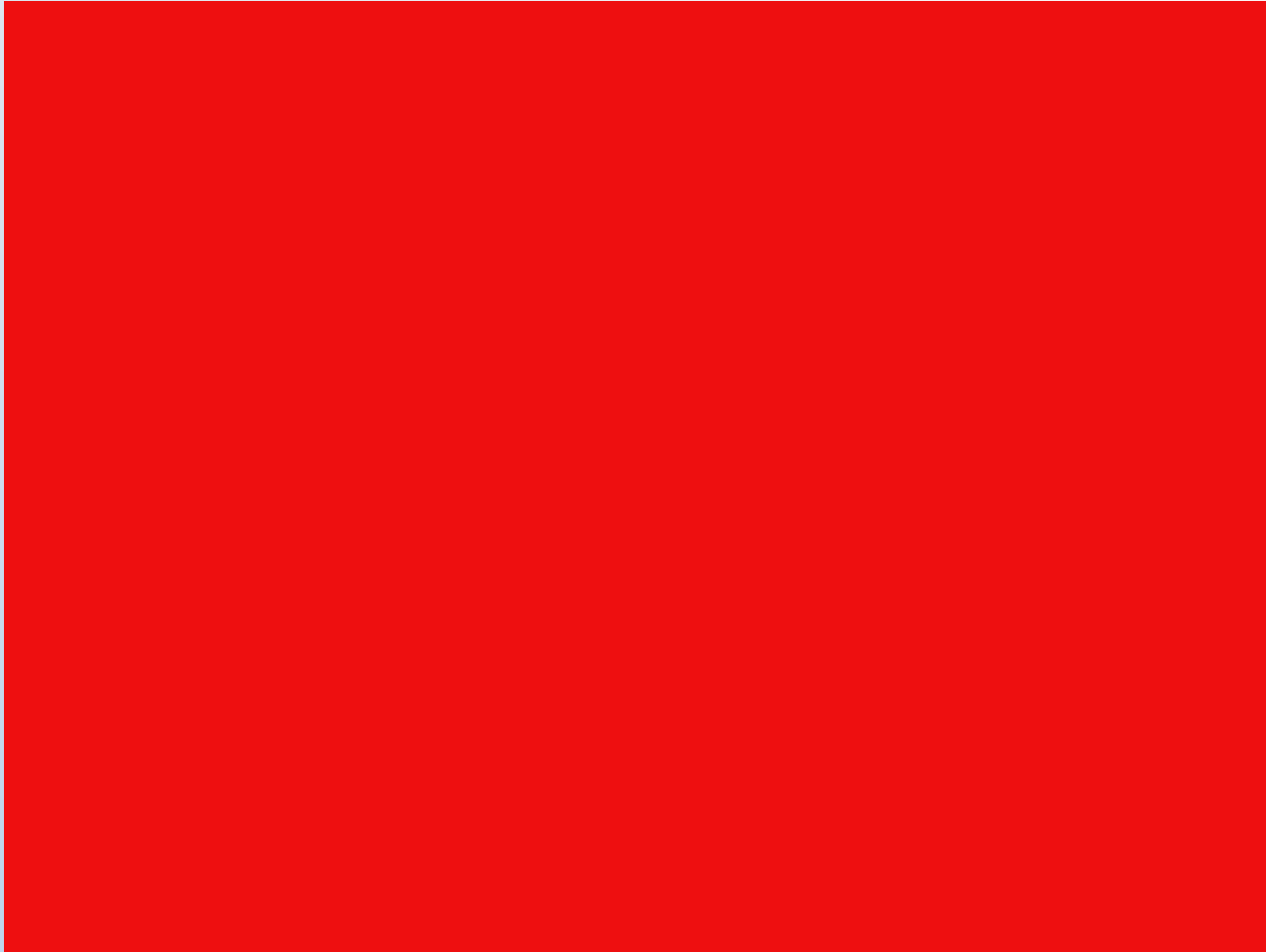
Область застосування того або іншого способу лиття визначається обсягом виробництва, вимогами до геометричної точності й шорсткості поверхні виливків, економічною доцільністю й іншими факторами.

ЛИВАРНА ФОРМА І ЇЇ ЕЛЕМЕНТИ

Ливарна опока — пристосування для втримування формувальної суміші при виготовленні форми. Верхню й нижню напівформи взаємно орієнтують за допомогою циліндричних металевих штирів, що вставляють в отвори припливів в опок.

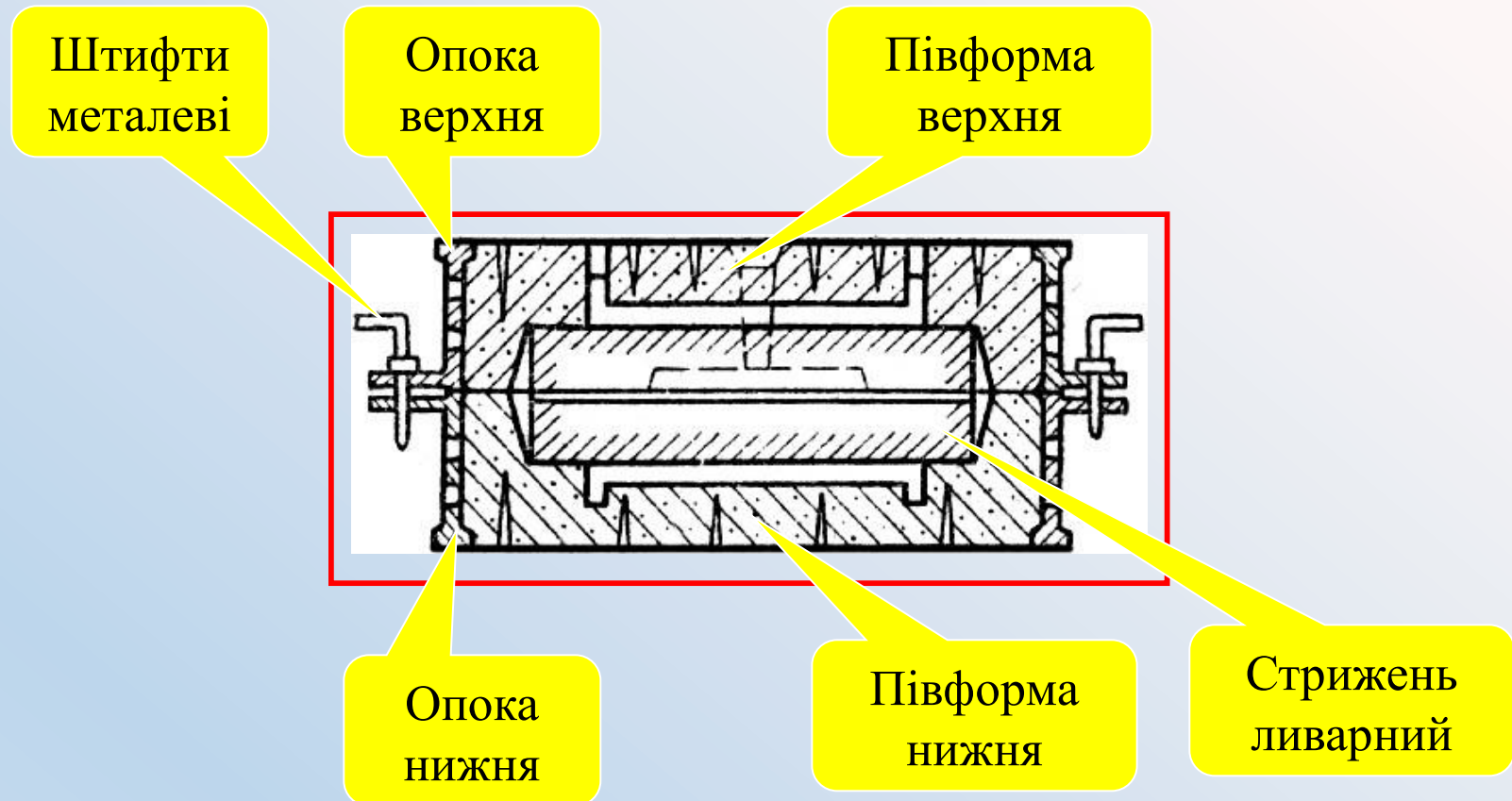
Ливарна форма — це система елементів, що утворюють робочу порожнину, при заливанні якої розплавленим металом формується виливок.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА



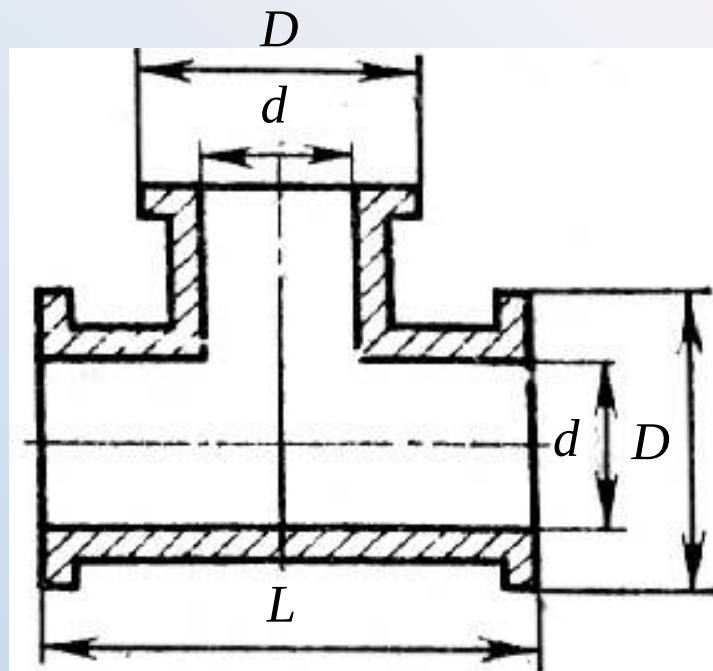
ЕЛЕМЕНТИ ЛИВАРНОЇ ФОРМИ ДЛЯ ТРІЙНИКА

Схема зібраної ливарної форми для трійника



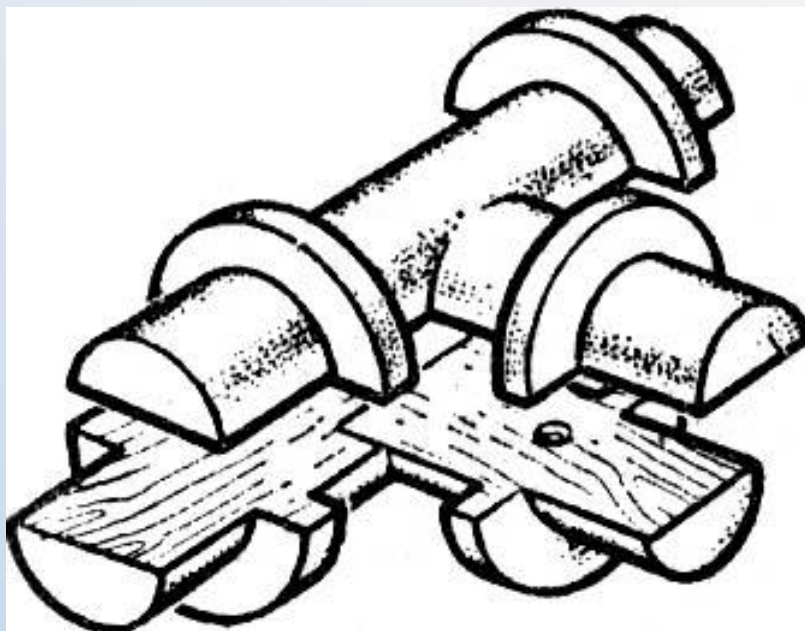
ЕЛЕМЕНТИ ЛИВАРНОЇ ФОРМИ ДЛЯ ТРІЙНИКА

Схема трійника (деталь)



ЕЛЕМЕНТИ ЛИВАРНОЇ ФОРМИ ДЛЯ ТРІЙНИКА

Схема ливарної моделі для виготовлення форми



ЕЛЕМЕНТИ ЛИВАРНОЇ ФОРМИ ДЛЯ ТРІЙНИКА

Схема ливарного стрижня

Стрижні використовують для одержання порожнин, отворів чи інших складних контурів

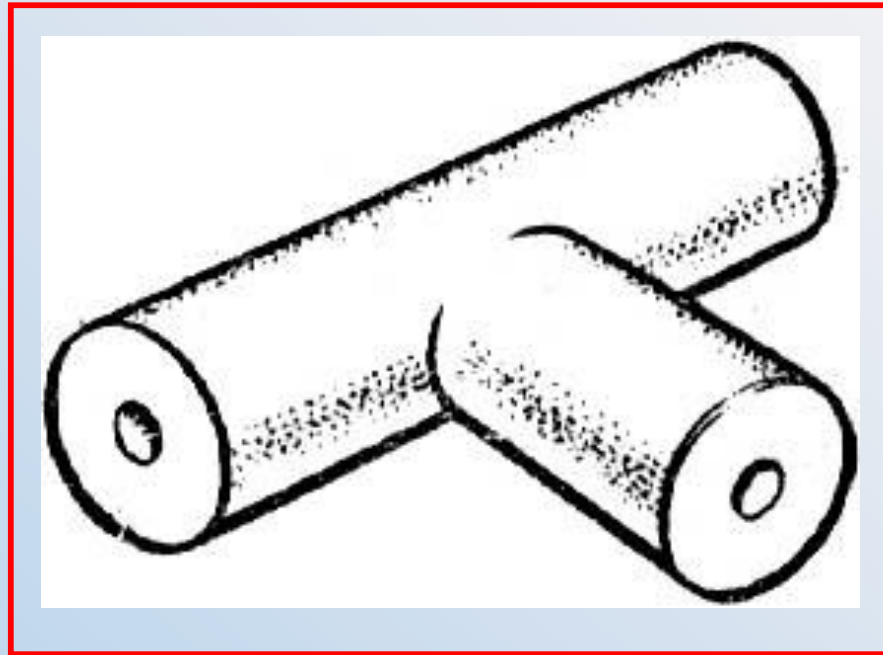
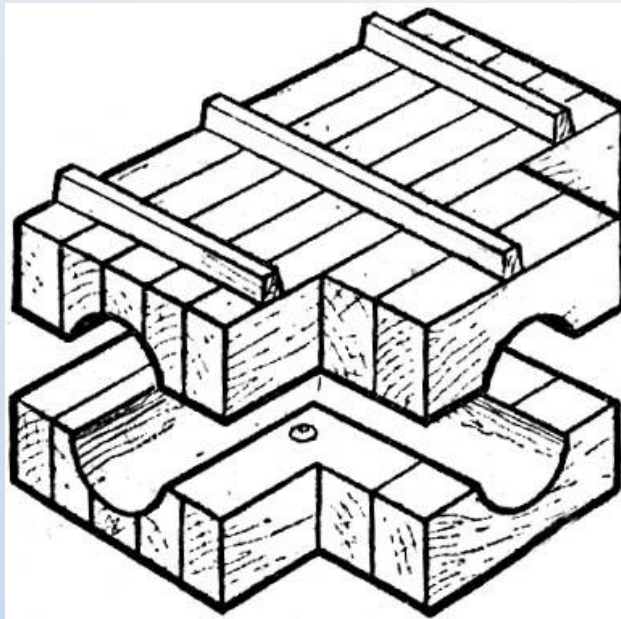


Схема стрижневого ящика

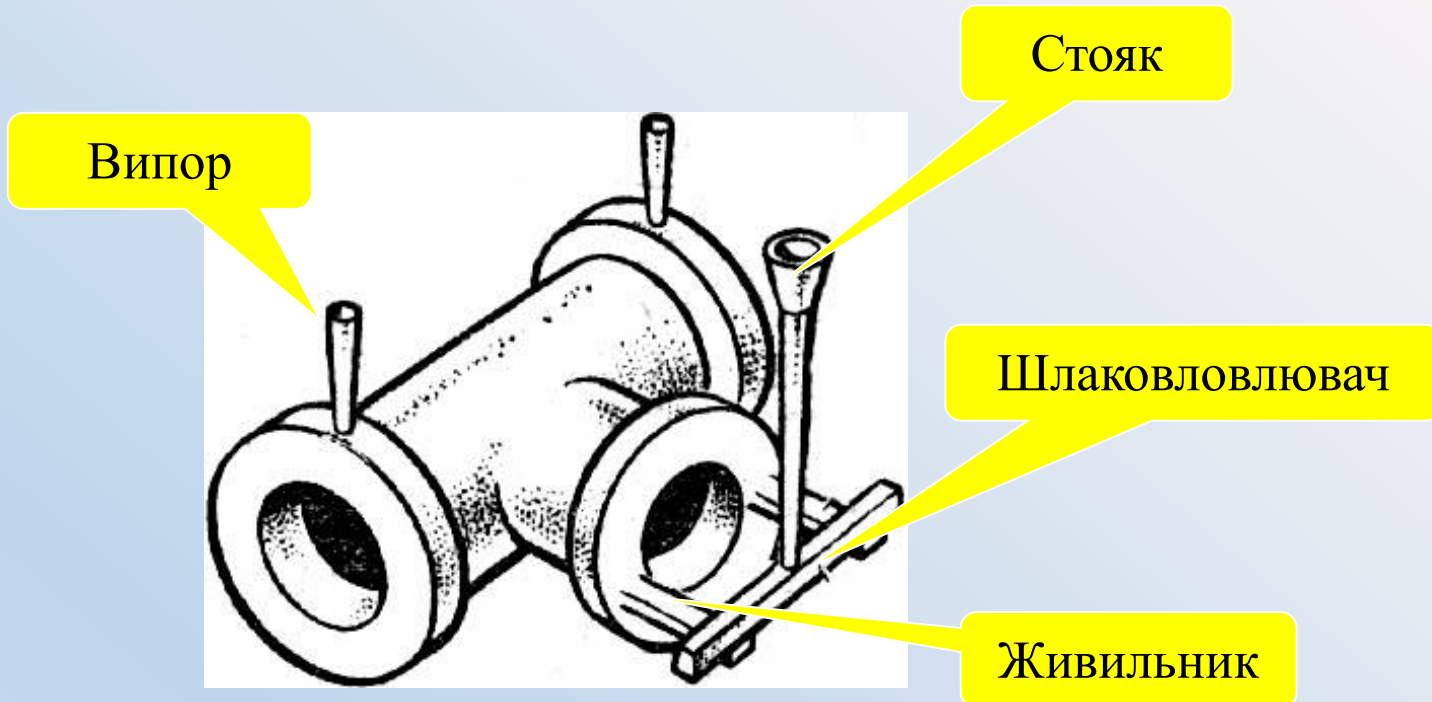
Стрижневі ящики використовують для одержання ливарних стрижнів



ЕЛЕМЕНТИ ЛИВАРНОЇ ФОРМИ ДЛЯ ТРІЙНИКА

Ескіз виливка

Для підведення розплавленого металу в порожнину ливарної форми використовують ливникову систему, елементи якої наведені на ескізі. Після заливання розплавленого металу, його затвердіння й охолодження форму руйнують, витягаючи виливок.



ФІЗИЧНІ ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА ВИЛИВОК

КЛАСИФІКАЦІЯ ЛИВАРНИХ СПЛАВІВ

Для виробництва виливків використовують сплави чорних металів:

- ✓ сірі, високоміцні, ковкі й інші види чавунів;
- ✓ вуглецеві й леговані сталі;
- ✓ сплави кольорових металів:
 - мідні (бронзи й латуні),
 - цинкові,
 - алюмінієві й магнієві сплави;
- ✓ сплави тугоплавких металів:
 - титанові, молібденові, вольфрамові й ін.

ЛИВАРНІ ВЛАСТИВОСТІ СПЛАВІВ

До ливарних властивостей сплавів відносять: рідкотекучість, усадку, схильність до ліквації й до вбирання газів, схильність до утворення тріщин.

Рідкотекучістю називається здатність розтопленого металу добре наповнювати порожнину ливарної форми, тобто точне відтворення майбутньою відливкою конфігурації порожнини. Вона залежить від температури й хімічного складу сплаву вилівка. Зі зростанням температури рідкотекучість підвищується.

Фосфор, кремній і вуглець покращують рідкотекучість сталі, а сірка й неметалеві включення погіршують її.

Мінімальну товщину стінок вилівка вибирають залежно від рідкотекучості того чи іншого сплаву

Усадка — властивість ливарних сплавів зменшувати обсяг при затвердінні й охолодженні. Усадочні процеси у виливках протікають з моменту заливання розплавленого металу в ливарну форму аж до повного охолодження виливка. **Розрізняють лінійну й об'ємну усадку.**

Лінійна усадка - зменшення лінійних розмірів виливка при його охолодженні від температури, при якій утвориться міцна скоринка, здатна протистояти тиску розплавленого металу, до температури навколишнього середовища. Лінійну усадку визначають співвідношенням:

$$\varepsilon_{\text{лін}} = (l_{\phi} - l_{\epsilon}) \cdot \frac{100}{l_{\epsilon}}, \%$$

де l_{ϕ} й l_{ϵ} — розміри порожнини форми й виливки при температурі 20 °С.

На лінійну усадку впливають:

- ✓ хімічний склад сплаву,
- ✓ температура його заливання,
- ✓ швидкість охолодження сплаву у формі,
- ✓ конструкція виливка й ливарної форми.

Усадка сірого чавуну зменшується зі збільшенням змісту вуглецю й кремнію.

Усадку алюмінієвих сплавів зменшує підвищений вміст кремнію.

До зростання усадки виливка призводить збільшення швидкості відводу теплоти від залитого у форму сплаву.

При охолодженні виливка відбувається механічне й термічне гальмування усадки.

Механічне гальмування виникає внаслідок тертя між виливком і формою.

Термічне гальмування обумовлене різними швидкостями охолодження окремих частин виливка.

Складні по конфігурації виливки піддаються спільному впливу механічного й термічного гальмування.

Для сірого чавуну лінійна усадка становить 0,9-1,3 %, для вуглецевих сталей 2-2,4 %, для алюмінієвих сплавів 0,9-1,5 %, для мідних 1,4-2,3 %.

Об'ємна усадка - зменшення сплаву при його охолодженні в ливарній формі при формуванні виливка.

$$\varepsilon_{об} = (V_{\phi} - V_{\epsilon}) \cdot \frac{100}{V_{\epsilon}}, \%$$

— об'єм порожнини форми й об'єм виливка при температурі 20 °С.

де V_{ϕ} й V_{ϵ}

Об'ємна усадка приблизно дорівнює потроєній лінійній усадці:

$$\varepsilon_{об} = 3 \cdot \varepsilon_{лін}$$

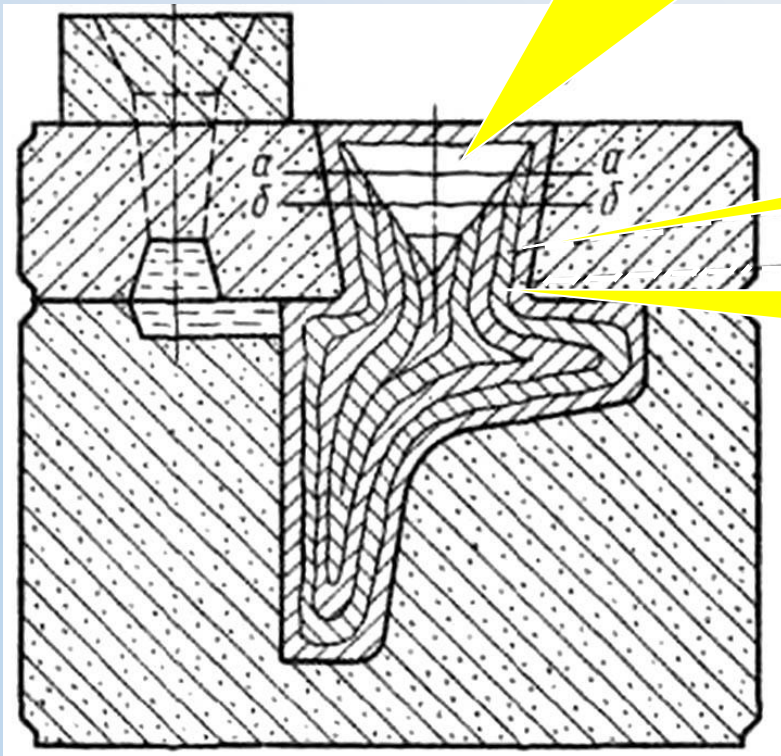
Усадка у виливках спостерігається у вигляді усадочних раковин, пористості, тріщин або жолоблень.

Усадочні раковини — порівняно великі порожнини, розташовані в місцях вилівка, що тверднуть останніми.

Зосереджена усадочна раковина

Кірка (зона дрібних рівновісних кристалів)

Утворення нових твердих шарів металу



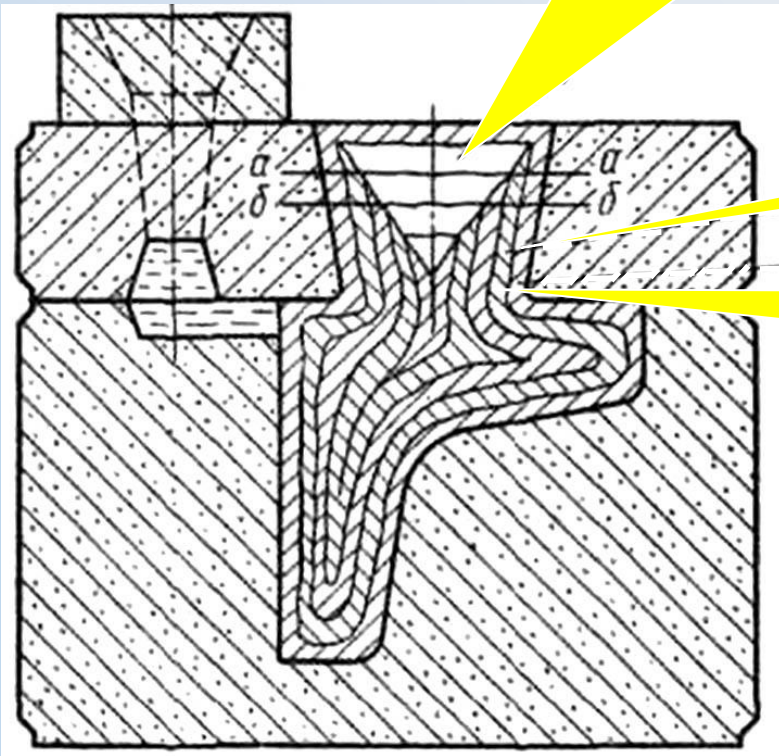
Зосереджені усадочні раковини утворюються при виготовленні виливків із чистих металів, сплавів евтектичного складу (сплав АЛ2) і сплавів з вузьким інтервалом кристалізації (низьковуглецеві сталі, безолов'яністі бронзи й ін.).

Усадочні раковини — порівняно великі порожнини, розташовані в місцях виливка, що тверднуть останніми.

Зосереджена усадочна раковина

Кірка (зона дрібних рівновісних кристалів)

Утворення нових твердих шарів металу



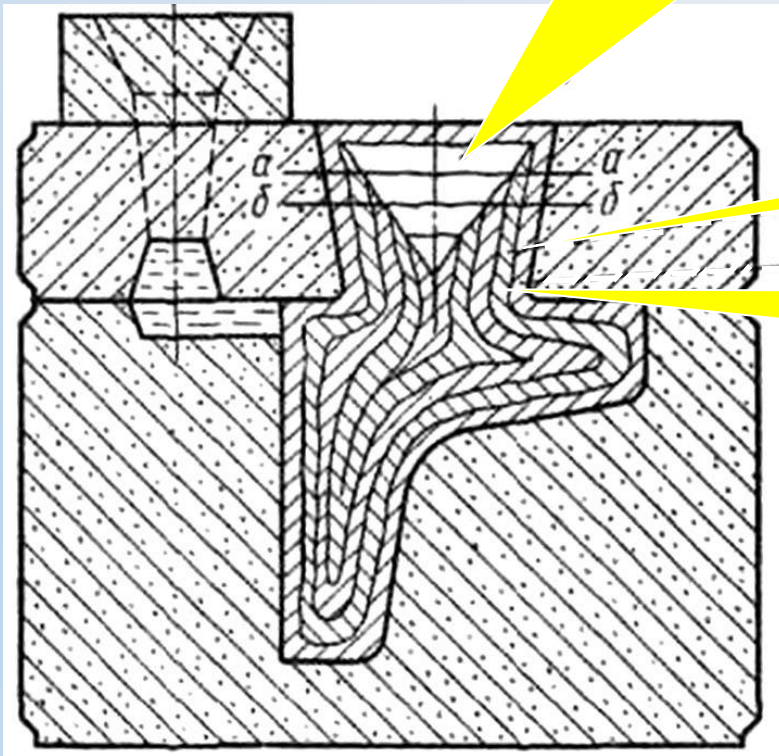
Так триває доти, поки не закінчиться процес затвердіння. Зниження рівня розплаву при затвердінні приводить до утворення зосередженої усадочної раковини.

Усадочні раковини — порівняно великі порожнини, розташовані в місцях вилівка, що тверднуть останніми.

Зосереджена усадочна раковина

Кірка (зона дрібних рівновісних кристалів)

Утворення нових твердих шарів металу



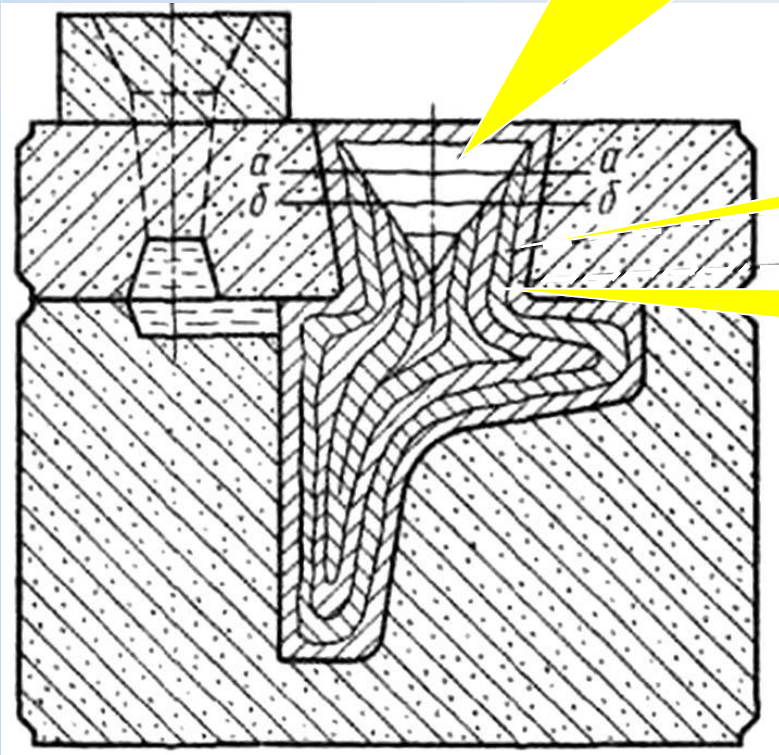
У наступний момент часу на поверхневому шарі наростає новий твердий шар, а рівень рідини знову знижується до рівня б-б.

Усадочні раковини — порівняно великі порожнини, розташовані в місцях вилівка, що тверднуть останніми.

Зосереджена усадочна раковина

Кірка (зона дрібних рівновісних кристалів)

Утворення нових твердих шарів металу



Внаслідок того що усадка розплаву при переході з рідкого стану у твердий перевищує усадку поверхневого шару, рівень металу в рідкій частині виливка знижується до рівня *a-a*.

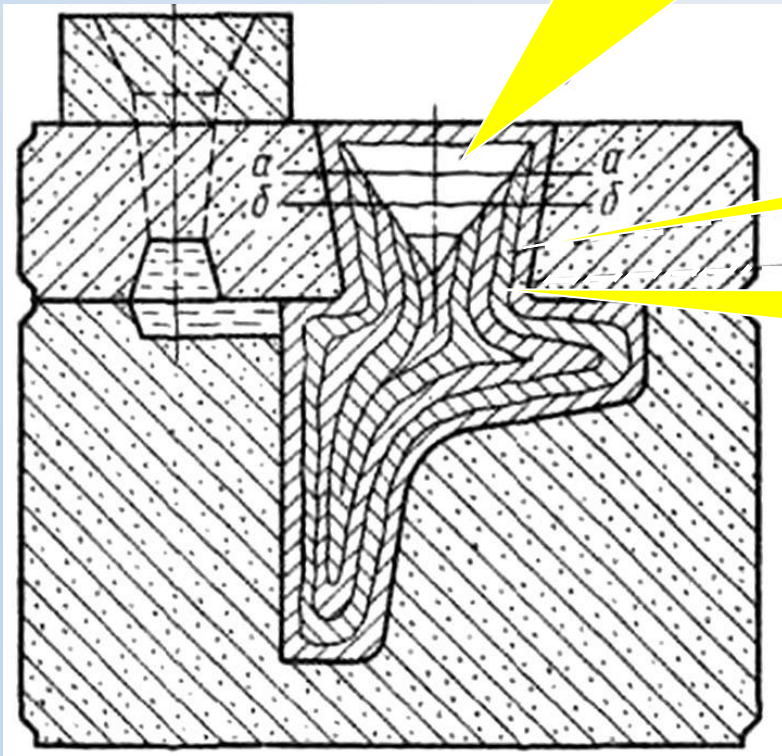
Усадочні раковини — порівняно великі порожнини, розташовані в місцях вилівка, що тверднуть останніми.

Зосереджена усадочна раковина

Кірка (зона дрібних рівновісних кристалів)

Утворення нових твердих шарів металу

Спочатку біля стінок ливарної форми утвориться поверхневий шар твердого металу.

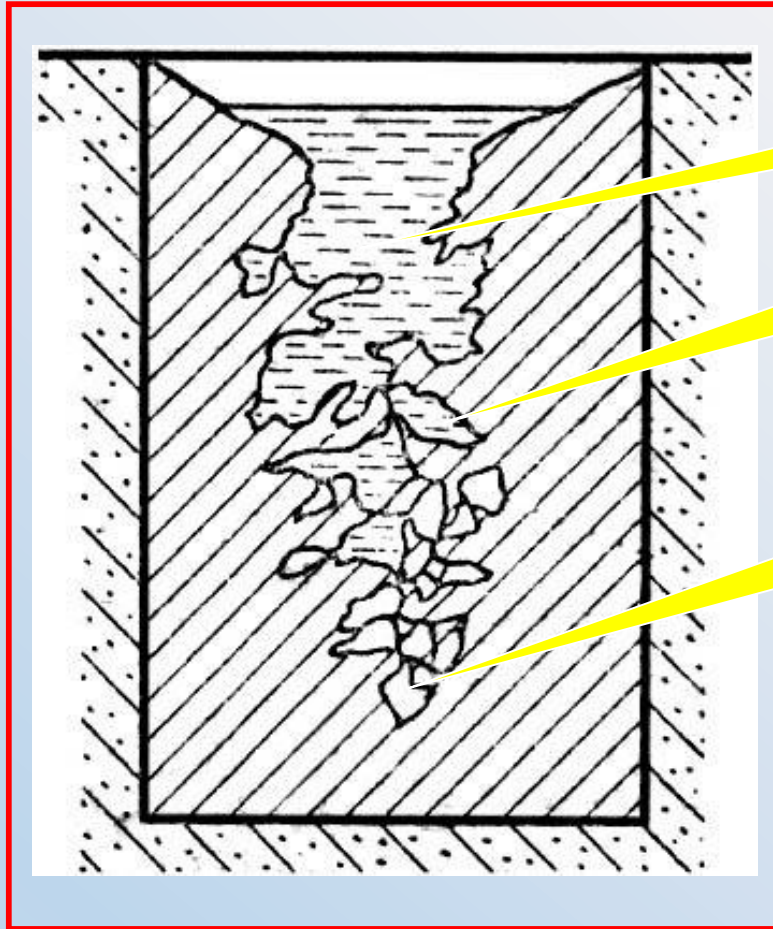


Усадочна пористість — скупчення порожнеч, що утворилися у виливку у великій зоні в результаті усадки в тих місцях виливка, які затверділи останніми без доступу до них розплавленого металу.

Поблизу температури солідуса кристали зростаються один з одним. Це приводить до роз'єднання осередків кристалізації, що містять у собі залишки рідкої фази. Затвердіння невеликого об'єму металу в такому осередку відбувається без доступу до неї живильного розплаву із сусідніх осередків.

У результаті усадки в кожному осередку виходить невелика усадочна раковина. Безліч таких міжзернових мікроусадочних раковин утворить пористість, що розташовується по границях зерен металу.

Усадочна пористість — скупчення порожнеч, що утворилися у виливку у великій зоні в результаті усадки в тих місцях виливка, які затверділи останніми без доступу до них розплавленого металу.



Рідка фаза

Відокремлені комірки
рідкої фази

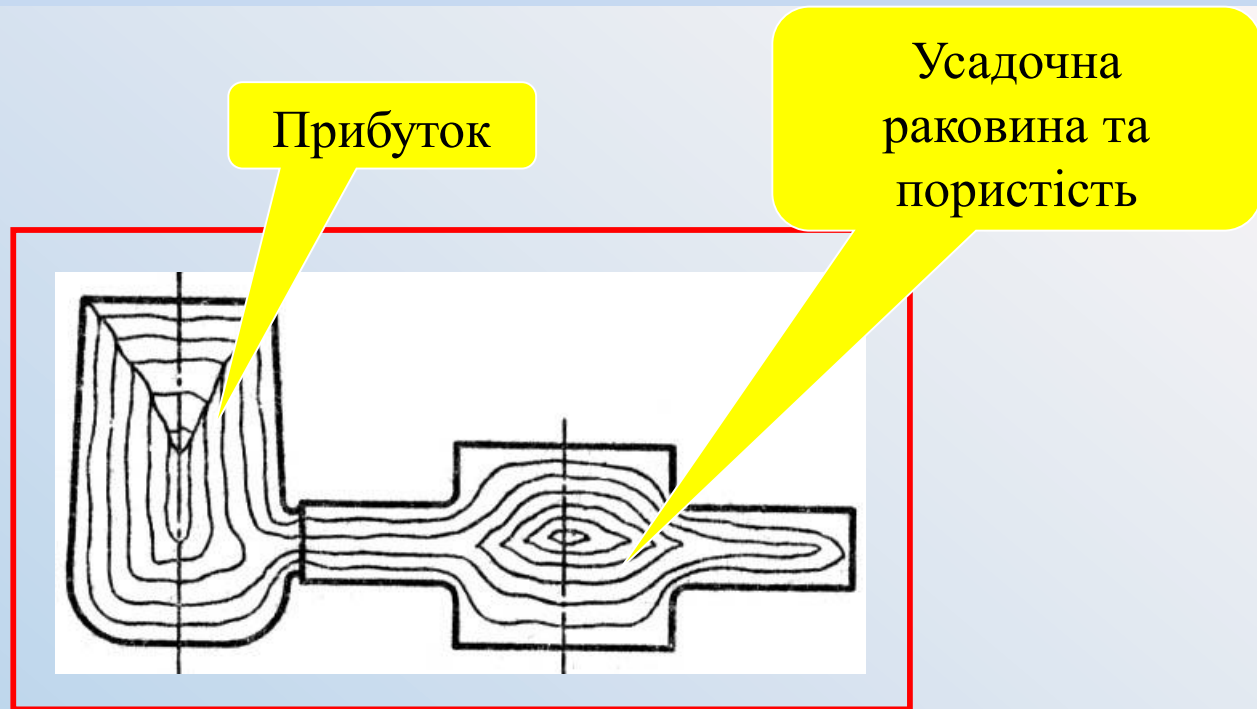
Розосереджені невеликі
усадочні раковини

Усадочна пористість — скупчення порожнеч, що утворилися у виливку у великій зоні в результаті усадки в тих місцях виливка, які затверділи останніми без доступу до них розплавленого металу.

Одержати виливки без усадочних раковин і пористості можливо за рахунок безперервного підведення розплавленого металу в процесі кристалізації аж до повного затвердіння. Із цією метою на виливки встановлюють прибутки-резервуари з розплавленим металом, які забезпечують доступ розплавленого металу до ділянок виливка, що кристалізуються останніми.

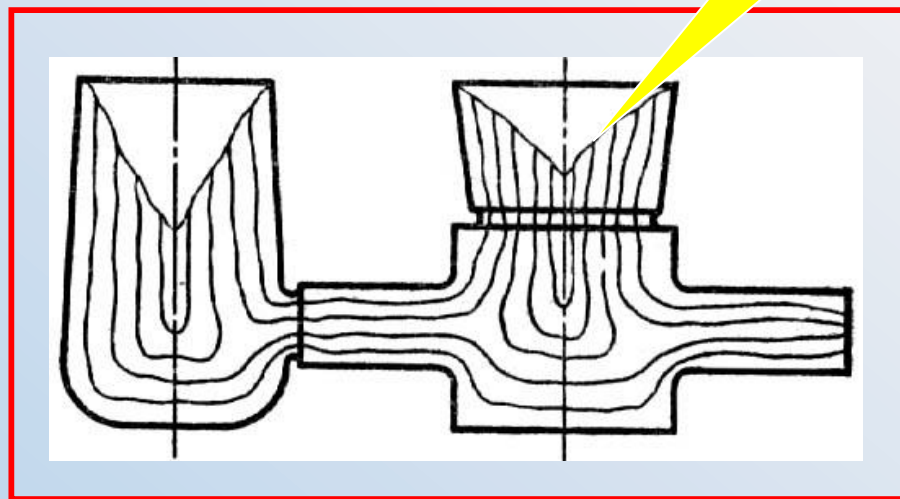
Усадочна пористість — скупчення порожнеч, що утворилися у виливку у великій зоні в результаті усадки в тих місцях виливка, які затверділи останніми без доступу до них розплавленого металу.

Прибуток, зображений на рисунку, не може забезпечити доступ розплавленого металу до потовщеної ділянки виливка. У цьому місці утвориться усадочна раковина і пористість.



Усадочна пористість — скупчення порожнеч, що утворилися у виливку у великій зоні в результаті усадки в тих місцях виливка, які затверділи останніми без доступу до них розплавленого металу.

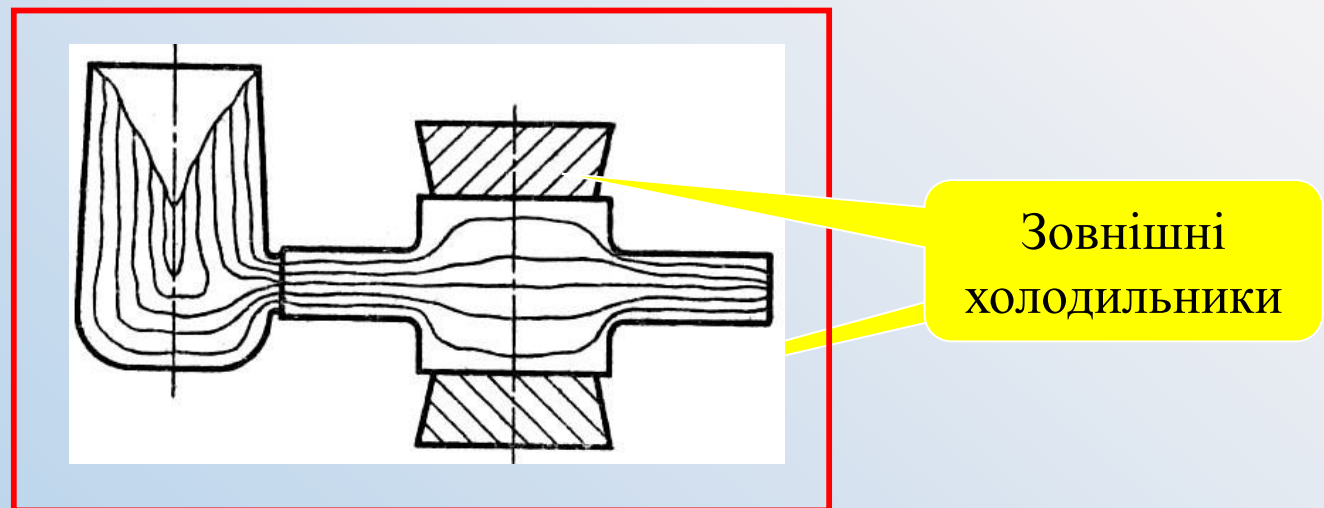
Установка на потовщену ділянку прибутку попереджає утворення усадочної раковини й пористості.



Усадочна пористість — скупчення порожнеч, що утворилися у виливку у великій зоні в результаті усадки в тих місцях виливка, які затверділи останніми без доступу до них розплавленого металу.

Попередити утворення усадочних раковин і пористості дозволяє установка в ливарну форму зовнішніх або внутрішніх холодильників

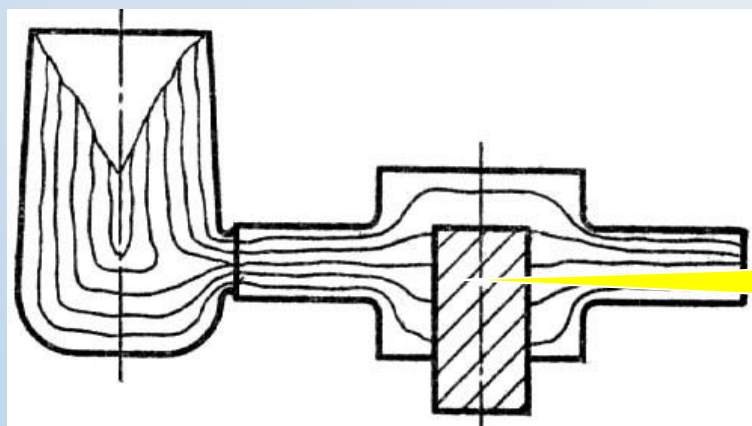
Зовнішні холодильники установлюють у форму із зовнішньої сторони масивних частин виливка. Внаслідок високої теплопровідності й великої теплоємності холодильника відвід теплоти від масивної частини виливка відбувається інтенсивніше, ніж від тонкої. Це сприяє вирівнюванню швидкостей кристалізації масивної й тонкої частин й усуненню усадочних раковин і пористості.



Усадочна пористість — скупчення порожнеч, що утворилися у виливку у великій зоні в результаті усадки в тих місцях виливка, які затверділи останніми без доступу до них розплавленого металу.

Попередити утворення усадочних раковин і пористості дозволяє установка в ливарну форму зовнішніх або внутрішніх холодильників

Внутрішні холодильники встановлюють усередину порожнини форми, яка утворює масивні частини виливка. Ці холодильники виготовляють із того ж сплаву, що й виливок. При заповненні форми внутрішні холодильники частково розплавляються й зварюються з основним металом.



Внутрішній
холодильник

Тріщини у виливках

У виливках у результаті нерівномірного тверднення тонких і товстих частин і гальмування усадки формою при охолодженні виникають внутрішні напруження. Ці напруження тим вищі, чим менша піддатливість форми й стержнів. Якщо величина внутрішніх напружень перевищить межу міцності ливарного сплаву в даній ділянці виливка, то в тілі його утворяться **гарячі** або **холодні тріщини**. Якщо ливарний сплав має достатню міцність та пластичність і здатний протистояти дії виникаючих напружень, спотворюється геометрична форма виливка.

Тріщини у виливках

Гарячі тріщини у виливках виникають у процесі кристалізації й усадки металу при переході з рідкого стану у твердий при температурі близької до температури солідуса. Гарячі тріщини проходять по межах кристалів і мають окислену поверхню.

Схильність сплавів до утворення гарячих тріщин збільшується при наявності неметалічних включень, газів (водню, кисню), сірки й інших домішок. Крім того, утворення гарячих тріщин викликають різкі переходи від тонкої частини виливка до товстої, гострі кути, частини що виступають й т.д. Висока температура заливання сприяє збільшенню зерна металевої структури й збільшенню перепаду температур в окремих частинах виливка, що підвищує ймовірність утворення тріщин.

Для попередження виникнення гарячих тріщин у виливках необхідно створювати умови, що сприяють формуванню дрібнозернистої структури; забезпечувати одночасне охолодження тонких і товстих частин виливків; збільшувати піддатливість ливарних форм; по можливості знижувати температуру заливання сплаву й т.д.

Тріщини у виливках

Холодні тріщини виникають в області пружних деформацій, коли сплав повністю затвердів. Тонкі частини виливка проохолоджуються й скорочуються швидше, ніж товсті.

У результаті у виливку утворюються напруги, які й викликають появу тріщин. Холодні тріщини найчастіше утворюються в тонкостінних виливках складної конфігурації й тим більше, чим вищі пружні властивості сплаву, чим значніше його усадка при знижених температурах і чим нижче його теплопровідність.

Небезпека утворення холодних тріщин у виливках підсилюється наявністю в сплаві шкідливих домішок (наприклад, фосфору в сталях). Для попередження утворення у виливках холодних тріщин необхідно:

- ✓ забезпечувати рівномірне охолодження виливків у всіх перетинах шляхом використання холодильників;
- ✓ застосовувати сплави для виливків з високою, пластичністю; проводять відпал виливків і т.п.

Жолоблення — зміна форми й розмірів виливка під впливом внутрішніх напружень, що виникають при охолодженні.

Жолоблення збільшується при ускладненні конфігурації виливка й підвищенні швидкості охолодження, що викликає нерівномірне охолодження між окремими частинами виливка й різну усадку.

Жолоблення виливка може бути також викликано опором форми усадці окремих частин виливка.

Для попередження жолоблень необхідно:

- ✓ збільшувати піддатливість форми;
- ✓ створювати раціональну конструкцію виливка й т.д.

Газові раковини й пористість у виливках

У розплавленому стані метали й сплави здатні активно поглинати значну кількість водню, кисню, азоту й інших газів з оксидів і вологи вихідних шихтових матеріалів при їхній плавці, згорянні палива, з навколишнього середовища, при виплавці металу у форму й т.д.

У рідких металах і сплавах розчинність газів зі збільшенням температури підвищується.

При надлишковому змісті газів вони виділяються з розплаву у вигляді газових бульбашок, які можуть спливати на поверхню або залишитися у виливку, утворюючи газові раковини, пористість або неметалічні включення, що знижують механічні властивості й герметичність виливків.

Газові раковини й пористість у виливках

При заливанні розплавленого металу розплав, що рухається, може захоплювати повітря в ливниковій системі, засмоктувати його через газопроникні стінки каналів ливникової системи.

Гази можуть проникати в метал з форми при випарі вологи, що перебуває у формувальній суміші, при хімічних реакціях на поверхні метал–форма й т.д.

Для зменшення газових раковин і пористості у виливках плавку варто вести:

- ✓ під шаром флюсу,
- ✓ у середовищі захисних газів з використанням добре просушених шихтових матеріалів.

Перед заливанням розплавлений метал необхідно піддавати дегазації:

- ✓ вакуумуванням;
- ✓ продувкою інертними газами й іншими способами;
- ✓ збільшувати газопроникність ливарних форм і стержнів;
- ✓ знижувати вологість формувальної суміші;
- ✓ підсушувати форми й т.д.

На самотійну роботу ВИНОСИТСЯ:

1. Умови, які приводять до тріщин у
виливках:

А) Гарячі виливки

Б) Холодні виливки

2. Запобігання утворенню тріщин
холоднотвердіючої суміші для
ливарної оснастки

ЛЕКЦІЯ 6



ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

«Ливарне виробництво»

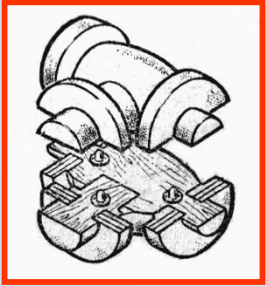
План

1. Суть лиття в піщані форми
2. Модельний комплект
3. Формувальні та стрижневі суміші
4. Ливникові системи
5. Виготовлення ливарних форм
6. Формування шаблонами та в кесонах, виготовлення стрижнів
7. Збирання та заливання ливарних форм
8. Дефекти виливків та їх виправлення

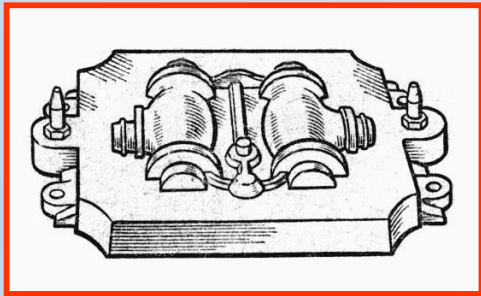


Модельний комплект

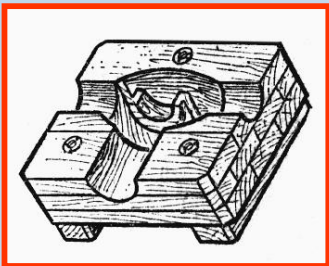
Модельний комплект – це сукупність технологічного оснащення та пристосіблень, необхідних для утворення у формі порожнини, яка відповідає конфігурації виливка



Ливарна модель – приспособа, за допомогою якої в ливарній формі одержують порожнину з формою та розмірами близькими до конфігурації одержуваного виливка. Ливарні моделі бувають нероз'ємними; роз'ємними та з частинами, що віднімаються



Модельна плита – металева плита, з закріпленими на ній моделями та елементами ливникової системи. Застосовують, як правило, при машинному формуванні



Стрижневий ящик – приспособа, що служить для виготовлення стрижнів. Бувають суцільні, роз'ємні, витрушувальні та ін.

Суть лиття в піщані форми

Ливарне виробництво – галузь машинобудування, яка займається виготовленням фасонних заготовок чи деталей шляхом заливання розплавленого металу в спеціальну форму, порожнина котрої має конфігурацію заготовки (деталі)

При охолодженні розплавлений метал кристалізується і в твердому стані зберігає конфігурацію тієї порожнини, в яку він був залитий. Кінцеву продукцію називають **виливком**

Після повного затвердіння виливки виймають (або вибивають) з форми і ті з них, щодо точності яких ставляться підвищені вимоги, обробляють механічно

До складу ливарного цеху входять такі відділення: **модельне, земленідготовче, стрижневе, формувальне, плавильне, вибивальне, обрубне, очисне та технічного контролю**

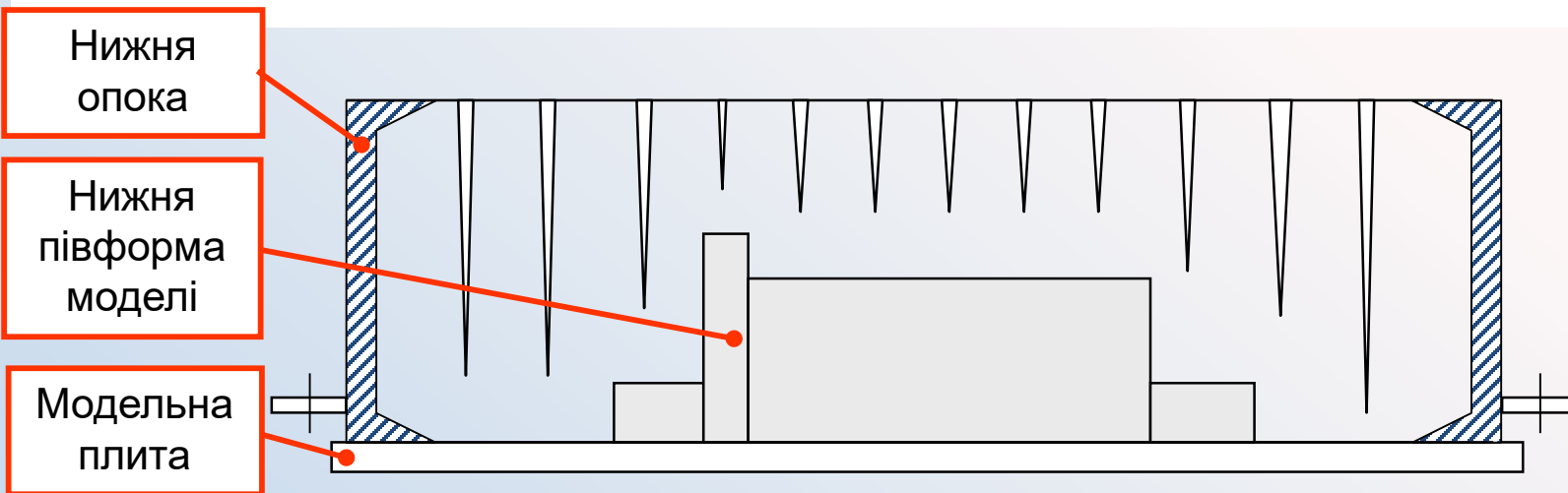
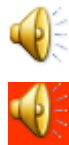
У **модельному** відділенні за робочим кресленням виготовляють модельний комплект; у **земленідготовчому** – формову та стрижневу суміші; у **формувальному** – ливарну форму; у **стрижневому** – стрижень; у **плавильному** – розплавлений метал. Готову ливарну форму заливають розплавленим металом і після його затвердіння у **вибивальному** відділенні видаляють із форми виливок; обрубують ливникову систему й очищають виливок від пригару в **очисному** відділенні. Заключна операція – **контроль якості** виливка.

Суть лиття в піщані форми



Технологічна схема
виготовлення виливка

• Формування в парних опоках за роз'ємною моделлю



Заповнення опоки формувальною сумішшю та її ущільнення

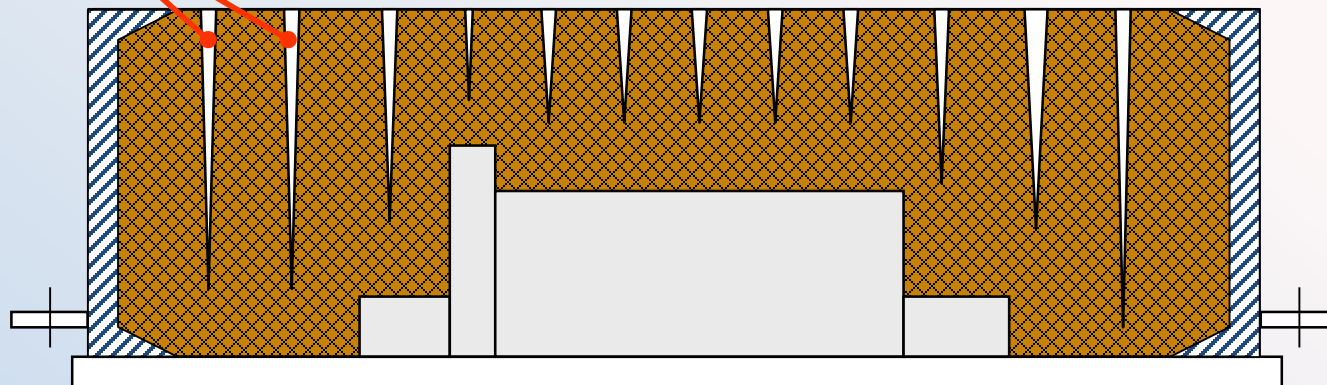
Створення вентиляційних каналів

Встановлення модельної плити



На модельну плиту встановлюють нижню половину моделі та опоку

Вентиляційні
канали

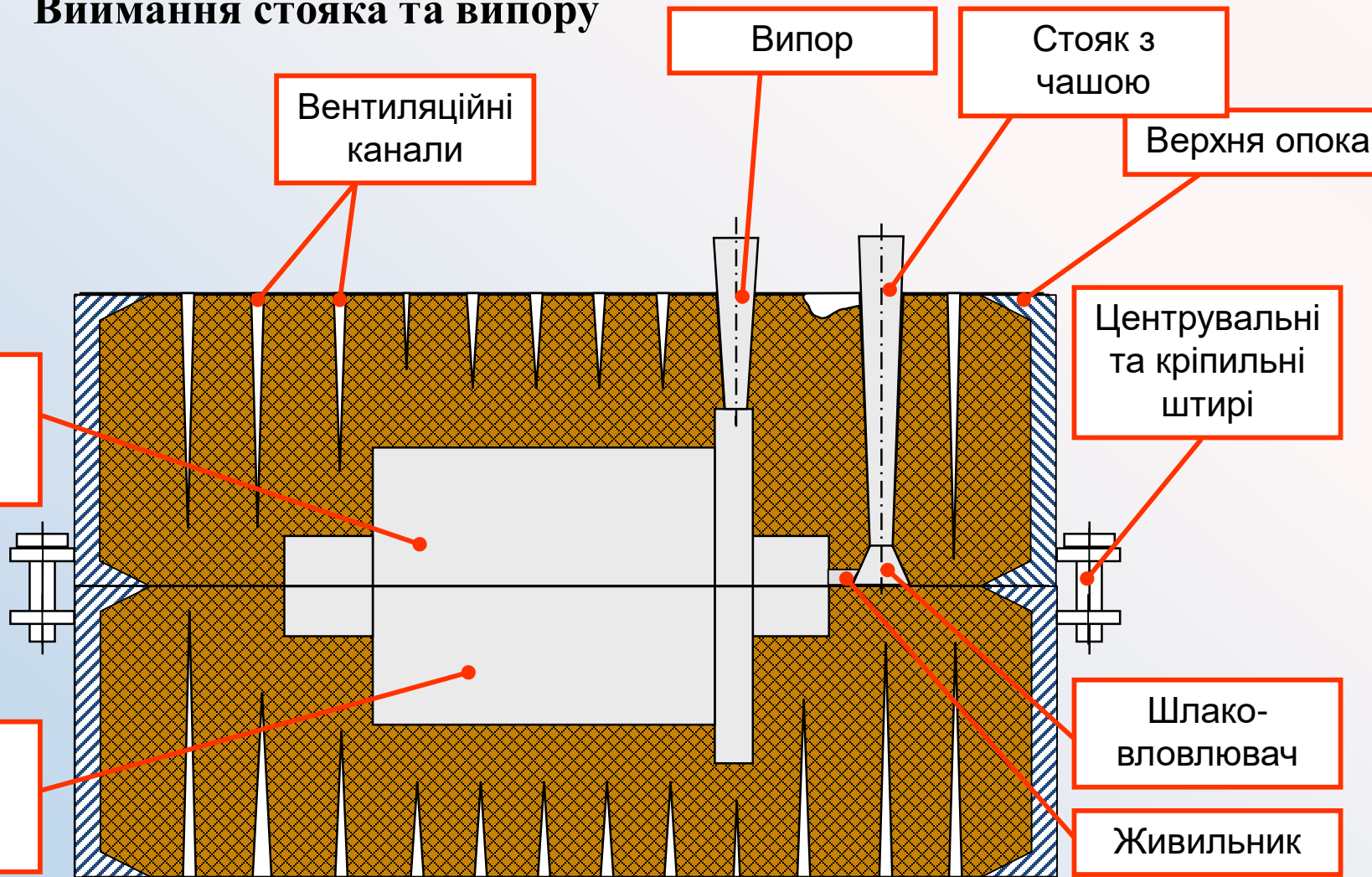


**Перевертання опоки на 180°
Видалення модельної плити**





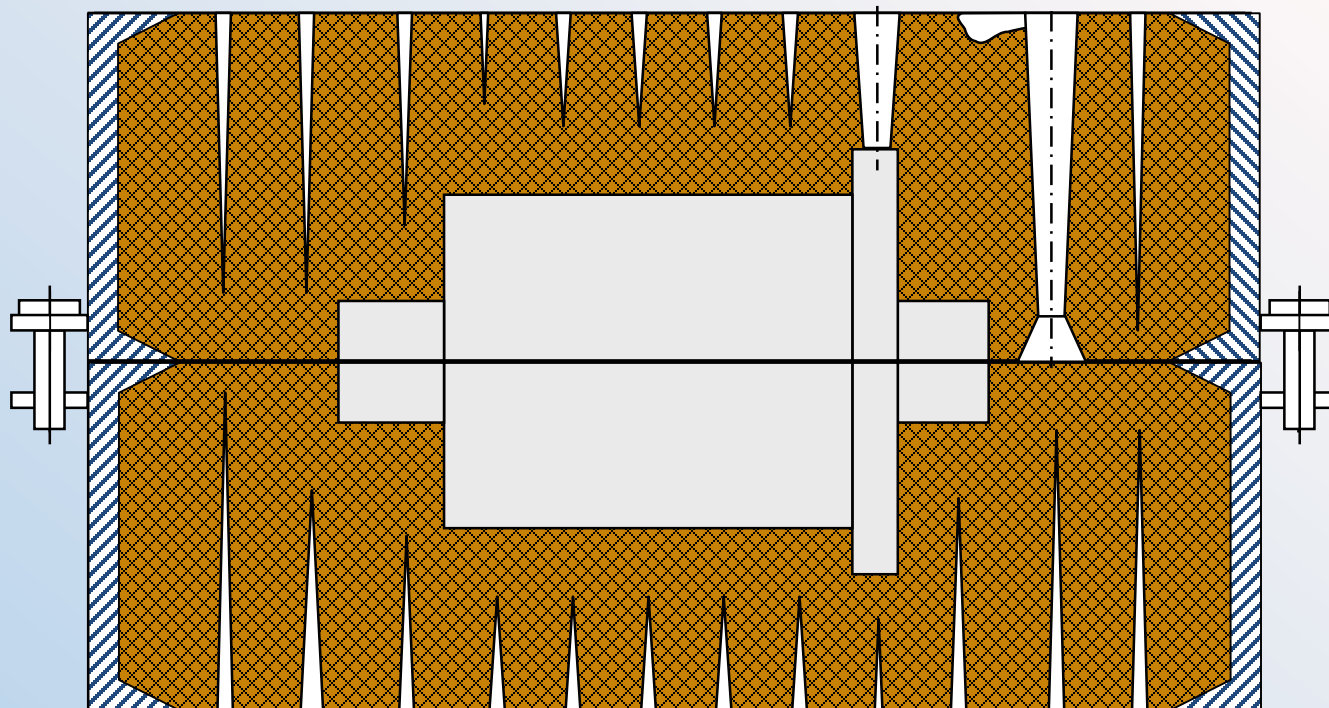
Виймання стояка та випору



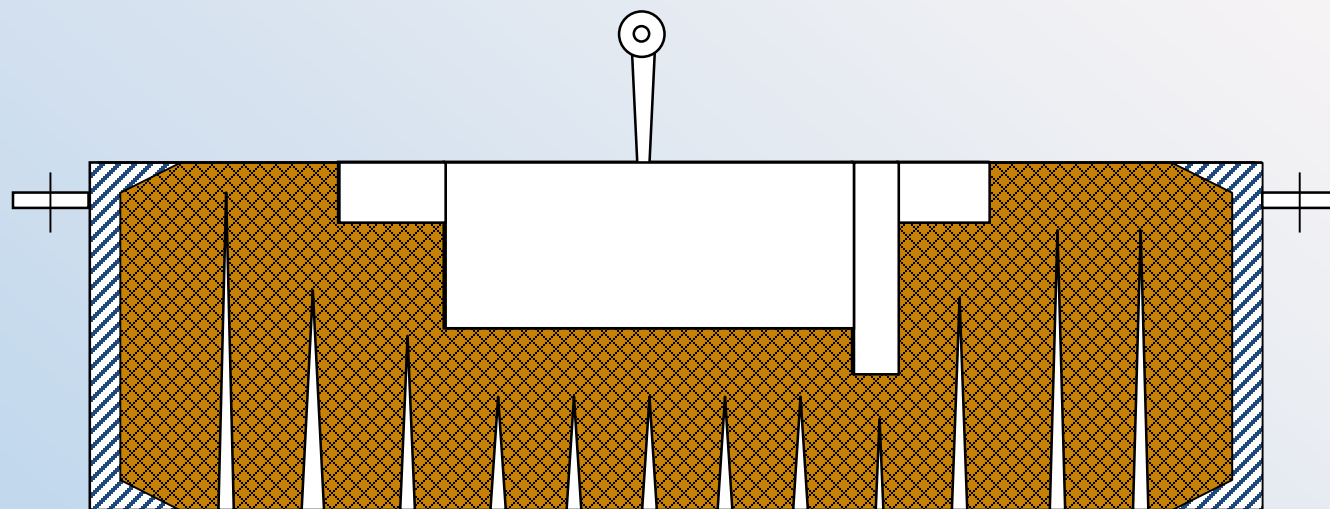
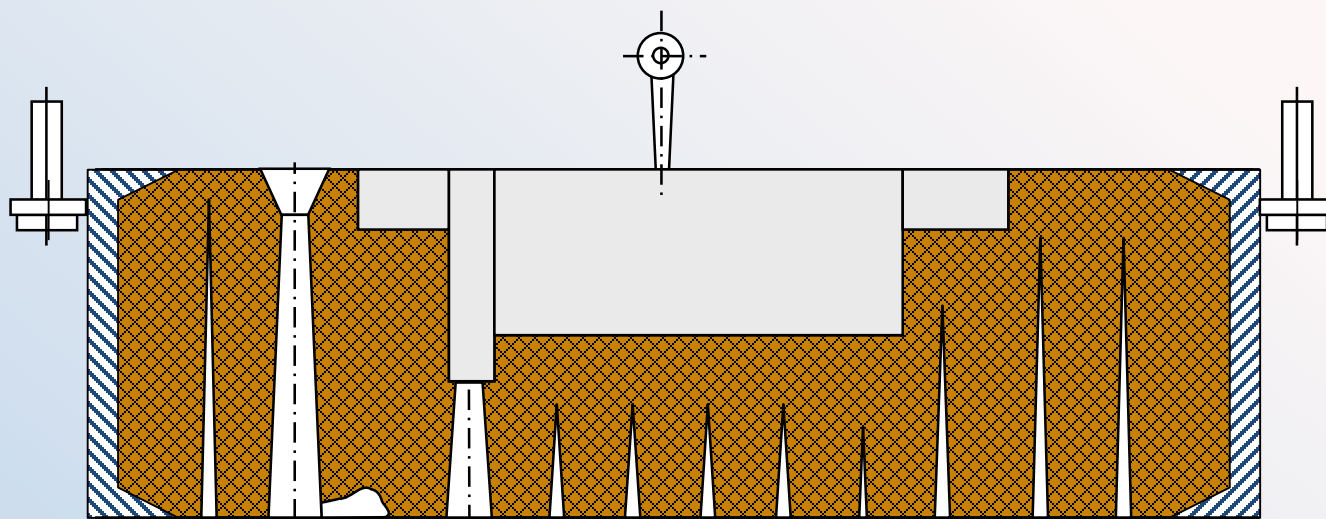
Встановлення верхньої половини моделі

Встановлення верхньої опоки на нижню та їх скріплення

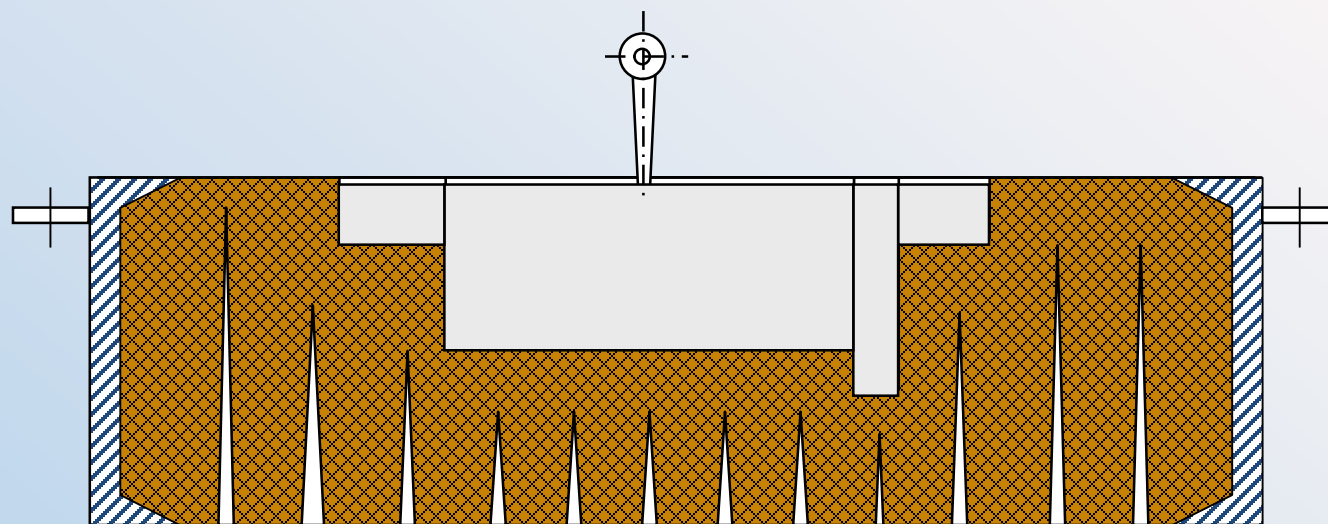
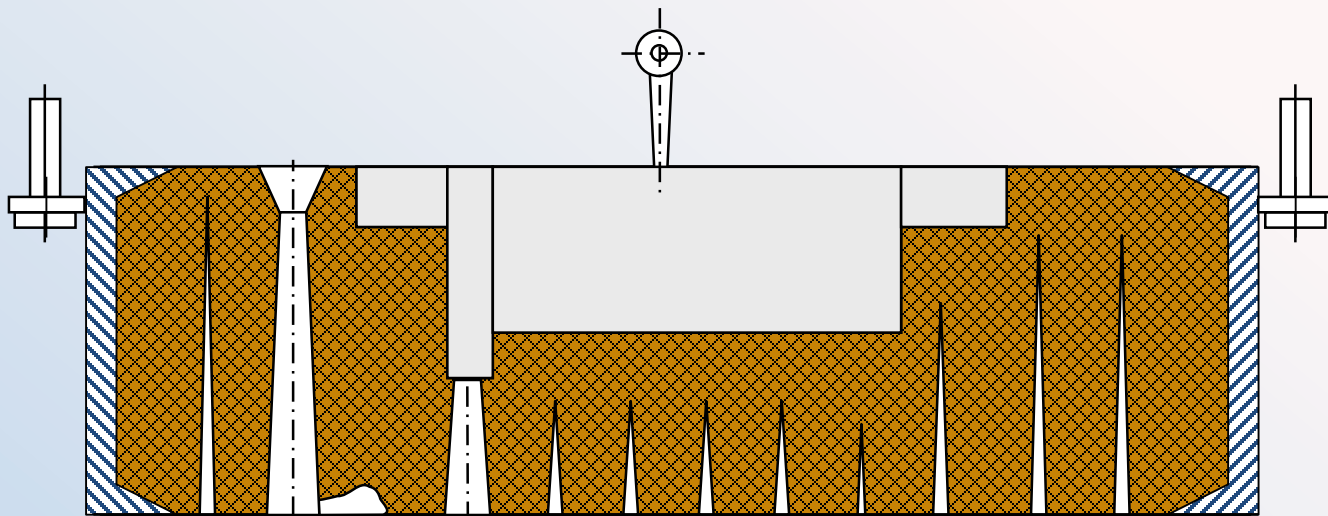
Встановлення стояка зі шлаковловлювачем та випору



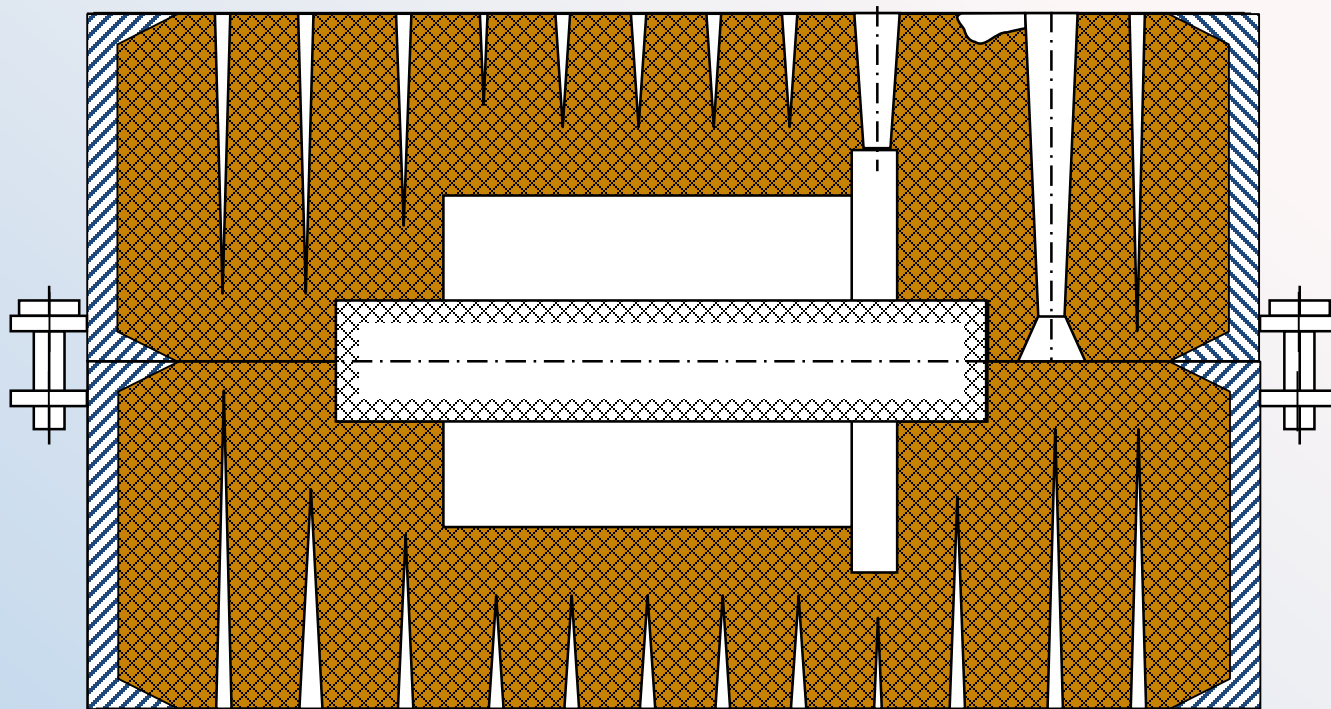
Розкриття форми



Виймання моделі , живильників та шлаковловлювачів з форми



Виймання моделі, живильників та шлаковловлювачів з форми



Встановлення стрижня в нижню півформу

Складання форми

Дефекти виливків та їх виправлення



Основні види дефектів виливків

Дефекти виливків поділяють на виправні і невивправні. Розрізняють:

Газові раковини – пузири повітря або газів в тілі виливка. Утворюються при недостатній газопроникності формової суміші або при дуже щільному заповненні форми

Піщані та шлакові раковини – слабе набивання форми або невдала конструкція шлаковловлювача

Усадочні раковини – відкриті або закриті пустоти в тілі виливка. Утворюються в потовщених перерізах виливка, а також при неправильному підведенні металу до форми

Холодні тріщини – розриви тіла виливка значної довжини. Утворюються при низьких температурах внаслідок неоднакової швидкості охолодження різних перерізів виливка. Тріщини мають світлу поверхню

Гарячі тріщини – розриви тіла виливка незначної довжини. Утворюються при високих температурах внаслідок недостатньої піддатливості стрижня або форми, недостатня витримка виливка у формі. Тріщини мають темну поверхню

Недолив – неповний виливок. Причина – недостатня рідкотекучість металу, низька температура заливання, недостатній переріз живильників

На самотійну роботу ВИНОСИТСЯ:

1. Безперервний метод лиття, його переваги і недоліки.
2. Одержання виливків під регульованим тиском.
3. Виготовлення виливок із сталі

ЛЕКЦІЯ 7

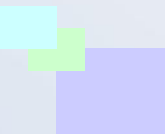


ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

«Ливарне виробництво»

План

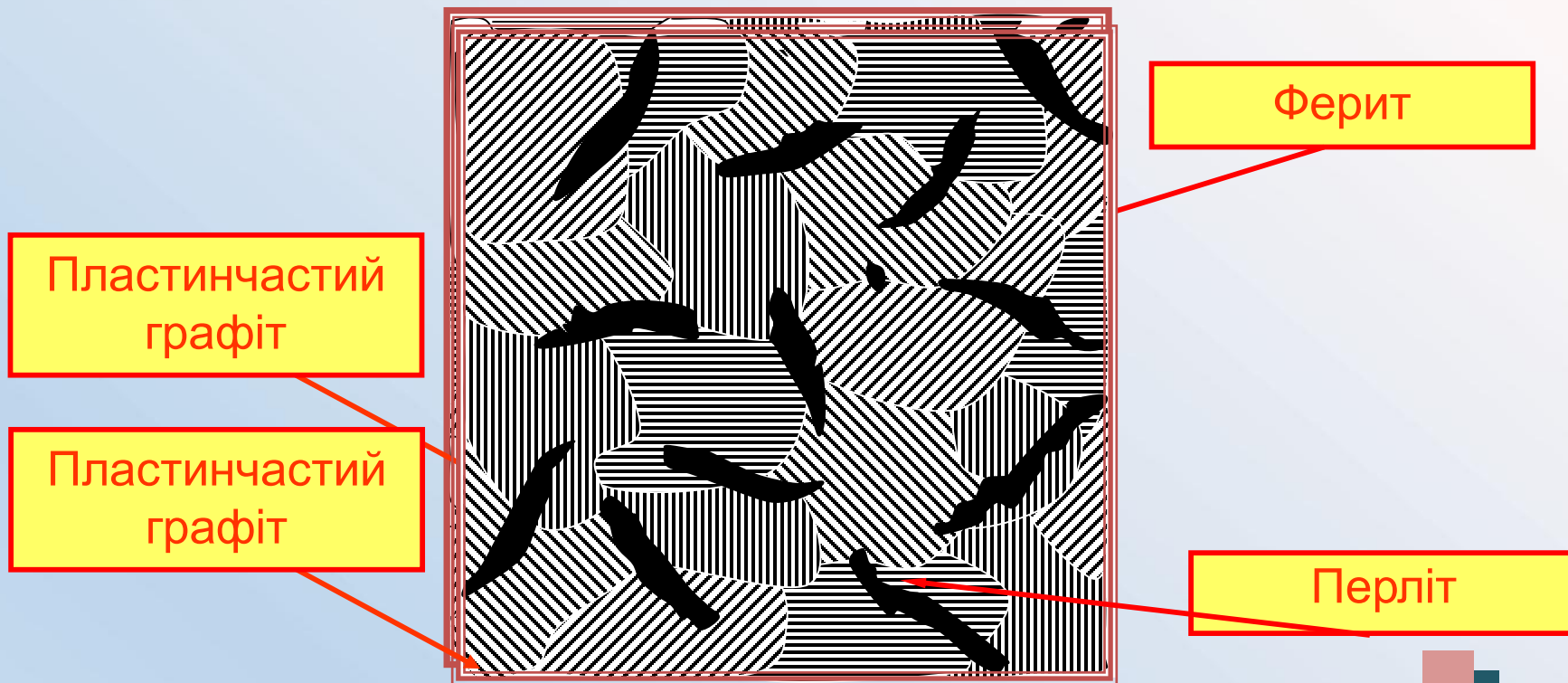
- 1.Виготовлення виливків виливанням у оболонкові форми
- 2.Виготовлення виливків виливанням за витоплюваними моделями
- 3.Виготовлення виливків у кокілях
- 4.Виготовлення виливків литтям під тиском
- 5.Виготовлення виливків виливанням під регульованим тиском
- 6.Виготовлення виливків відцентрованим литтям
- 7.Виготовлення виливків безперервним литтям
- 8.Виготовлення виливків електродшлаковим литтям
- 9.Виготовлення виливків із сірого чавуну
- 10.Вагонки закритого типу
- 11.Виготовлення виливків із високоміцного чугуну
- 12.Виготовлення виливків із ковкого чавуну
- 13.Будова плазмо-індукційної печі



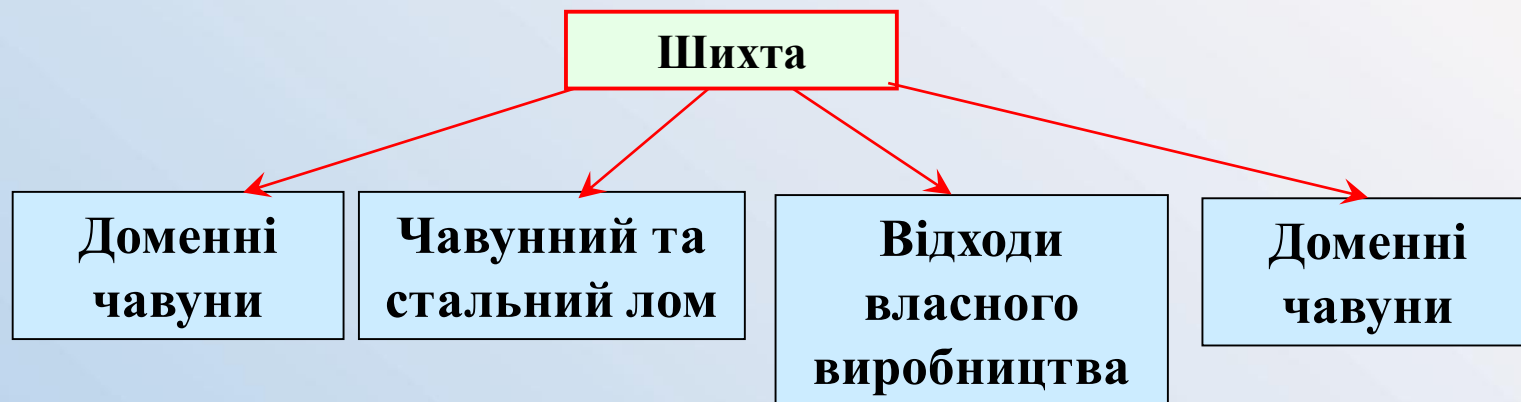
Виготовлення виливків із сірого чавуну

Перлітний чавун

У структурі містить **графіт**, **ферит** та **перліт**, має підвищену міцність, тому його широко використовують для виготовлення машинобудівних виливків через низьку вартість **пластинчастого графіту**



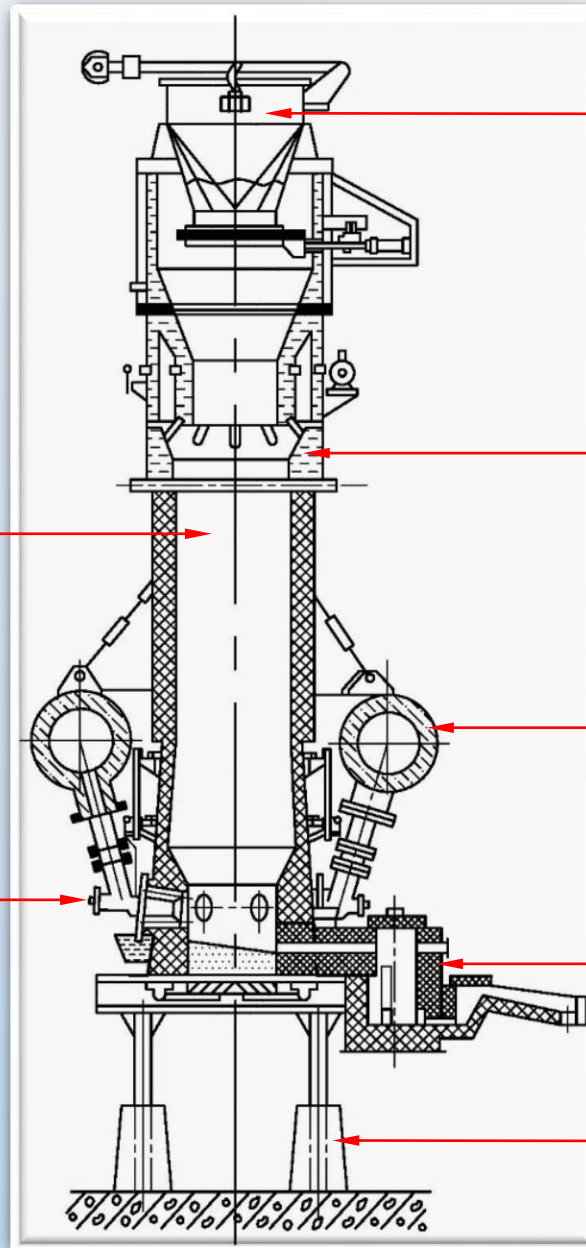
До 90% сірого чавуну виплавляють у вагранках. **Вагранка** являє собою **шахту** доменного профілю, в яку через **завантажувальний пристрій** завантажують шихту. Для горіння палива через **фурменний пояс** і **фурму** подається підігріта киснево-повітряна суміш. Розплавлений чавун по **жолобу** поступає для розливки у форми. Гази через **вузол відбору** надходять для подальшого очищення і спалювання.



Паливом є кокс або природний газ.



Вагранка закритого типу з очищенням газів та підігрівом дуття



*Завантажувальний
пристрій*

*Вузол
відбору*

Шахта

*Фурменний
пояс*

Фурма

Жолоб

*Опорний
пристрій*



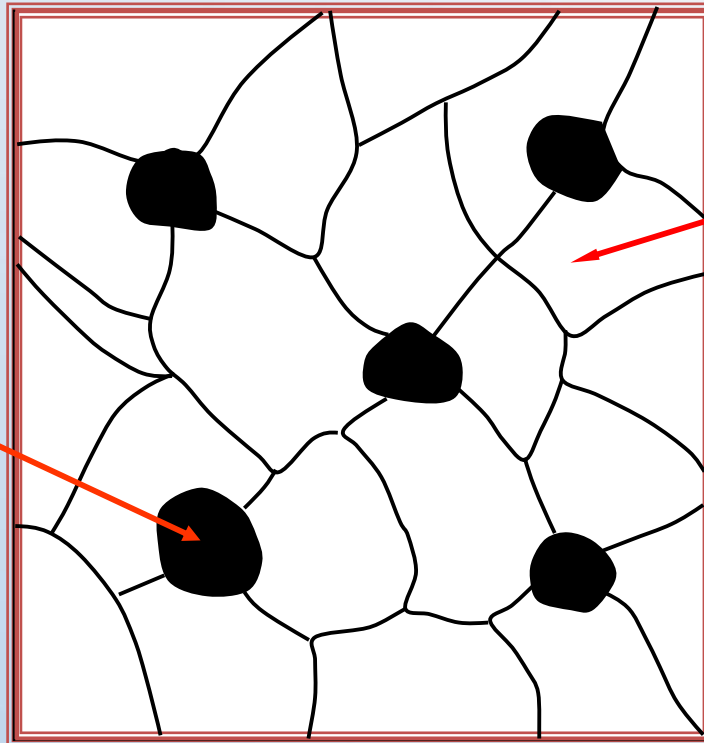
Виготовлення виливків із високоміцного чавуну

Феритний чавун

використовують для виготовлення деталей, що мають високу зносостійкість, корозійну стійкість, теплостійкість, жаростійкість, холодостійкість через наявність в структурі **кулястого графіту**

Кулястий графіт

Ферит



Плавлення високоміцного чавуну

Вагранки з основною футеровкою

Дугові печі

Індукційні печі

Шихта

**Ливарні
доменні
чавуни**

**Відходи
власного
виробництва**

**Чавунний та
стальний
лом**

Феросплави

Виливки

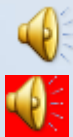
**Піщані
форми**

**Оболонкові
форми**

**Лиття в
кокіль**

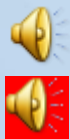
**Центробіжне
лиття**

Виготовлення виливків із ковкого чавуну

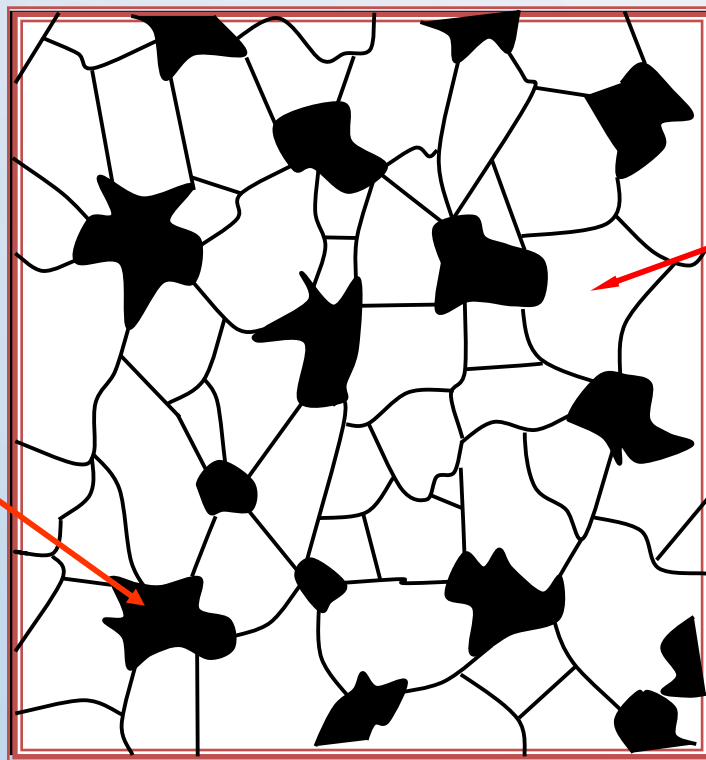


Феритний чавун

використовують для виготовлення деталей, що мають високу зносостійкість, ударну в'язкість, міцність та твердість через наявність в структурі **пластівцевого графіту**



Пластівцевий графіт



Ферит



Ковкий чавун має високу зносостійкість, добрі антифрикційні властивості. З нього виробляють кронштейни, коробки диференціалів, фітінги, трійники трубопроводу.

Плавлення ковкого чавуну

Вагранки з основною футеровкою



Індукційні печі

Виливки

Піщані
форми

Оболонкові
форми

Лиття в
кокіль

Виливки із сталі і ковкого чавуну виготовити значно складніше і економічно менш вигідно, ніж із сірого чавуну. Проте звичайний сірий чавун має низькі механічні властивості.



Будова плазмово-індукційної печі



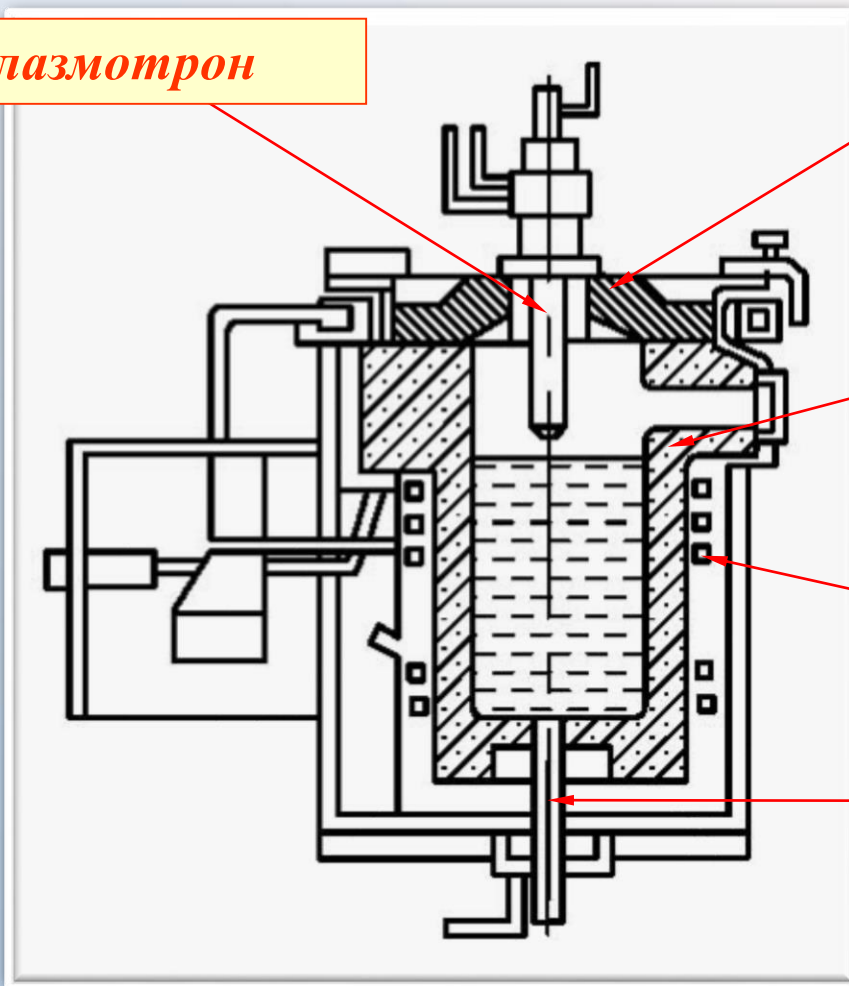
Плазмотрон

Кришка

Тигель

Індуктор

Подовий електрод



Така установка дозволяє ефективно рафінувати рідкий метал. Плавлення твердої шихти і приготування сплавів заданого хімічного складу шляхом легування розплаву в цій установці дуже складне.

Плавлення сталних виливів

**Плазмово-індукційні
печі**

Дугові печі

Індукційні печі

Шихта

Руда

**Відходи
власного
виробництва**

**Стальний
лом**

Флюси

Виливки

**Лиття за
виплавлюваними
моделями**

**Оболонкові
форми**

**Лиття в
кокіль**

**Піщані
форми**

Плавлення виливок із алюмінієвих сплавів

**Камерні поворотні
електричні печі опору**

**Індукційні печі
промислової частоти**

Шихта

**Технічний
чистий
алюміній**

Силуміни

**Відходи
власного
виробництва**

Лігатури

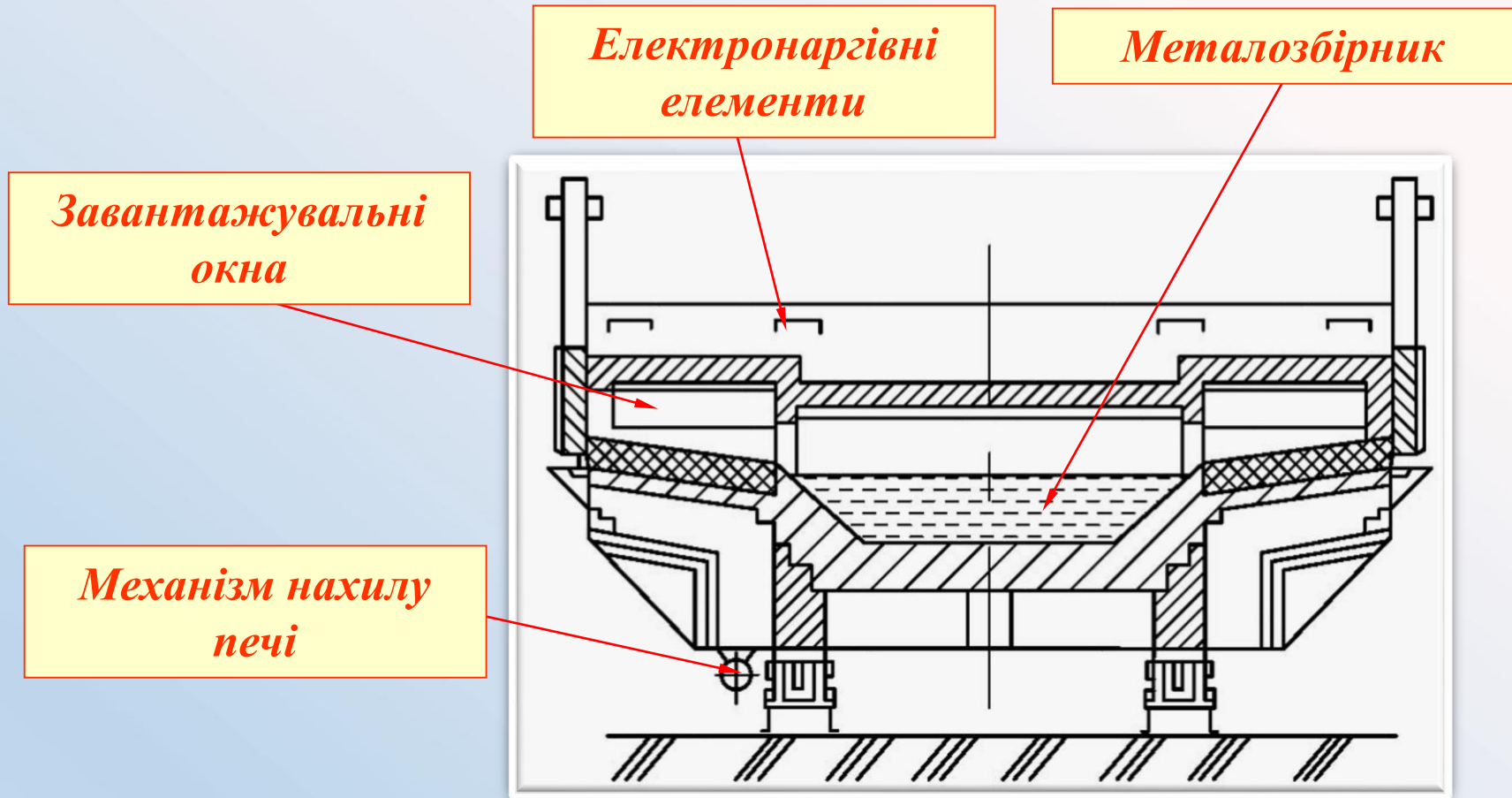
Виливки

Лиття під тиском

**Лиття в
кокіль**

**Піщані
форми**

Будова камерної поворотної електричної печі опору



В установках прямої дії тепло виділяється в самому виробі, який ввімкнений в електричне коло. В установках дотичної дії тепло передається об'єкту від спеціальних нагрівальних елементів.

Плавлення виливок із магнієвих сплавів

**Тигельні електричні
печі опору**

**Індукційні печі
промислової частоти**

Шихта

**Чушковий
магній та
алюміній**

Флюси

**Відходи
власного
виробництва**

Лігатури

Виливки

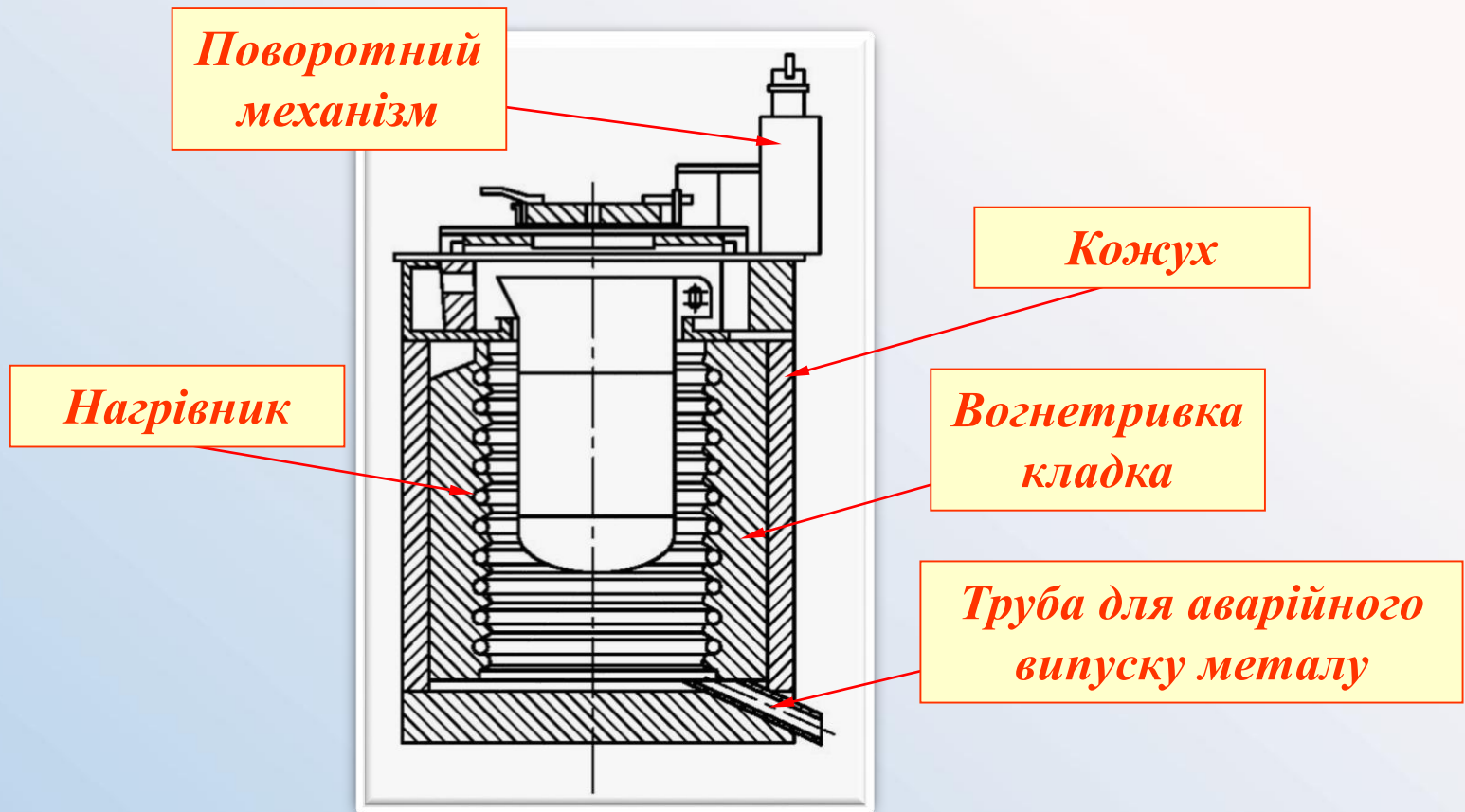
Лиття під тиском

**Лиття в
кокіль**

**Піщані
форми**



Будова електричних печей опору



Нагрівання опором за рахунок виділення тепла в матеріалі при протіканні по ньому струму I визначається законом Джоуля-Ленца.



Плавлення виливок із мідних сплавів

Індукційні каналні
низькочастотні печі

Індукційні печі
промислової частоти

Шихта

Чиста мідь

Цинк, олово,
свинець,
залізо,
нікель

Відходи
власного
виробництва

Лиття у піщані форми

Виливки

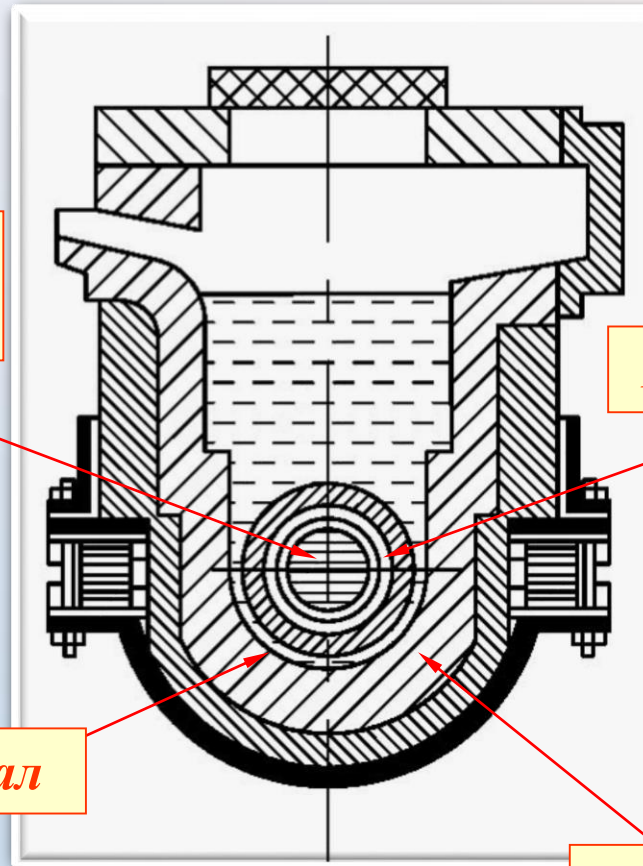
Лиття в оболонкові
форми

Лиття під тиском

Лиття в
кокіль

Центробіжне
лиття

Будова індукційної низькочастотної печі



*Металевий
сердечник*

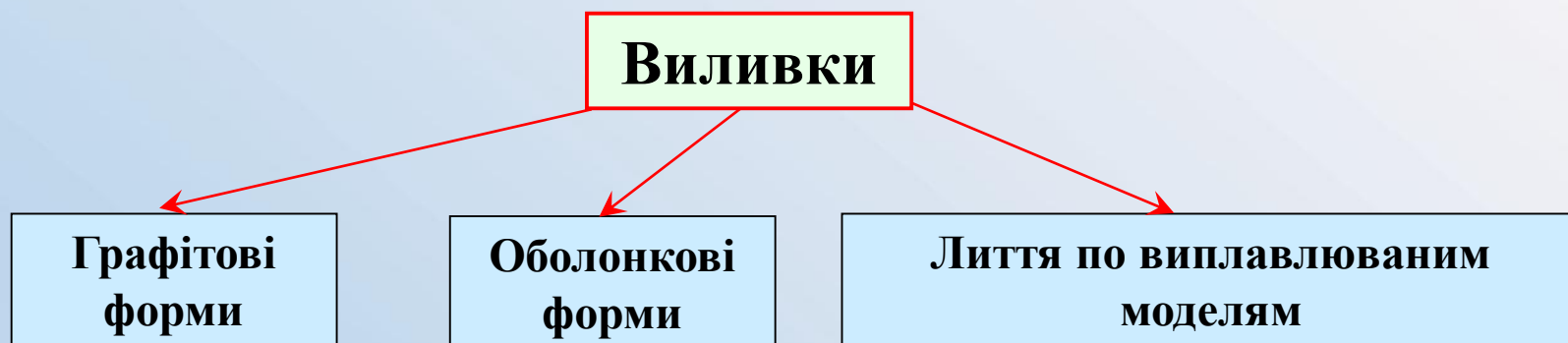
Первинна обмотка

Плавильний канал

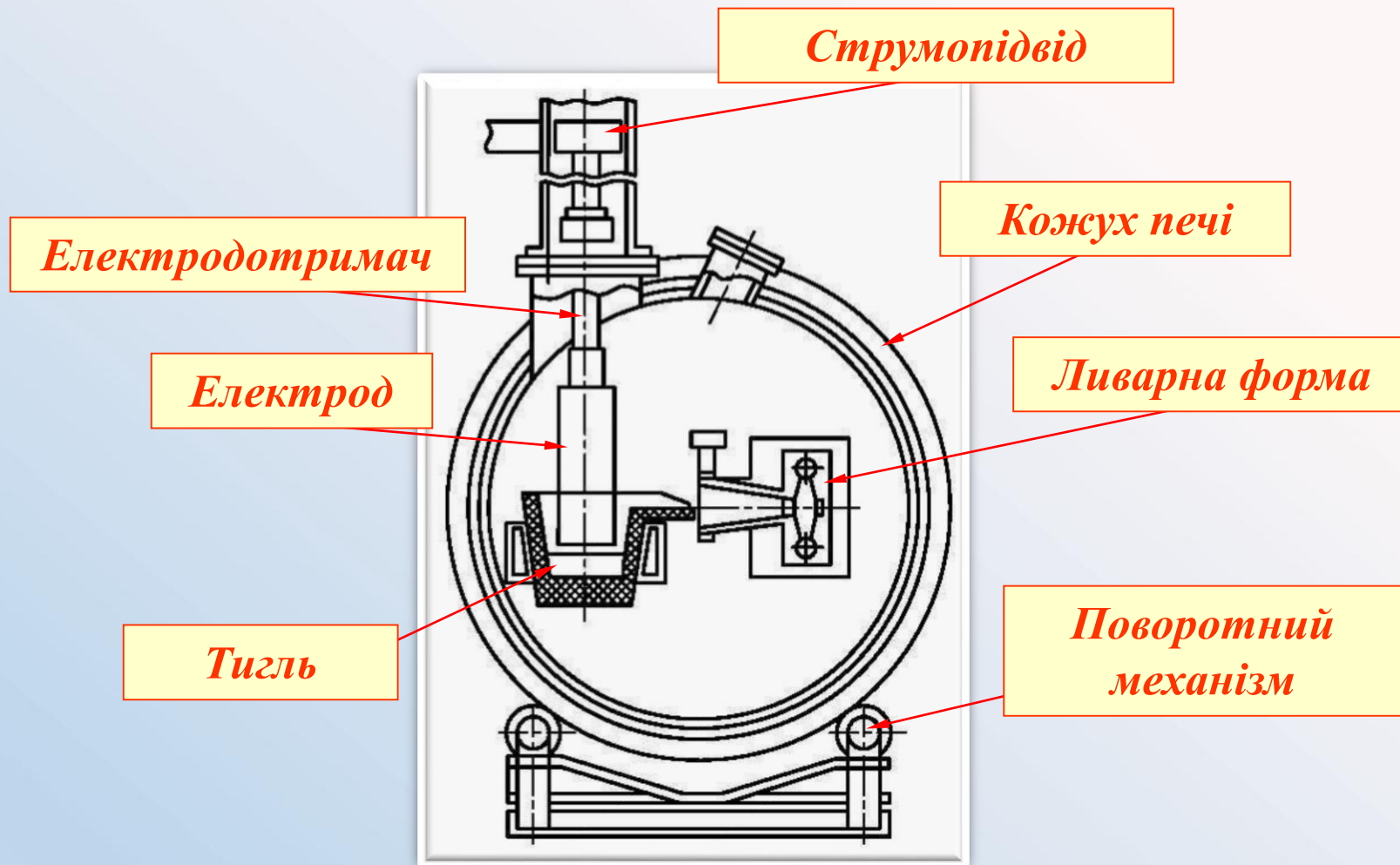
*Вогнетривка
футеровка*

Принцип дії установок індукційного нагріву заснований на поглинанні середовищем енергії змінного електромагнітного поля.

Плавлення титанових сплавів проводять в вакуумних дугових печах з витратним електродом. Перед плавленням в **електродотримачі** печі встановлюють **електрод**, а перед зливним носиком **тигля** закріплюють **ливарну форму**. Після цього **кожух печі** герметизують і вакуумують. Через **струмопідвід** на електрод подають напругу, і між ним та тиглем загоряється електрична дуга. По мірі наповнення тигля піч **поворотним механізмом** повертають і зливають метал.



Поворотна дугова піч з витратним електродом



Сутність процесу плавки в дугових печах полягає в тому, що якщо звести до зіткнення два вугільних електроди, з'єднаних із джерелом електроживлення, а потім розвести їх на деяку відстань, то між ними виникає безперервний розряд - електрична дуга. Цей процес супроводжується виділенням великої кількості тепла й сліпучим яскравим світлом.

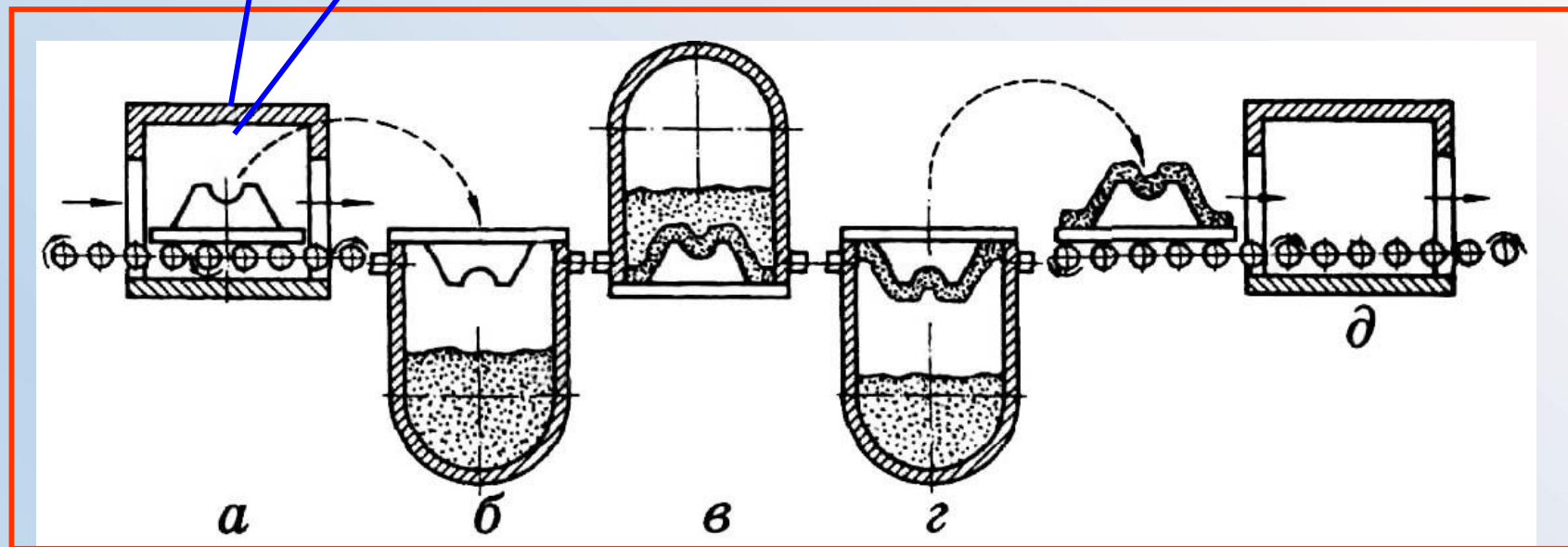
Виготовлення виливків виливанням у оболонкові форми

Суть способу полягає у використанні у фермовій суміші термореактивної смоли з технічним уротропіном (пульвербакелітом), яка при незначному нагріванні плавиться, а при подальшому нагріванні полімеризується і необоротно твердіє.

Виготовлення оболонкових форм

Електропіч

Металева модельна плита

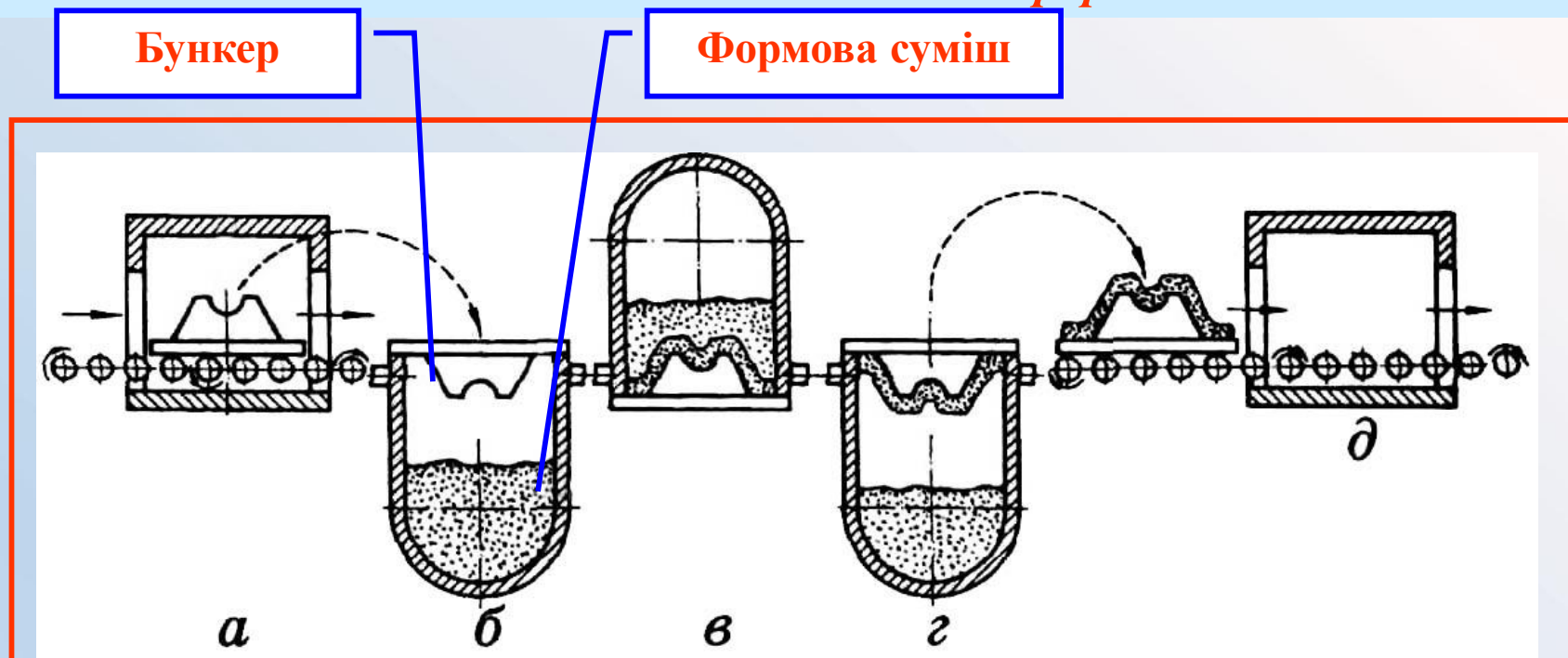


Виготовлення оболонкових форм починається з нагрівання модельних металевих плит в електричній печі до температури 220...280 °С (поз. а).

Виготовлення виливків виливанням у оболонкові форми

Суть способу полягає у використанні у фермовій суміші термореактивної смоли з технічним уротропіном (пульвербакелітом), яка при незначному нагріванні плавиться, а при подальшому нагріванні полімеризується і необоротно твердіє.

Виготовлення оболонкових форм

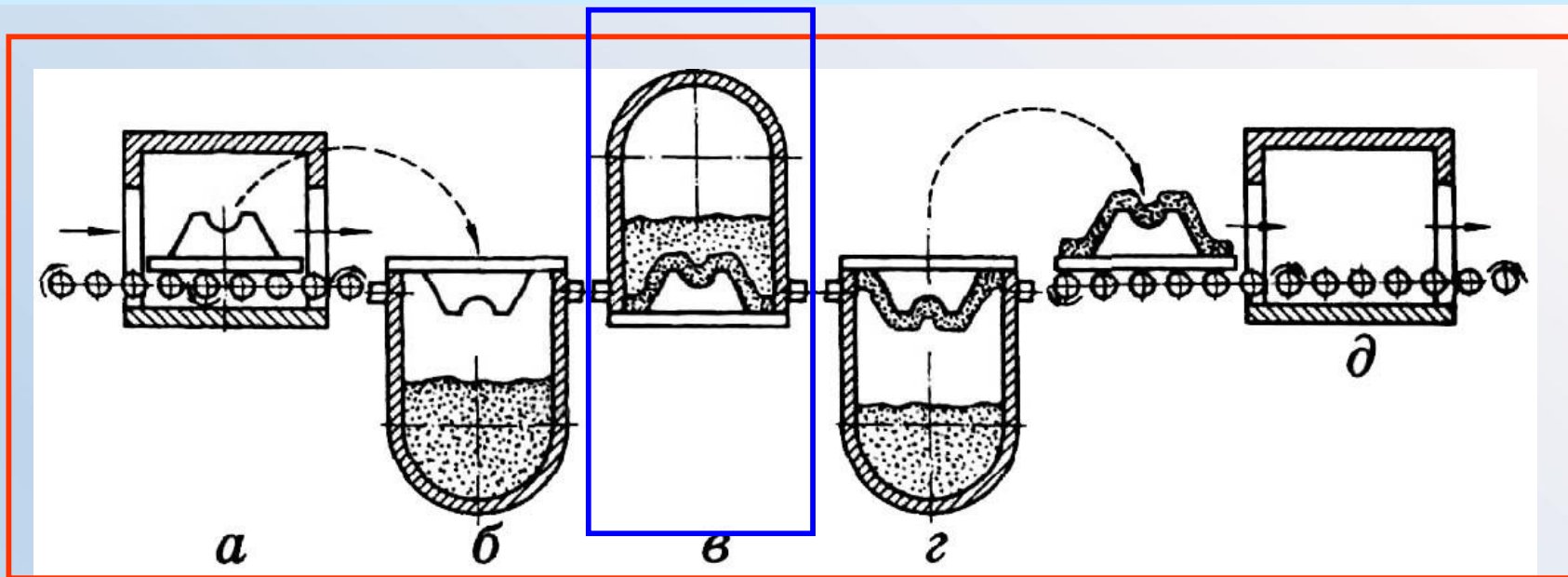


Нагріту модельну плиту закріплюють моделлю вниз над бункером з формовою сумішшю, яка складається з піску і домішки 4...6 % термореактивної смоли у вигляді порошку (поз. б).

Виготовлення виливків виливанням у оболонкові форми

Суть способу полягає у використанні у фермовій суміші термореактивної смоли з технічним уротропіном (пульвербакелітом), яка при незначному нагріванні плавиться, а при подальшому нагріванні полімеризується і необоротно твердіє.

Виготовлення оболонкових форм



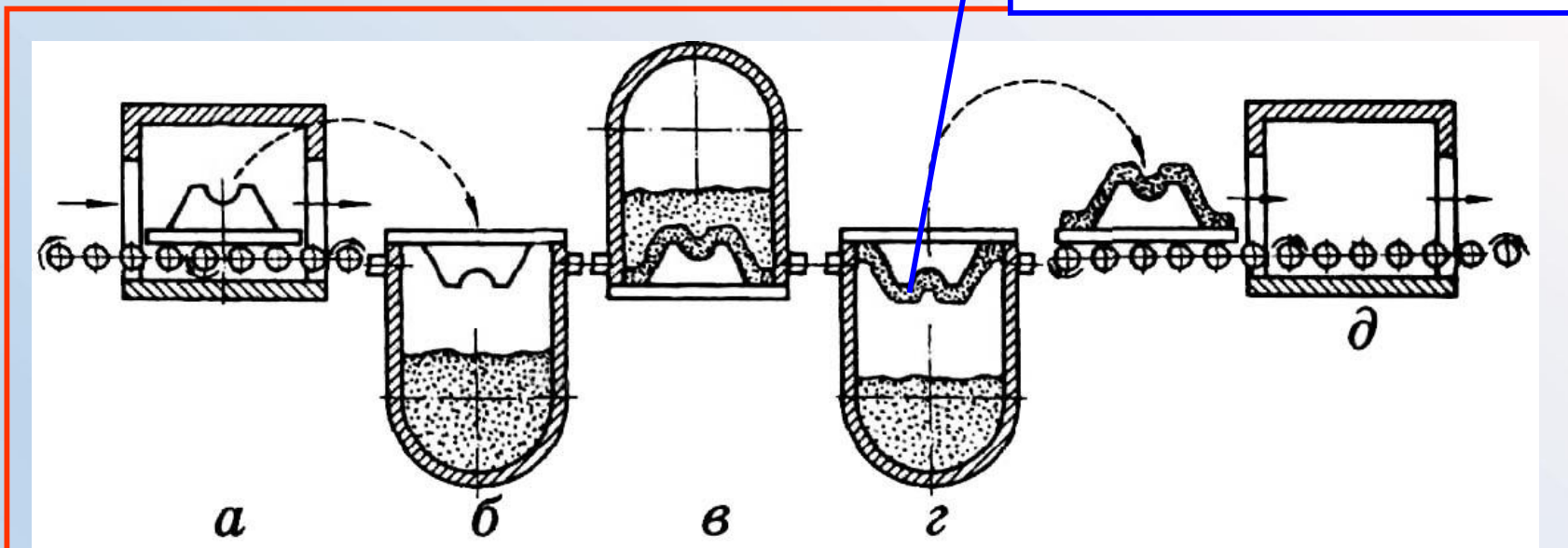
Бункер разом з модельною плитою повертають на 180° , і формова суміш падає на модельну плиту. Термореактивна смола суміші плавиться і зв'язує зерна піску в напівтверду кірку (поз. в).

Виготовлення виливків виливанням у оболонкові форми

Суть способу полягає у використанні у фермовій суміші термореактивної смоли з технічним уротропіном (пудрбакелітом), яка при незначному нагріванні плавиться, а при подальшому нагріванні полімеризується і необоротно твердіє.

Виготовлення оболонкових форм

Напівтверда оболонка

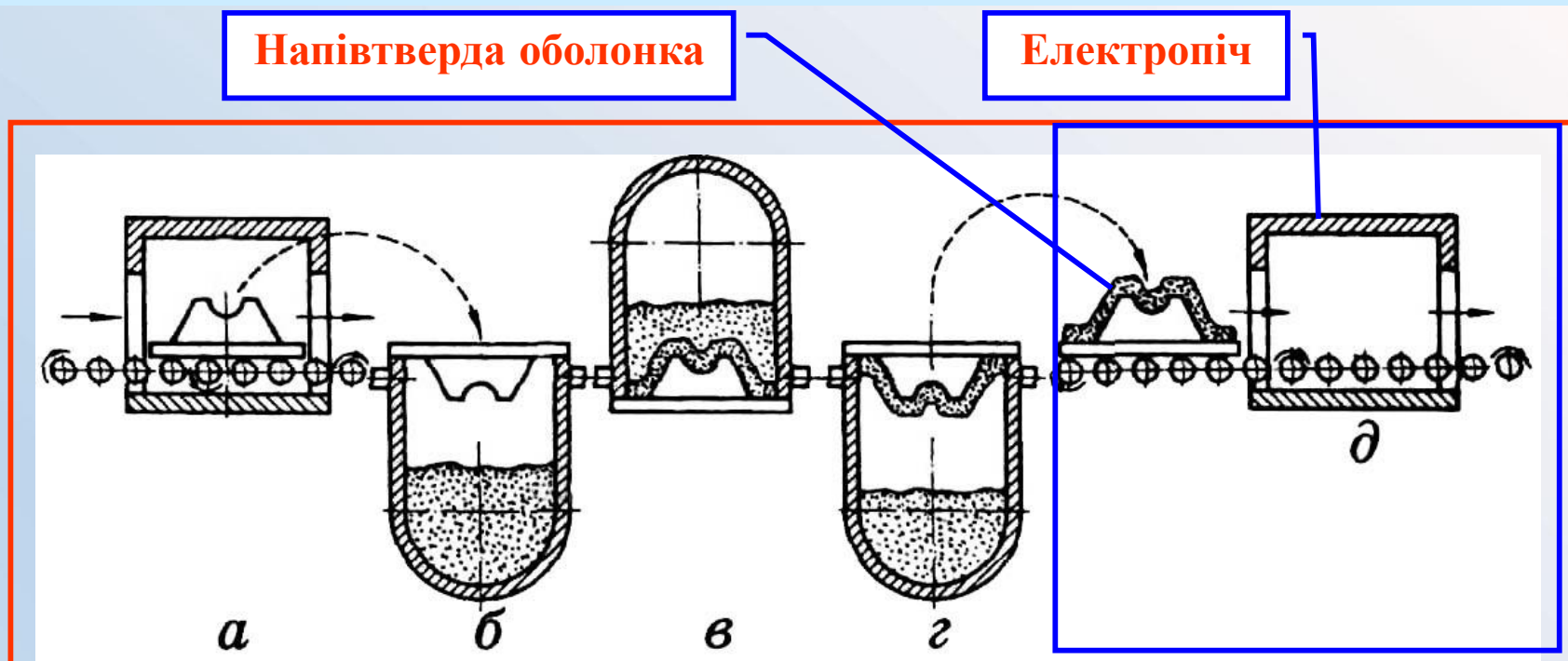


Бункер повертають у вихідне положення, формова суміш, що не прореагувала, падає на дно бункера, а на модельній плиті залишається напівтверда оболонка завтовшки 6...8 мм (поз. г).

Виготовлення виливків виливанням у оболонкові форми

Суть способу полягає у використанні у фермовій суміші термореактивної смоли з технічним уротропіном (пульвербакелітом), яка при незначному нагріванні плавиться, а при подальшому нагріванні полімеризується і необоротно твердіє.

Виготовлення оболонкових форм

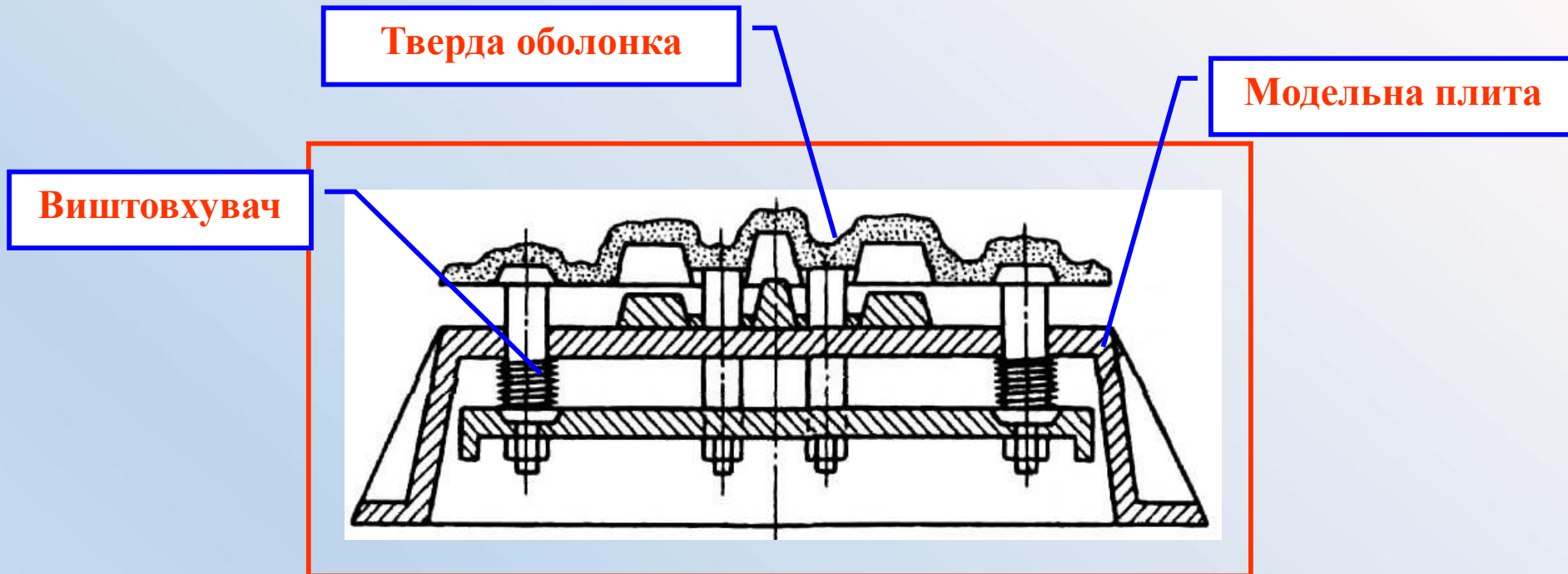


Модельну плиту подають у піч для остаточного затвердіння оболонки при температурі близько 350...500 °С (поз. д).

Виготовлення виливків виливанням у оболонкові форми

Суть способу полягає у використанні у фермовій суміші термореактивної смоли з технічним уротропіном (пульвербакелітом), яка при незначному нагріванні плавиться, а при подальшому нагріванні полімеризується і необоротно твердіє.

Виготовлення оболонкових форм

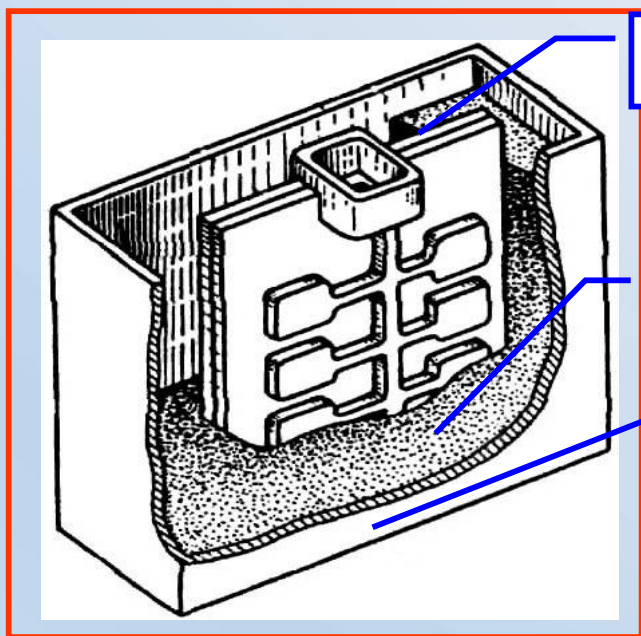


Готову тверду оболонку знімають з модельної плити за допомогою виштовхувачів.

Виготовлення виливків виливанням у оболонкові форми

Суть способу полягає у використанні у фермовій суміші термореактивної смоли з технічним уротропіном (пульвербакелітом), яка при незначному нагріванні плавиться, а при подальшому нагріванні полімеризується і необоротно твердіє.

Виготовлення оболонкових форм



Півформи

Крупний пісок

Металевий ящик

Таким способом виготовляють обидві половинки оболонкової форми. Стрижні також виготовляють з цієї суміші в металевих стрижневих ящиках за такою ж технологією.

Заключною операцією є складання оболонкової форми з півформ. Півформи скріплюють скобами, струбцинами або склеюють по площині рознімання.

Виготовлення виливків виливанням за витоплюваними моделями

Суть способу полягає в тому, що за нерознімною легкоплавкою моделлю виготовляють нерознімну разову ливарну форму, моделі з якої потім витоплюють, а в утворену порожнину заливають метал.

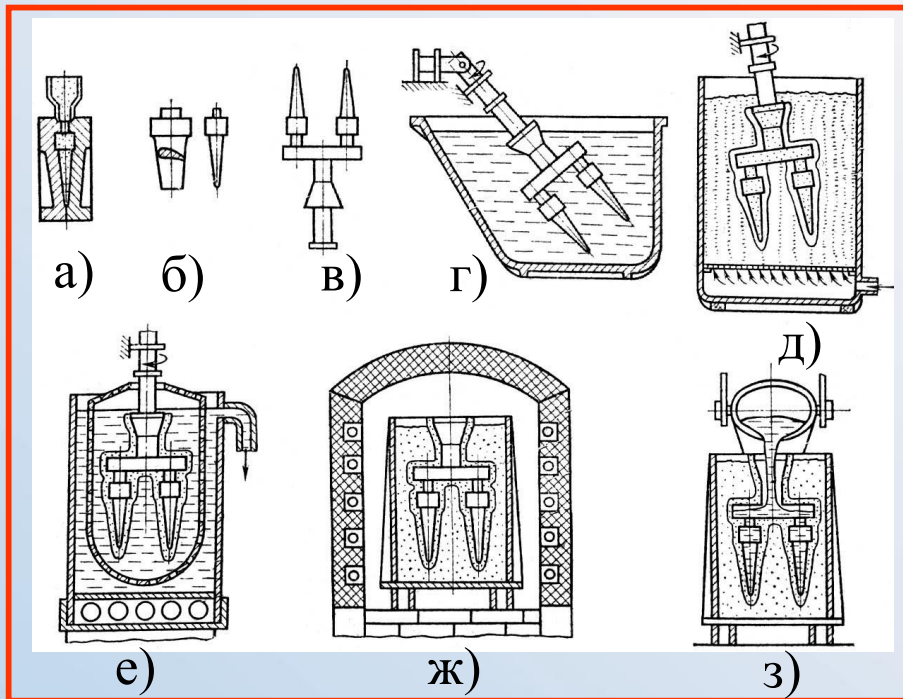
У виготовлених виливків немає формувальних уклонів, оскільки форма нерознімна. Для формування використовують кварцову пудру (маршаліт), тому виливки мають точні розміри і високу чистоту поверхонь. Обсяг механічної обробки зменшується на 80...100 % і в 1,5...2 рази скорочуються витрати металу на ливникову систему, оскільки в одній формі виготовляють навіть десятки штук виливків. Цим способом можна виготовляти виливки із сплавів з будь-якою температурою плавлення, а також важкооброблюваних різанням і тиском (жароміцні, жаростійкі, різальний інструмент із швидкорізальної сталі тощо).

Легкоплавкі моделі виготовляють з модельної маси, до складу якої входять різні легкоплавкі матеріали, наприклад парафін, стеарин, віск, церезин, каніфоль. Для виготовлення моделі доведену дотістоподібного стану модельну масу шприцом запресовують у металеву рознімну форму, яка дає точний відбиток і точні розміри майбутнього виливка з усіма внутрішніми порожнинами.

Виготовлення виливків виливанням за витоплюваними моделями

Суть способу полягає в тому, що за нерознімною легкоплавкою моделлю виготовляють нерознімну разову ливарну форму, моделі з якої потім витоплюють, а в утворену порожнину заливають метал.

Послідовність операцій процесу лиття за витоплюваними моделями

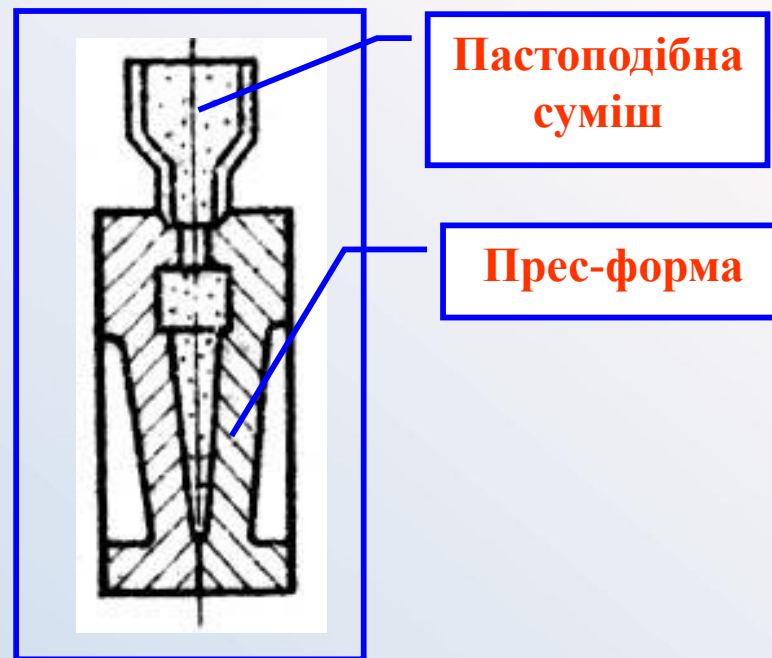
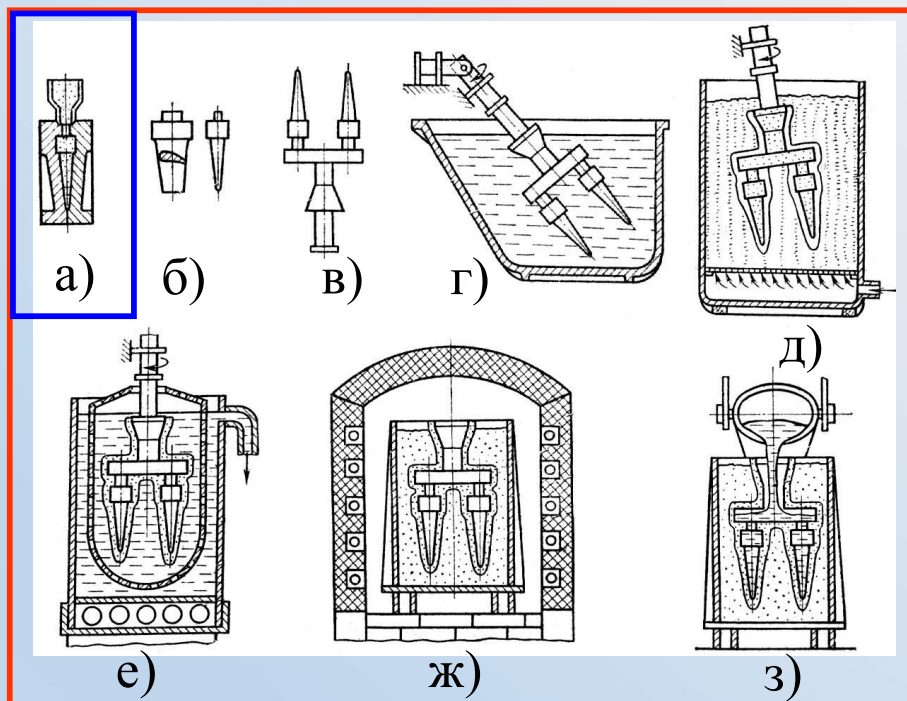


Разові виплавлювані моделі виготовляють в прес-формах з модельних сплавів, які складаються з двох чи більше легкоплавких компонентів (парафіну, стеарину, жирних кислот, церезину та ін.)

Виготовлення виливків виливанням за витоплюваними моделями

Суть способу полягає в тому, що за нерознімною легкоплавкою моделлю виготовляють нерознімну разову ливарну форму, моделі з якої потім витоплюють, а в утворену порожнину заливають метал.

Послідовність операцій процесу лиття за витоплюваними моделями

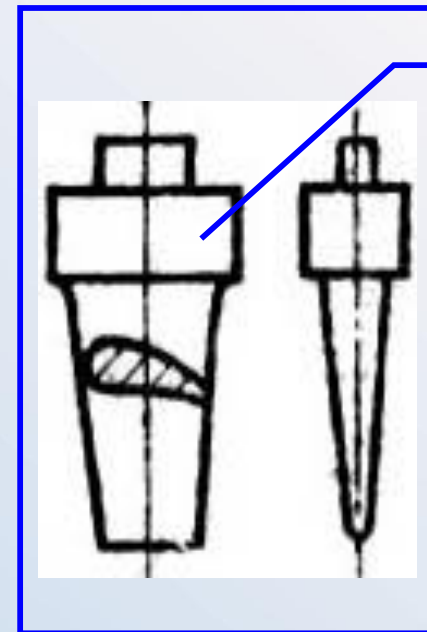
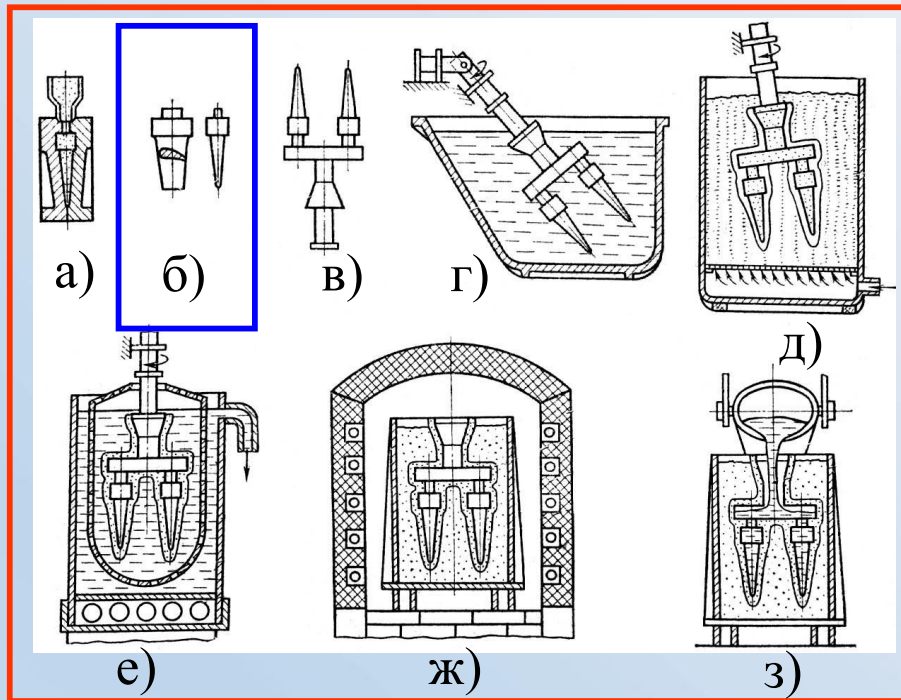


Модельну суміш в пастоподібному стані запресовують в прес-форми.

Виготовлення виливків виливанням за витоплюваними моделями

Суть способу полягає в тому, що за нерознімною легкоплавкою моделлю виготовляють нерознімну разову ливарну форму, моделі з якої потім витоплюють, а в утворену порожнину заливають метал.

Послідовність операцій процесу лиття за витоплюваними моделями



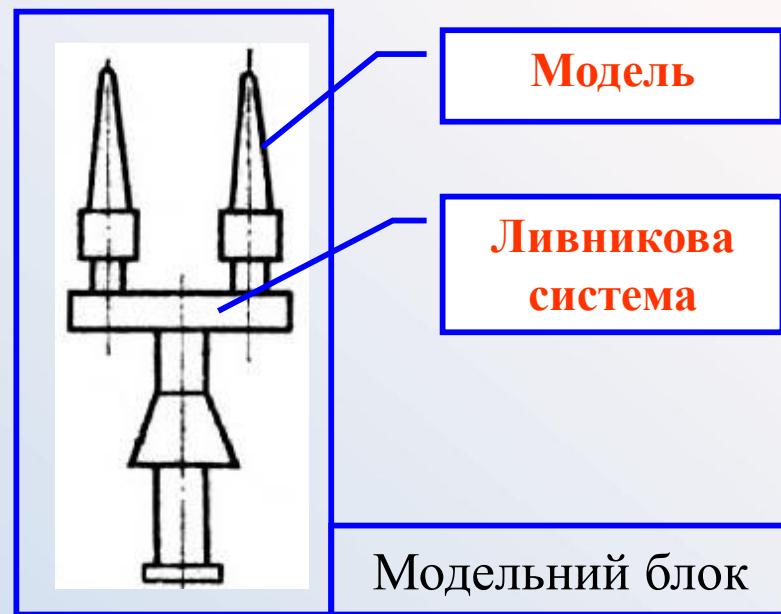
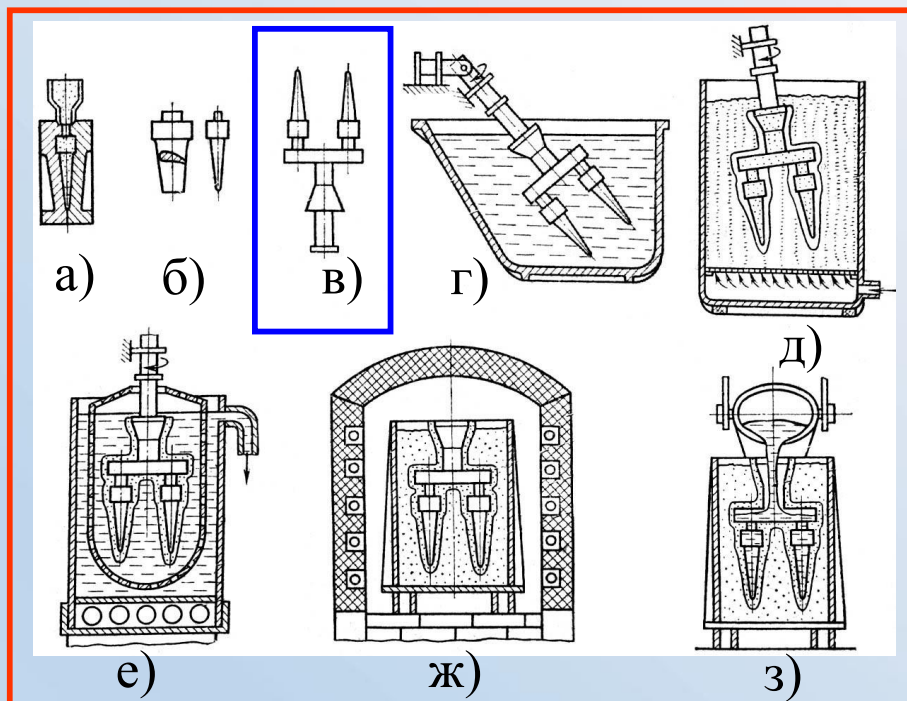
Модель

Після тверднення модельної суміші прес-форма розмикається і модель виштовхується у ванну з водою.

Виготовлення виливків виливанням за витоплюваними моделями

Суть способу полягає в тому, що за нерознімною легкоплавкою моделлю виготовляють нерознімну разову ливарну форму, моделі з якої потім витоплюють, а в утворену порожнину заливають метал.

Послідовність операцій процесу лиття за витоплюваними моделями

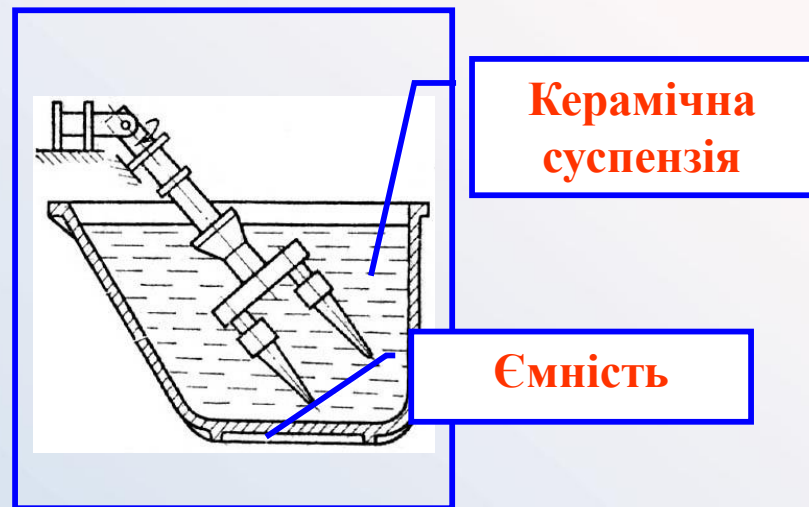
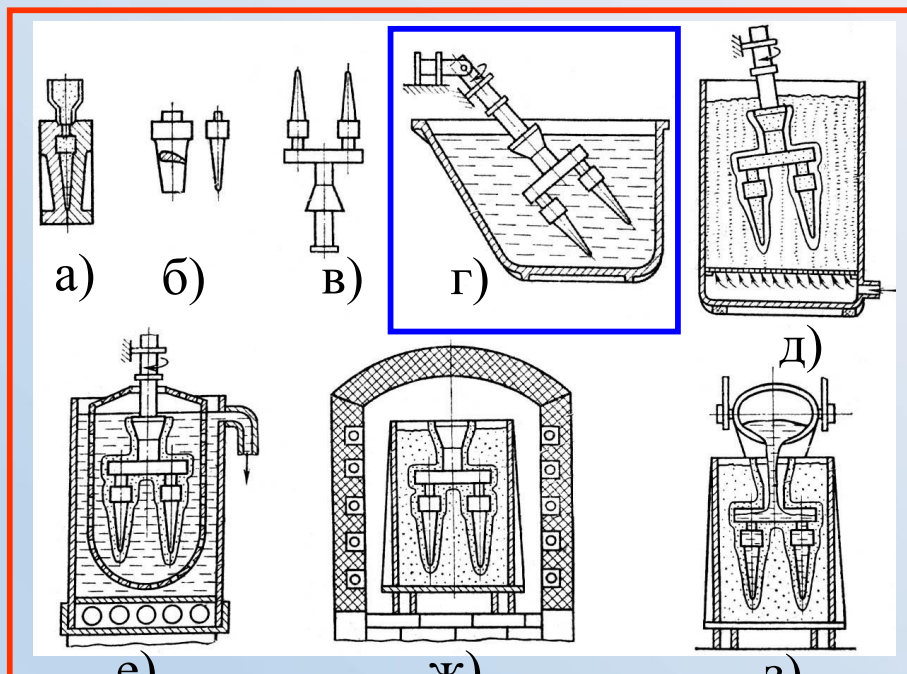


Моделі збирають в модельні блоки з спільною ливниковою системою. В один блок об'єднують від 2 до 100 моделей.

Виготовлення виливків виливанням за витоплюваними моделями

Суть способу полягає в тому, що за нерознімною легкоплавкою моделлю виготовляють нерознімну разову ливарну форму, моделі з якої потім витоплюють, а в утворену порожнину заливають метал.

Послідовність операцій процесу лиття за витоплюваними моделями

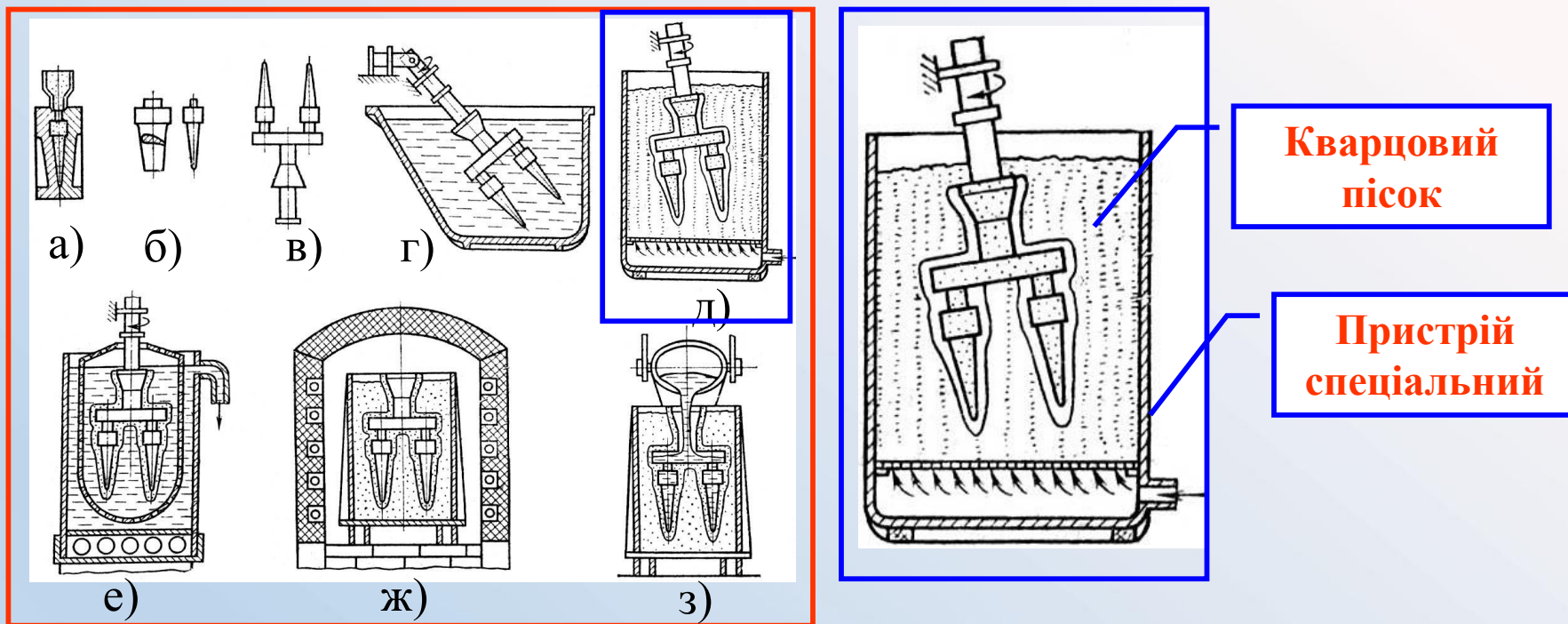


Керамічну суспензію готують шляхом ретельного перемішування вогнетривких матеріалів (дрібного кварцу, електрокорунду та ін.) з в'язучим – гідролізованим розчином етилсилікату.

Виготовлення виливків виливанням за витоплюваними моделями

Суть способу полягає в тому, що за нерознімною легкоплавкою моделлю виготовляють нерознімну разову ливарну форму, моделі з якої потім витоплюють, а в утворену порожнину заливають метал.

Послідовність операцій процесу лиття за витоплюваними моделями

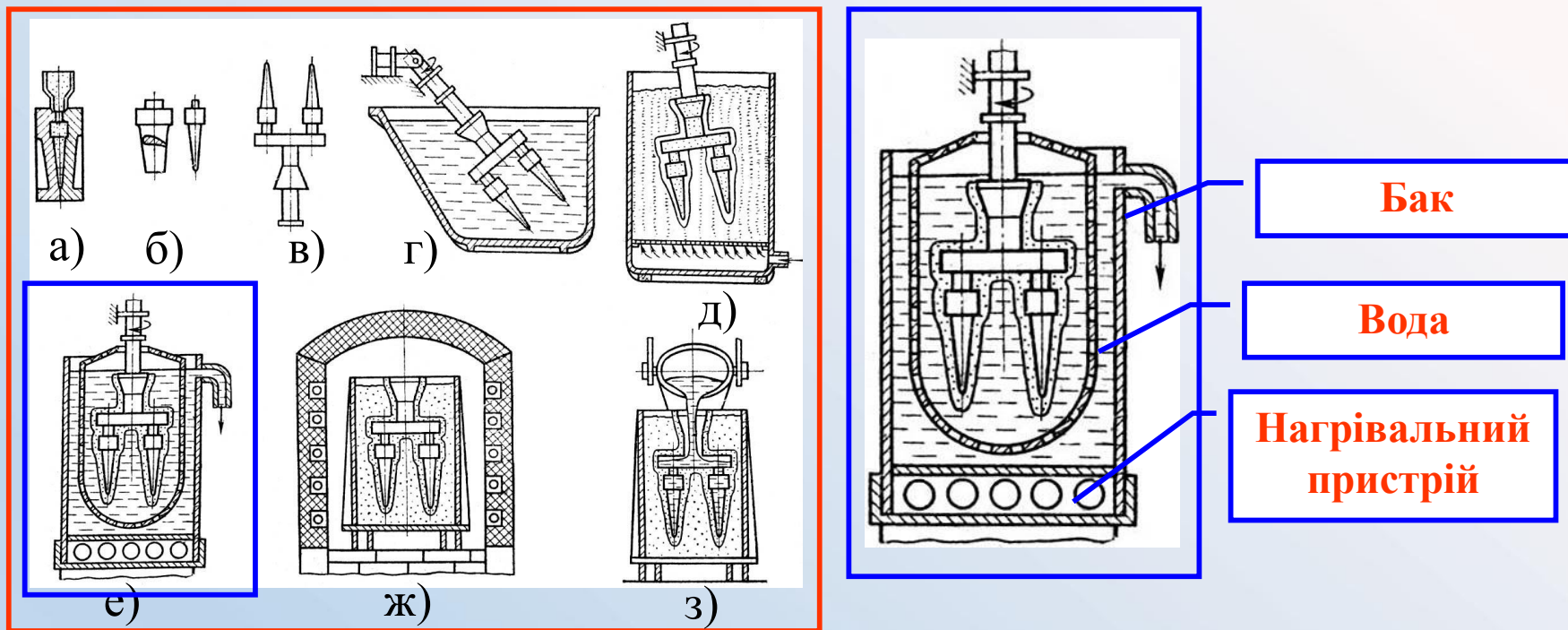


Далі модельний блок обсипають кварцовим піском в спеціальному пристрої. Потім моделі сушать 2...2,5 год. повітрям чи 20...40 хв – аміаком. На модельний блок наносять від чотирьох до шести шарів вогнетривкого покриття з наступним просушуванням кожного шару.

Виготовлення виливків виливанням за витоплюваними моделями

Суть способу полягає в тому, що за нерознімною легкоплавкою моделлю виготовляють нерознімну разову ливарну форму, моделі з якої потім витоплюють, а в утворену порожнину заливають метал.

Послідовність операцій процесу лиття за витоплюваними моделями

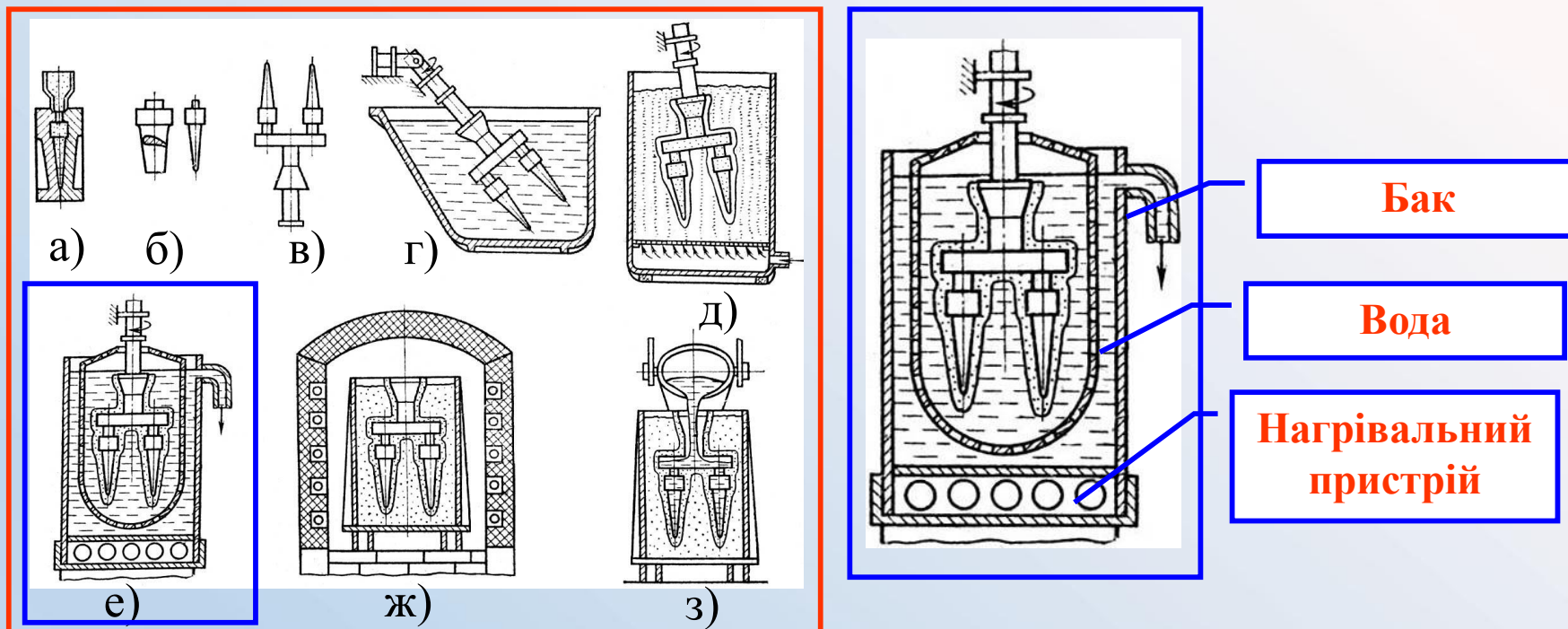


Моделі з форм видаляють виплавленням в гарячій воді. Для цього їх занурюють на декілька хвилин в бак, заповнений водою, яка нагрівальним пристроєм доводиться до температури 80...90°C.

Виготовлення виливків виливанням за витоплюваними моделями

Суть способу полягає в тому, що за нерознімною легкоплавкою моделлю виготовляють нерознімну разову ливарну форму, моделі з якої потім витоплюють, а в утворену порожнину заливають метал.

Послідовність операцій процесу лиття за витоплюваними моделями

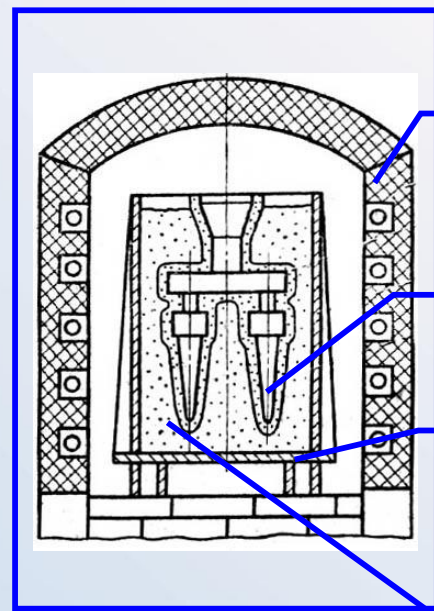
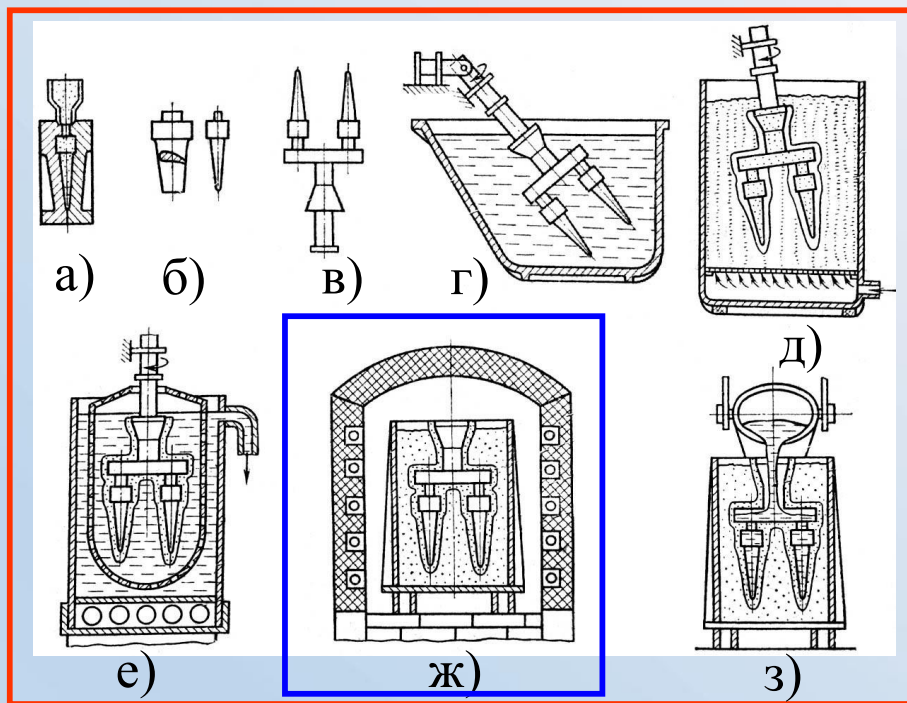


При витримуванні модельна суміш плавиться, спливає на поверхню ванни, звідки періодично видаляється для повторного використання. Після виймання з ванни оболонки промивають водою та сушать в шафах на протязі 1,5...2 год.

Виготовлення виливків виливанням за витоплюваними моделями

Суть способу полягає в тому, що за нерознімною легкоплавкою моделлю виготовляють нерознімну разову ливарну форму, моделі з якої потім витоплюють, а в утворену порожнину заливають метал.

Послідовність операцій процесу лиття за витоплюваними моделями



Електропіч

Оболонка

Жаростійка
опока

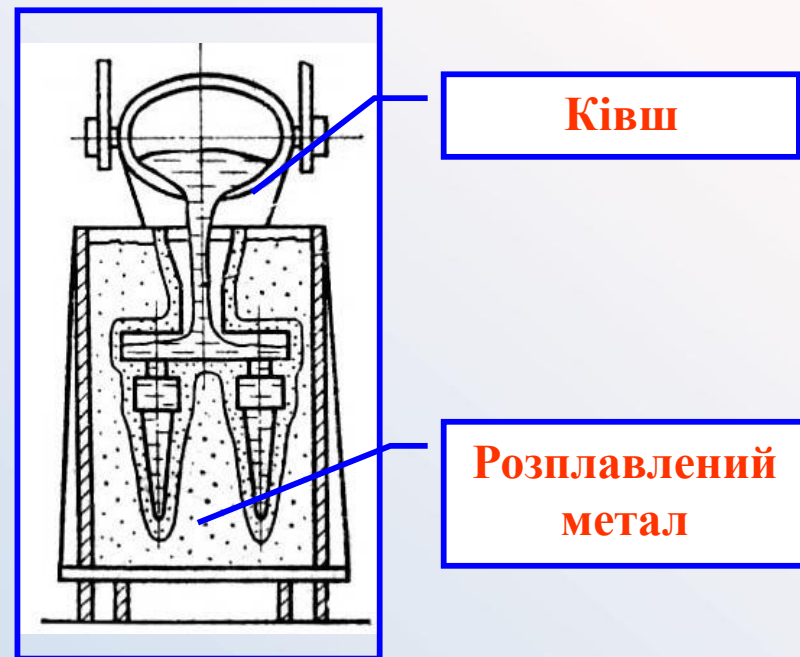
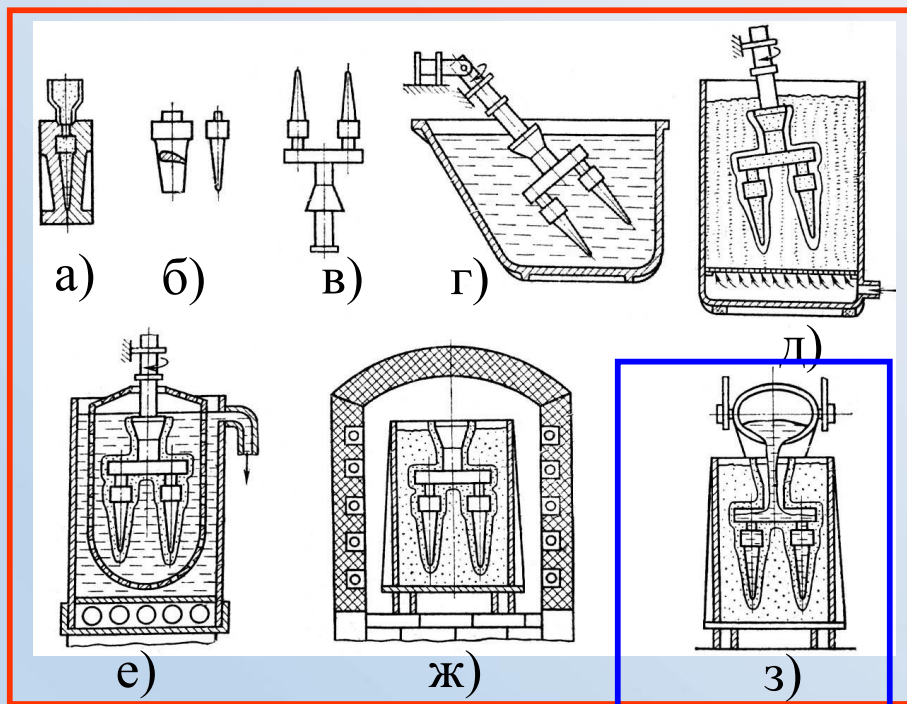
Кварцовий
пісок

Оболонки ставлять вертикально в жаростійкій опоці та навколо засипають сухий кварцовий пісок та ущільнюють його. Далі форму направляють в електропіч для прокалювання на протязі не менше 2 год. при 900...950°C.

Виготовлення виливків виливанням за витоплюваними моделями

Суть способу полягає в тому, що за нерознімною легкоплавкою моделлю виготовляють нерознімну разову ливарну форму, моделі з якої потім витоплюють, а в утворену порожнину заливають метал.

Послідовність операцій процесу лиття за витоплюваними моделями



При прокалюванні частинки в'язучого спікаються з частинками вогнетривкого матеріалу, випаровується волога, вигоряють залишки модельної суміші. Одразу після прокалювання форму (гарячу) заливають розплавленим металом з ковша.

Виготовлення виливків у кокілях

Суть способу полягає в тому, що замість разової піщаної форми використовують багаторазову металеву (кокіль). У кокілях виготовляють виливки з кольорових сплавів, чавуну і рідко зі сталі.

Порівняно з піщаними формами кокіль має ряд переваг :

- не потрібні формові суміші і модельно-опокова оснастка;
- підвищується точність і чистота поверхні виливків;
- високі якість і щільність металу виливка;
- зменшується кількість пилу.

Недоліки лиття в кокіль:

- висока вартість кокілю;
- невіддатливість кокілю, що збільшує небезпечність утворення тріщин у виливках;
- чавунні виливки, виготовлені в кокілі, мають вибілену поверхню.

Виготовлення виливків у кокілях

Суть способу полягає в тому, що замість разової піщаної форми використовують багаторазову металеву (кокіль). У кокілях виготовляють виливки з кольорових сплавів, чавуну і рідко зі сталі.

Порожнини у виливках оформляють піщаними, оболонковими або металевими стрижнями. Кокілі з піщаними або оболонковими стрижнями використовують для отримання виливків складної конфігурації з чавуну, сталі і кольорових сплавів, а з металевими стрижнями — для виливків з алюмінієвих і магнієвих сплавів.

Для отримання складної порожнини відливання використовують роз'ємні стрижні, що складаються з декількох частин. Для видалення повітря і газів з порожнини форми по площині роз'єму кокілю виконують вентиляційні канали. Виливки з робочої порожнини видаляють виштовхувачами. Заданий тепловий режим литва забезпечує система підігріву і охолодження кокілю.

Робочу поверхню кокілю і металевих стрижнів очищають від іржі і забруднень. Потім на робочу поверхню кокілю наносять теплозахисні покриття для оберігання його стінок від дії високих температур металу, що заливається, для регулювання швидкості охолодження виливка, поліпшення заповнюваності кокілю, полегшення витягання виливка і т.д.

Виготовлення виливків у кокілях

Суть способу полягає в тому, що замість разової піщаної форми використовують багаторазову металеву (кокіль). У кокілях виготовляють виливки з кольорових сплавів, чавуну і рідко зі сталі.

Теплозахисні покриття готують з вогнетривких матеріалів (пилоподібного кварцу, меленого шамота, графіту, крейди і ін.), в'язучого (рідкого скла і ін.) і води. Теплозахисні покриття наносять пульверизатором на заздалегідь підігрітий до температури 140...180 °С кокіль шаром завтовшки 0,3...0,8 мм.

Завершальна операція підготовки кокілю: нагрівання його до температури 150...350 °С. Температуру нагріву кокілю призначають залежно від сплаву і товщини стінок виливка. Наприклад, при виготовленні чавунних виливків з товщиною стінок 5...10 мм кокіль нагрівають до 300...350 °С, при товщині стінок 10...20 мм — до 150... 250 °С, для алюмінієвих і магнієвих відливків — до 250...350 °С.

При збірці кокілів в певній послідовності встановлюють металеві або піщані стрижні, перевіряють точність їх установки і закріплення, з'єднують половини кокілю і скріплюють їх. Заливку металу здійснюють розливними ковшами або автоматичними заливальними пристроями. Потім виливок охолоджують до температури вибивання, яка складає 0,6...0,8 температури солідусу сплаву, і виштовхують з кокілю. Після цього виливок піддають обрубуванню, очищенню і в разі потреби – термічній обробці.

Виготовлення виливків у кокілях

Суть способу полягає в тому, що замість разової піщаної форми використовують багаторазову металеву (кокіль). У кокілях виготовляють виливки з кольорових сплавів, чавуну і рідко зі сталі.

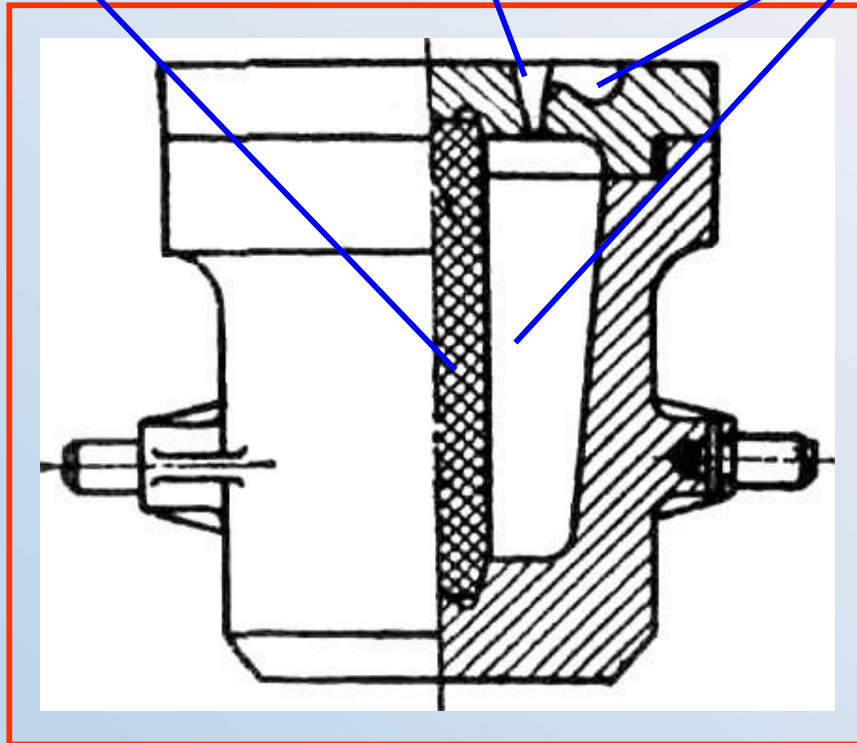
Нерознімний витрушуваний кокіль

Піщаний
стержень

Стояк

Чаша

Порожнина
форми



Виготовлення виливків у кокілях

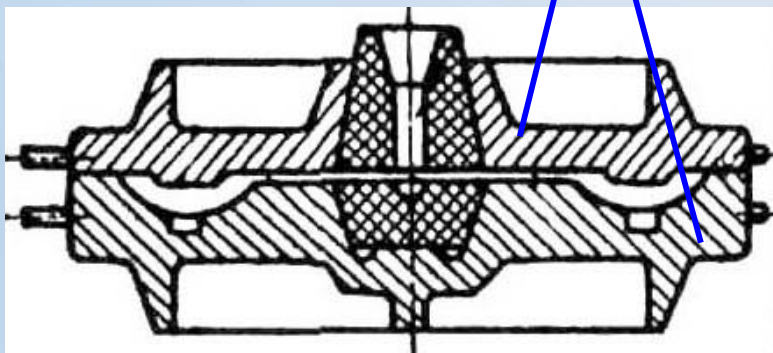
Суть способу полягає в тому, що замість разової піщаної форми використовують багаторазову металеву (кокіль). У кокілях виготовляють виливки з кольорових сплавів, чавуну і рідко зі сталі.

Рознімні кокілі

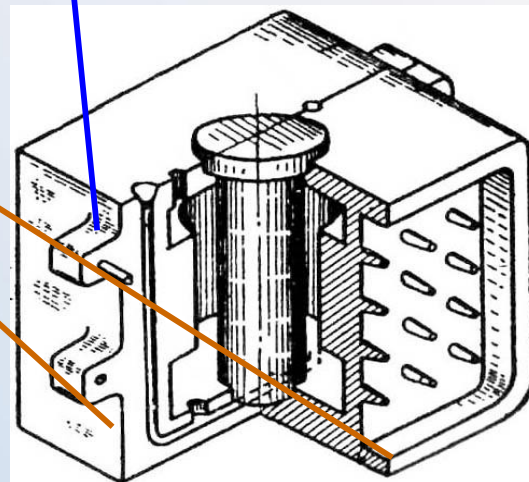
Рознімний кокіль складається з двох половин з напрямними штирями.

Половини кокілю

Напрямний штир



з горизонтальним розняттям



з вертикальним розняттям

Виготовлення виливків у кокілях

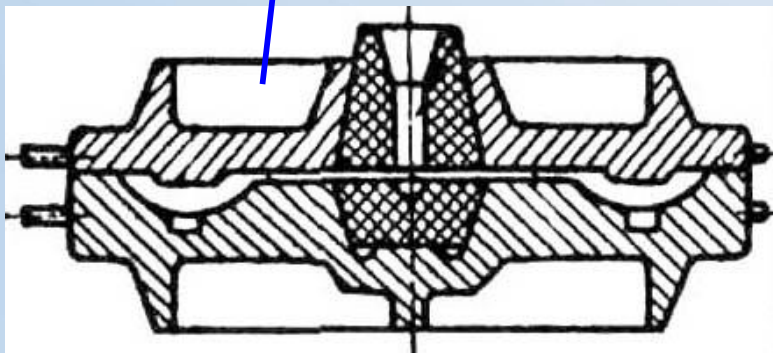
Суть способу полягає в тому, що замість разової піщаної форми використовують багаторазову металеву (кокіль). У кокілях виготовляють виливки з кольорових сплавів, чавуну і рідко зі сталі.

Рознімні кокілі

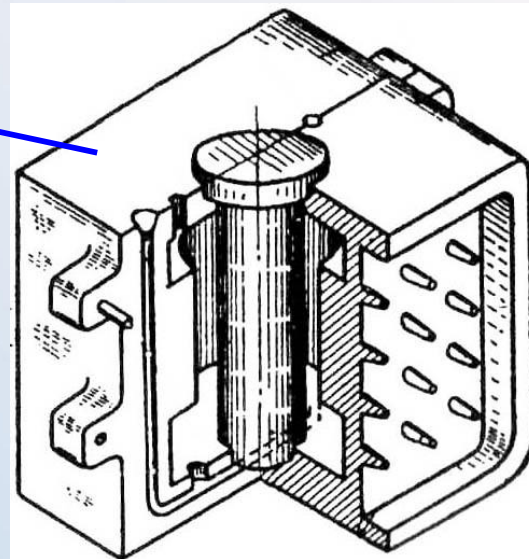
Щоб уникнути жолоблення, кокіль вникову систему розміщують у площині розняття кокілю. Для виходу повітря із форми в момент заливання передбачені випори.

Ребра жорсткості

Коробчата форма



з горизонтальним розняттям



з вертикальним розняттям

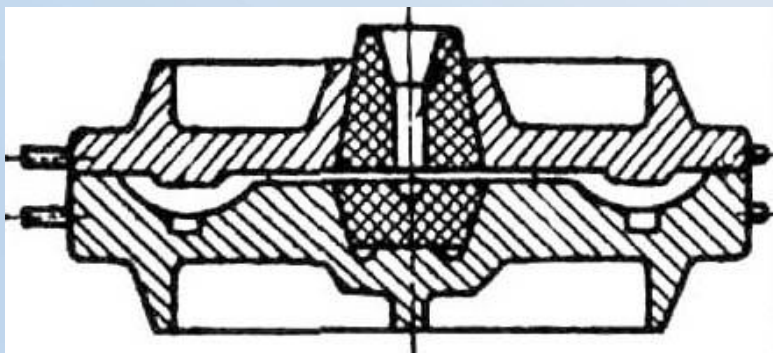
Виготовлення виливків у кокілях

Суть способу полягає в тому, що замість разової піщаної форми використовують багаторазову металеву (кокіль). У кокілях виготовляють виливки з кольорових сплавів, чавуну і рідко зі сталі.

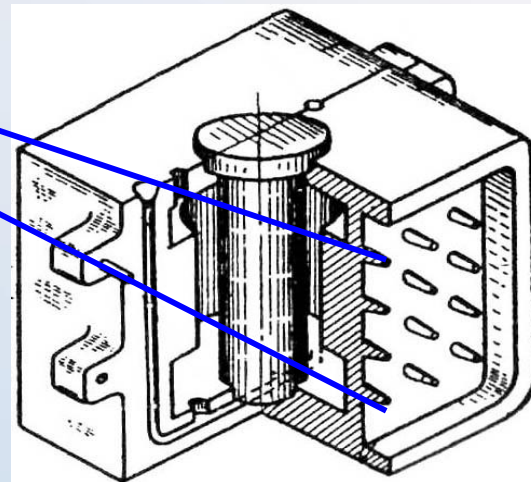
Рознімні кокілі

Для прискорення охолодження кокілю іноді на зовнішній поверхні стінки відливають пальці.

Пальці



з горизонтальним розняттям



з вертикальним розняттям

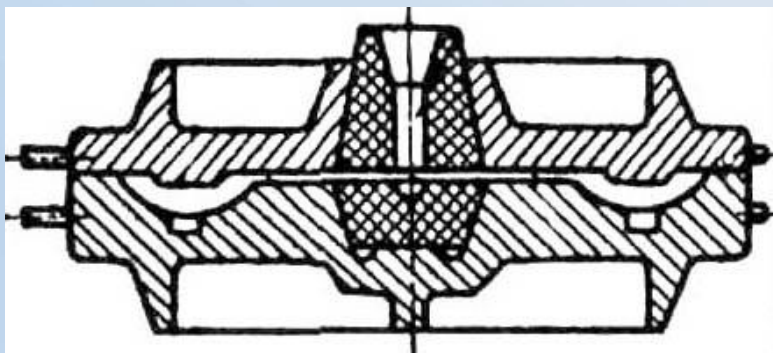
Виготовлення виливків у кокілях

Суть способу полягає в тому, що замість разової піщаної форми використовують багаторазову металеву (кокіль). У кокілях виготовляють виливки з кольорових сплавів, чавуну і рідко зі сталі.

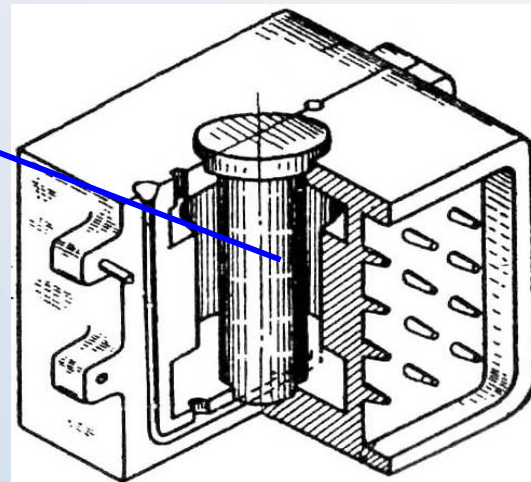
Рознімні кокілі

Отвір (або внутрішню порожнину) у виливку утворює піщаний або металевий стрижень.

Металевий стрижень



з горизонтальним розняттям



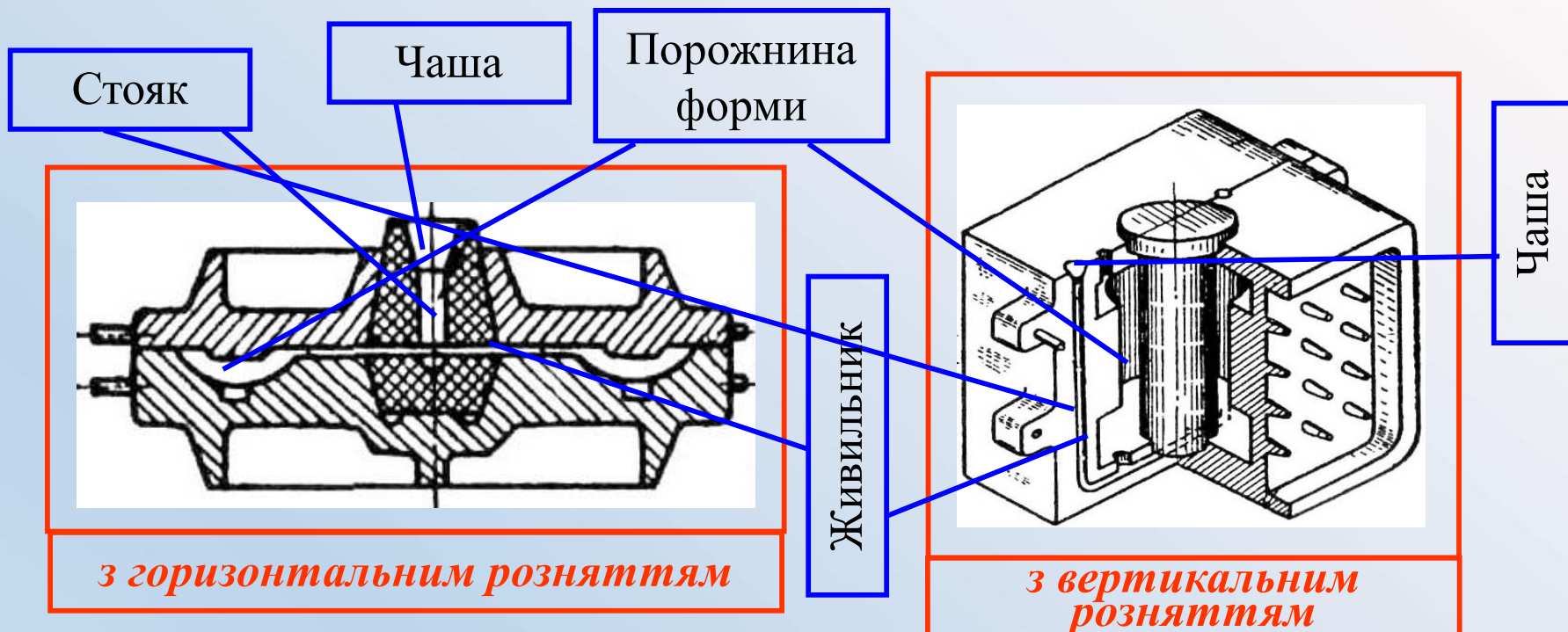
з вертикальним розняттям

Виготовлення виливків у кокілях

Суть способу полягає в тому, що замість разової піщаної форми використовують багаторазову металеву (кокіль). У кокілях виготовляють виливки з кольорових сплавів, чавуну і рідко зі сталі.

Рознімні кокілі

Метал заливають у ливникову чашу і по стояку та живильникам він заповнює порожнину форми.



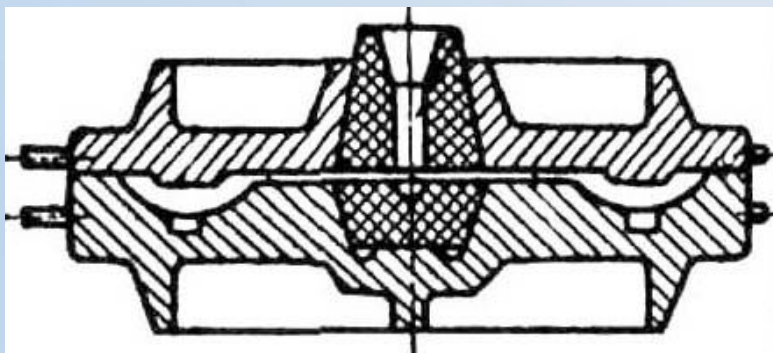
Виготовлення виливків у кокілях

Суть способу полягає в тому, що замість разової піщаної форми використовують багаторазову металеву (кокіль). У кокілях виготовляють виливки з кольорових сплавів, чавуну і рідко зі сталі.

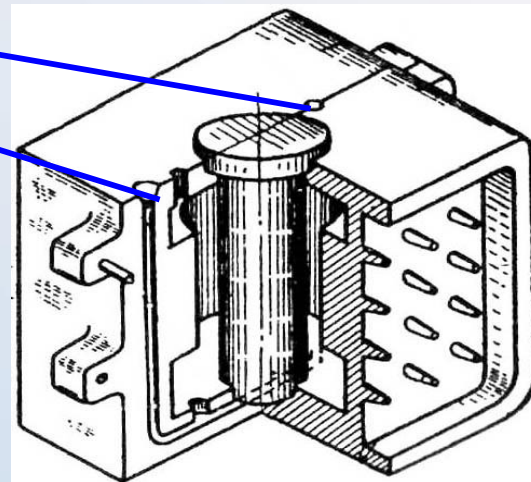
Рознімні кокілі

Отвір (або внутрішню порожнину) у виливку утворює піщаний або металевий стрижень.

Випори



з горизонтальним розняттям



з вертикальним розняттям

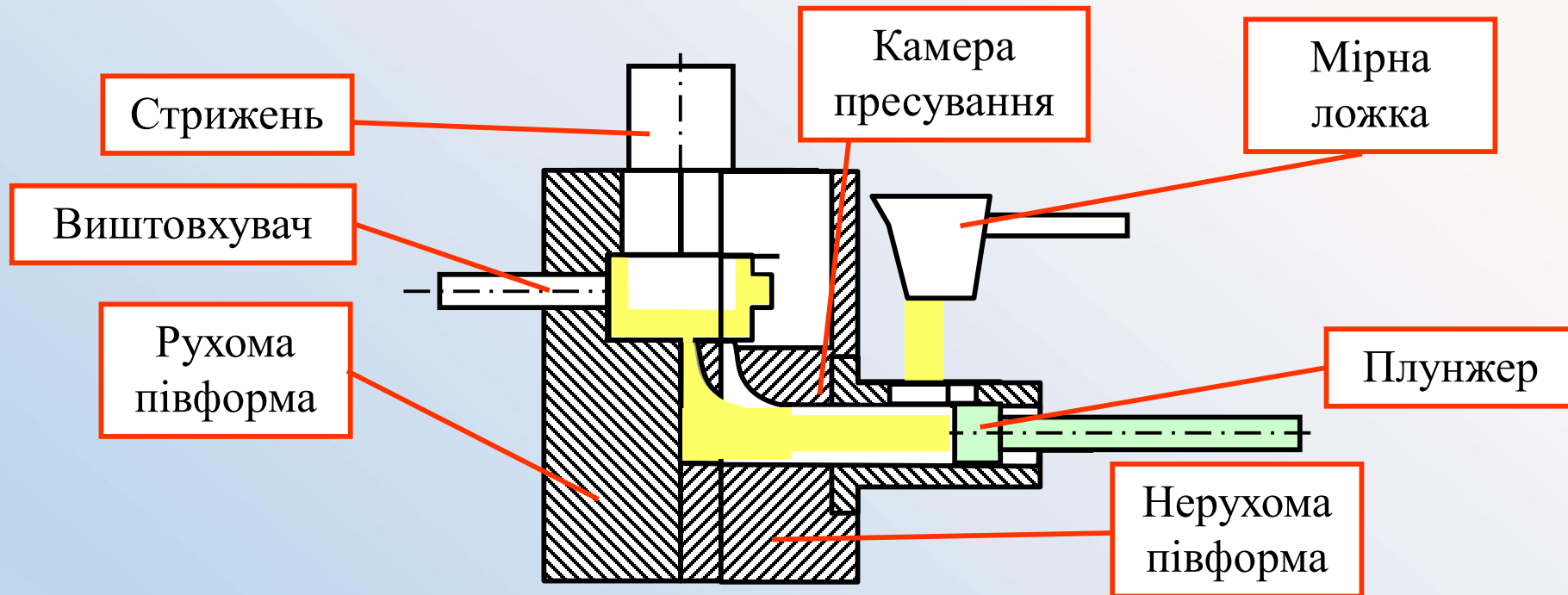
Виготовлення виливків виливанням під тиском

1.Суть цього способу полягає в тому, що метал під тиском примусово заповнює металеву прес-форму. Це усуває можливість утворення усадочних раковин і, отже, дає змогу відмовитись від додатків. Завдяки тиску розчинені в металі гази залишаються в розчині, що знижує газову пористість, підвищує щільність і міцність виливків

Виготовлюють виливки на машинах лиття під тиском з холодною чи гарячою камерою пресування. В машинах з холодною камерою пресування камери пресування розташовуються або горизонтально, або вертикально.

Виготовлення виливків виливанням під тиском

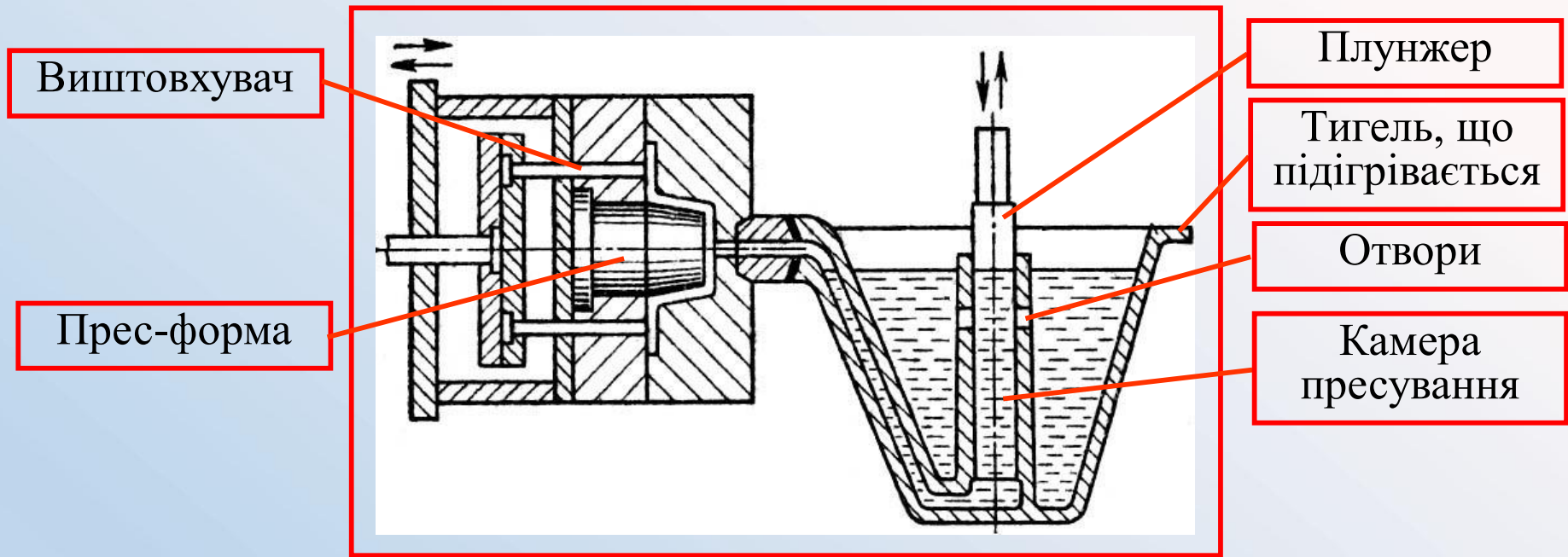
Процес виготовлення виливків на машинах з холодною горизонтальною камерою пресування



На машинах з горизонтальною камерою пресування порцію розплавленого металу заливають в камеру пресування і під тиском 40...100 МПа подають в порожнину прес-форми, яка складається з нерухомої та рухомої півформи. Внутрішню порожнину отримують за допомогою стрижня.

Виготовлення виливків виливанням під тиском

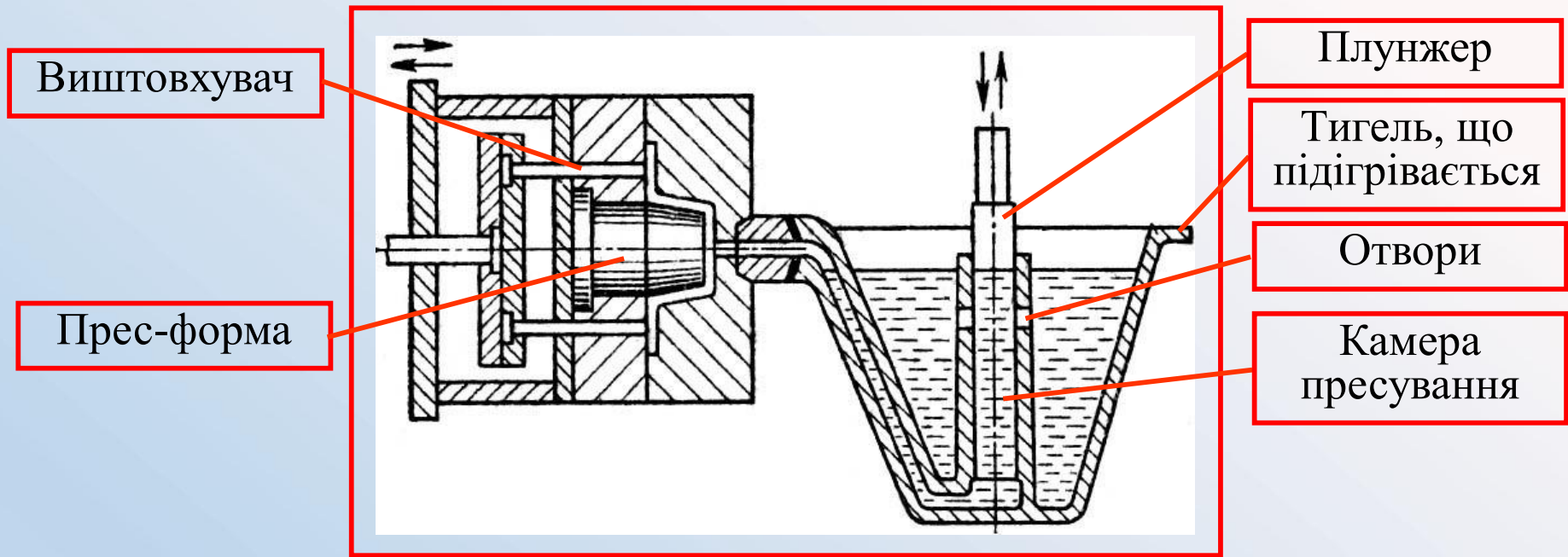
При литті під тиском температуру заливання приймають на $10...20^{\circ}\text{C}$ вищою температури ліквідуса



На машинах з гарячою камерою пресування камера пресування розташована в тиглі з розплавленим металом. При верхньому положенні плунжера (як на рисунку) розплавлений метал через отвори заповнює камеру пресування.

Виготовлення виливків виливанням під тиском

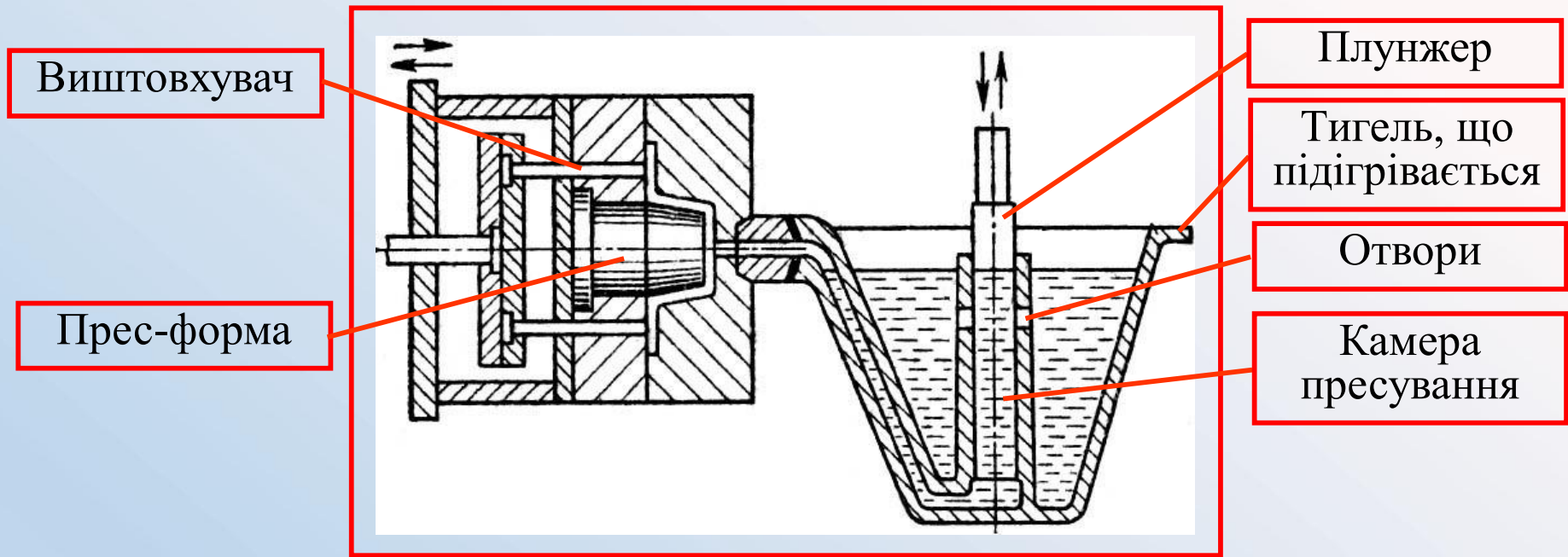
При литті під тиском температуру заливання приймають на $10...20^{\circ}\text{C}$ вищою температури ліквідуса



При русі поршня вниз отвори перекриваються. Сплав під тиском $10...30\text{ МПа}$ заповнює порожнину прес-форми.

Виготовлення виливків виливанням під тиском

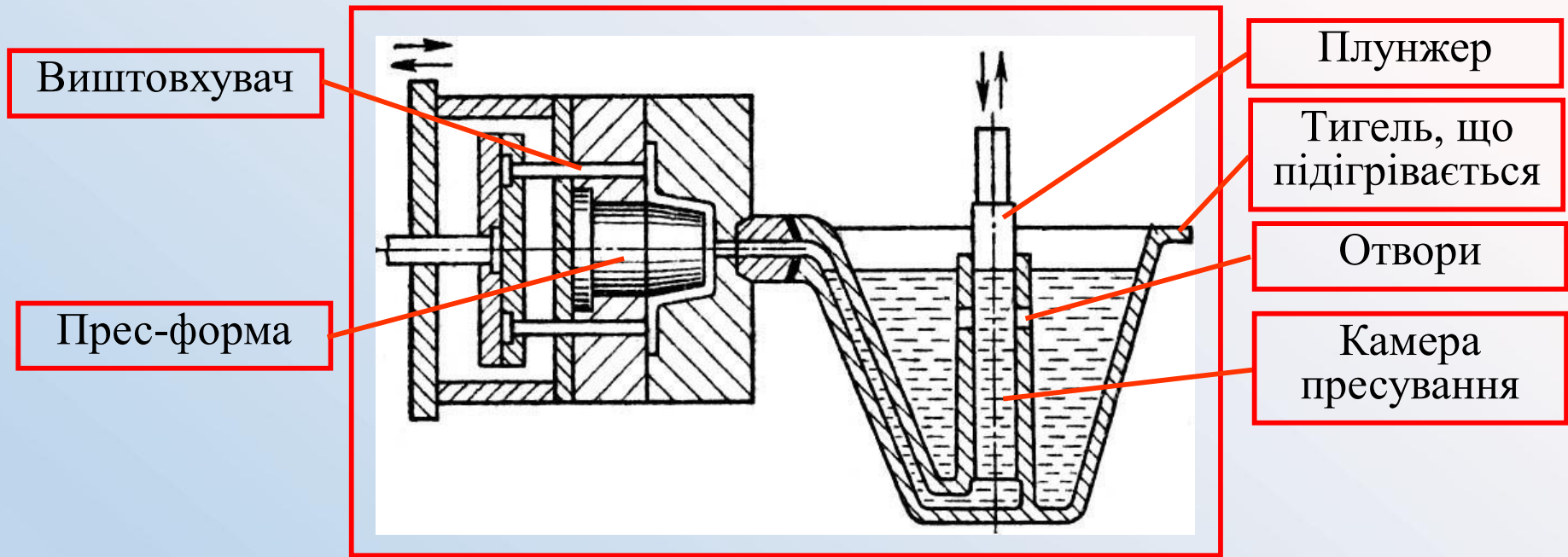
При литті під тиском температуру заливання приймають на 10...20°C вищою температури ліквідуса



Після тверднення виливка плунжер повертається в початкове положення, залишки розплавленого металу з каналу зливаються в камеру пресування, а виливок з прес-форми видаляється виштовхувачами.

Виготовлення виливків виливанням під тиском

При литті під тиском температуру заливання приймають на 10...20°C вищою температури ліквідуса



Машини з гарячою камерою пресування використовуються для виготовлення виливків з цинкових та магнієвих сплавів масою від декількох грамів до 25 кг.

Виготовлення виливків виливанням під тиском

При литті під тиском температуру заливання приймають на 10...20°C вищою температури ліквідуса

Переваги лиття під тиском

Лиття під тиском використовують в масовому та крупносерійному виробництві виливків з мінімальною товщиною стінок 0,8 мм, з високою точністю розмірів та малою шорсткістю поверхні за рахунок точної обробки та ретельного полірування робочої порожнини прес-форми; без механічної обробки або з мінімальними припусками, що значно скорочує об'єм механічної обробки виливків; з високою продуктивністю.

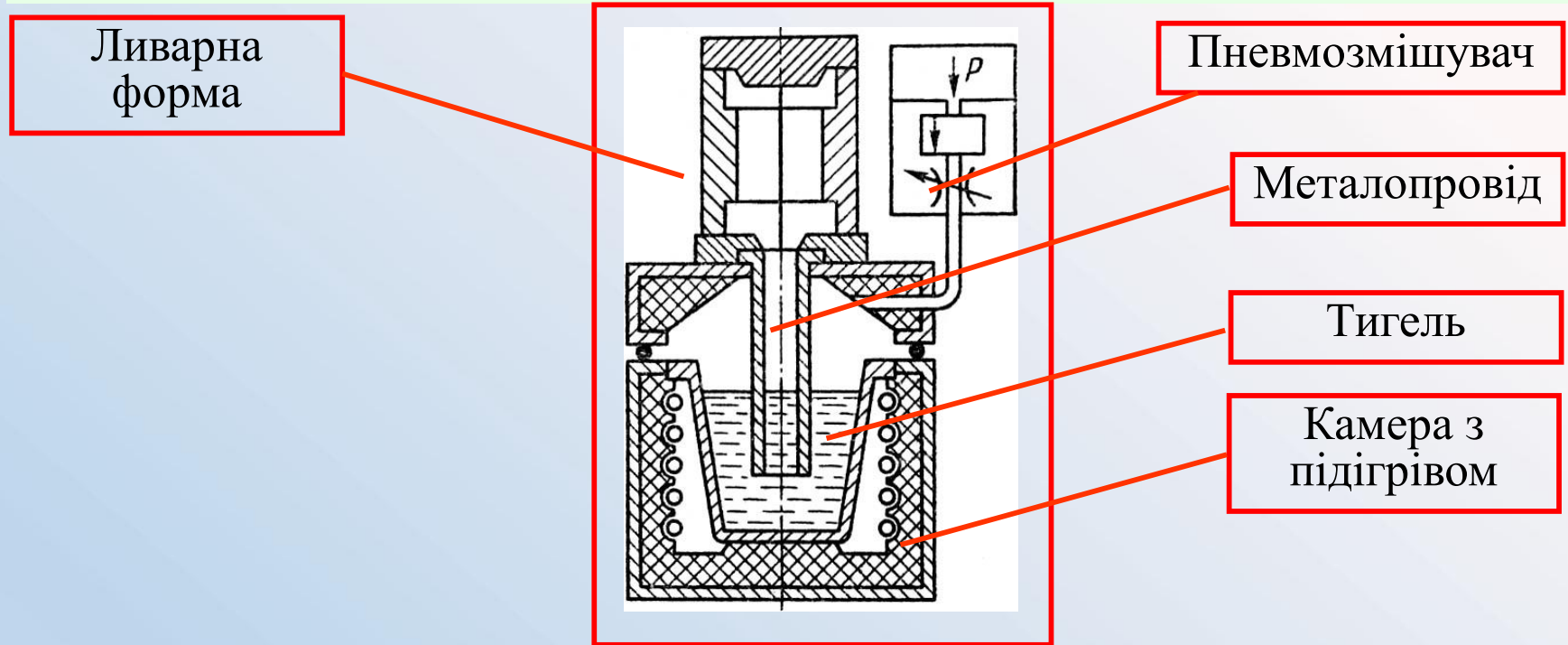
Недоліки лиття під тиском

Висока собівартість прес-форм та обладнання; обмеженість габаритних розмірів та маси виливків; наявність повітряної пористості в масивних частинах виливків, яка знижує міцність деталей.

Виготовлення виливків литтям під регульованим тиском

*Розрізняють лиття під низьким тиском
та лиття вакуумним всмоктуванням*

Схема лиття вакуумним всмоктуванням

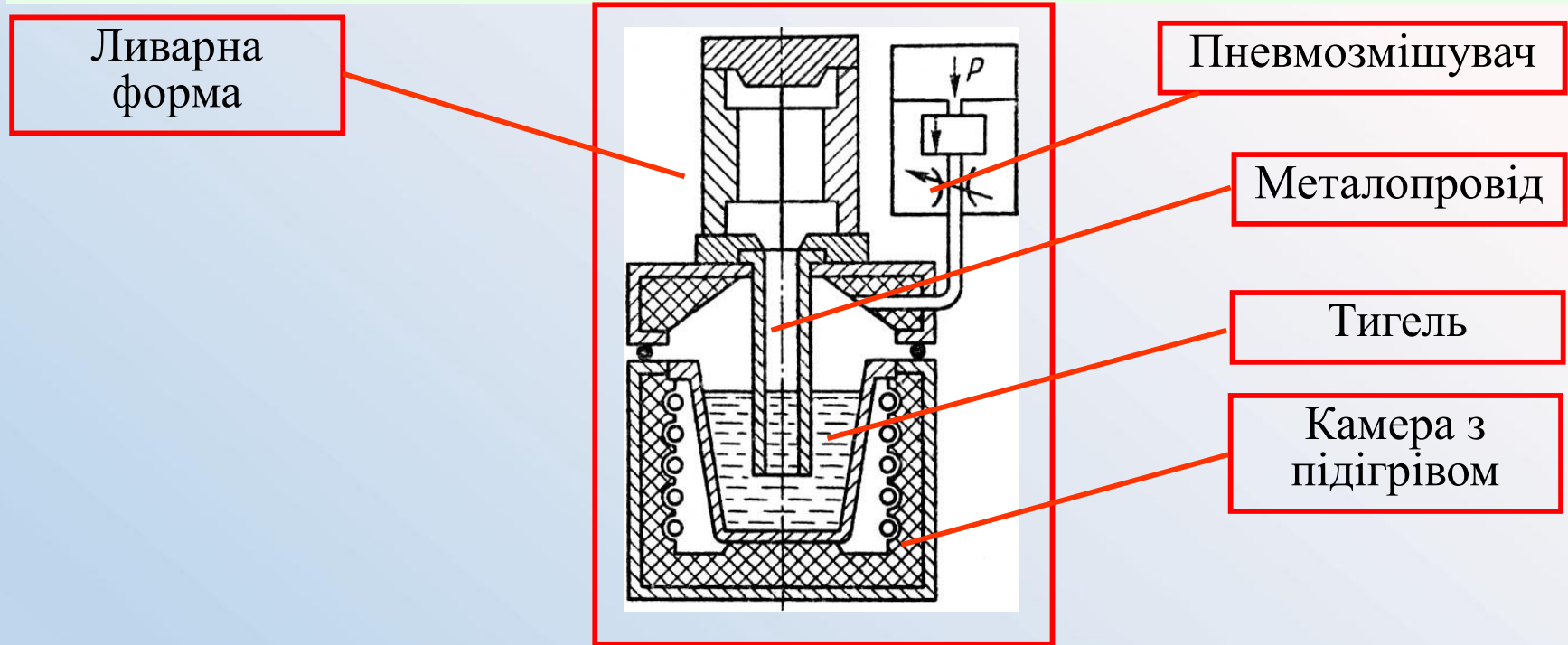


В камері з підігрівом розташовують тигель з розплавленим металом, а на верхню частину камери встановлюють ливарну форму. Порожнина форми з'єднана з тиглем за допомогою металопроводу.

Виготовлення виливків литтям під регульованим тиском

*Розрізняють лиття під низьким тиском
та лиття вакуумним всмоктуванням*

Схема лиття вакуумним всмоктуванням

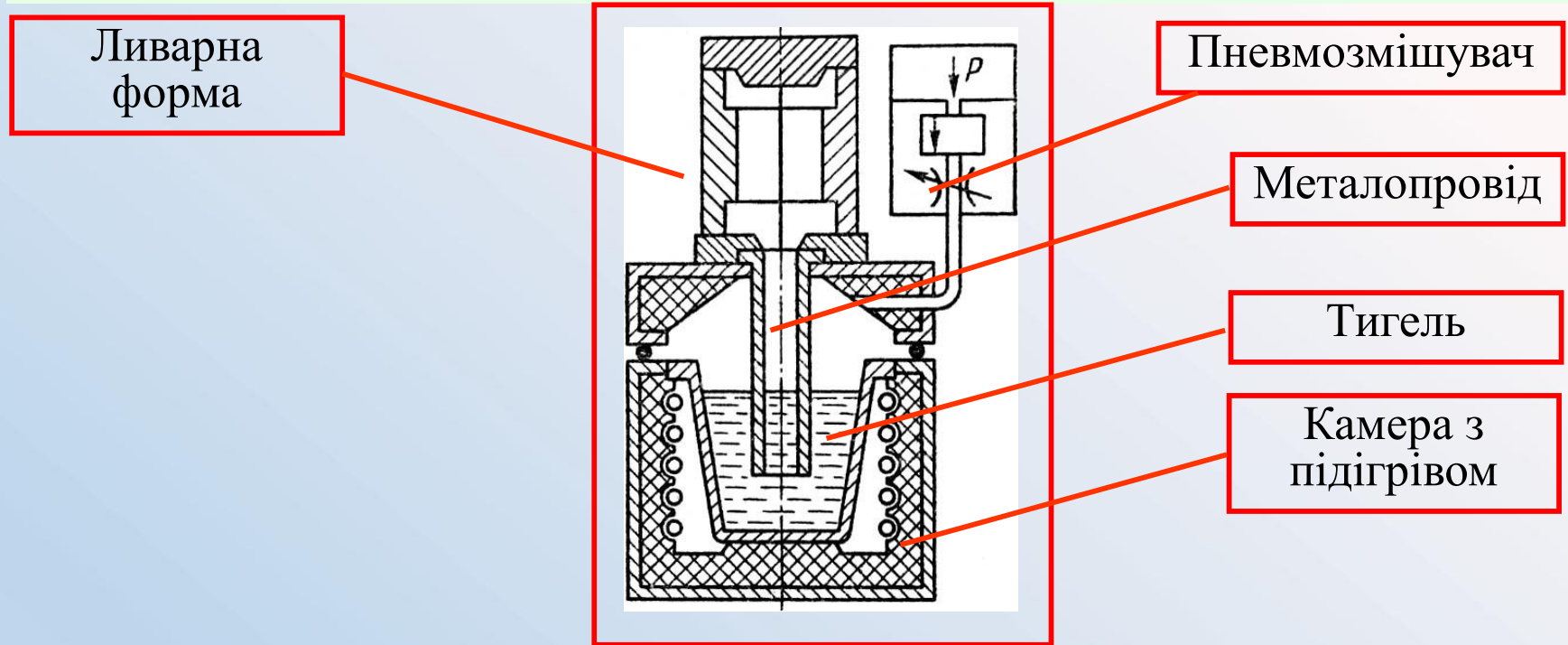


Під дією стисненого повітря чи газу, що надходить до камери з пневмозмішувача під тиском $0,01 \dots 0,08$ МПа, розплав при температурі на $100 \dots 150^\circ\text{C}$ вище температури ліквідуса піднімається по металопроводу зі швидкістю $1,5 \dots 1,6$ м/с і заповнює порожнину форми.

Виготовлення виливків литтям під регульованим тиском

*Розрізняють лиття під низьким тиском
та лиття вакуумним всмоктуванням*

Схема лиття вакуумним всмоктуванням

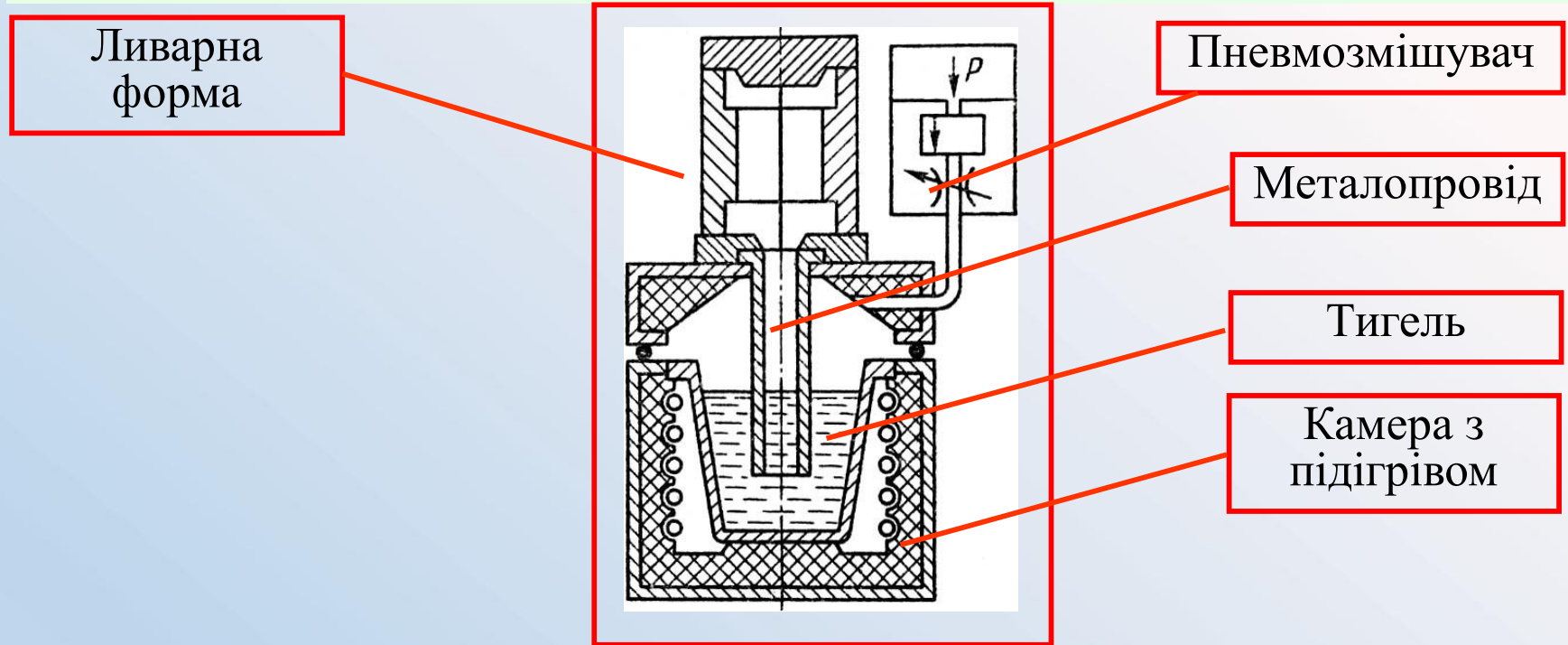


Після заповнення форми і необхідної витримки для тверднення тиск у камері зменшують, розкривають форму і виймають виливок.

Виготовлення виливків литтям під регульованим тиском

*Розрізняють лиття під низьким тиском
та лиття вакуумним всмоктуванням*

Схема лиття вакуумним всмоктуванням

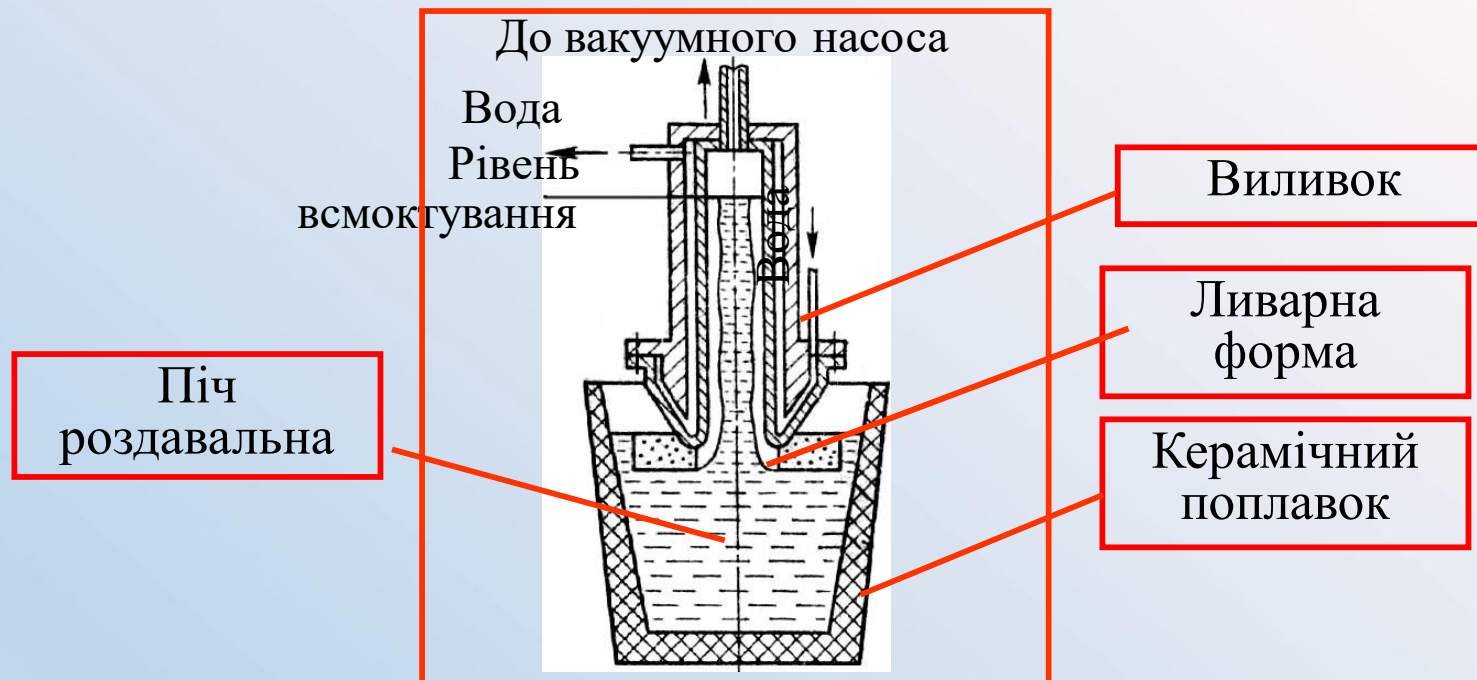


При литті вакуумним всмоктуванням ливарна форма, яка охолоджується водою, заповнюється розплавленим металом з роздавальної печі за рахунок розрідження, яке в ній створює вакуумний насос.

Виготовлення виливків литтям під регульованим тиском

*Розрізняють лиття під низьким тиском
та лиття вакуумним всмоктуванням*

Схема лиття вакуумним всмоктуванням

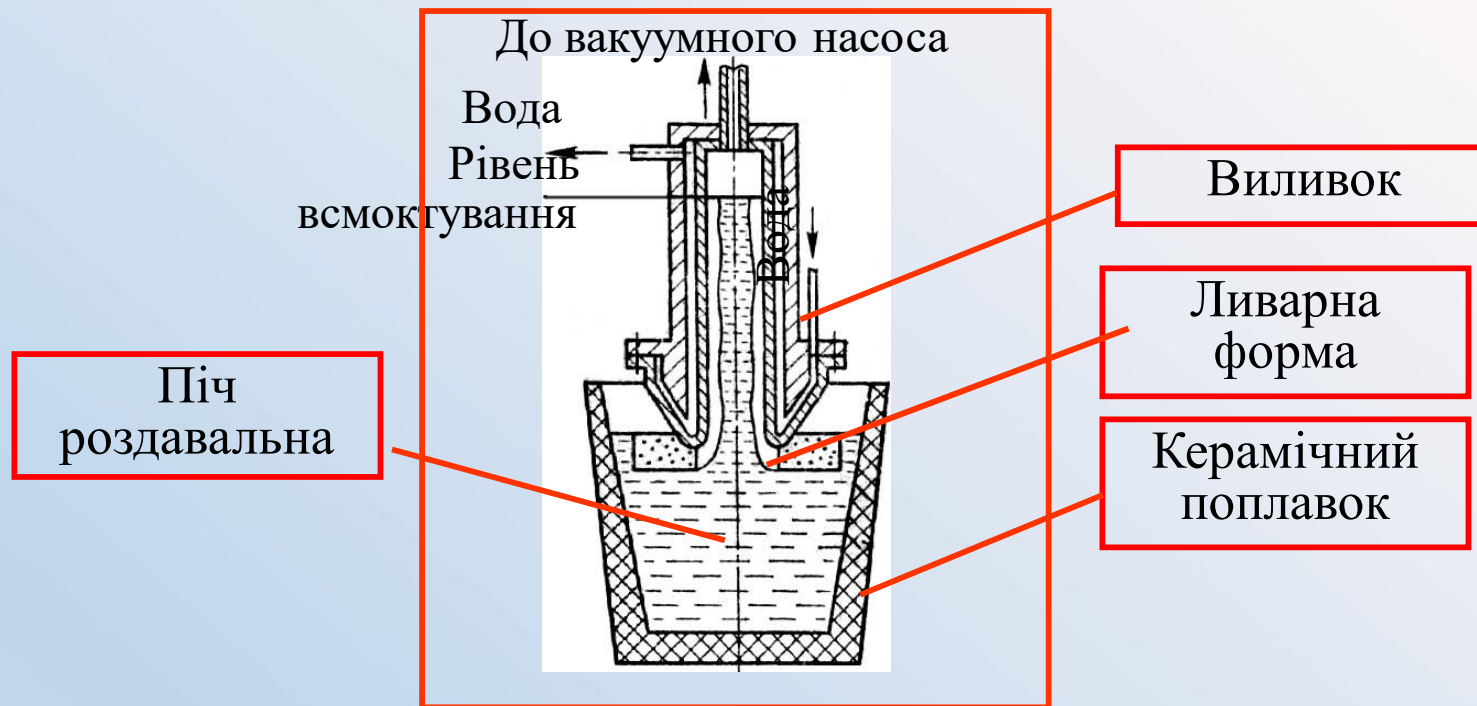


Цим способом виготовляють різноманітні втулки, кільця, гайки, колеса компресорів та інші виливки з мідних, алюмінієвих та інших сплавів. *Переваги лиття вакуумним всмоктуванням* полягають в усуненні браку від газових раковин та пористості, оскільки виливоч утворюється при послідовній кристалізації

Виготовлення виливків литтям під регульованим тиском

*Розрізняють лиття під низьким тиском
та лиття вакуумним всмоктуванням*

Схема лиття вакуумним всмоктуванням



Ливарна форма під час заповнення її металом опирається на керамічний поплавок. Під час нетривалої витримки формується виливок. Потім порожнина форми з'єднується з атмосферою, і метал, що не затвердів, зливається в роздавальну піч.

Виготовлення виливків відцентровим литтям

Суть способу полягає в тому, що метал заливають у кокіль, який обертається з певною швидкістю. Заповнення кокілю і кристалізація металу відбуваються під дією відцентрових сил, що забезпечує значну щільність металу, оскільки гази і неметалеві домішки важкий метал витискує до внутрішньої порожнини виливка, а потім їх видаляють при механічній обробці.

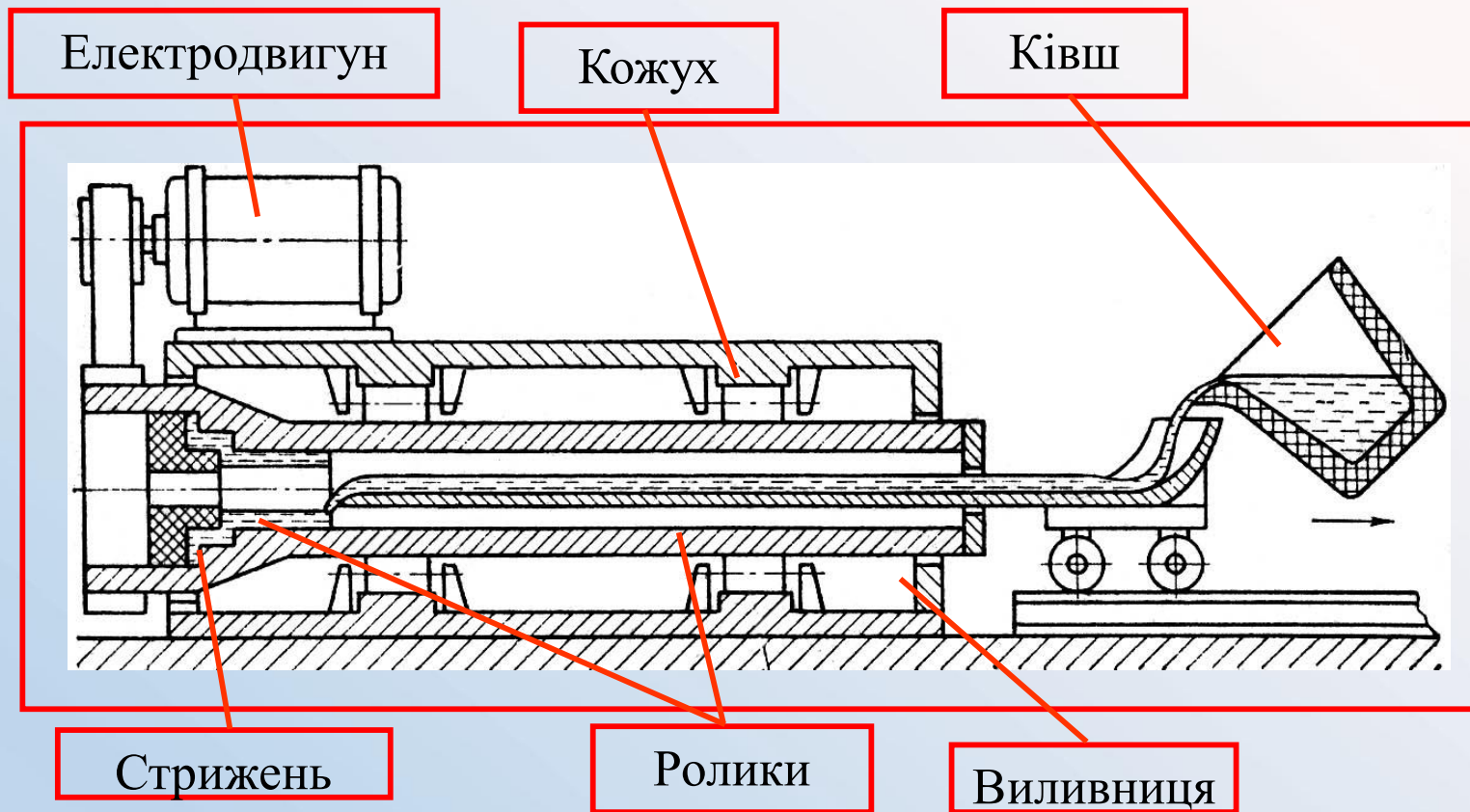
Перевагою відцентрового лиття є високий вихід придатних виливків (до 90 %) завдяки майже повній відсутності витрати металу на ливникову систему і додатки.

Відцентровим литтям виготовляють виливки в металевих, піщаних, оболонкових формах та формах для лиття за витоплюваними моделями на відцентрових машинах з горизонтальною чи вертикальною віссю обертання.

Металеві форми (виливниці) виготовляють з чавуну та сталі. Зазвичай її товщина в 1,5...2 рази більша товщини виливка. В процесі лиття виливниці ззовні охолоджують водою чи повітрям. На робочу поверхню виливниці наносять теплозахисні покриття для збільшення терміну служби. Перед роботою виливниці підігрівають до 200°C.

Виготовлення виливків відцентровим литтям

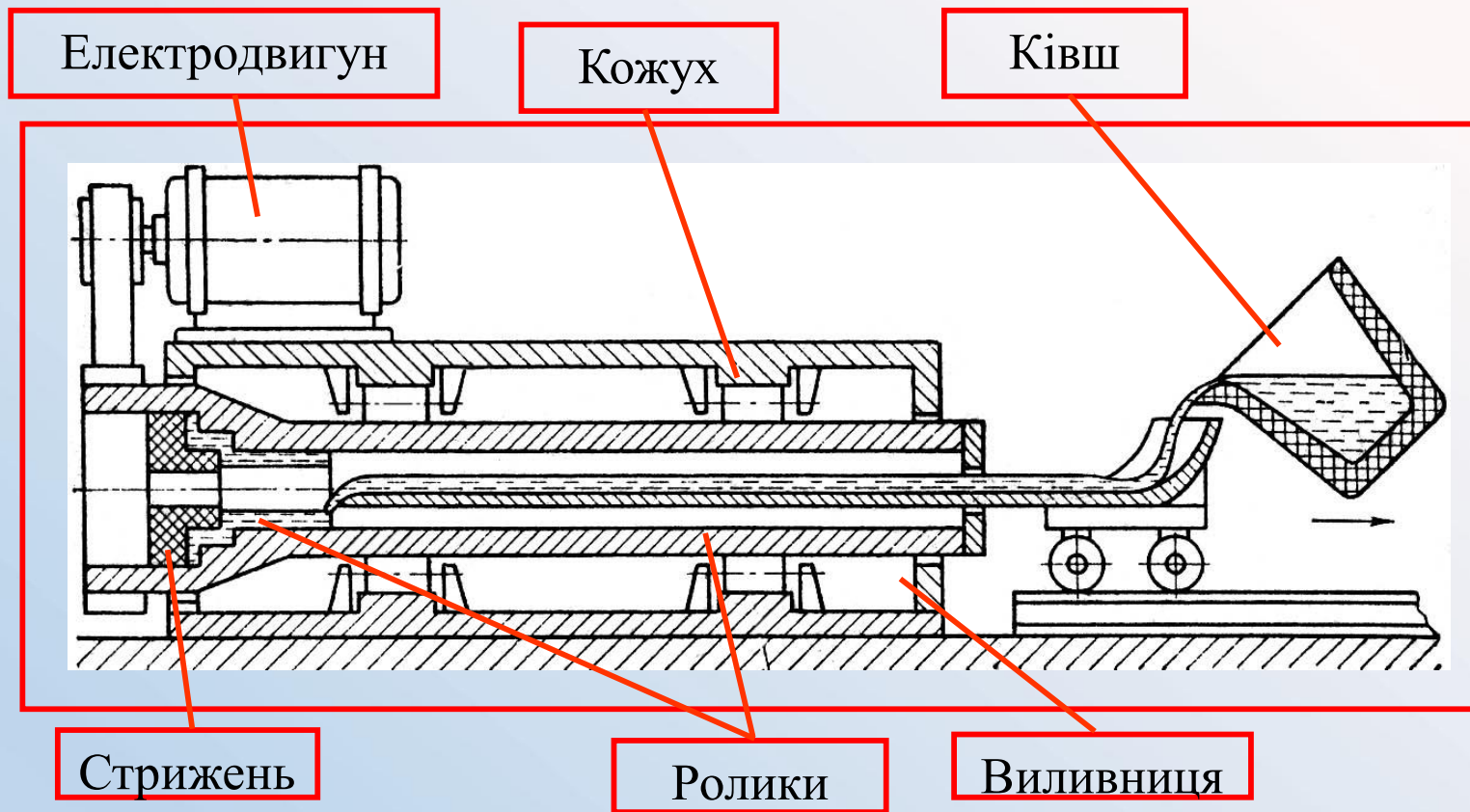
Схема процесу виготовлення чавунних труб відцентровим литтям



Для отримання чавунних водопровідних труб на машинах з горизонтальною віссю обертання виливницю встановлюють на опорні ролики та закривають кожухом. Електродвигуном виливниці надається обертовий рух.

Виготовлення виливків відцентровим литтям

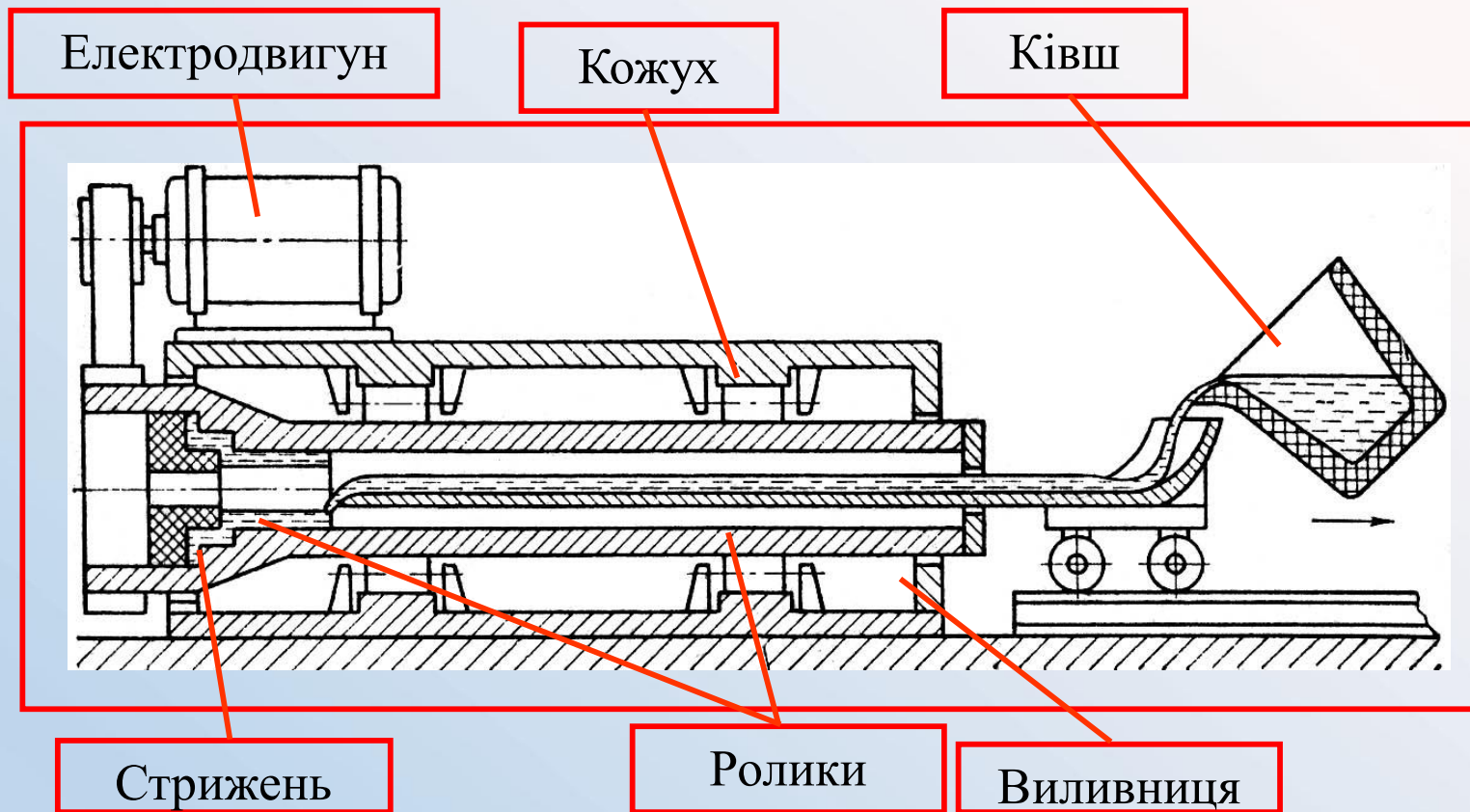
Схема процесу виготовлення чавунних труб відцентровим литтям



Розплавлений чавун з ковша заливають через жолоб, який в процесі заливання чавуну переміщується в напрямку, вказаному стрілкою, що забезпечує отримання виливка з однаковою за довжиною товщиною стінки.

Виготовлення виливків відцентровим литтям

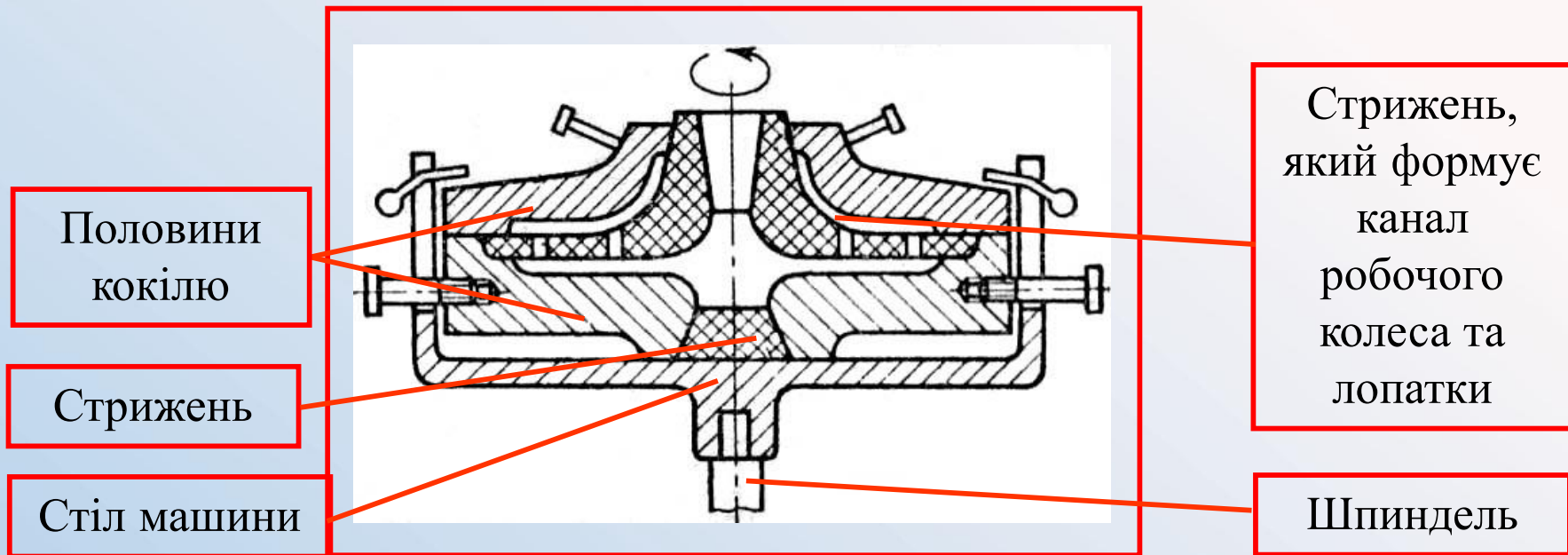
Схема процесу виготовлення чавунних труб відцентровим литтям



Для отримання розтруба використовують або піщаний, або оболонковий стрижень. Після затвердіння залитого чавуну трубу виймають з виливниці. На таких машинах також виготовляють втулки, кільця і т.п.

Виготовлення виливків відцентровим литтям

Схема процесу відцентрового лиття складних тонкостінних робочих коліс на машинах з вертикальною віссю обертання



На схемі показані дві половини кокілю, стрижень, який формує канал робочого колеса та його лопатки, стіл машини, стрижень, який сприймає удар струменю розплавленого металу, шпindel відцентрової машини.

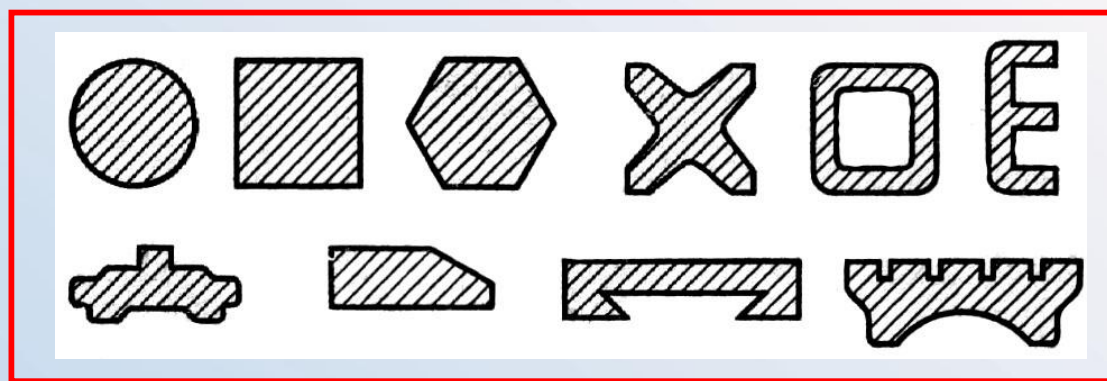
Виготовлення виливків відцентровим литтям

Частота обертання виливниці при відцентровому литті складає від 150 до 1200 об/хв. Виливниці перед заливанням підігрівають до температури 150...200°C. Температуру заливання сплавів призначають на 100...150 °C вище температури ліквідуса.

Переваги відцентрового лиття – отримання внутрішніх поверхонь трубних заготовок без застосування стрижнів; значна економія сплаву за рахунок відсутності ливникової системи; можливість отримання двошарових заготовок, що досягається почерговим заливання в форму різних сплавів (сталь і чавун, чавун і бронза і т.д.)

Виготовлення виливків безперервним литтям

На МБЛЗ дістають зливки від квадратних або круглих невеликого перерізу, наприклад 120 x 150 або 150 x 150 мм, діаметром 120... 150 мм до прямокутних завтовшки 200...300 мм та завширшки до 2,5 м, а також у вигляді труб, а також з паралельними твірними з чавуну, мідних, алюмінієвих та інших сплавів.



Зразки перерізів виливків, які можна отримати безперервним литтям

Завдяки безперервному живленню і спрямованому затвердінню у виготовлених на МБЛЗ зливках немає усадочних раковин, що забезпечує вихід придатного металу до 96...98 % від маси виплавленого. Поверхня таких зливків має високу якість, а метал - однорідну будову. Енергетичні витрати при виготовленні заготовок на МБЛЗ зменшуються приблизно на 15 %. Завдяки цьому частка сталі, що розливається безперервним способом, перевищує 60 % від загального об'єму світового виробництва

Виготовлення виливків електрошлаковим литтям

Схема виготовлення виливка прокатного валка електрошлаковим виливанням

При ЕШВ плавлення металу, заповнення ним ливарної форми і затвердіння виливка відбувається безперервно і одночасно. При звичайній ливарній технології ці операції роз'єднані, що погіршує якість металу виливка.

При ЕШВ ливарна форма виконує дві функції: є плавильним агрегатом і формує виливок. Цей процес відбувається під шаром рідкого шлаку, який є джерелом теплоти, очищає метал від сірки та фосфору, захищає його від кисню і азоту повітря, виконує роль теплового додатка при кристалізації металу, що усуває усадочні раковини і потребу в додатках.

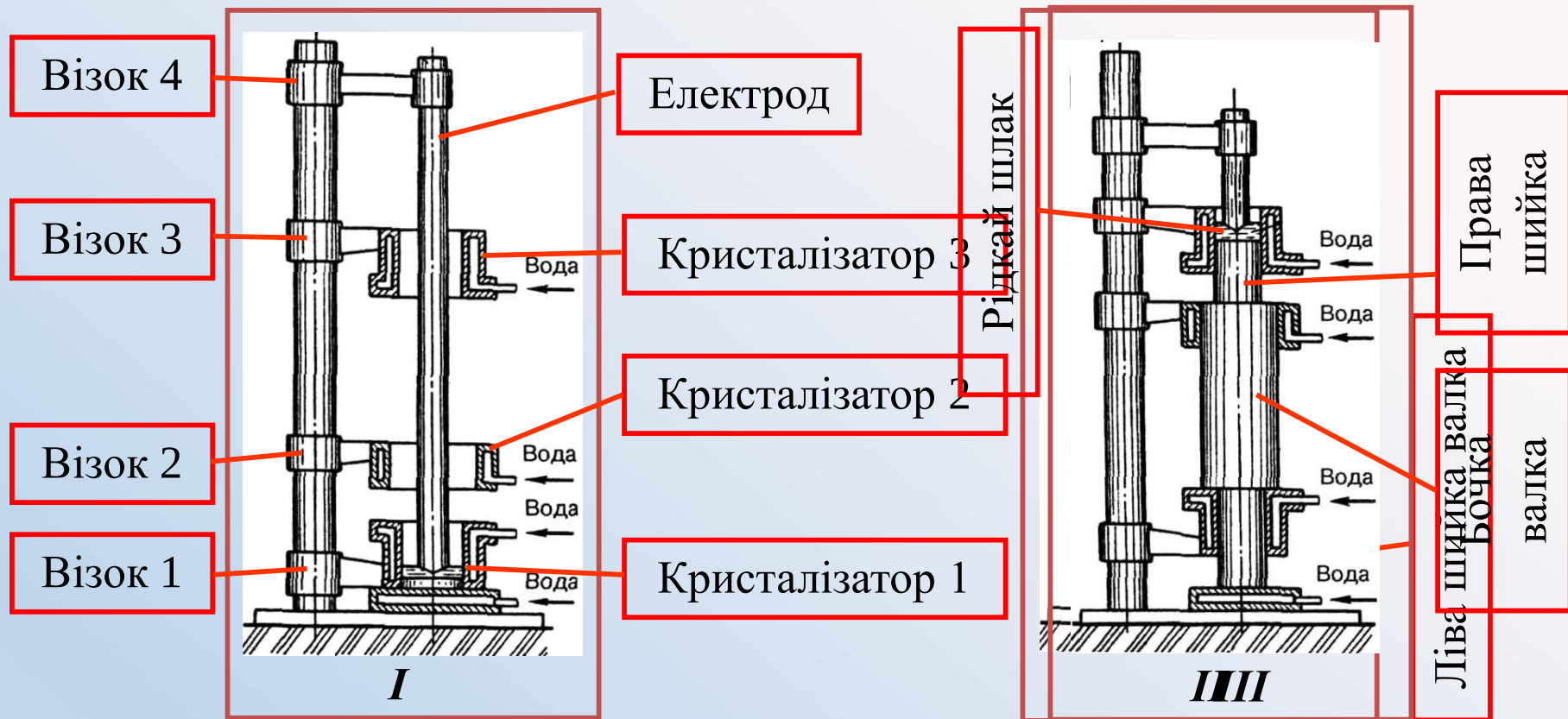
Переваги ЕШВ: високі якості великих виливків; непотрібні плавильні агрегати, розливні ковші, формові суміші, ливникові системи і додатки; економія металу (на кожній тонні готових виливків економія металу становить 2...3 т).



Виготовлення виливків електрошлаковим литтям



Схема виготовлення виливка прокатного валка електрошлаковим виливанням



ЕШВ використовують у енергетичному машинобудуванні (корпуси атомних реакторів, паропроводів високого тиску, парогенератори та ін.); у суднобудуванні (колінчасті вали дизелів); у металургії (прокатні валки, калібри трубопрокатних станів, кувальні штампи, кокілі для виливання труб відцентровим способом).

На самотійну роботу
ВИНОСИТЬСЯ:

- 1.Виготовлення виливків із сталі
- 2.Виготовлення виливків із сплавів магнія
- 3.Одержання виливків під регульованим тиском

ЛЕКЦІЯ 8



ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

«Ливарне виробництво»

План

1. Технологічність конструкцій литих деталей

2. Конструювання литих деталей

3. Конструювання зовнішньої поверхні виливка

4. Конструювання внутрішніх порожнин виливка



Загальні вимоги технологічності при конструюванні литих деталей

Конструкція литої деталі повинна забезпечувати високий рівень механічних і службових характеристик при заданій масі, конфігурації, точності розмірів і шорсткості поверхні. При розробці конструкції литої деталі конструктор повинен враховувати як ливарні властивості сплавів, так і технологію виготовлення модельного комплексу, ливарної форми і стрижнів, очищення і обрубкування відливаних і їх подальшу обробку. Крім того, необхідно прагнути зменшення маси відливаних і спрощення конфігурації.

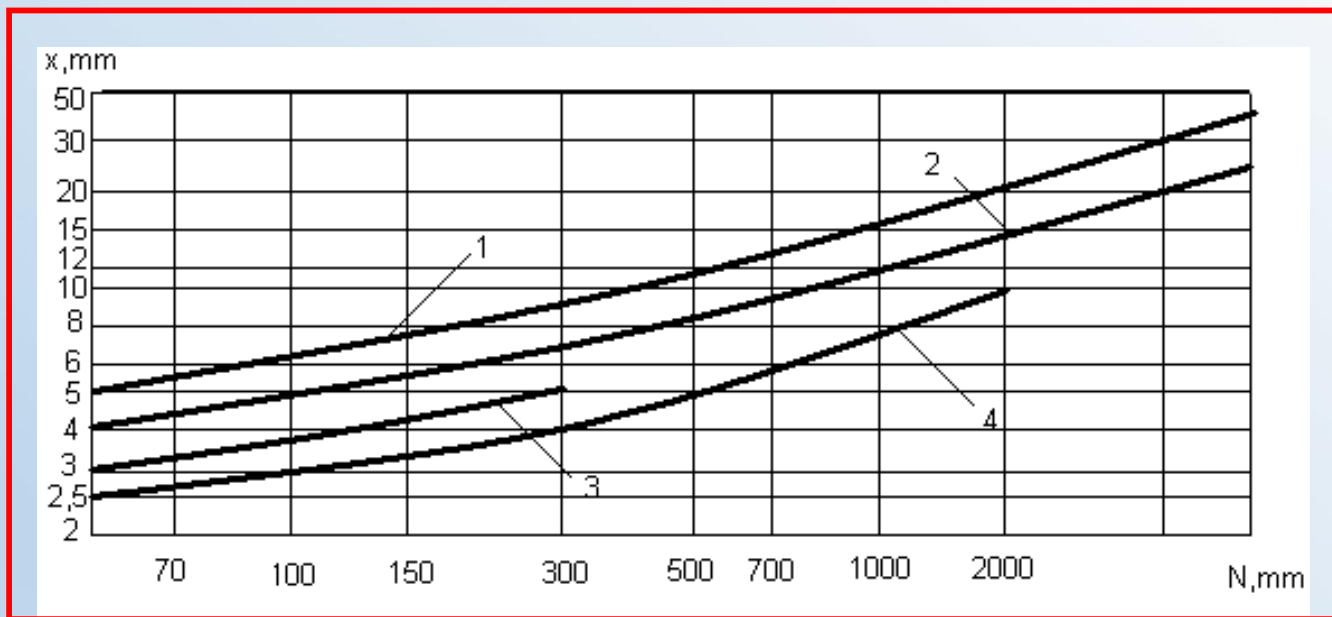
Конструювання литих деталей з врахуванням ливарних властивостей сплавів

Мінімальну товщину x необроблюваних стінок відливань, забезпечуючи заповнення піщаної форми розплавленим металом, визначають по діаграмі залежно від габаритного розміру N :

$$N = (21 + b + h)/3$$

де l , b , h — довжина, ширина, висота відливання, мм.

Товщину внутрішніх стінок і ребер приймають на 10—20 % менше товщини зовнішніх стінок.



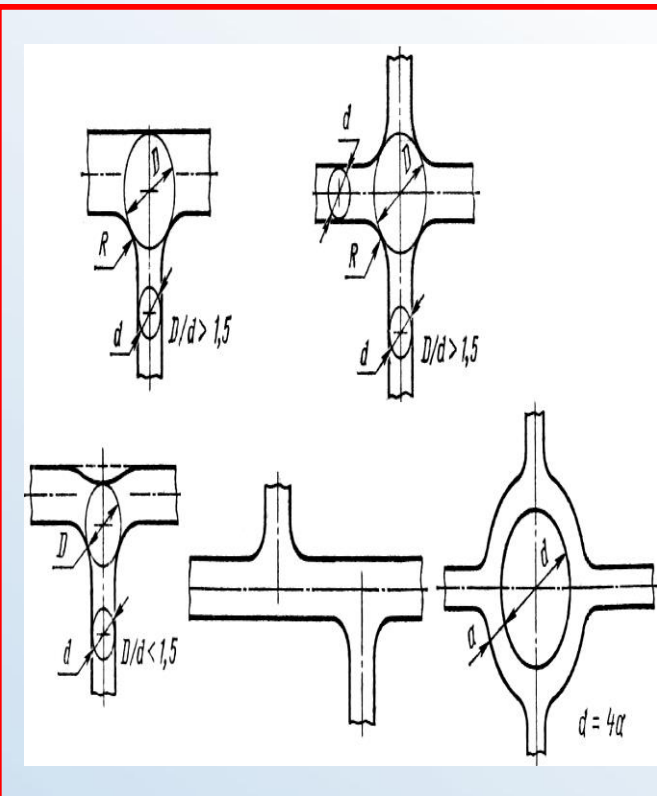
Діаграма для визначення мінімальної товщини стінок відливань з різних металів: 1-сталь; 2-сірого чавуну; 3-бронзи; 4-алюмінієвих сплавів

Конструювання литих деталей з врахуванням ливарних властивостей сплавів

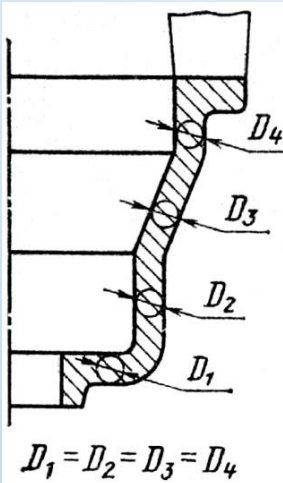
Отримання виливків без усадкових дефектів досягається створенням конструкції виливків з рівномірною товщиною стінок без великого нагромадження металу в окремих місцях. Рівномірність товщини стінки і скупчення металу визначають діаметром вписаного кола (див. рис.). Бажано, щоб співвідношення діаметрів вписаних кіл в близько розташованих перетинах не перевищувало 1,5.

Таке співвідношення досягається зменшенням радіусу галтелі за допомогою:

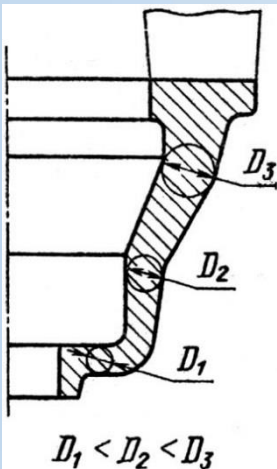
- якщо вищенаведене неможливе - слід передбачити отвір.
- зсувом однієї стінки;
- заглиблень в стінках виливків;



Конструювання литих деталей з врахуванням ливарних властивостей сплавів



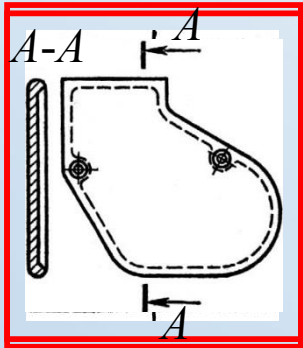
Виливки, що тверднуть одночасно, повинні мати рівномірну товщину стінок з плавними переходами. Принцип одночасного затвердіння застосовують при конструюванні дрібних і середніх тонкостінних виливків з чавуну і інших сплавів.



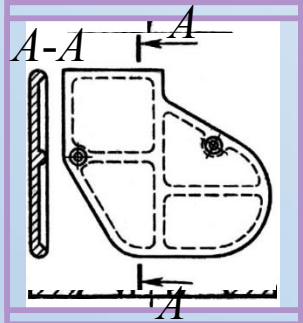
При направленому затвердінні верхні січення виливки живляться від прибутків. Принцип направленного затвердіння застосовують при конструюванні литих деталей з підвищеними вимогами щодо густини і герметичності виливків, які працюють під тиском.

Конструювання литих деталей з врахуванням ливарних властивостей сплавів

Для зниження ливарних напруг необхідно забезпечити вільну усадку елементів відливання.

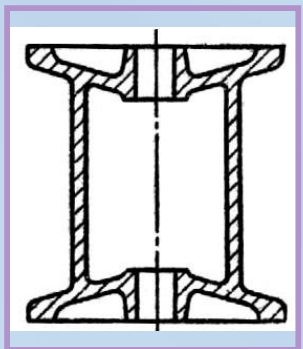


Дана конструкція корпусної деталі з перегородками, які утрудняють процес усадки, призводить до виникнення при твердненні значних ливарних напружень.



Зміна конструкції вище наведеної корпусної деталі забезпечує вільну усадку.

Викривлення можуть бути усунені шляхом установки ребер жорсткості.

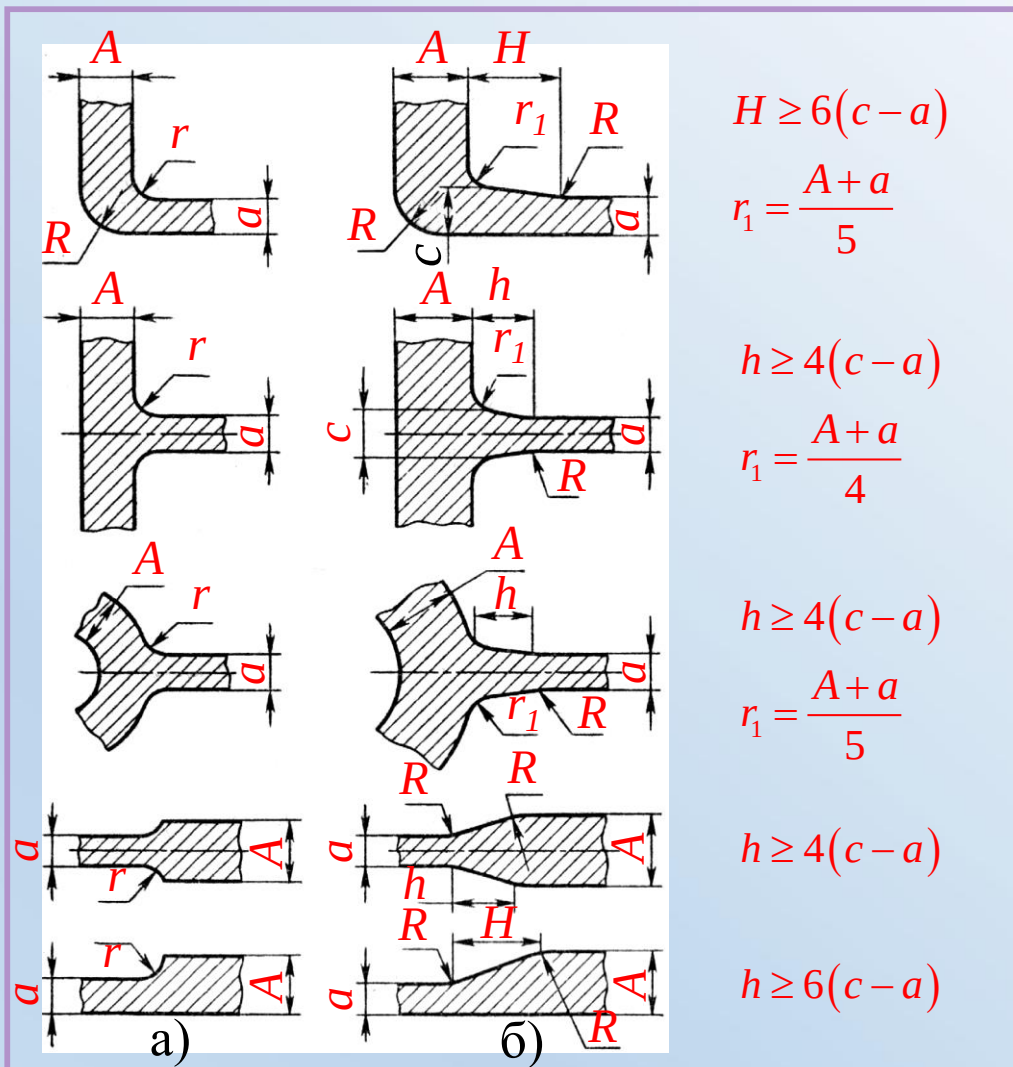


Додання перегородкам конічної форми також знижує усадкові напруження.

Крім того, кромки стінок великої протяжності посилюють буртиком завтовшки $b = (0,5...0,8) \cdot a$ і шириною $h = 2a$.

Конструювання зовнішньої поверхні виливка

Зовнішні контури виливків є поєднанням простих геометричних тіл з переважанням плоских прямолінійних поверхонь, спряжених плавними переходами.



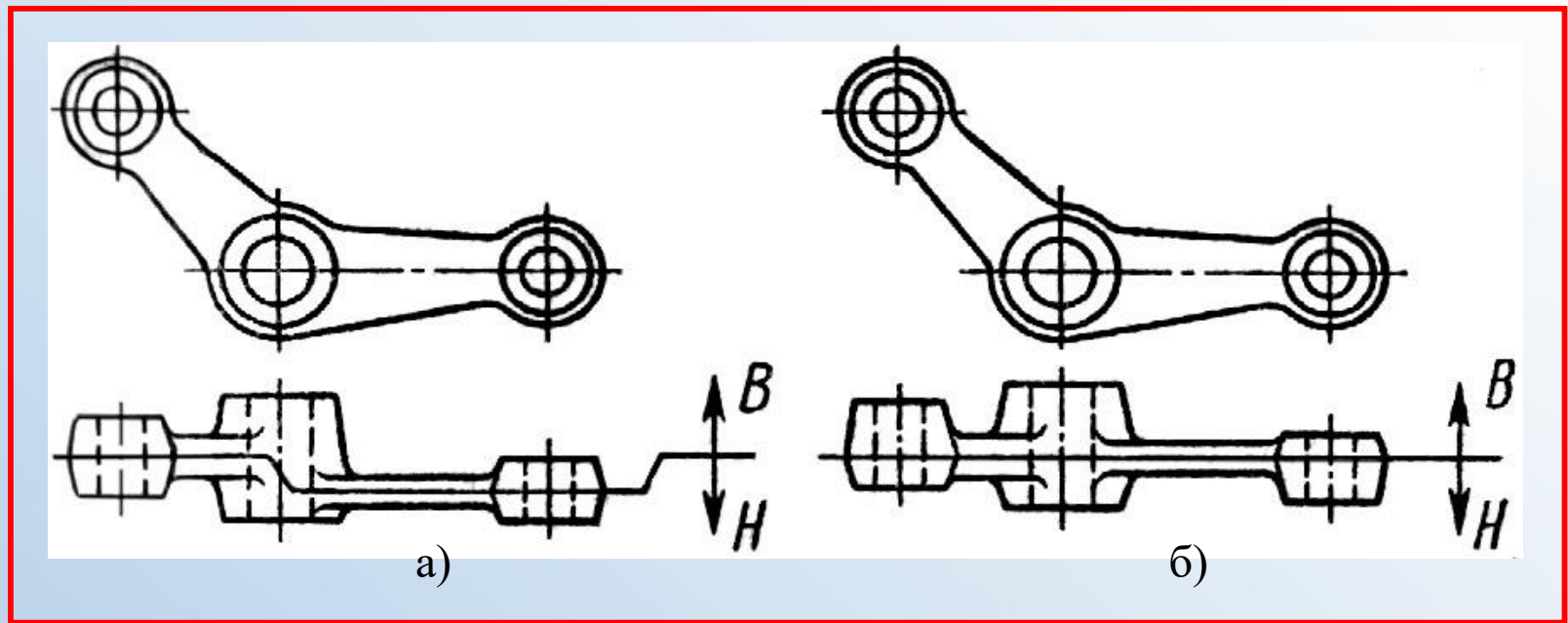
Рекомендовані переходи
від стінки до стінки в
литих деталях:

$$a - A/a \leq 1,75;$$

$$б - A/a \geq 1,75.$$

Конструювання зовнішньої поверхні виливка

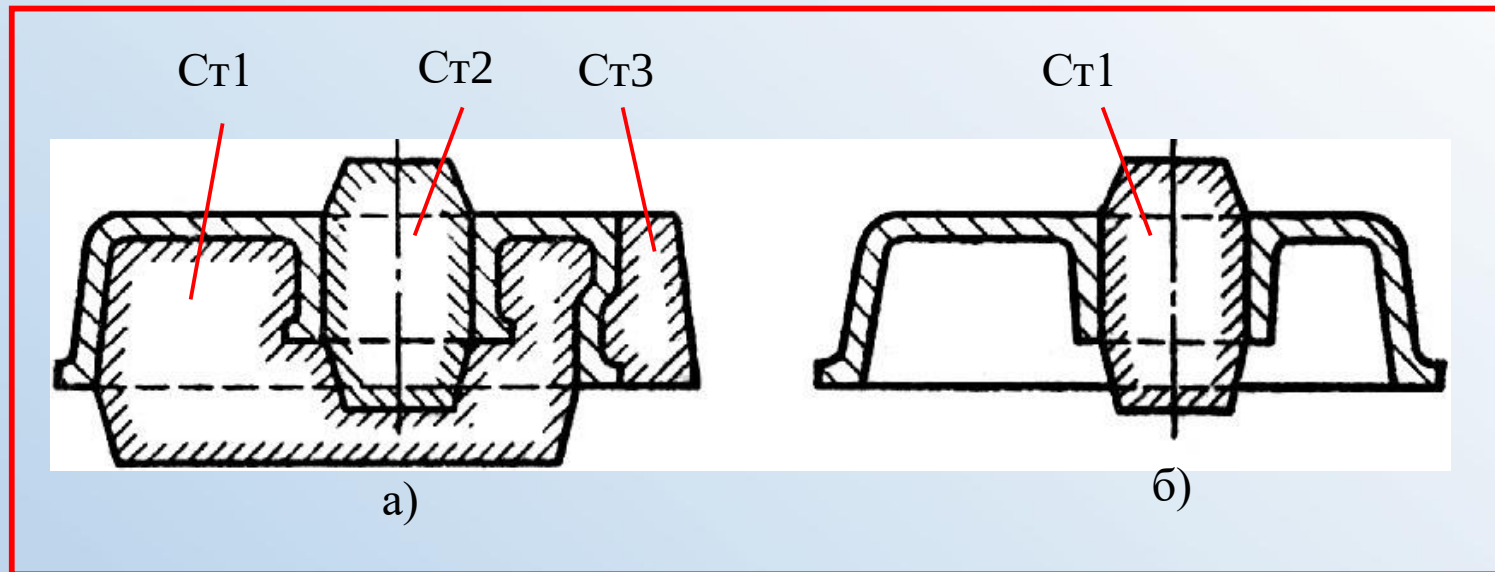
Необхідно прагнути до зменшення габаритних розмірів і особливо висоти литої деталі. Це полегшує виготовлення модельного комплекту, а також процеси формування, складання форм і очищення виливків. При цьому виливок має один плоский роз'єм і розташовується по можливості в одній півформі.



При виготовленні виливка, показаного на рис. а, потрібен складний роз'єм. Роз'єм форми спроститься, якщо конструкцію литої деталі змінити, як показано на рис. б.

Конструювання зовнішньої поверхні виливка

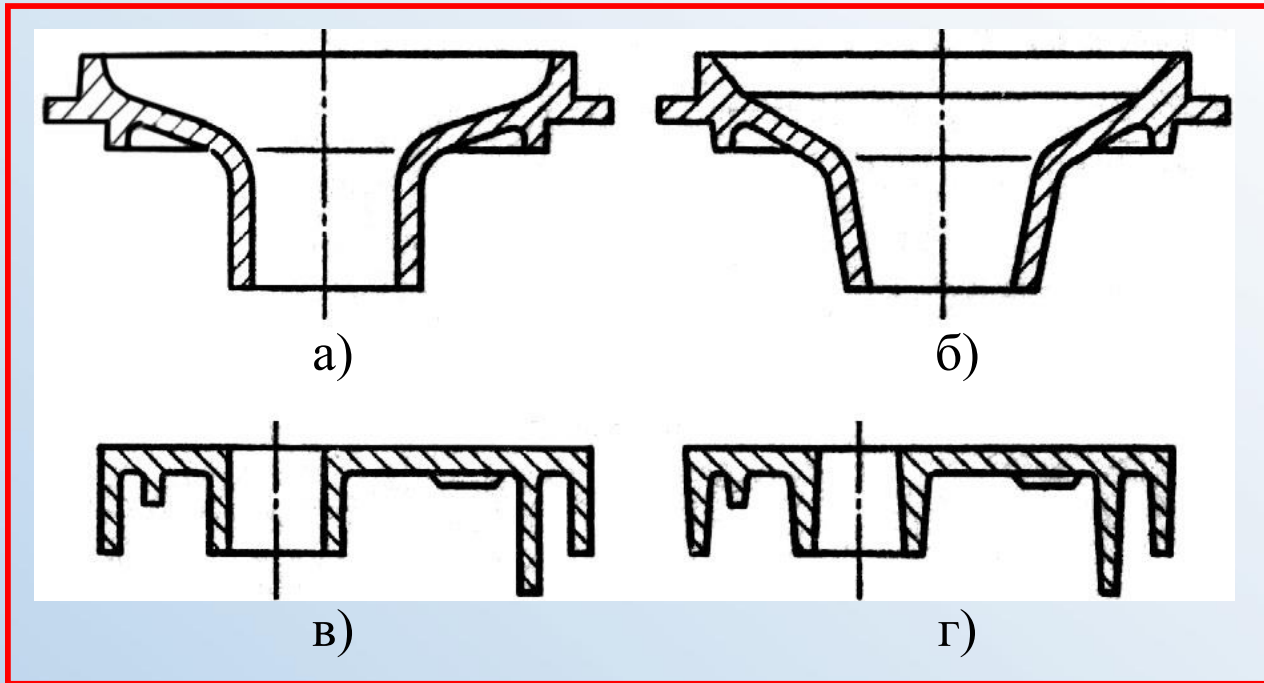
Контури литих деталей повинні забезпечувати формування без додаткових стрижнів.



На рис. *а* показана конструкція виливка, при формуванні якого потрібні додаткові стрижні. Після зміни конструкції деталі (рис. *б*) відпала необхідність застосування додаткових стрижнів, спростився процес формування

Конструювання зовнішньої поверхні виливка

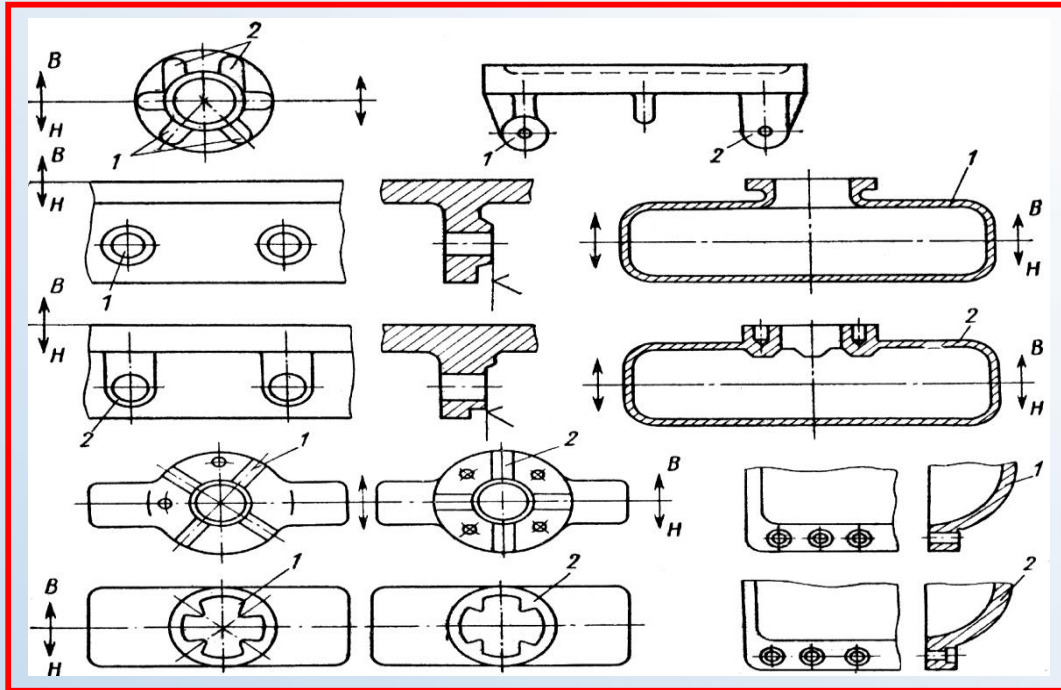
Необроблювані поверхні виливків, перпендикулярні до площини роз'єму, повинні мати конструктивні ухили.



При виготовленні виливків (рис. а, в) необхідно передбачати формувальні ухили, а отвори одержувати за допомогою стрижня. Зміна конструкції виливків (рис. б, г) дозволяє полегшити формування і одночасно отримати отвори за допомогою піщаного болвана.

Конструювання зовнішньої поверхні виливка

Бобишки, приливи і інші виступаючі частини необхідно конструювати так, щоб не утрудняти витягання моделі, з форми.

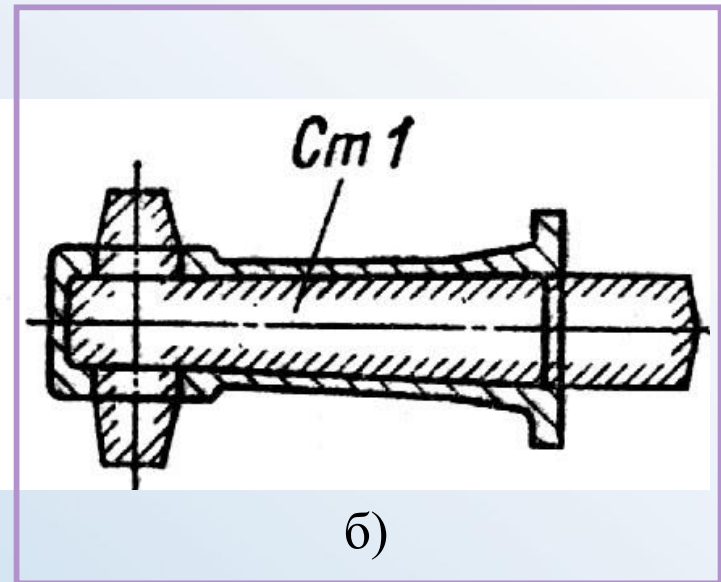
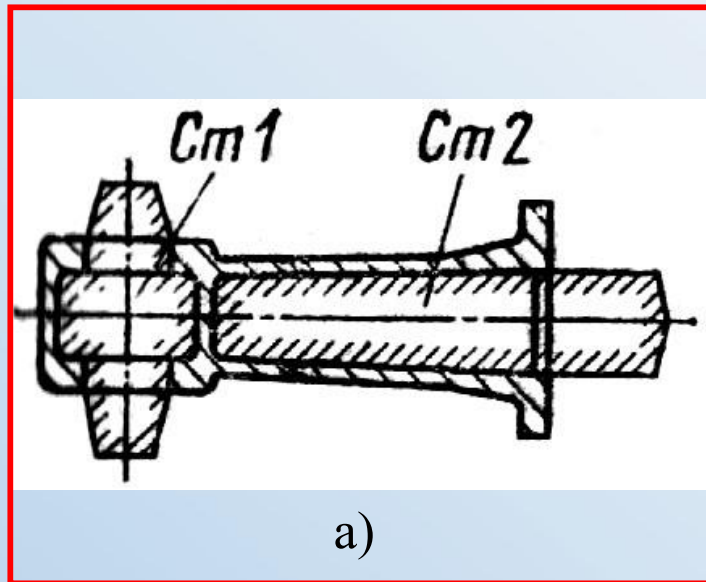


На рис. показані варіанти технологічні 2 н нетехнологічні 1 конструкцій відливань. При виготовленні нетехнологічних відливань потрібне застосування в моделях відокремлених частин або стрижнів, що ускладнює процес формування.

Базову і оброблювані поверхні розташовують в одній напівформі або стрижні, не допускаючи перетину їх площиною роз'єму форми.

Конструювання внутрішніх порожнин виливка

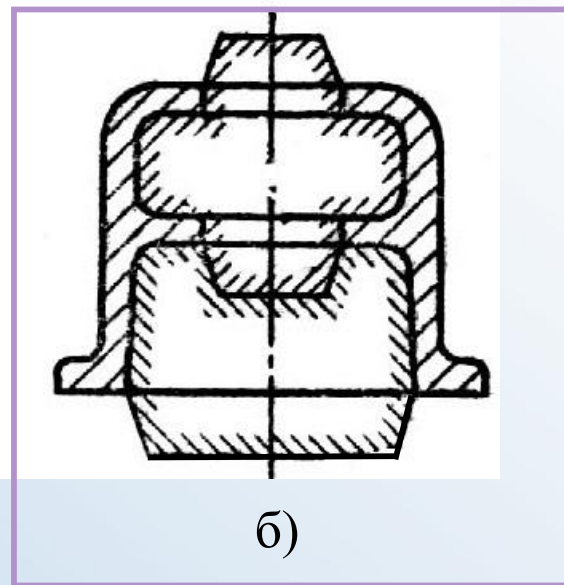
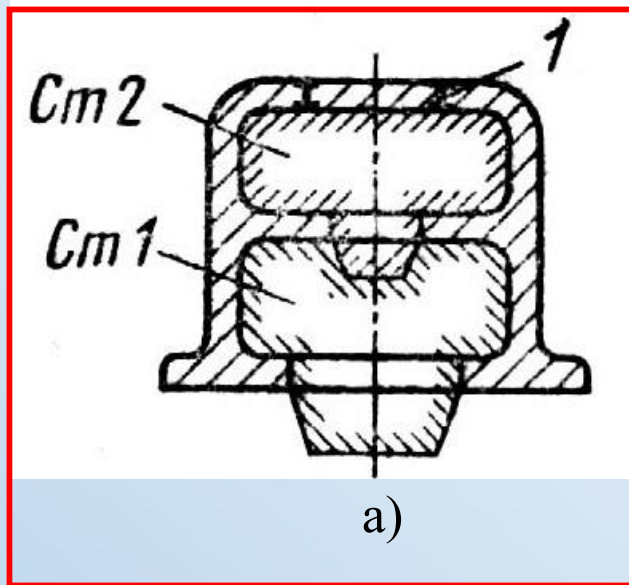
Внутрішні порожнини складних відливань необхідно виготовляти з мінімальним числом стрижнів.



На рис. а показаний приклад конструкції виливка, для виготовлення якого потрібне застосування двох стрижнів, а на рис. б — одного стрижня (більш технологічна конструкція).

Конструювання внутрішніх порожнин виливка

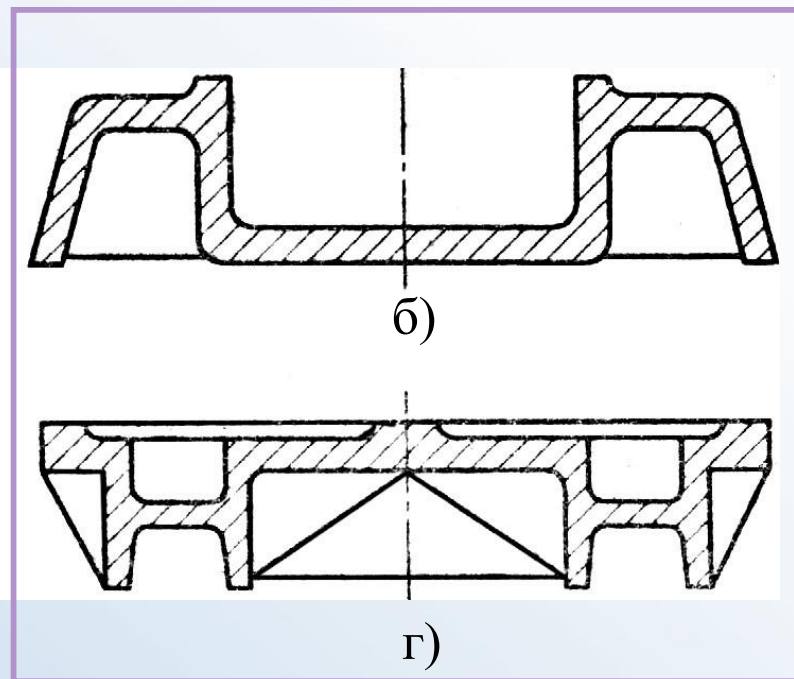
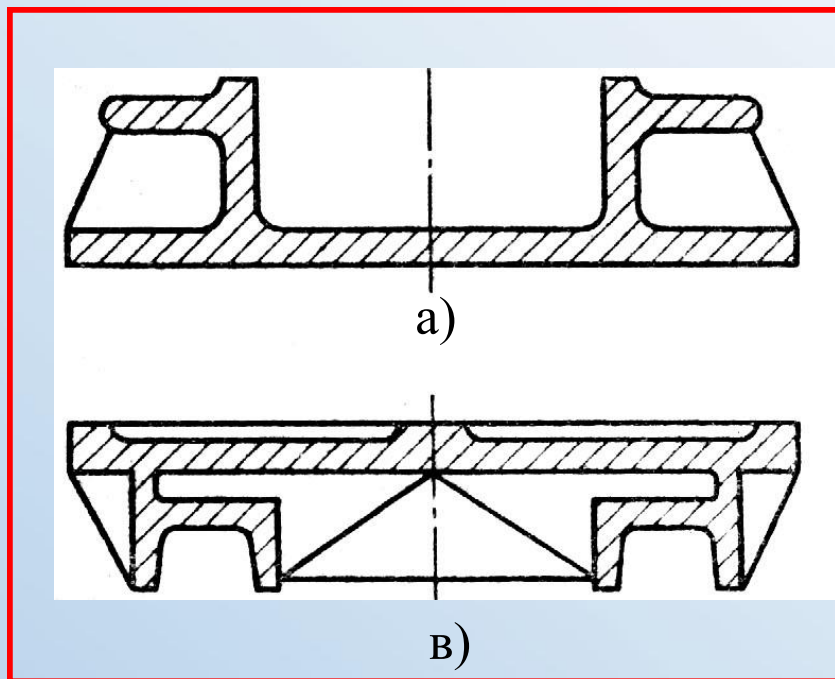
Зміна конструкції литої деталі (на рис. б стрижень 2 у формі кріпиться без вставок) забезпечує безперешкодне видалення газів із стрижнів і полегшує вибивання стрижнів з відливання.



В конструкції литої деталі повинне бути достатнє число вікон для міцного кріплення стрижнів у формі, для видалення газів із стрижня і зручності вибивання стрижнів з виливків. При виготовленні виливка (рис. а) стрижень 2 у формі кріпиться за допомогою вставок 1, з цього стрижня утруднений вихід газів, що може привести до утворення газових раковин у виливкові.

Конструювання внутрішніх порожнин виливка

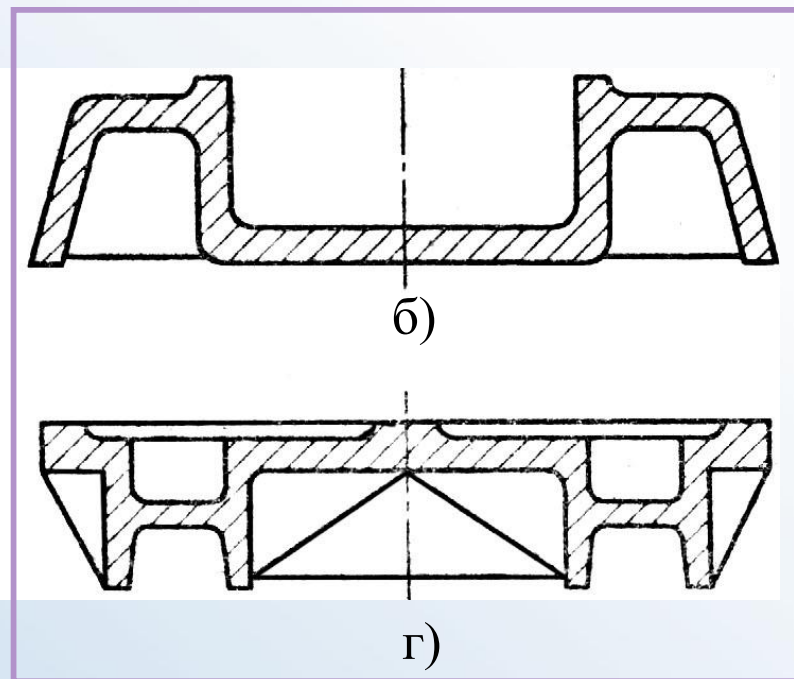
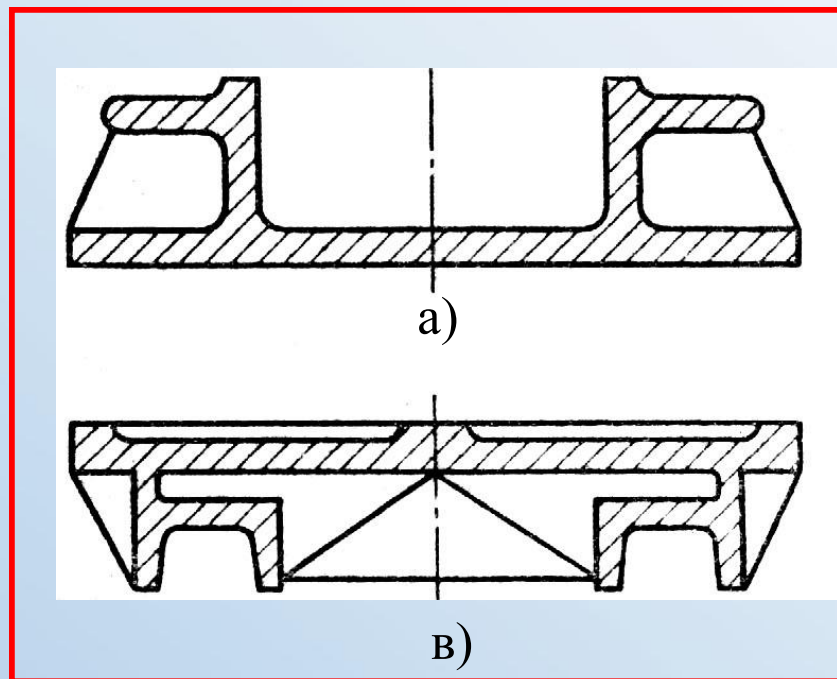
Внутрішні порожнини складних відливань необхідно виготовляти з мінімальним числом стрижнів.



В конструкціях виливків слід уникати пазів і вузьких порожнин (рис. а, в), при виконанні яких можливе утворення піщаних раковин через руйнування стрижнів потоком розплавленого металу при заливанні його у форму. Усунути такі пази і вузькі порожнини можна зміною конструкції виливка (рис. б, г).

Конструювання внутрішніх порожнин виливка

Внутрішні порожнини складних відливань необхідно виготовляти з мінімальним числом стрижнів.



Мінімальні діаметри отворів у відливаннях при їх виготовленні в піщаних формах вибирають залежно від матеріалу литої Деталі і товщини стінки. Так, наприклад, для чавунних відливань при товщині стінки 10 мм, мінімальний діаметр отвору, одержуваного стрижнем, складає 8 мм, а при товщині стінки більше 10 мм — 20 мм.

На самостійну роботу
вноситься:

1. Технологічність
конструкцій литих
деталей

ЛЕКЦІЯ 9



ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

«Зварювальне виробництво»

План

1. Фізична сутність зварювання

2. Класифікація способів зварювання

3. Дугове зварювання плавленням

4. Зварювальна дуга

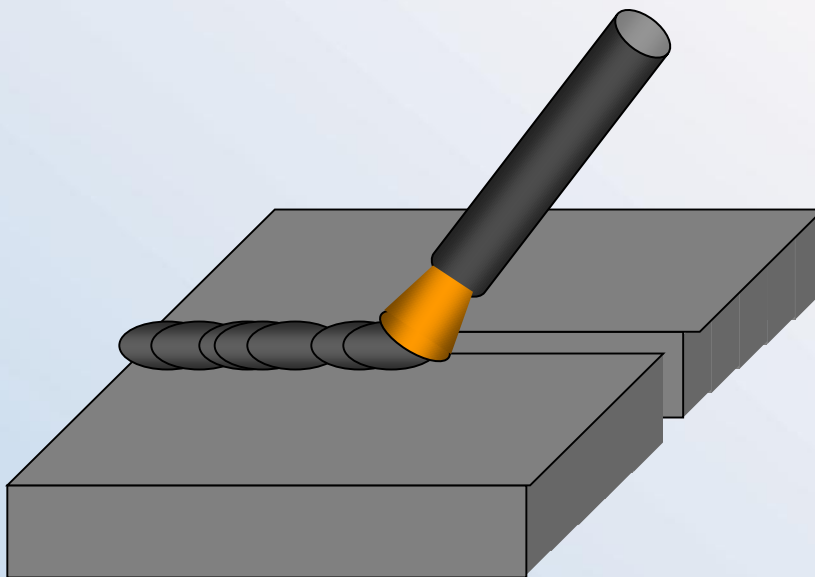
5. Зовнішні характеристики зварювального струму



Фізична сутність зварювання

Зварюванням називається процес виготовлення нероз'ємних з'єднань твердих матеріалів, що здійснюється за рахунок використання міжмолекулярних і міжатомних сил зчеплення.

Щоб привести ці сили в дію, треба зблизити атоми з'єднуваних матеріалів на відстань близько 10^{-8} см, тобто на таку, що приблизно дорівнює параметрам кристалічних решіток цих матеріалів.



Вказаному процесу зближення сприяє нагрівання зварюваних поверхонь до розплавленого або пластичного стану.

Зварювання використовується при виготовленні нероз'ємних з'єднань металевих виробів і конструкцій, для з'єднання неметалевих матеріалів (пластмас, скла, деяких гірських порід, смол), а також металів з неметалевими матеріалами—керамікою, графітом, склом та ін.

Класифікація способів зварювання

Сучасні способи зварювання класифікують за двома ознаками:

**за станом металу
в процесі зварю-
вання**

зварювання **плавленням**: дугове, електрошлакове, електронно-променеве, лазерне, термітне, газове

зварювання **тиском**: контактне, дифузійне, холодне, ультразвукове, вибухом

**за видом енергії,
яка використовує-
ться для нагріван-
ня зварювальних
частин**

електричні: дугове, електрошлакове, контактне індукційне

хімічні: газове, термітне

механічні: ковальське, холодне тиском, тертям, вибухом, ультразвуком

променеві: електронно-променеве, лазерне, сонячними променями

Дугове зварювання плавленням

Електричне дугове зварювання вперше було застосовано в Росії. У 1882 р. російський винахідник М. М. Бенардос використав електричну дугу, яку в 1802 р. відкрив В.В. Петров, для зварювання металів вугільним електродом, а в 1888 р. М. С. Слав'янов запропонував спосіб дугового зварювання металевим електродом.

Залежно від способу вмикання до зварювального кола основного й присадочного металу і характеру дії на них зварювальної дуги розрізняють такі

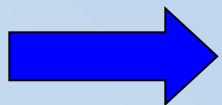
основні способи дугового зварювання:



неплавким вугільним електродом, або спосіб Бенардоса



плавким металевим електродом, або спосіб Слав'янова



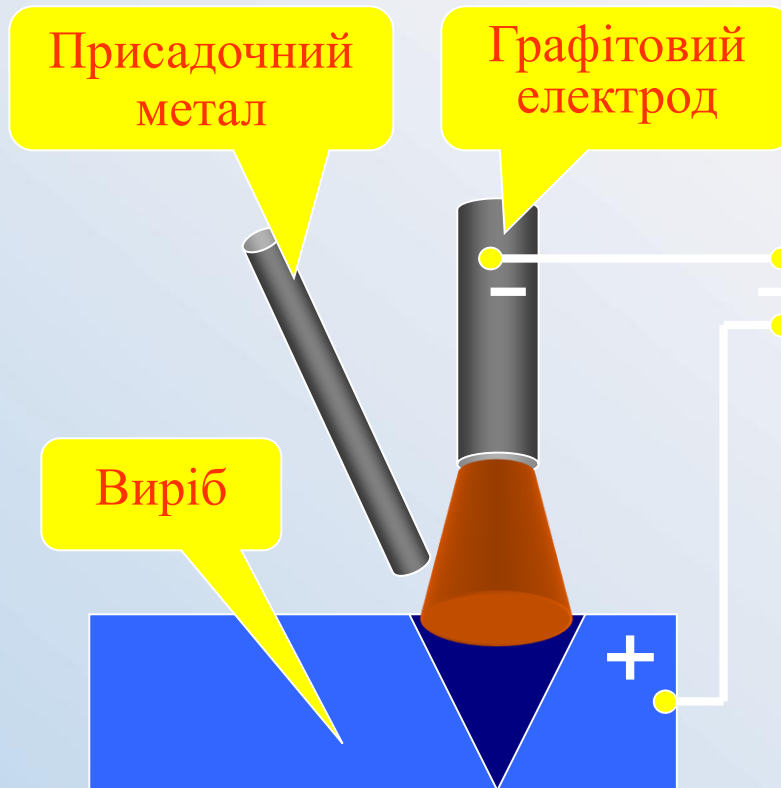
плавкими металевими електродами з використанням трифазної дуги.



Дугове зварювання по способу Бенардоса

Дуга постійного струму при прямій полярності (мінус на електроді, плюс на виробі) горить між вугільним або графітовим електродом і зварюваним виробом.

Присадочний метал у зварювальній ланцюг не ввімкнений, тому дуга діє прямо тільки на основний метал, а на присадочний — побічно.



При зворотній полярності, тобто коли електрод стає анодом (плюс на електроді), а виріб - катодом (мінус на виробі), вугільна дуга стає нестійкою, і відбувається науглецювання металу.

Застосовується переважно при наплавлуванні порошкоподібними твердими сплавами деталей, які швидко спрацьовуються, і при виправленні дефектів у чавунних і бронзових відливках.

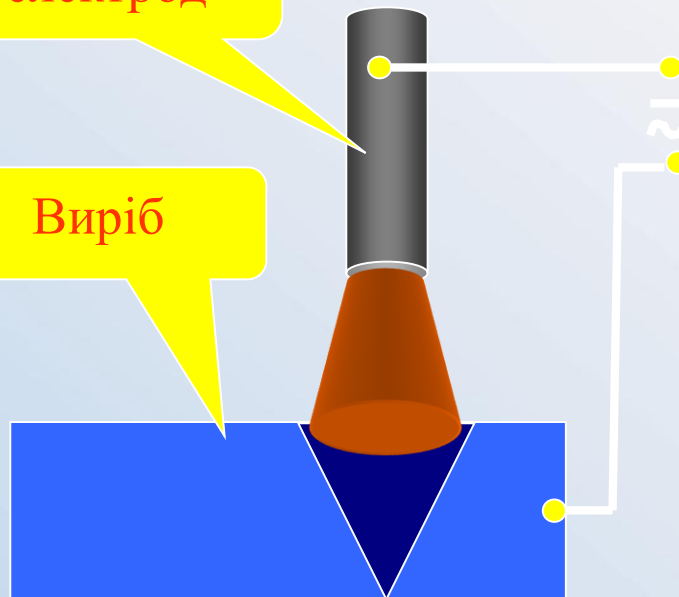
Дугове зварювання електродом, який плавиться

Дуга постійного (при прямій або зворотній полярності) або змінного струму горить між металевим електродом, який плавиться, і виробом, які ввімкнені в зварювальний ланцюг і на які вона діє прямо.

Електрод, увімкнений у зварювальний ланцюг, значно інтенсивніше нагрівається і швидко плавиться, оскільки поверхню його торця безпосередньо бомбардують електрично заряджені частинки.

Графітовий електрод

Виріб



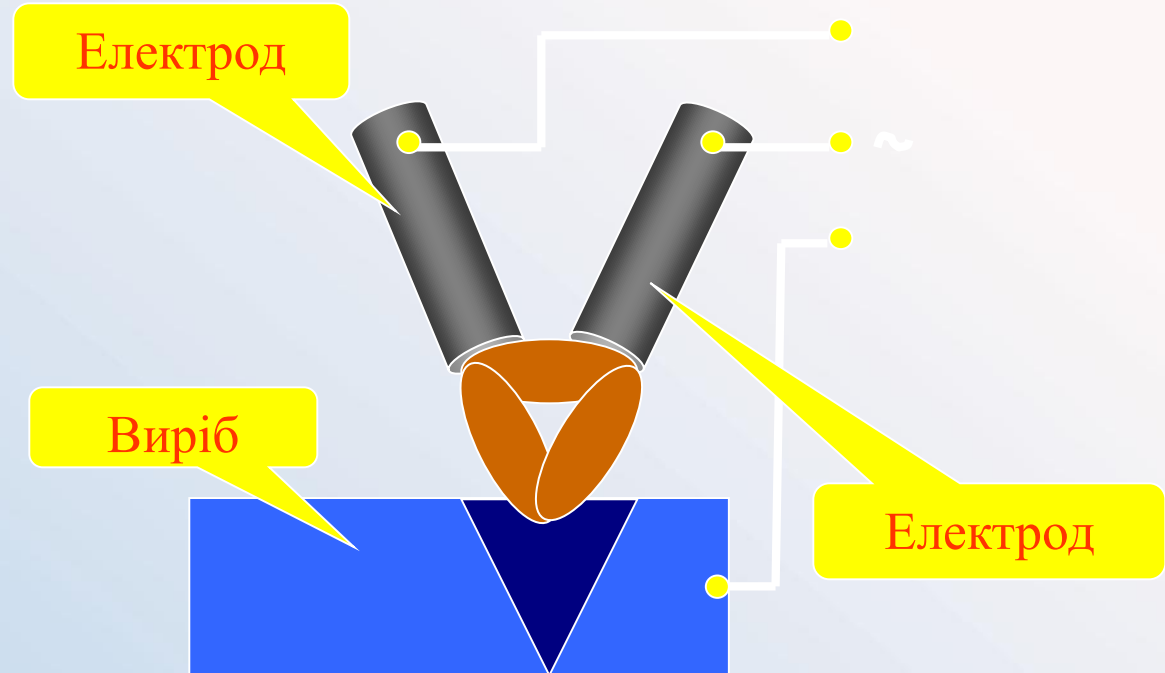
Розплавляючись дугою, електрод одночасно є і присадочним металом, який постійно поповнює зварювальну ванну.

За обсягом промислового застосування дугове зварювання способом Слав'янова займає одне з перших місць серед інших способів зварювання.

Дугове зварювання трифазною дугою

При зварюванні трифазною дугою до різних фаз трифазного струму в зварювальне коло ввімкнені два ізольованих один від одного електроди і зварюваний виріб.

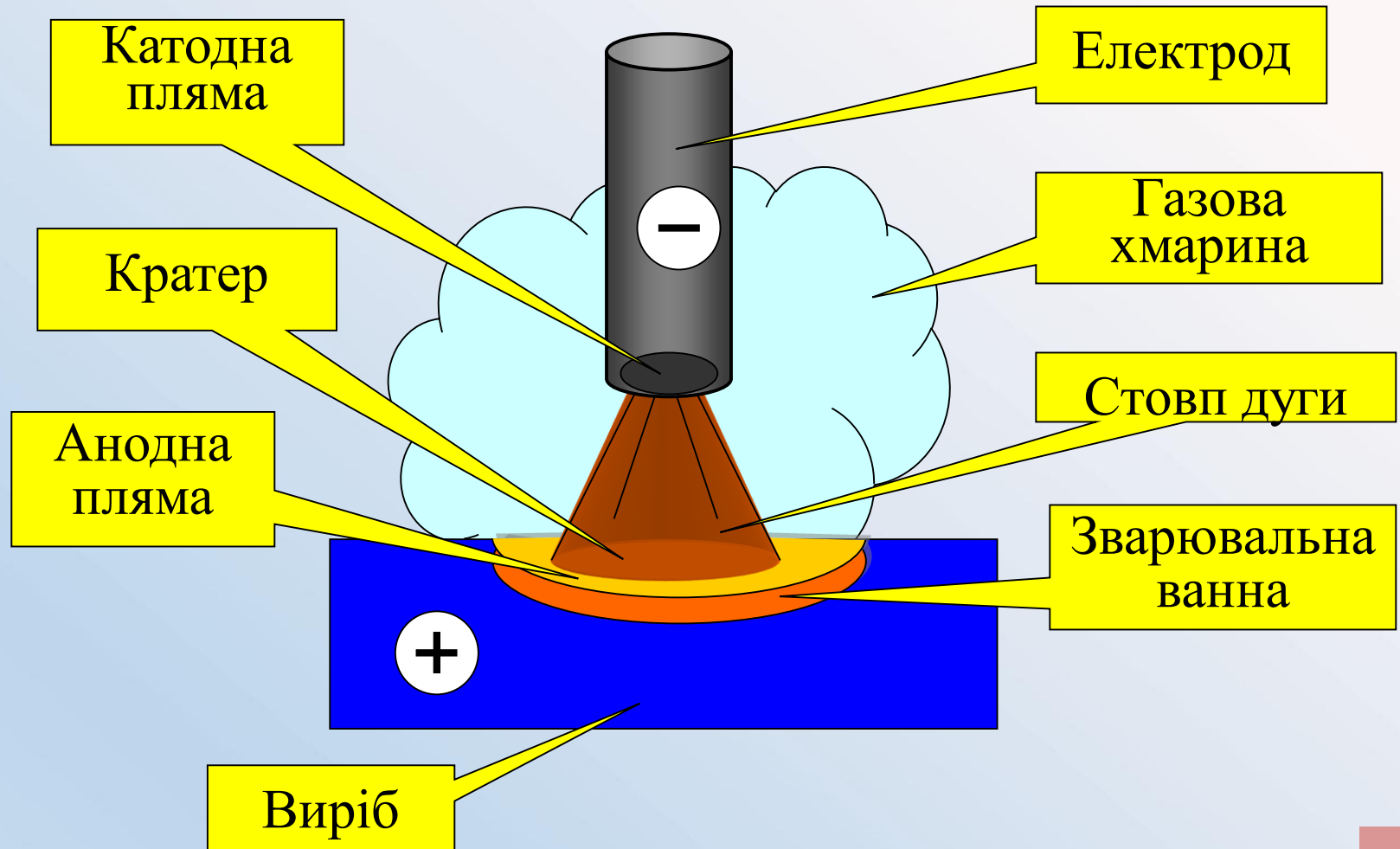
Дуга збуджується між кожним електродом та виробом і електродами, отже, одночасно виникають три дуги. При цьому на кожний з електродів і на основний метал дві дуги діють прямо, а одна дуга — непрямо.



Зварювання трифазною дугою за продуктивністю в 2-3 рази перевищує дугове зварювання способом Слав'янова. Цей метод в основному використовують при автоматичному зварюванні металу великої товщини.

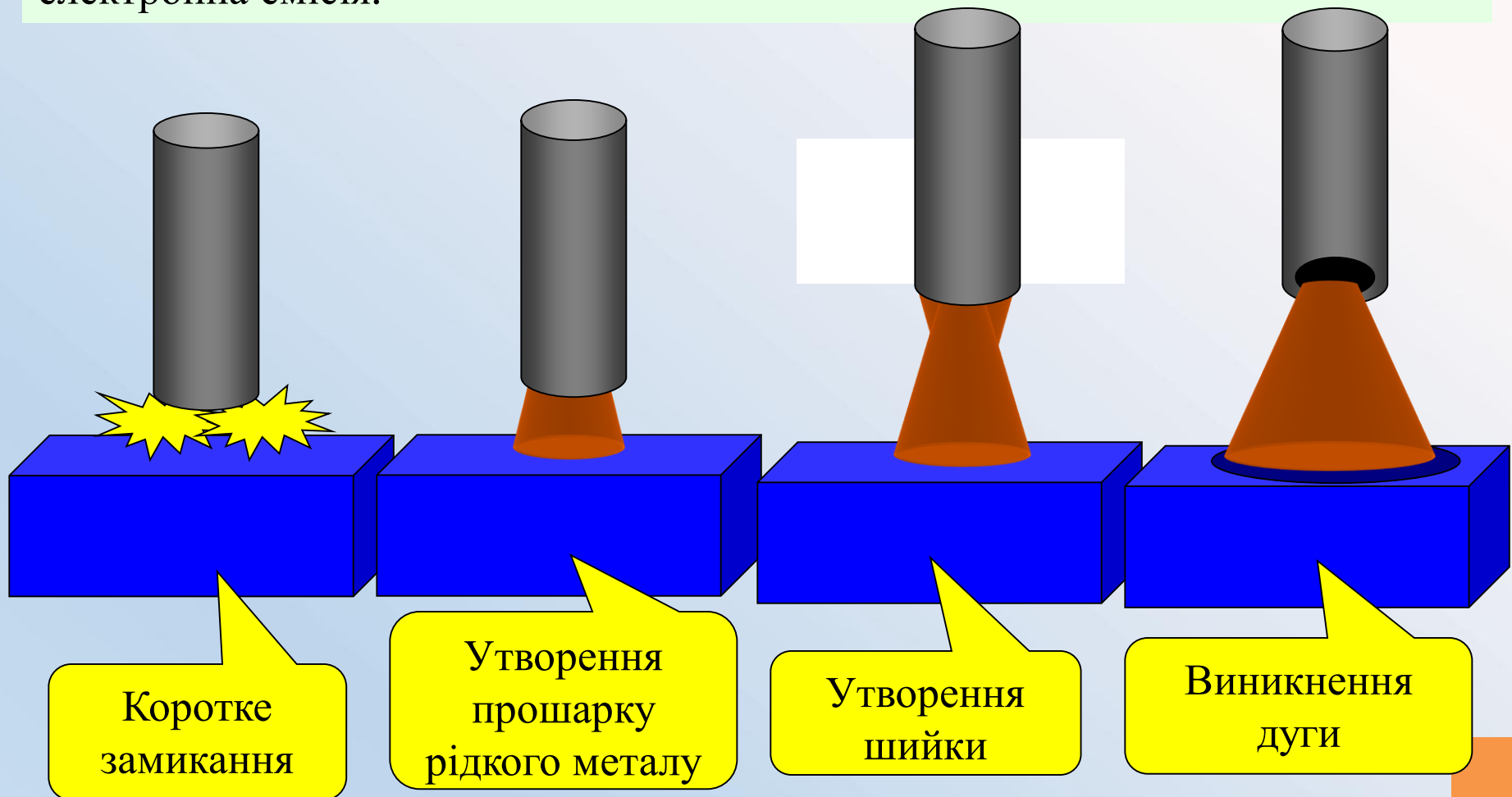
Будова зварювальної дуги

Зварювальна дуга — це потужний електричний розряд у газах, який супроводжується виділенням значної кількості тепла і світла.



Виникнення зварювальної дуги

Для розігрівання катода між ним і анодом, увімкненими в джерело зварювального струму, роблять коротке замикання. Після відривання електрода від виробу з розігрітого катода, яким при зварюванні постійним струмом може бути і електрод і виріб (при змінному струмі полярність повсякчасно змінюється), під дією електричного поля починається електронна емісія.



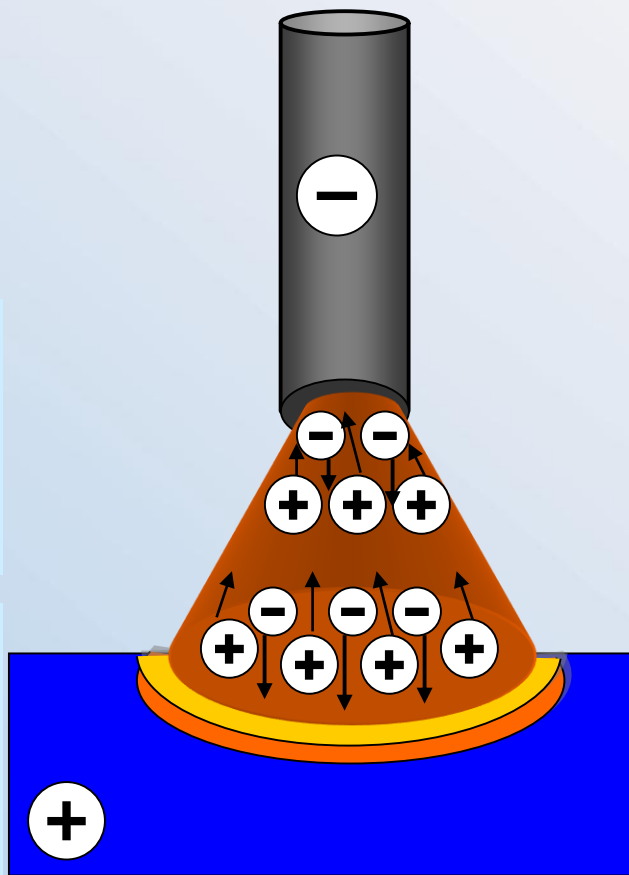
Процеси, які відбуваються в зварювальній дузі

Зварювальна дуга з фізичного погляду — це складний іонний і електронний процес перенесення електричних зарядів крізь іонізований повітряний проміжок. Іонізація газового проміжку при дуговому зварюванні в основному зумовлена електронною емісією з гарячого катода.

ЕМІСІЯ- поява електронів провідності

ІОНІЗАЦІЯ — утворення позитивно заряджених частинок

РЕКОМБІНАЦІЯ об'єднання негативних електронів і позитивних іонів в нейтральні атоми



Електрони, що вилетіли з поверхні катода, направляються до анода і, зіштовхуючись на своєму шляху з молекулами і атомами повітря, іонізують їх. Негативні іони, які утворюються в повітряному проміжку, й електрони переміщуються до анода, а позитивні іони—до катода. На поверхні катода і анода відбуваються процеси нейтралізації заряджених частинок і перетворення електричної енергії в теплову.

Теплові властивості дуги

Q – теплова потужність, кал/с;

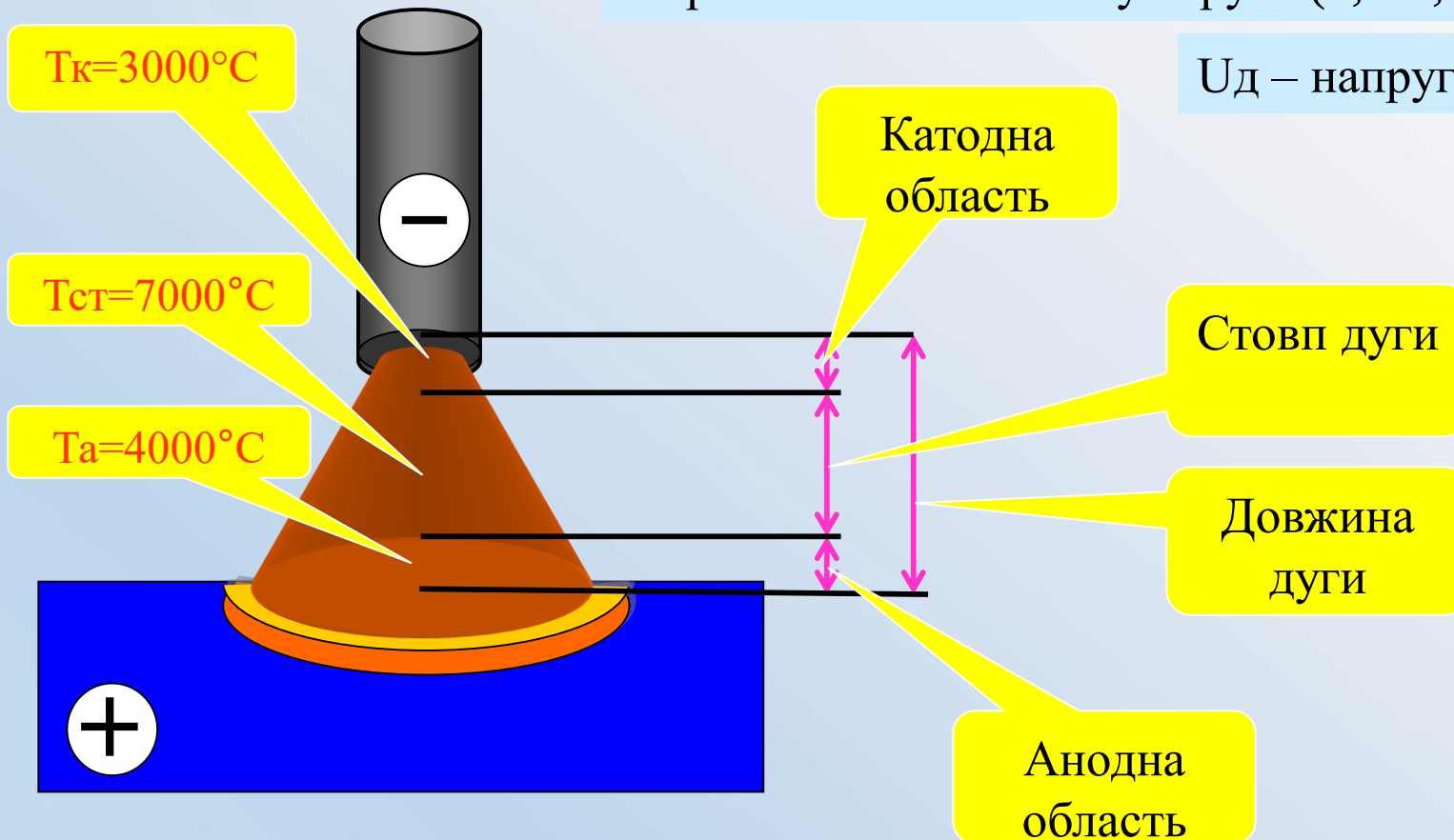
$$Q = 0,24 k I_{зв} U_d$$

0,24 – коефіцієнт переводу електричних величин в теплові, кал/Вт с;

$I_{зв}$ – зварювальний струм, А;

k – коефіцієнт зниження потужності дуги при зварюванні на змінному струмі (0,7-0,8);

U_d – напруга на дузі, В



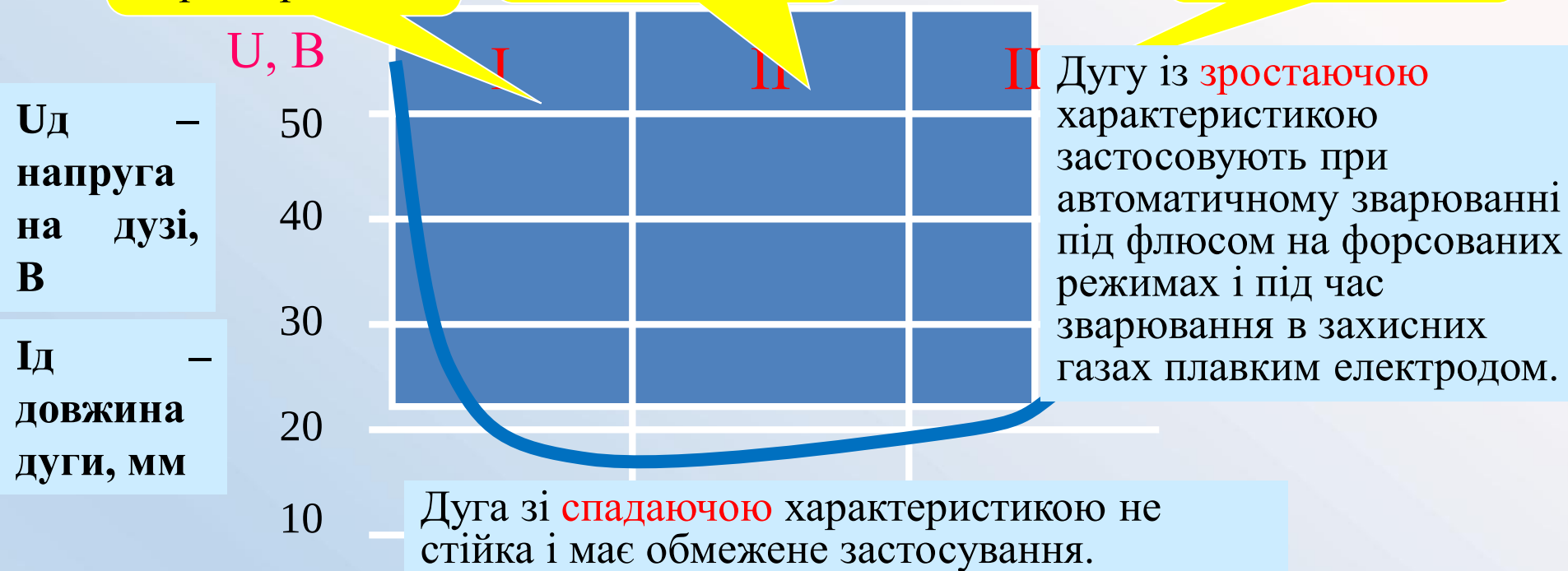
Електричні властивості дуги

Залежність між напругою і струмом при стаціонарному стані дуги визначається її **статичною вольт-амперною характеристикою**

Спадаюча характеристика

Жорстка характеристика

Зростаюча характеристика



a і b – коефіцієнти, які залежать від матеріалу електрода, складу газового середовища і т.і. При зварюванні сталевими електродами в атмосфері повітря $a = 10$ В, а $b = 2$ В/мм.

$$U_d = a + b \times I_d$$

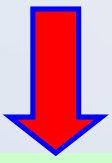
Джерела струму для дугового зварювання



Джерела постійного струму



Зварювальні
генератори



Зварювальні
випрямлячі



селенові

германієві

кремнієві



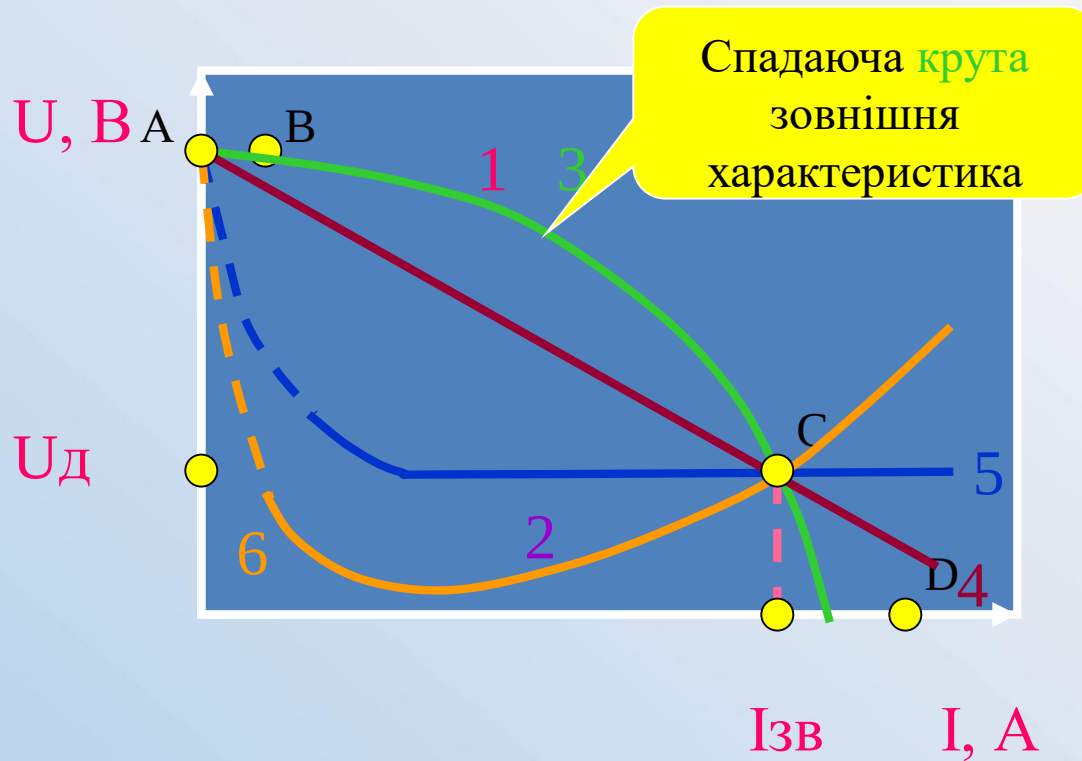
Джерела змінного струму



Зварювальні трансформатори

Джерела зварювального струму повинні забезпечувати легке запалювання і стійке горіння дуги, обмежувати струм короткого замикання і бути безпечними в роботі.

Зовнішні характеристики джерел зварювального струму



Падаюча зовнішня характеристика забезпечує стійкий режим зварювання. Він визначається точкою С перетину падаючої зовнішньої характеристики 1, джерела зварювального струму і **жорсткої статичної** характеристики 2 дуги.

Отже, для живлення дуги з **жорсткою** характеристикою треба, щоб джерела струму мали спадючу (**круту 3** або **пологу 4**) зовнішню характеристику.

Для живлення дуги із **зростаючою** статичною характеристикою придатнішими є джерела із **жорсткою 5** або **зростаючою 6** зовнішніми характеристиками.

Зовнішні характеристики джерел зварювального струму

Зовнішньою характеристикою називається залежність між напругою на затискачах джерела струму і струмом навантаження, представлена графічно.



Падаюча
зовнішня
характеристика

Жорстка статична
характеристика дуги

Для обмеження струму короткого замикання треба, щоб із збільшенням струму навантаження напруга на затискачах джерела струму знижувалась, тобто, щоб джерела струму мали **падаючу** зовнішню характеристику 1.

На самотійну роботу
ВИНОСИТЬСЯ:

1.Дугове зварювання у
захисних газах

2.Зварювання у
вуглекислому газі

ЛЕКЦІЯ 10



ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

«Зварювальне виробництво»



План лекції

1. Види зварних з'єднань
2. Автоматичне та напіваавтоматичне дугове зварювання
3. Електрошлакове зварювання та зварювання в захисних газах
4. Стикове, точкове та шовне зварювання
5. Будова пальника газового
6. Зварювальне полум'я
7. Плазмове зварювання, зварювання вибухом та лазерне зварювання
8. Дефекти зварних з'єднань



Види зварних з'єднань

Стикові

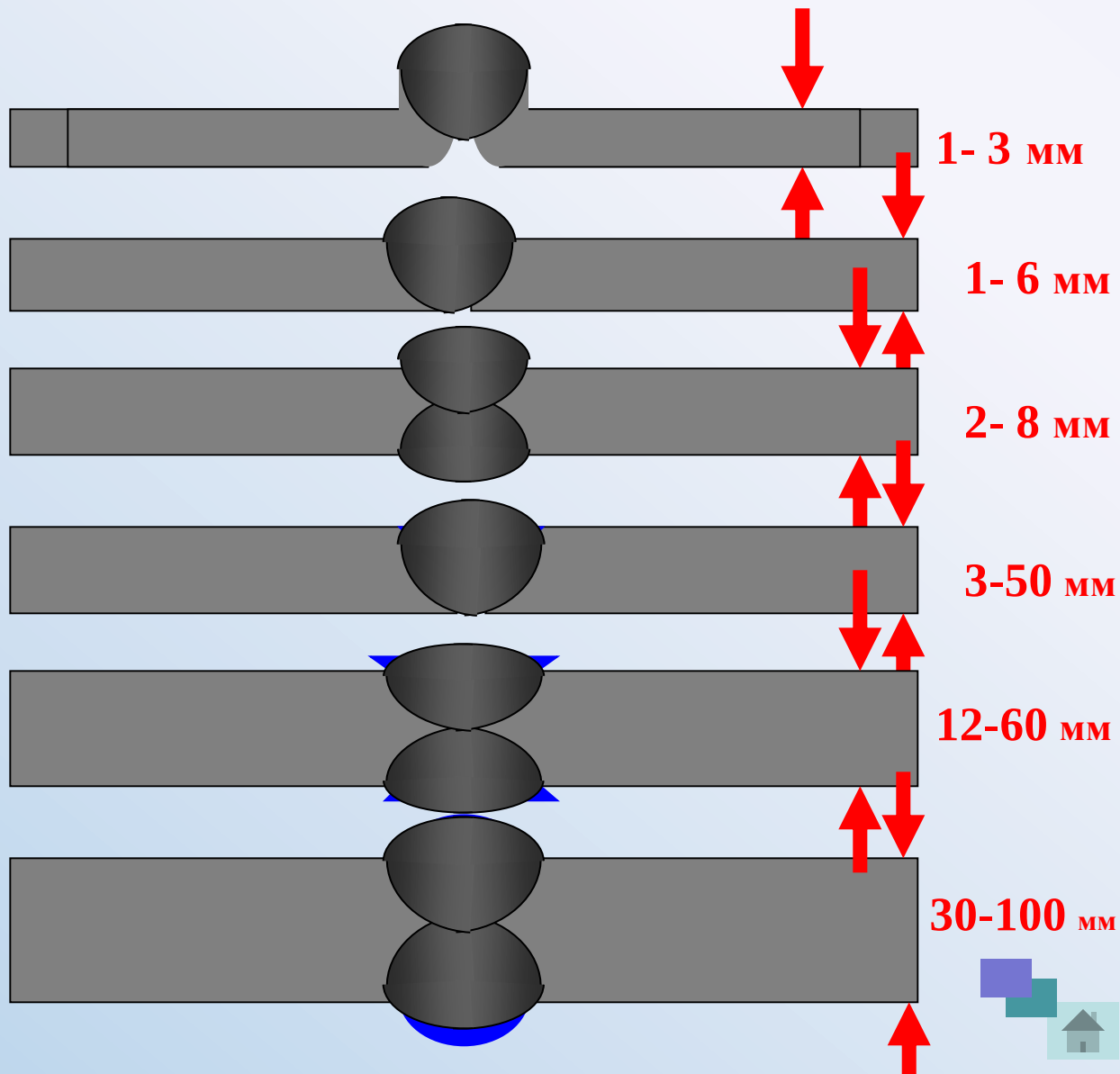
З відборткуванням

Без скосу країв

Зі скосом країв у формі V

Зі скосом країв у формі X

З двохстороннім
криволінійним скосом
країв



Види зварних з'єднань



Кутові

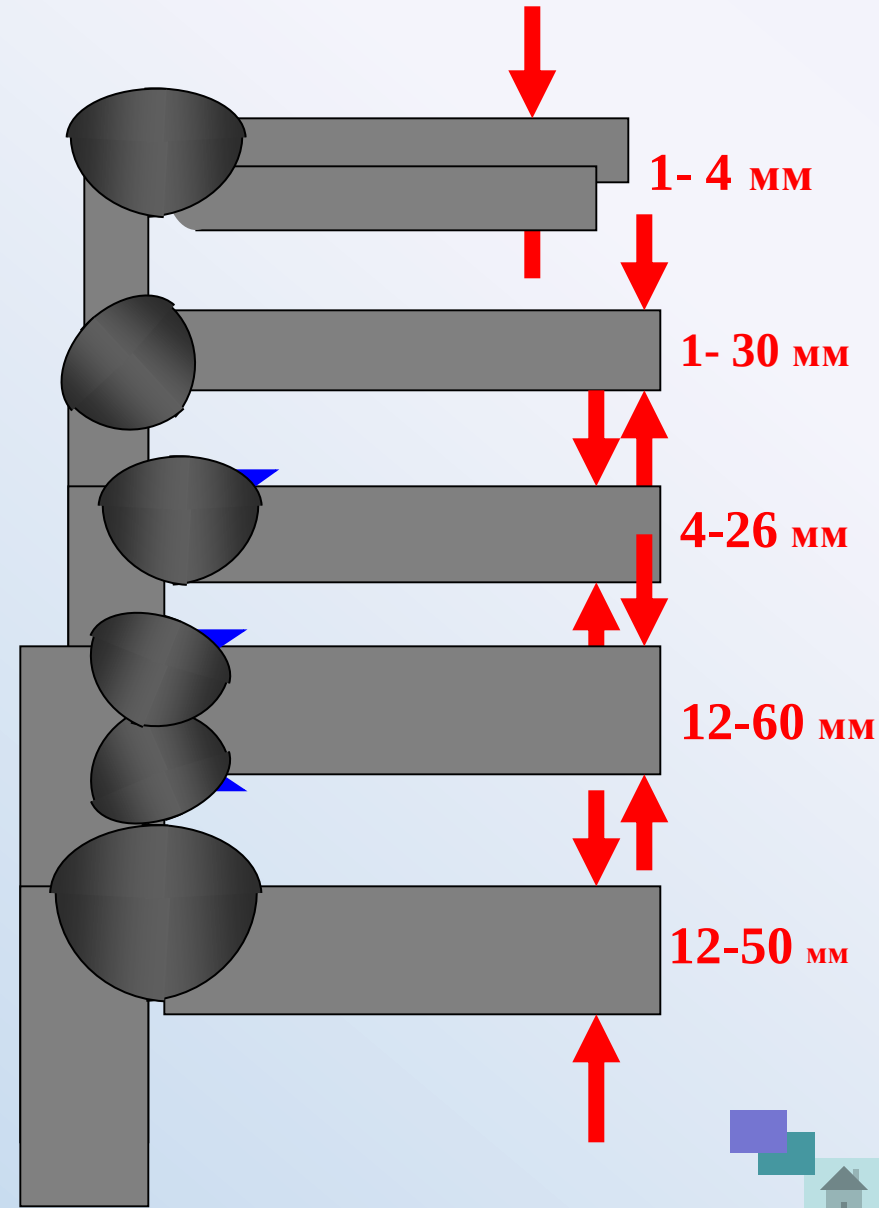
З відборткуванням

Без скосу країв

З одностороннім скосом країв листа

З двостороннім скосом країв листа

З двохстороннім скосом країв обох
листів



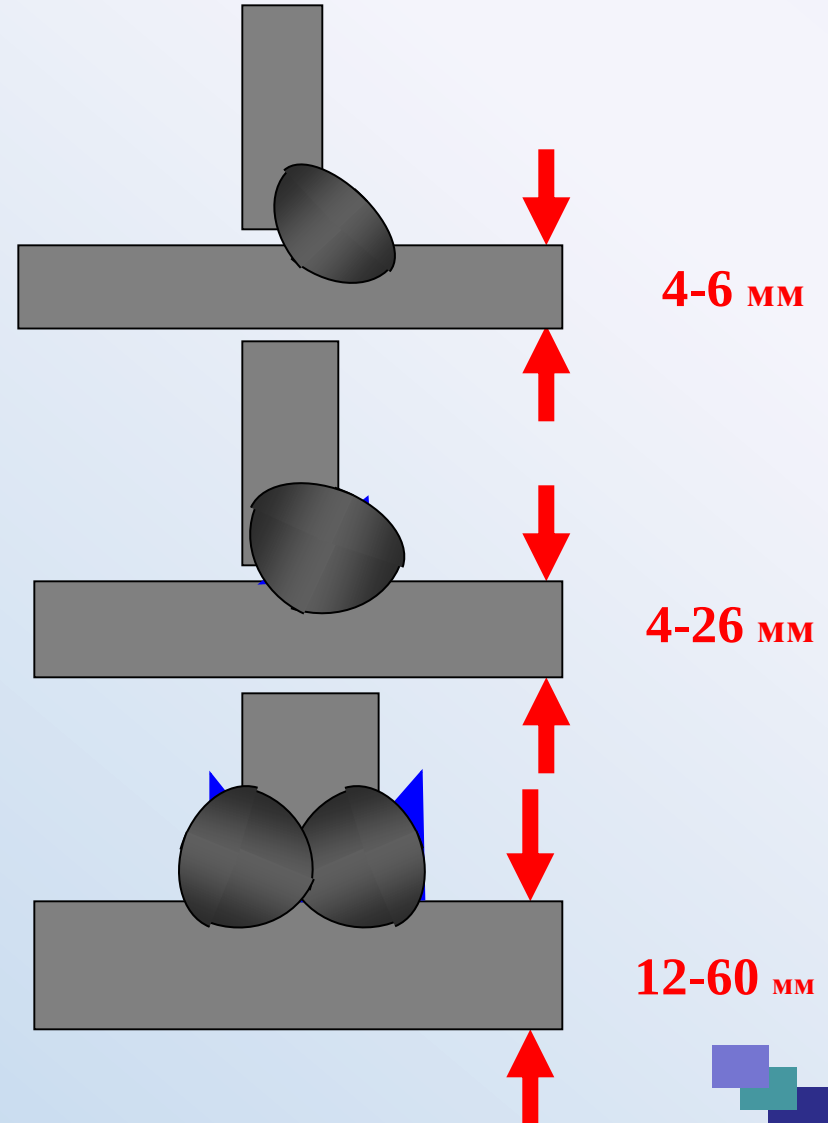
Види зварних з'єднань

Таврові

Без скосу країв

З одностороннім скосом країв листа

З двостороннім скосом країв листа

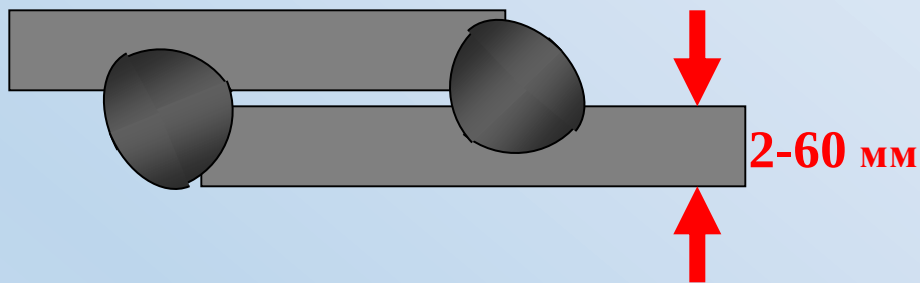


Види зварних з'єднань



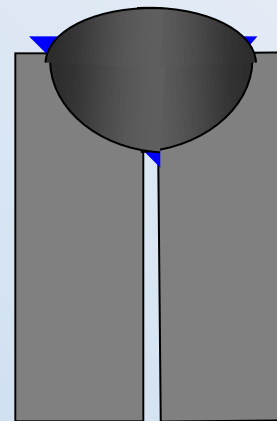
Внапуск

Без скосу країв



Торцеві

Зі скосом обох листів

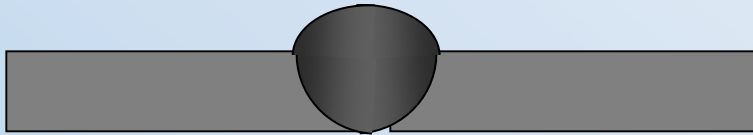


Види зварних з'єднань

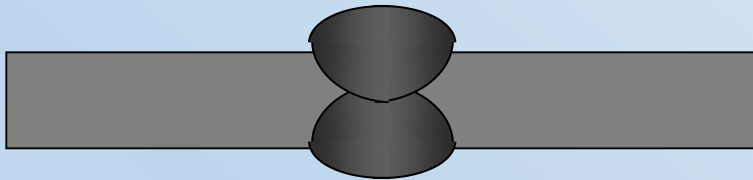


По виконанню

односторонні



двохсторонні



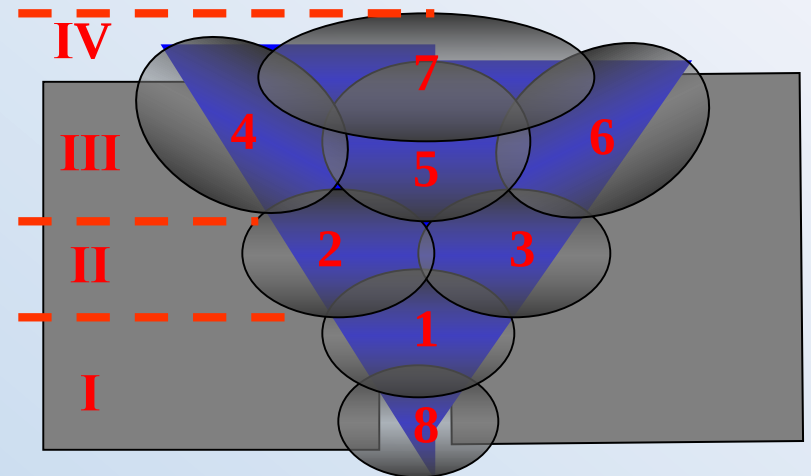
По кількості шарів та проходів

одношарові

багатошарові

однопрохідні

багатопрохідні



I-IV число шарів

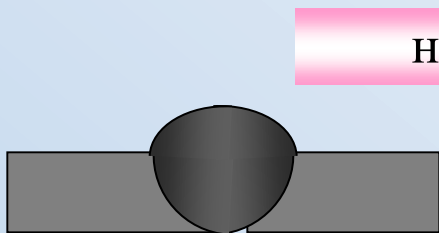
1-8 число проходів

Техніка виконання зварних швів

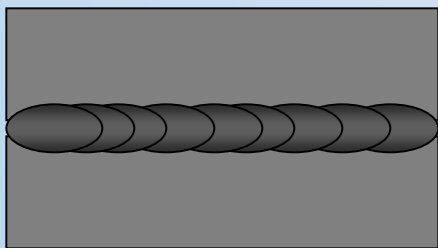
Залежить від положення швів у просторі і виду зварного з'єднання

По положенню у просторі шви

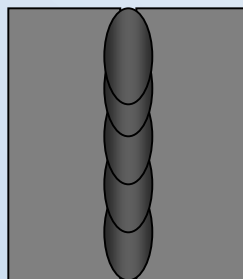
нижні



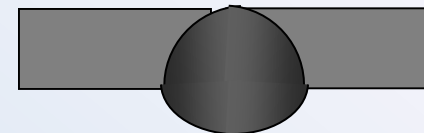
горизонтальні



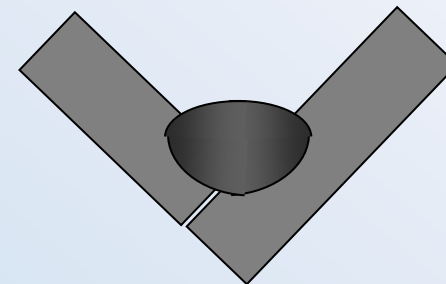
вертикальні



стельові



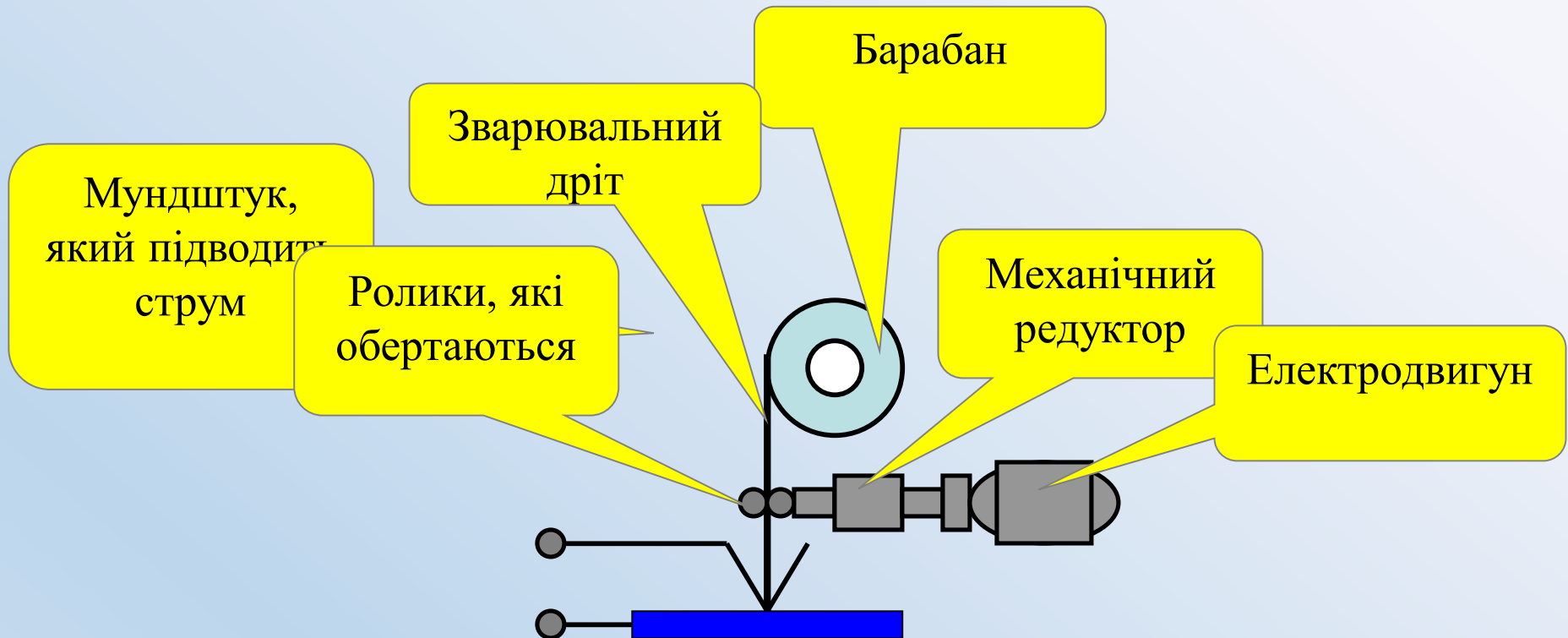
«В ЧОВНИК»



Якщо конструкція виробу дозволяє, то його повертають так, щоб усі шви можна було виконувати в нижньому положенні, а кутові і таврові з'єднання зварювати в «ЧОВНИК».

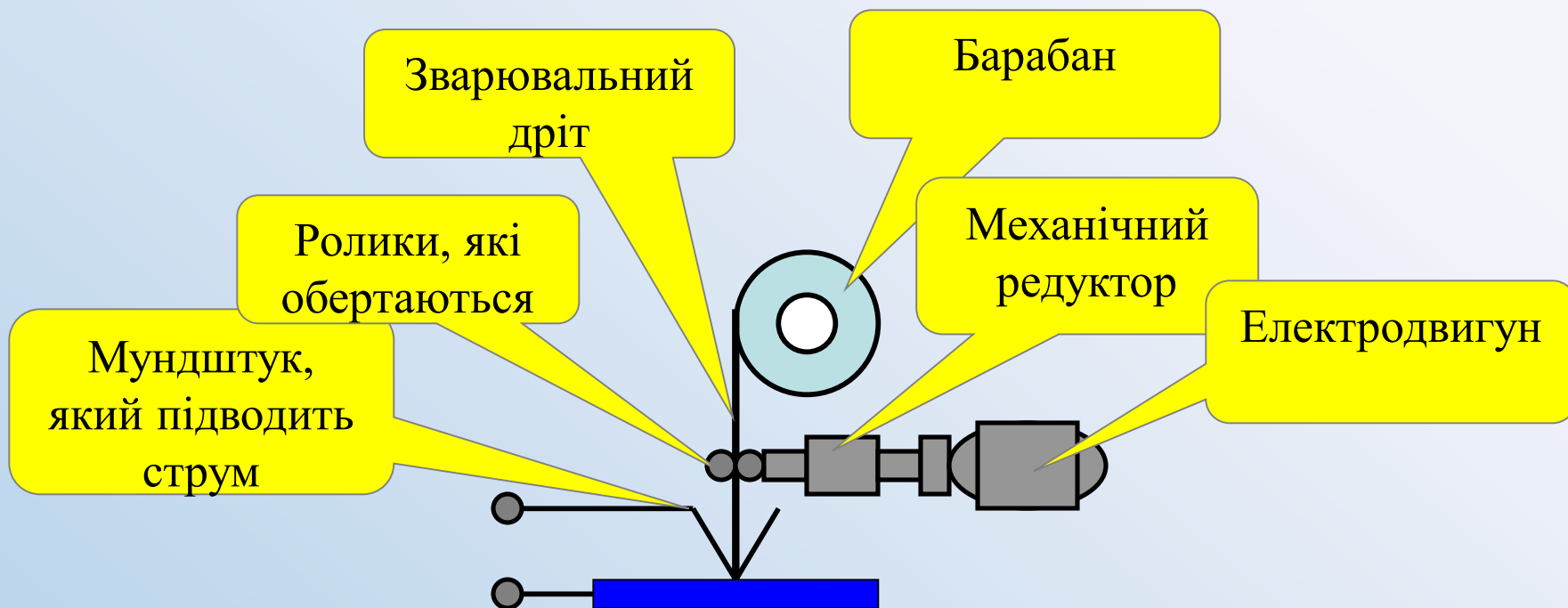
Автоматичне та півавтоматичне дугове зварювання

При автоматичному дуговому зварюванні всі основні операції процесу (запалювання дуги, подавання зварювального дроту до виробу, підтримування постійної довжини дуги і переміщення дуги в напрямку зварювання) механізовані.



Автоматичне та півавтоматичне дугове зварювання

Схема будови зварювального автомата



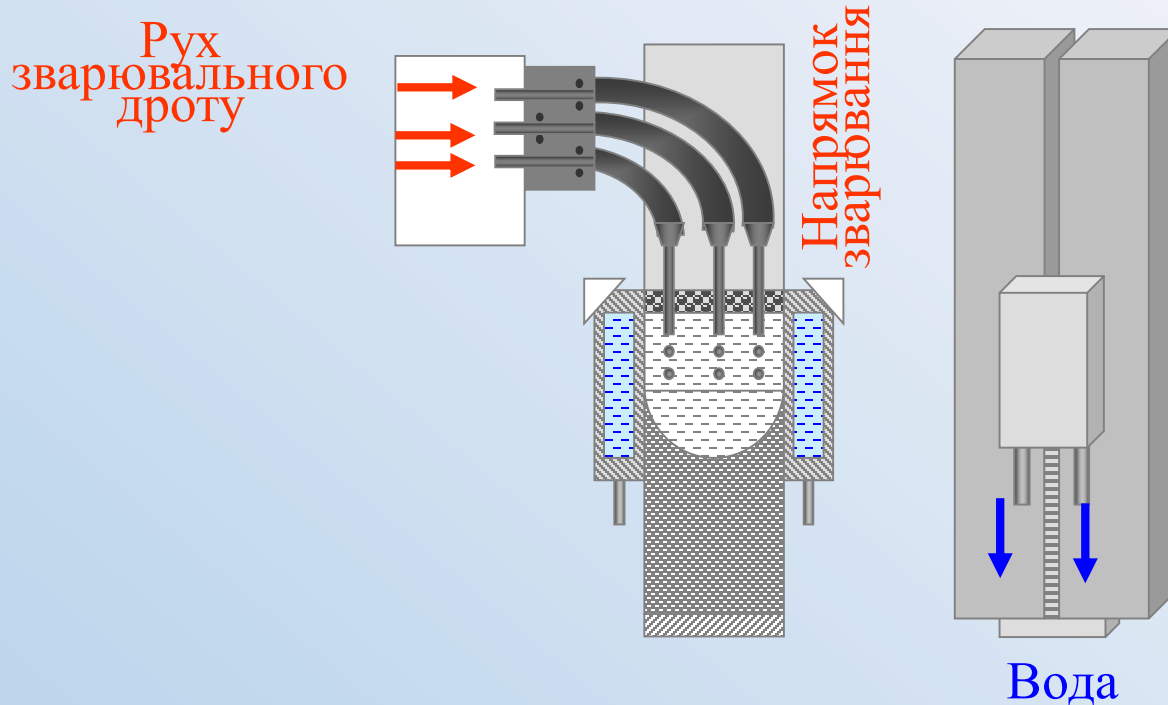
Електродвигун за допомогою механічного редуктора передає обертання роликам, які подають дріт до виробу. Зварювальний дріт подавальні ролики змотують з мотка чи бухти, розміщеної на барабані або в касеті, і спрямовують крізь струмопровідний мундштук у зону зварювання.

АВТОМАТИЧНЕ ЗВАРЮВАННЯ

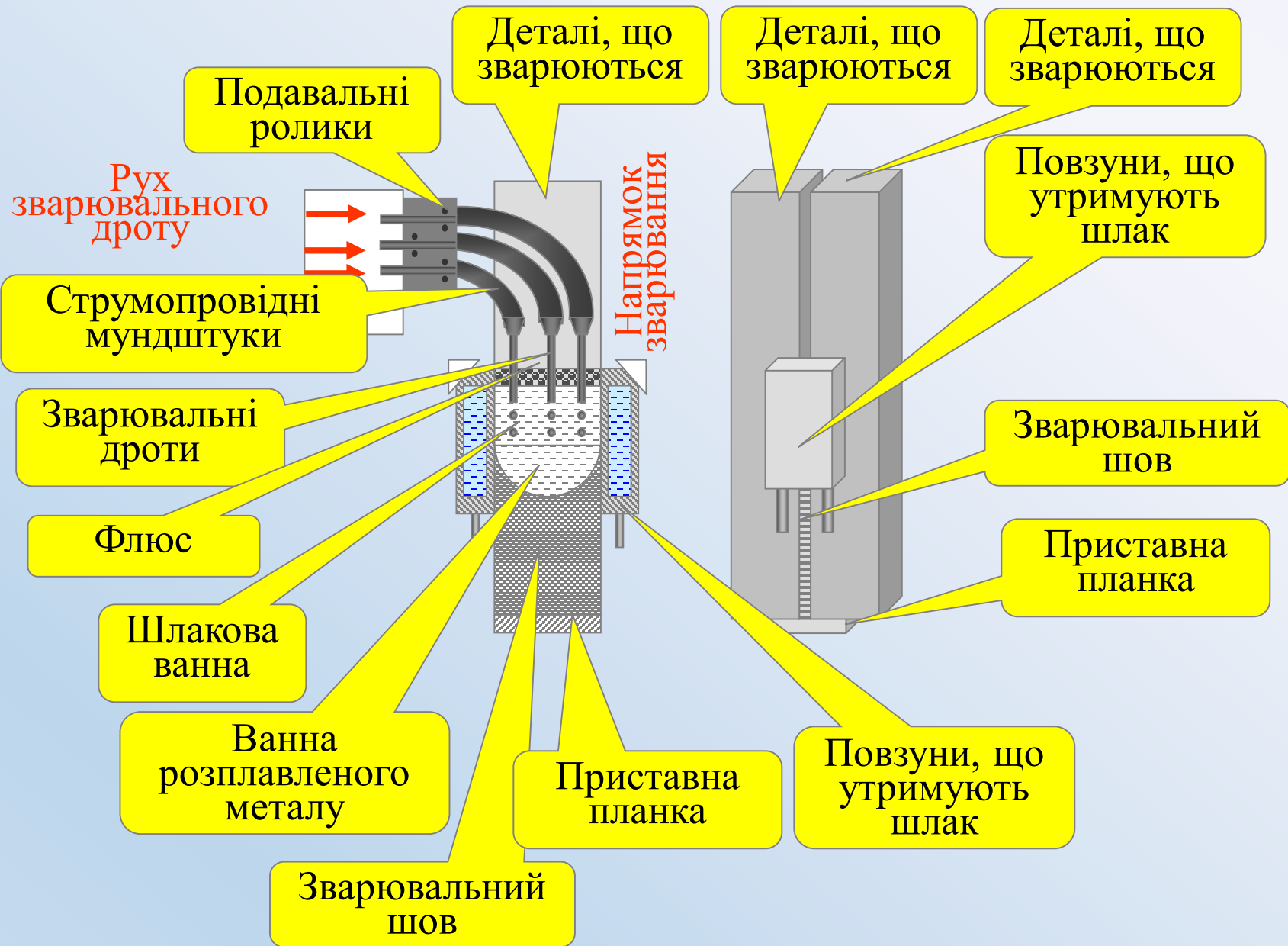


ЕЛЕКТРОШЛАКОВЕ ЗВАРЮВАННЯ

Суть способу - основний і присадочний метали розплавляються теплотою, що виділяється під час проходження електричного струму через розплавлений шлак

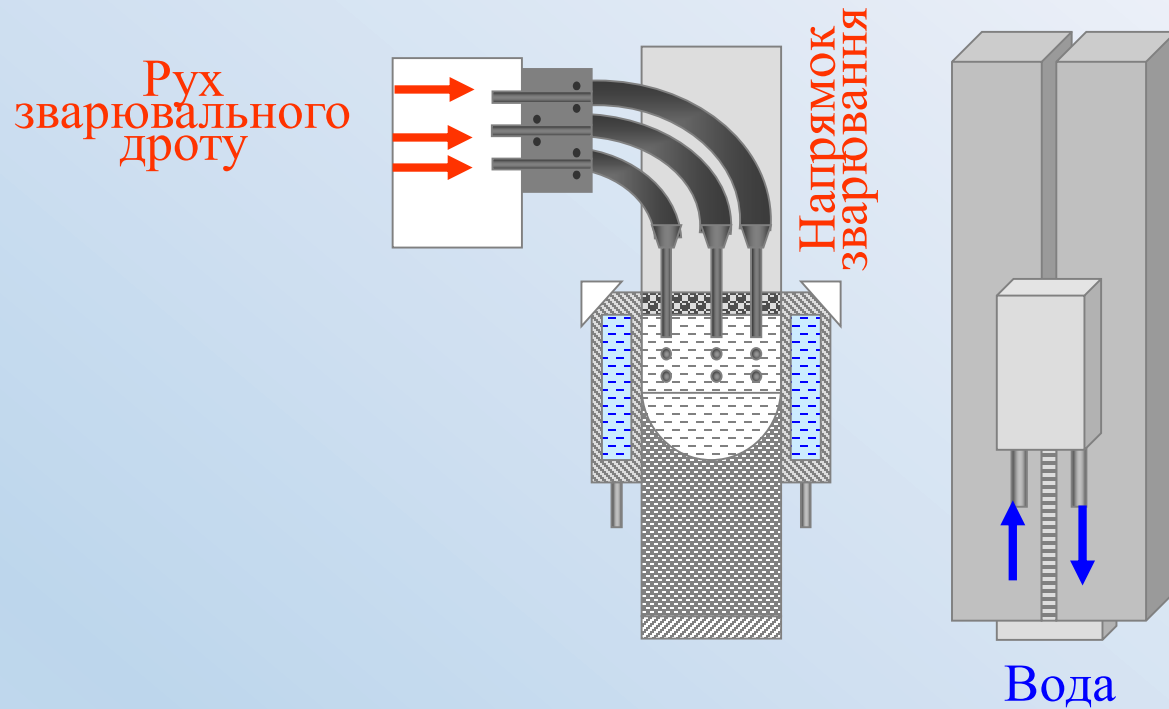


ЕЛЕКТРОШЛАКОВЕ ЗВАРЮВАННЯ



ЕЛЕКТРОШЛАКОВЕ ЗВАРЮВАННЯ

У простір між крайками вертикально встановлених деталей приставною сталлю або мідною планкою і шлакоутримувальними мідними повзунами подається флюс та один або кілька зварювальних дротів діаметром 2-3 мм.

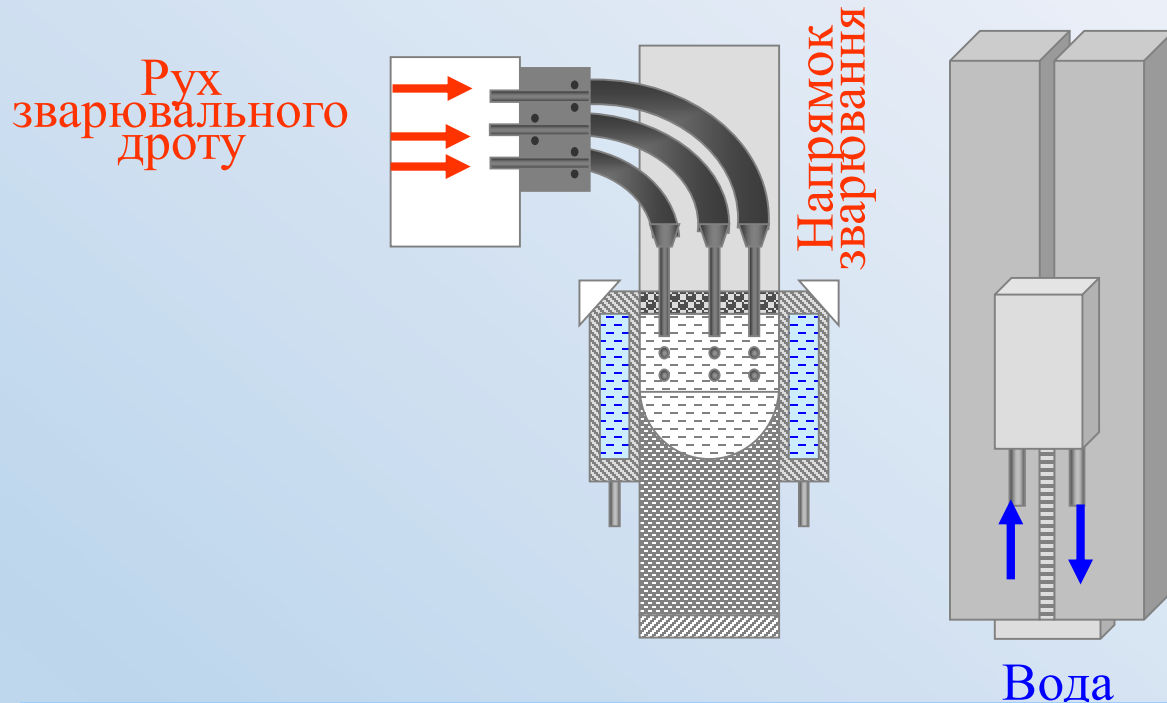


Зварювання починається із збудження дуги під шаром флюсу між електродними дротами і приставною планкою. При розплавленні флюсу й утворенні шлакової ванни зварювальні дроти занурюються в розплавлений шлак і горіння дуги припиняється.

Проте струм продовжує протікати крізь рідкий шлак, і теплота, яка виділяється в ньому, витрачається на подальше плавлення флюсу, країв присадочного металу. Під час зварювання по зігнутих струмопідвідних мундштуках за допомогою системи подавальних роликів безперервно надходить дріт у рідкий шлак.

ЕЛЕКТРОШЛАКОВЕ ЗВАРЮВАННЯ

У простір між крайками вертикально встановлених деталей приставною сталлю або мідною планкою і шлакоутримувальними мідними повзунами подається флюс та один або кілька зварювальних дротів діаметром 2-3 мм.



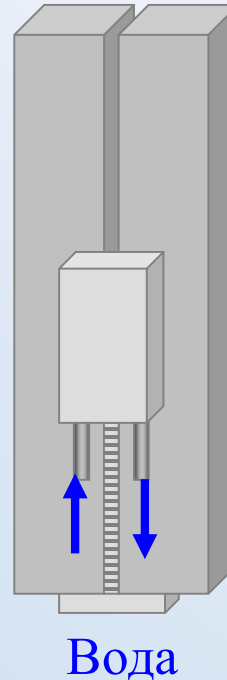
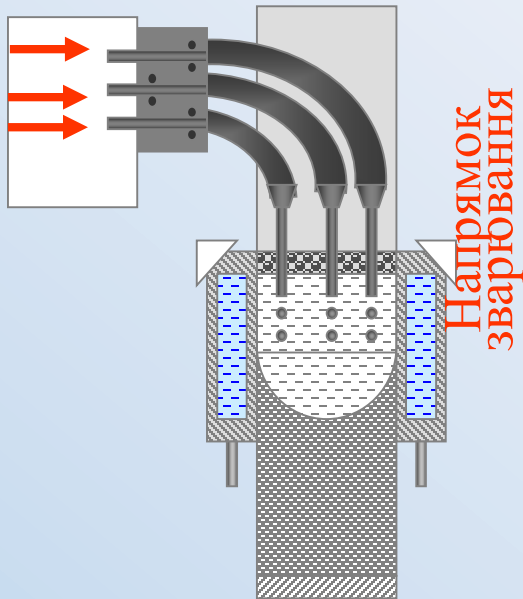
Зварювання починається із збудження дуги під шаром флюсу між електродними дротами і приставною планкою. При розплавленні флюсу й утворенні шлакової ванни зварювальні дроти занурюються в розплавлений шлак і горіння дуги припиняється.

Автомат за допомогою коліс або спеціальних електромагнітів переміщається у вертикальному напрямі разом з повзунами. Останні, охолоджуючись проточною водою, сприяють примусовому формуванню зварного шва, що утворюється з ванни розплавленого металу. Трубою, встановленою трохи вище мундштуків, у зону зварювання подається флюс.

ЕЛЕКТРОШЛАКОВЕ ЗВАРЮВАННЯ

Порівняно з автоматичним дуговим зварюванням електрошлакове має такі переваги:

Рух
зварювального
дроту



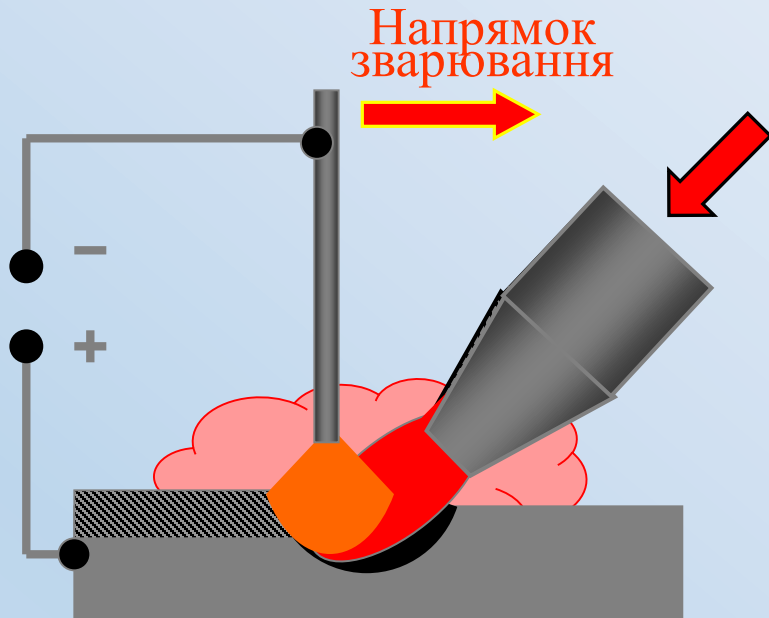
більшу продуктивність
внаслідок безперервності
процесу зварювання, який
виконується за один прохід
при будь-якій товщині
металу,
зменшення витрат
електродного металу, тому
що зварюють по зазору без
обробки країв,
зменшення витрат
флюсу, електроенергії,
спрощення підготовки
країв.

Широко застосовується у важкому машинобудуванні при виготовленні зварно-литих і зварно-кованих конструкцій, у виробництві товстостінних котлів високого тиску, станин потужних пресів і верстатів, валів гідротурбін та ін.

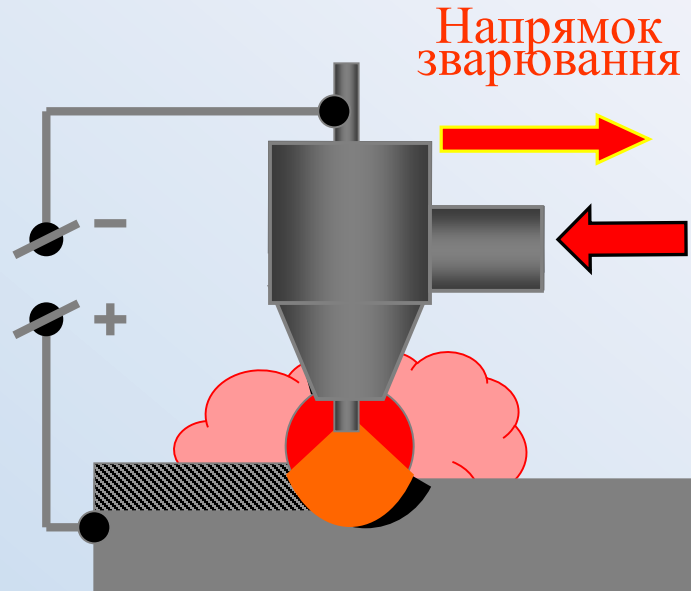
ДУГОВЕ ЗВАРЮВАННЯ В ЗАХИСНИХ ГАЗАХ

Суть способу зварювання в захисних газах полягає в тому, що для захисту розплавленого металу від шкідливої дії кисню і азоту повітря у зону дуги, яка горить між зварюваним виробом і плавким або неплавким електродом крізь сопло пальника безперервно подається струмінь захисного газу, що відтісняє повітря від місця зварювання.

плавким електродом



неплавким електродом



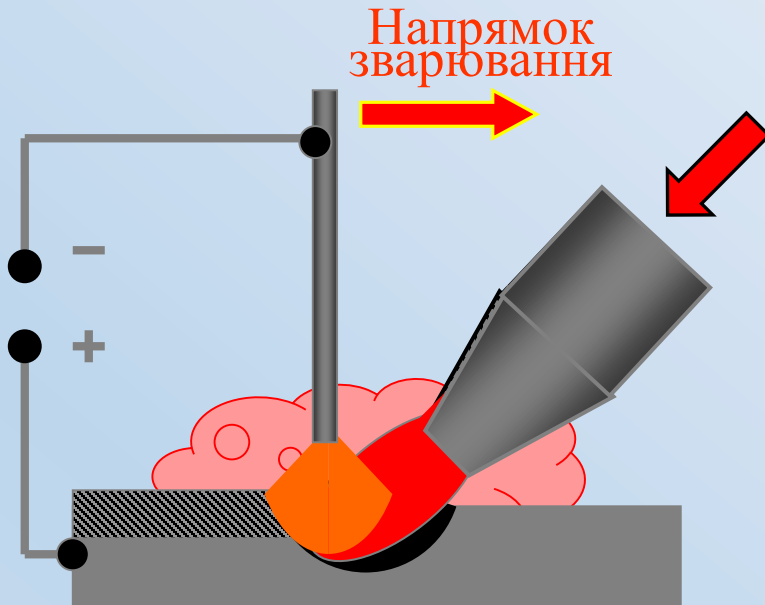
ДУГОВЕ ЗВАРЮВАННЯ В ЗАХИСНИХ ГАЗАХ

Як захисні газы використовують

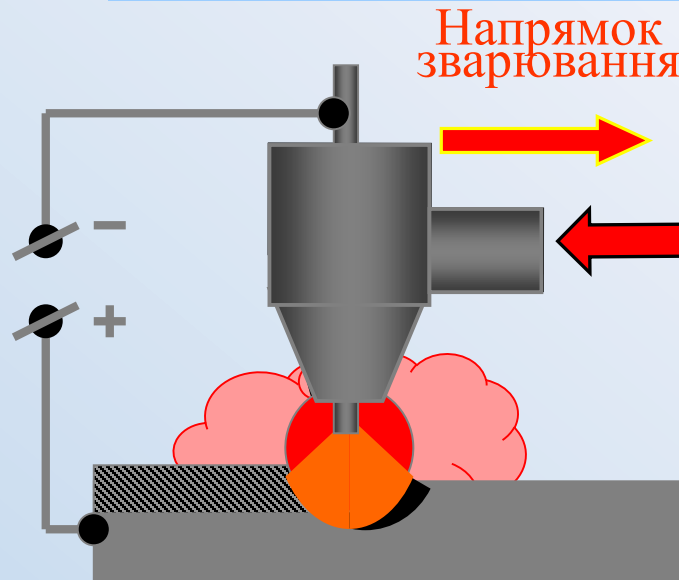
інертні газы (аргон і гелій), які не взаємодіють з розплавленим металом

активні газы (вуглекислий газ, водень, азот, пари води, а також їх суміші — аргон з киснем, аргон з азотом або вуглекислим газом, вуглекислий газ із киснем тощо), які частково взаємодіють з розплавленим металом.

плавким електродом



неплавким електродом



Інертні газы використовують для зварювання хімічно активних металів, а також у тих випадках, коли необхідно дістати зварні шви, однорідні із складом основного і присадочного металів.

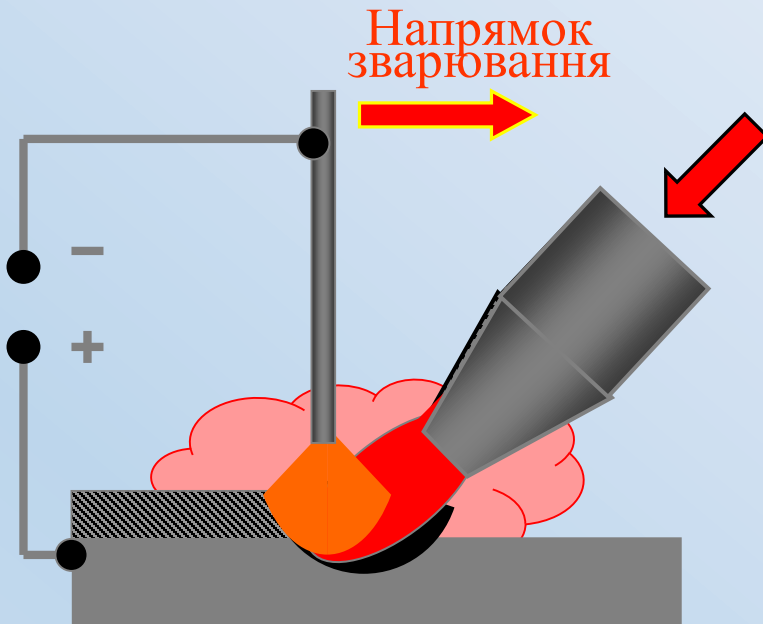
ДУГОВЕ ЗВАРЮВАННЯ В ЗАХИСНИХ ГАЗАХ

Як захисні гази використовують

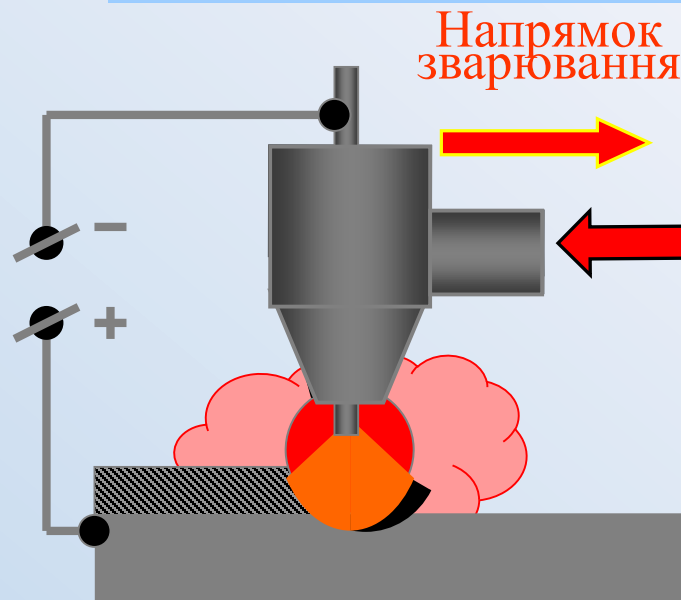
інертні гази (аргон і гелій), які не взаємодіють з розплавленим металом

активні гази (вуглекислий газ, водень, азот, пари води, а також їх суміші — аргон з киснем, аргон з азотом або вуглекислим газом, вуглекислий газ із киснем тощо), які частково взаємодіють з розплавленим металом.

плавким електродом



неплавким електродом



Активні гази використовують, коли задані властивості металу можна забезпечити металургійною обробкою, наприклад відновленням, окисленням.

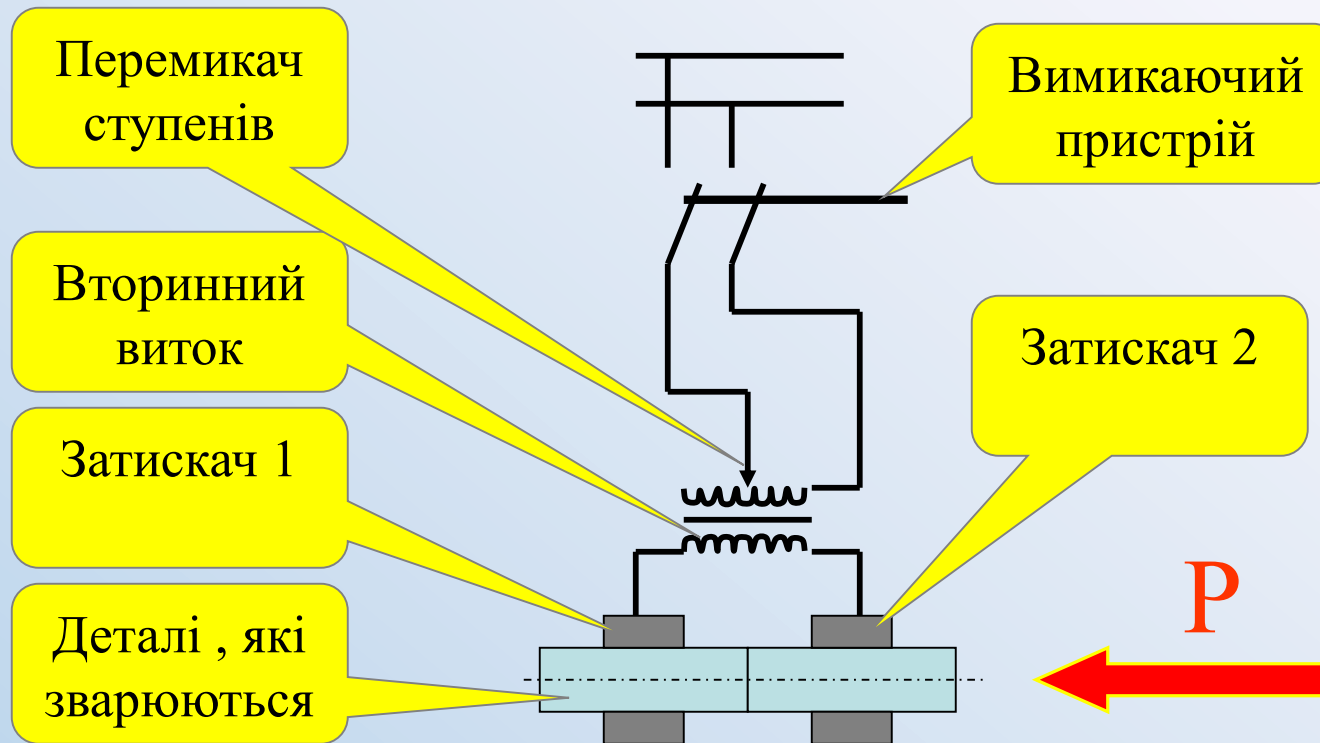
ДУГОВЕ ЗВАРЮВАННЯ В ЗАХИСНИХ ГАЗАХ



Найбільше застосовують аргон і вуглекислий газ.



СТИКОВЕ ЗВАРЮВАННЯ

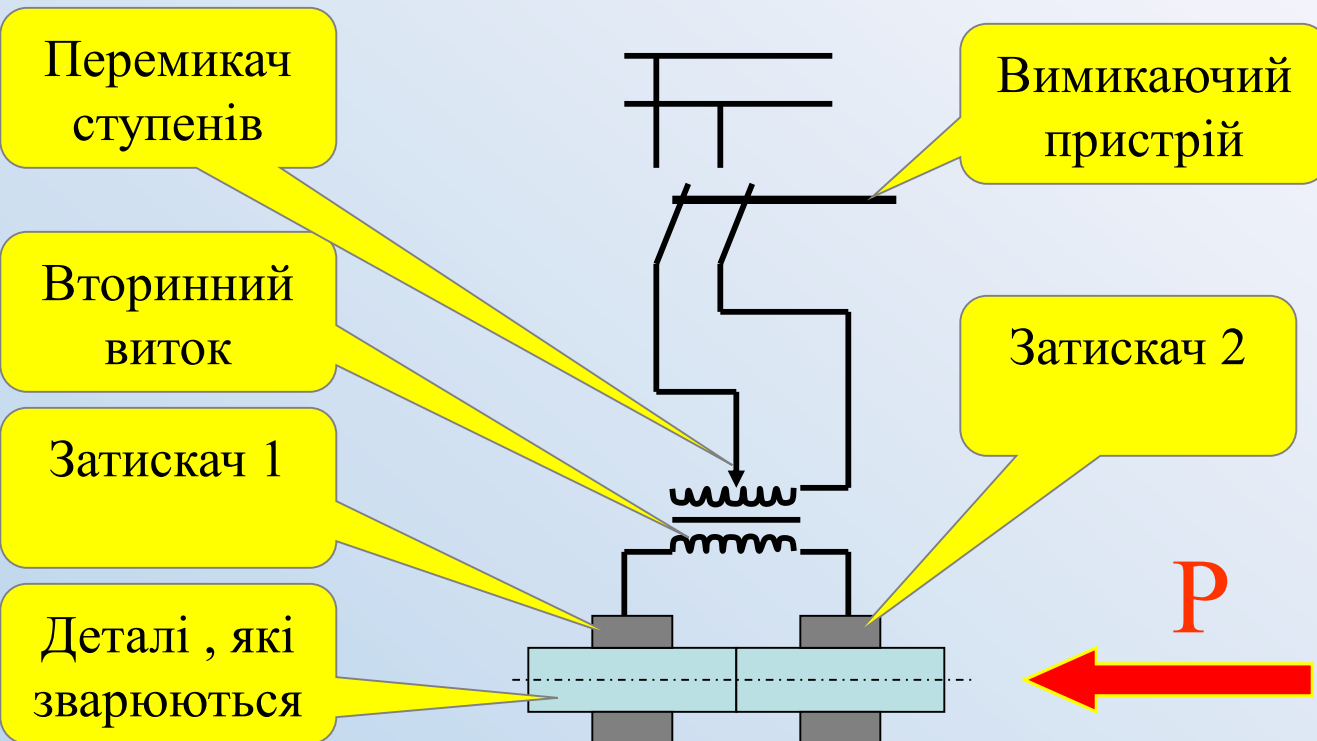


При стиковому зварюванні зварювані деталі (стержні, штаби, рейки, труби) закріплюють у мідних затискачах машини. Затискач 2 встановлено на рухомій плиті, що переміщується по напрямних станини, а затискач 1 закріплено на нерухомій плиті.

Вторинний виток зварювального трансформатора з'єднаний з плитами мідними гнучкими шинами. Первинну обмотку трансформатора ввімкнено в мережу змінного струму через вимикаючий пристрій. Для регулювання потужності трансформатора і зміни сили зварювального струму призначено перемикач ступенів.

Переміщення рухомої плити і стиснення зварюваних виробів силою P здійснюється механізмом стиснення.

СТИКОВЕ ЗВАРЮВАННЯ

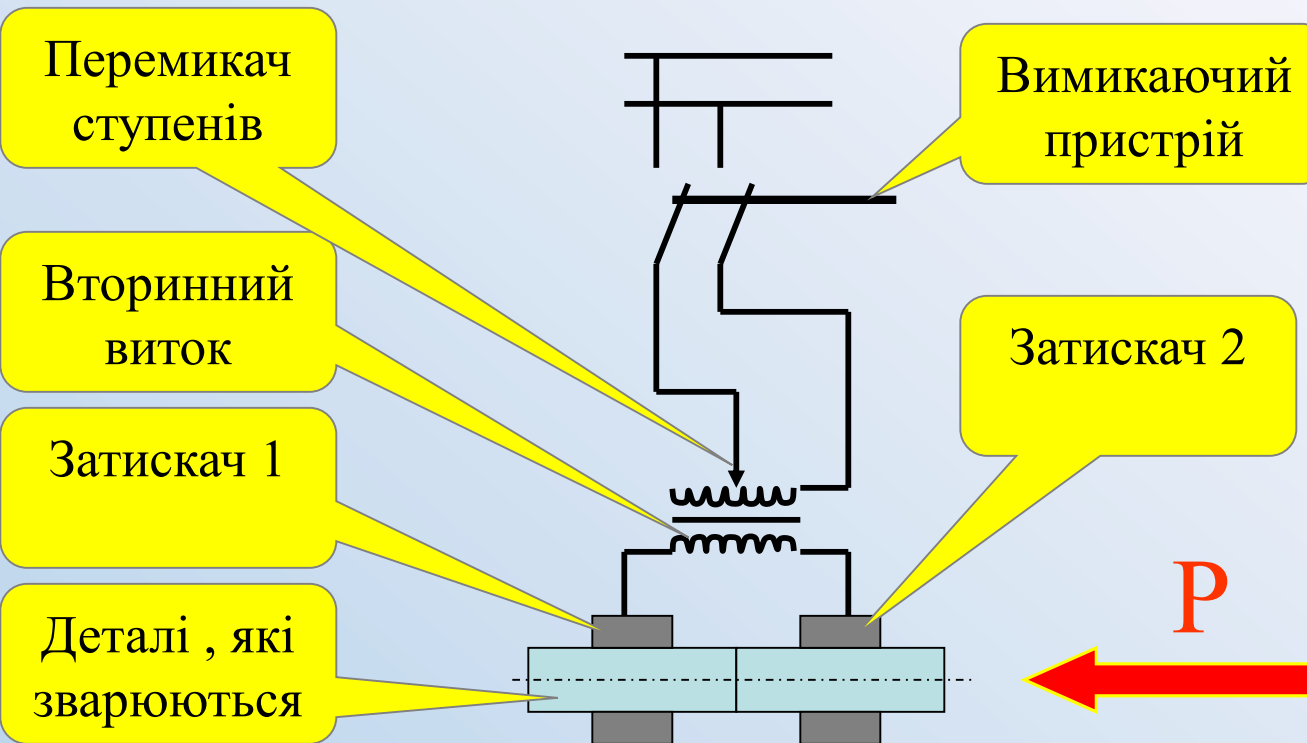


При зварюванні **опором** деталі з ретельно підготовленими торцями під невеликим тиском доводять до тісного стикання. Вмикають зварювальний струм, який розігріває метал до пластичного стану. До деталей прикладають зусилля осадження і разом з цим вимикають струм.

До деталей прикладають зусилля осадження і разом з цим вимикають струм. Внаслідок висадження металу в місці з'єднання утворюється потовщення.

Зварювання опором застосовують для з'єднання виробів з маловуглецевих сталей і кольорових металів перерізом до 300 мм². При більшому перерізі не досягається рівномірного нагрівання по всьому перерізу стику і якість з'єднання погіршується..

СТИКОВЕ ЗВАРЮВАННЯ

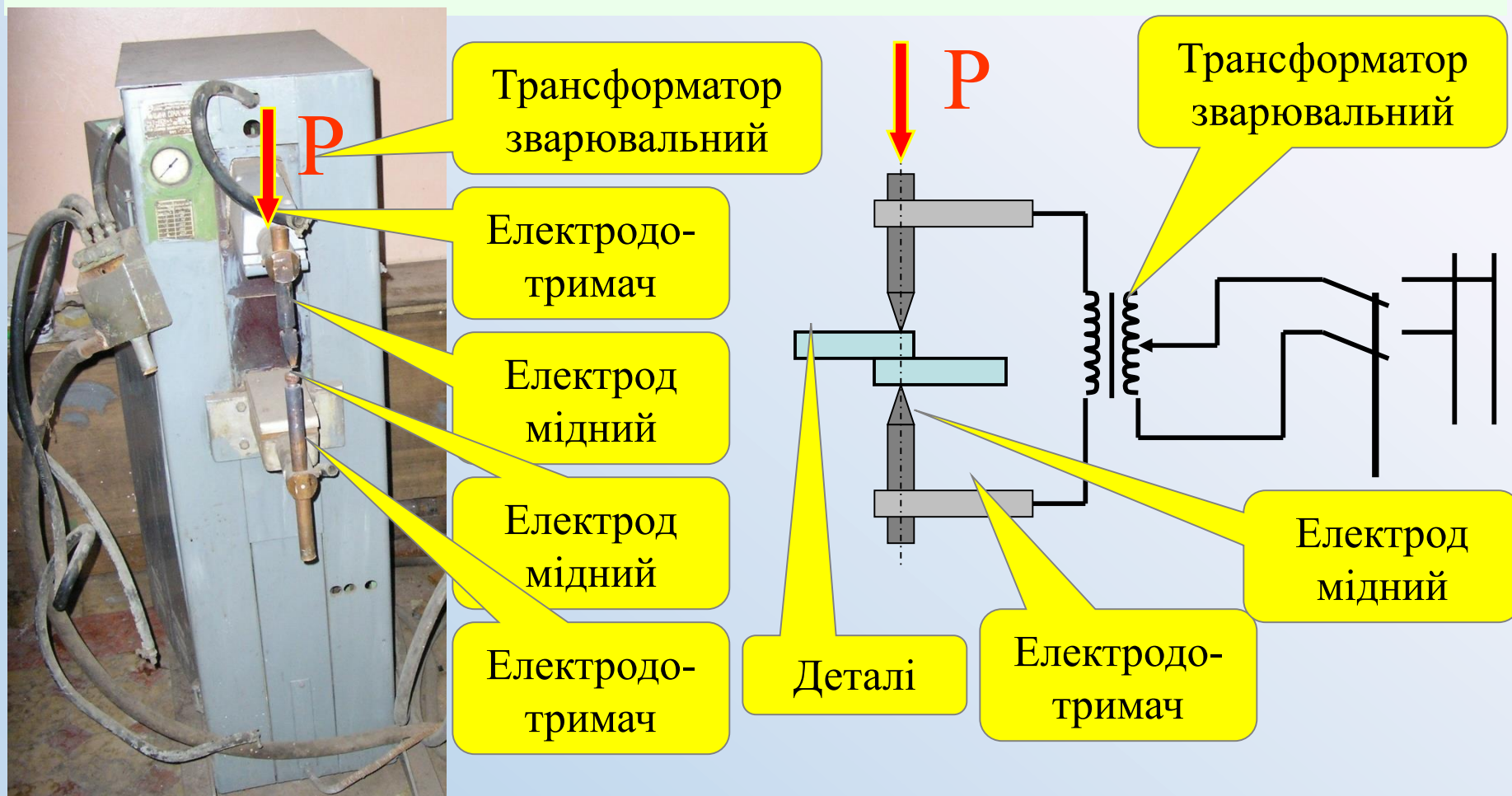


Зварювання **оплавленням** застосовують, виготовляючи вироби більшого перерізу. Розрізняють зварювання переривчастим і безперервним оплавленням. Якщо зварюють переривчастим оплавленням, то деталі, затиснуті в машині при ввімкнутій напрузі вторинного кола, приводять у короточасне стикання і знову розводять на невелику відстань.

Під час розведення деталей зварювальне коло розривається при силі струму в тисячі і десятки тисяч ампер, внаслідок чого між торцями зварювальних виробів відбувається сильне іскроутворення і розбризкування розплавленого металу. Чергуючи замикання з розмиканням, рівномірно оплавляють увесь стик. Прикладають зусилля осадження і назовні стику разом із розплавленим металом витискуються оксиди і утворюється міцне зварне з'єднання. Струм вимикають в кінці осадження.

ТОЧКОВЕ ЗВАРЮВАННЯ

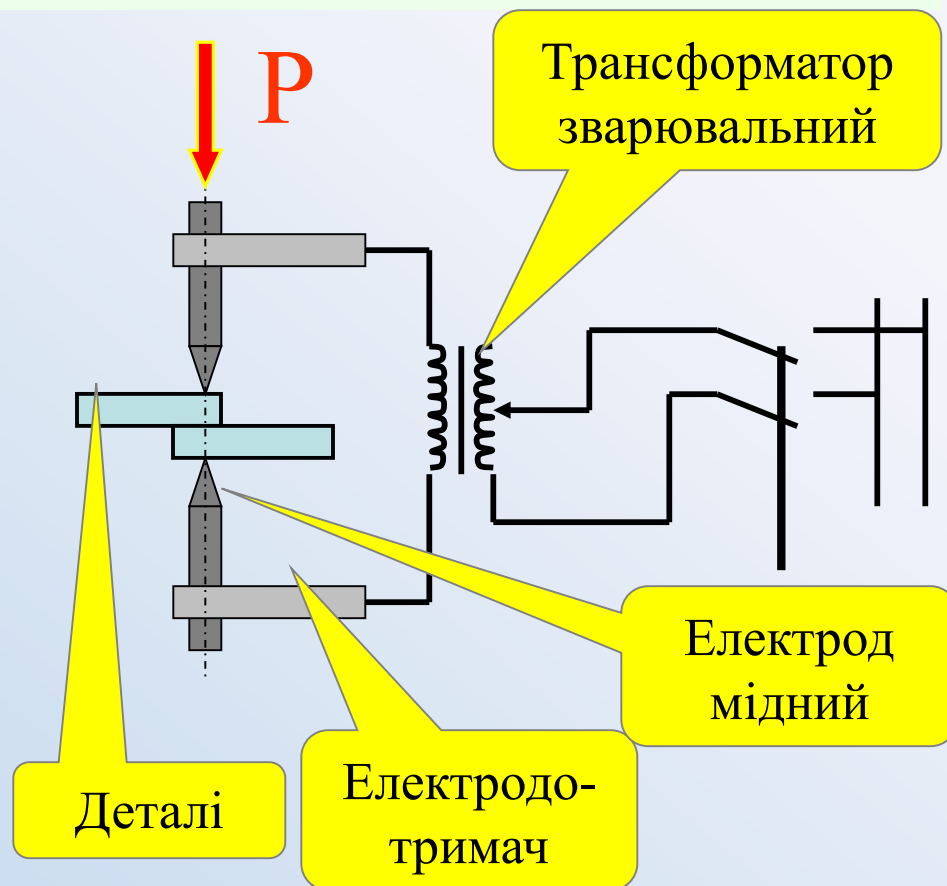
Точкове зварювання застосовують для з'єднання листових конструкцій, в яких треба забезпечити потрібну міцність, а забезпечення щільності не обов'язкове. Сумарна товщина листів не перевищує 10-12 мм.



ТОЧКОВЕ ЗВАРЮВАННЯ

Точкове зварювання застосовують для з'єднання листових конструкцій, в яких треба забезпечити потрібну міцність, а забезпечення щільності не обов'язкове. Сумарна товщина листів не перевищує 10-12 мм.

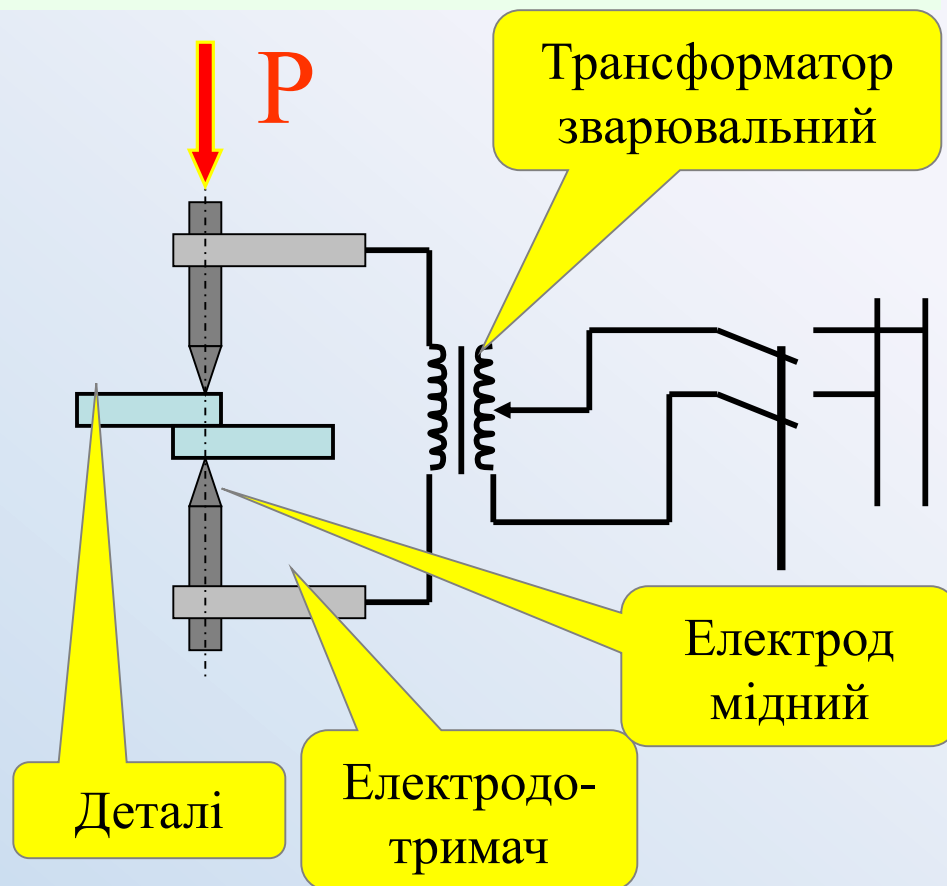
При точковому зварюванні складені внапусток деталі затискають з деяким зусиллям між мідними електродами, до яких через електродотримачі підводиться струм від зварювального трансформатора.



ТОЧКОВЕ ЗВАРЮВАННЯ

Точкове зварювання застосовують для з'єднання листових конструкцій, в яких треба забезпечити потрібну міцність, а забезпечення щільності не обов'язкове. Сумарна товщина листів не перевищує 10-12 мм.

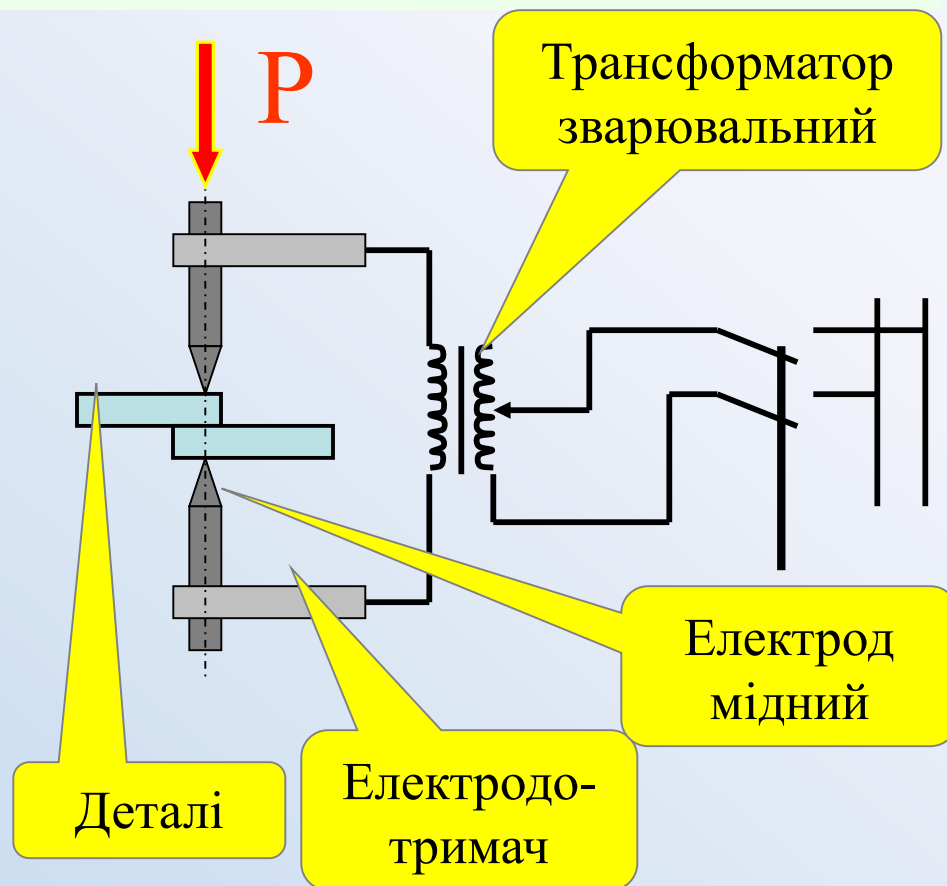
Нижній електрод встановлюють нерухомо, а верхній з електродотримачем переміщується за допомогою механізму стискання, який створює між електродами потрібний тиск P .



ТОЧКОВЕ ЗВАРЮВАННЯ

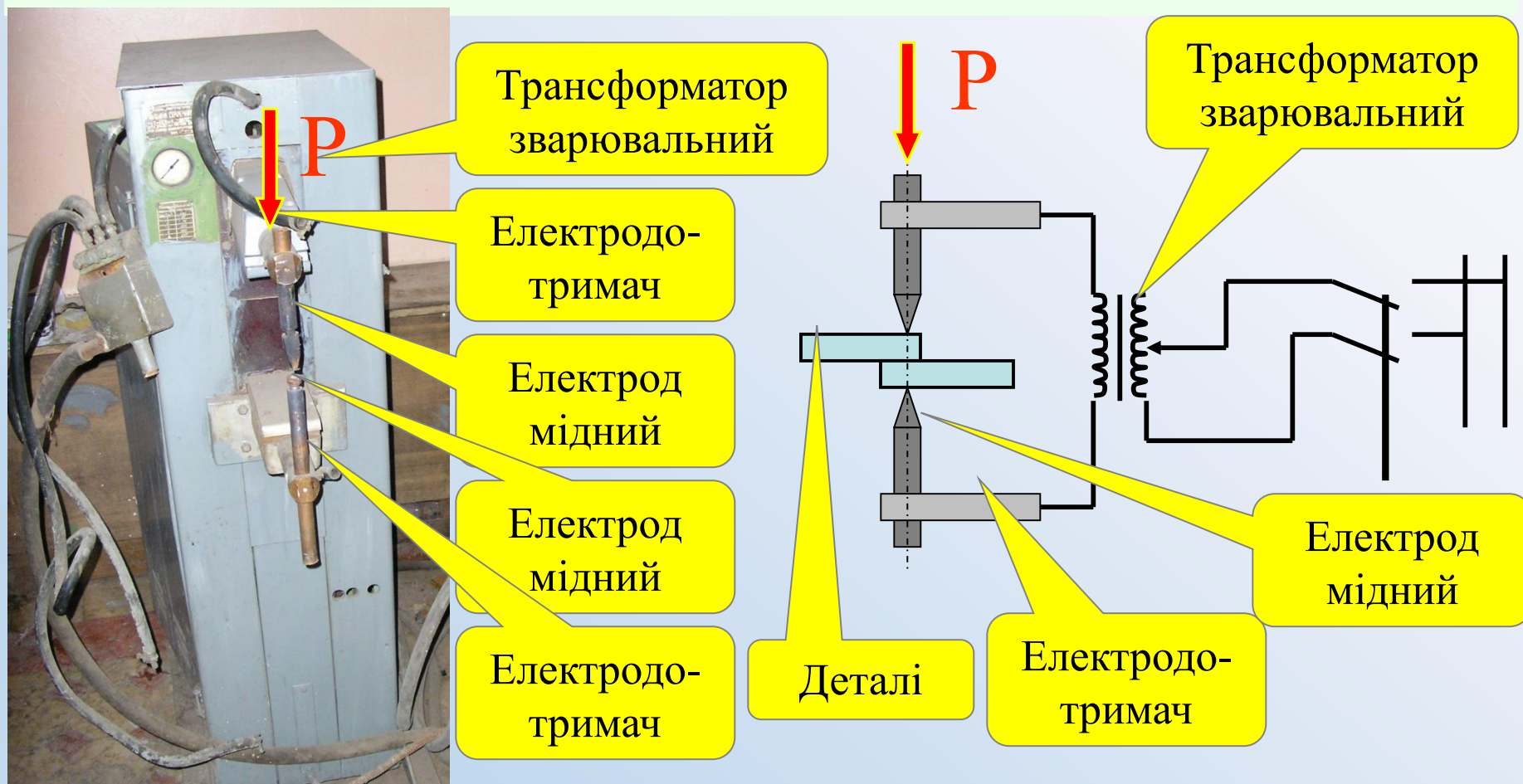
Точкове зварювання застосовують для з'єднання листових конструкцій, в яких треба забезпечити потрібну міцність, а забезпечення щільності не обов'язкове. Сумарна товщина листів не перевищує 10-12 мм.

Затиснувши виріб, вмикають трансформатор, і місце контакту між виробами нагрівається до утворення ядра з розплавленого металу. Наступним прикладенням зусилля осадження здійснюється процес зварювання металів, який закінчується зняттям тиску і вимкненням струму.



ТОЧКОВЕ ЗВАРЮВАННЯ

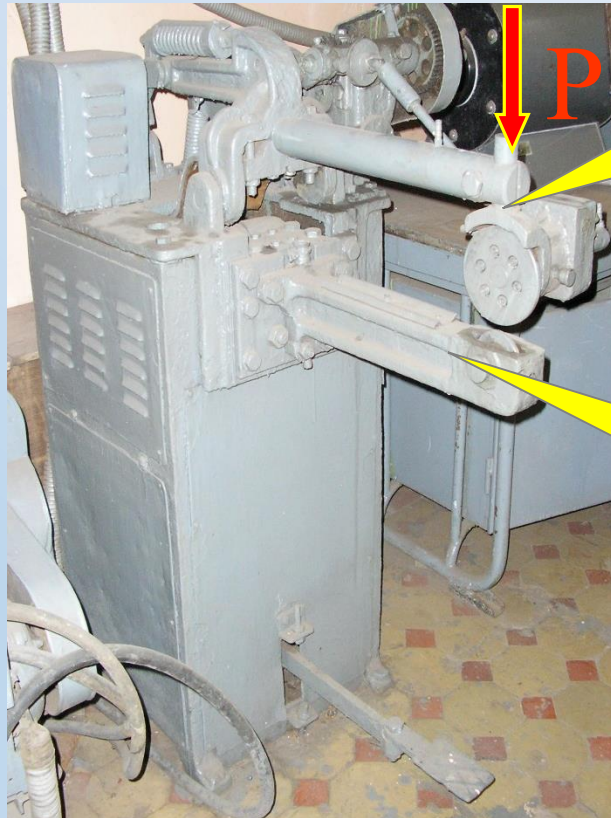
Точкове зварювання застосовують для з'єднання листових конструкцій, в яких треба забезпечити потрібну міцність, а забезпечення щільності не обов'язкове. Сумарна товщина листів не перевищує 10-12 мм.



На точкових машинах зварюють вуглецеві, леговані, високолеговані сталі кольорові метали.

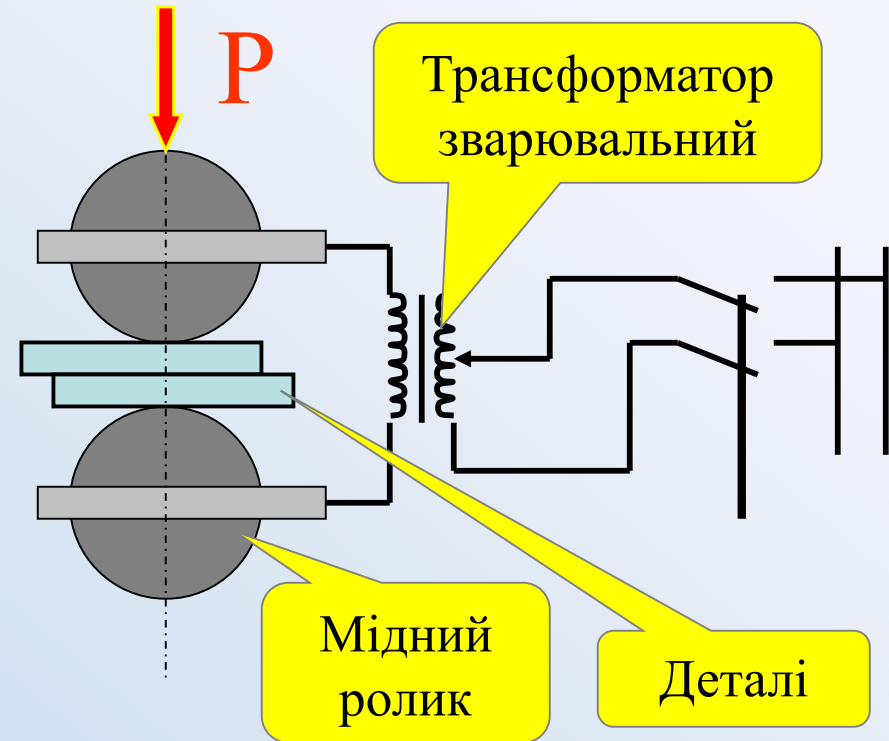
ШОВНЕ ЗВАРЮВАННЯ

Шовне, або роликове, зварювання застосовують для того, щоб мати міцні і щільні шви при виготовленні тонкостінних посудин, призначених для зберігання і транспортування рідин, газів та інших продуктів, а також у виробництві тонкостінних труб.



Мідний ролик

Мідний ролик

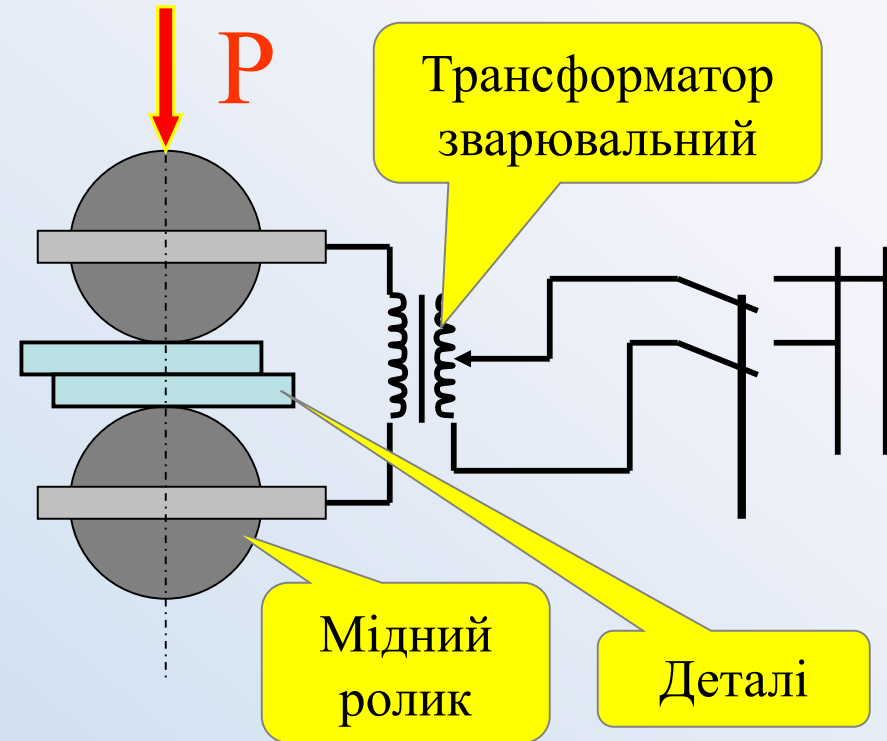


ШОВНЕ ЗВАРЮВАННЯ

Шовне, або роликове, зварювання застосовують для того, щоб мати міцні і щільні шви при виготовленні тонкостінних посудин, призначених для зберігання і транспортування рідин, газів та інших продуктів, а також у виробництві тонкостінних труб.

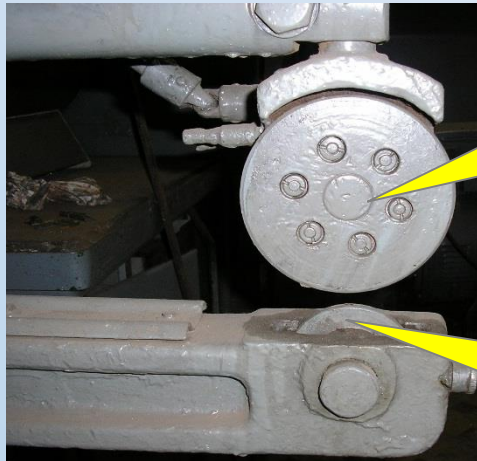
У шовному зварюванні листи завтовшки 0,3 - 3 мм складають внапусток і потім затискають зусиллям P між двома мідними роликами, до яких підводять електричний струм від зварювального трансформатора.

Одному або обом роликам надає примусового обертання спеціальний привод. При ввімкненні струму і одночасному обертанні роликів відбувається переміщення і нагрівання до розплавлення контактних поверхонь зварюваних виробів, які під дією стискальних зусиль зварюються.

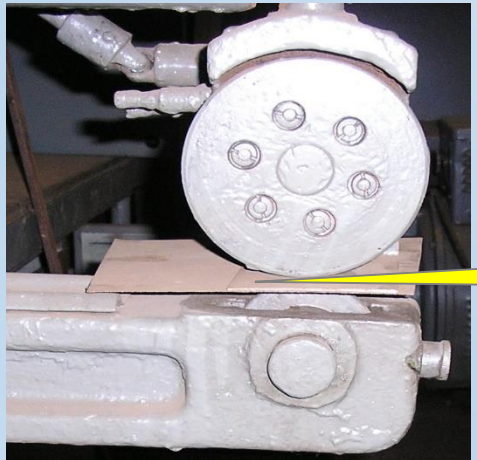


ШОВНЕ ЗВАРЮВАННЯ

Шовне, або роликове, зварювання застосовують для того, щоб мати міцні і щільні шви при виготовленні тонкостінних посудин, призначених для зберігання і транспортування рідин, газів та інших продуктів, а також у виробництві тонкостінних труб.

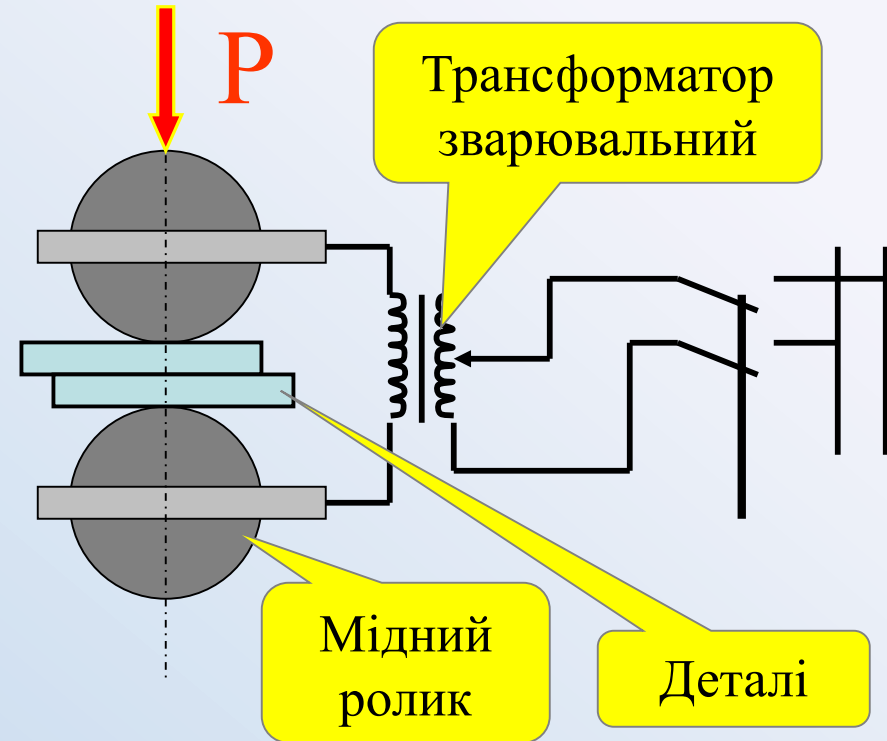


Мідний ролик



Мідний ролик

Деталі



ШОВНЕ ЗВАРЮВАННЯ



БУДОВА ПАЛЬНИКА ГАЗОВОГО



Зварювальний пальник є основним інструментом газозварника, який призначено для змішування в потрібних пропорціях горючого газу з киснем і для створення зварювального полум'я потрібної потужності, розмірів і відповідної форми.



БУДОВА ПАЛЬНИКА ГАЗОВОГО

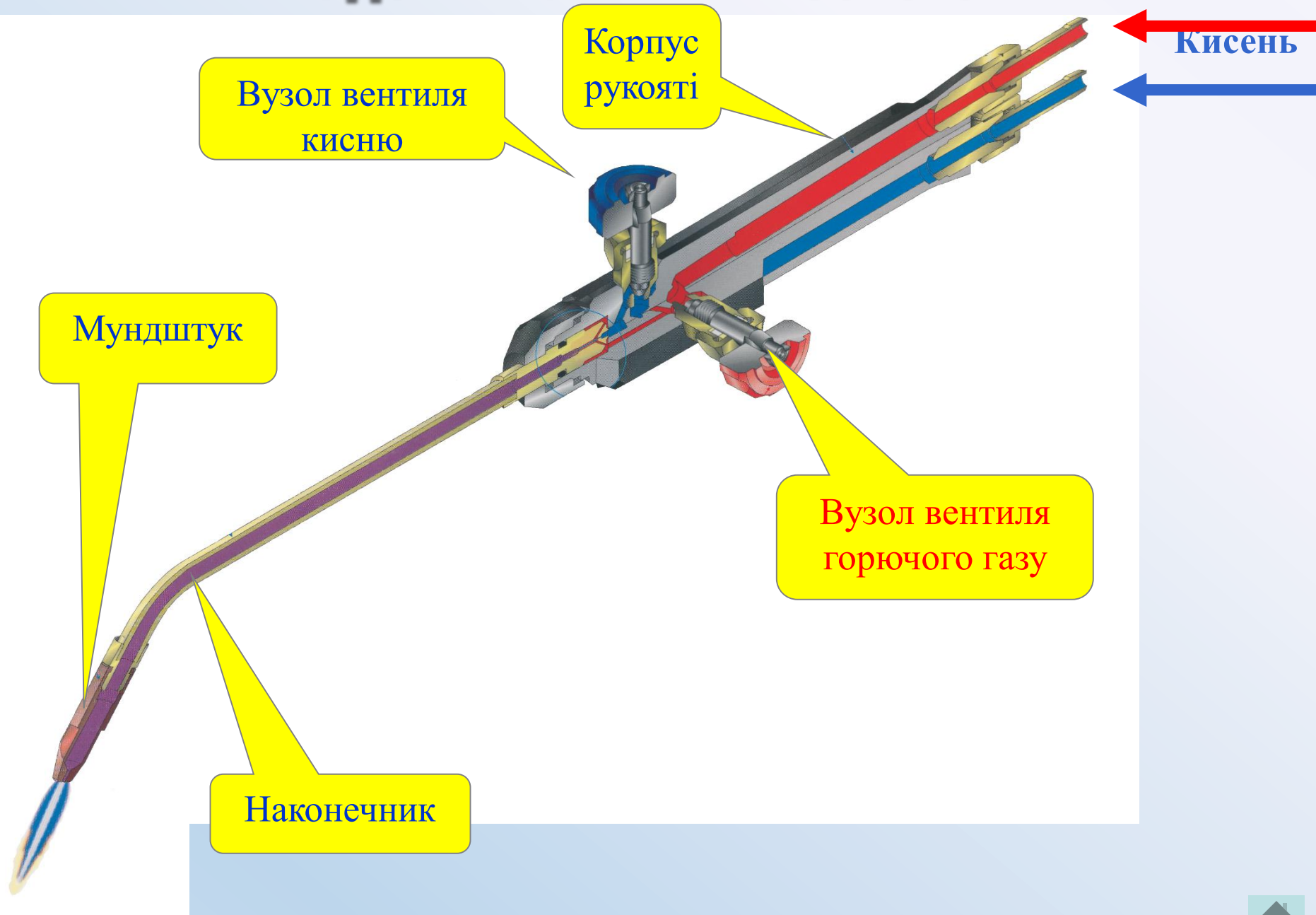


За способом подавання горючого газу в камеру змішування розрізняють пальники інжекторні (низького тиску) і безінжекторні (рівного тиску). У промисловості використовують переважно пальники інжекторні, які придатні для використання ацетилену низького і середнього тиску.



БУДОВА ПАЛЬНИКА ГАЗОВОГО

Горючий газ



БУДОВА ПАЛЬНИКА ГАЗОВОГО

Горючий газ

Кисень

Технічна характеристика

Вузол вентиля

рукояті

Номери наконечників

Товщина металу, що зварюється, мм

Тиск кисню, кгс/см²

Тиск ацетилену, кгс/см²

Витрата кисню, л/год

Витрата ацетилену, л/год

Швидкість зварювання, мм/хв

Витрата присадочного дроту на 1м зварного шва, кг

Довжина ядра полум'я, мм

Довжина пальника з наконечником №3, мм

Маса пальника з наконечником №3, кг

0

1

2

3

0,2-0,5

0,5-1

1-2

2-4

1,5-3,0

2,0-3,0

0,01-1,0

0,01-1,0

35-55

98-100

180-200

270-380

30-48

62-90

115-180

200-335

-

200-125

130-90

90-55

-

0,03

0,06

0,2

6

7

8

10

390

0,42

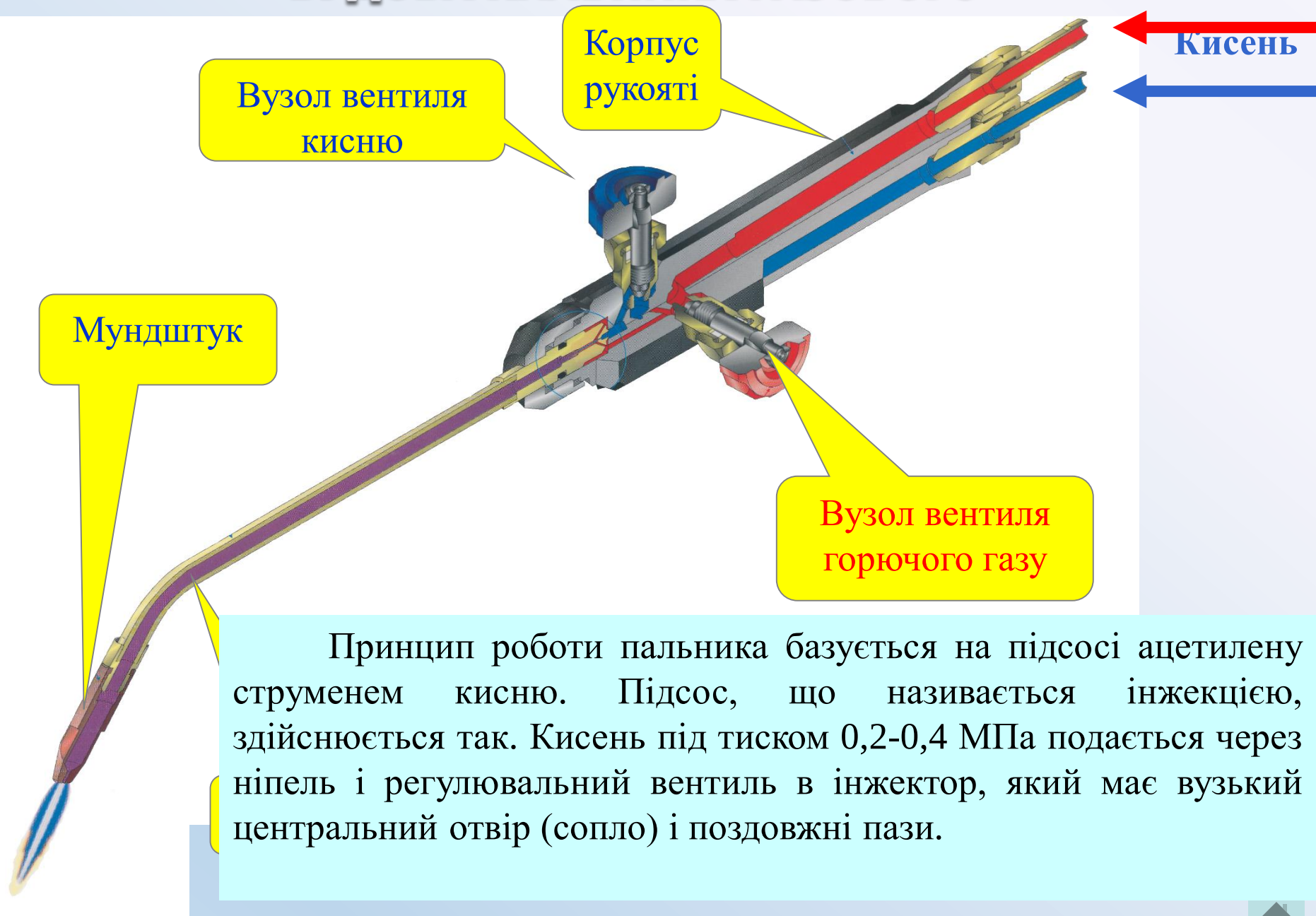
істрій
змішуючий
ектор)

змішувачий (Гнже)



БУДОВА ПАЛЬНИКА ГАЗОВОГО

Горючий газ



Принцип роботи пальника базується на підсосі ацетилену струменем кисню. Підсос, що називається інжекцією, здійснюється так. Кисень під тиском 0,2-0,4 МПа подається через ніпель і регулювальний вентиль в інжектор, який має вузький центральний отвір (сопло) і поздовжні пази.



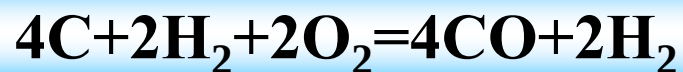
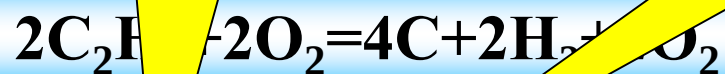
БУДОВА ПАЛЬНИКА ГАЗОВОГО

Горючий газ

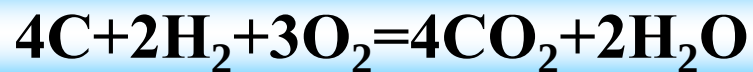


Ядро — продукти розпаду ацетилену, які згоряють в оболонці ядра

Відновлювальна зона — оксид вуглецю і водень, які розкислюють зварювальну ванну



Факел — область повного згоряння



Зварювальне полум'я

Три основні види ацетиленокисневого полум'я:

Нормальне (відновне)

Співвідношення
ацетилену і кисню

від 1:1 до 1:1,1

Застосовується для
зварювання більшості
сталей, сплавів і
кольорових металів

З надлишком кисню
(окислювальне)

Співвідношення
ацетилену і кисню

більше ніж 1:0,95

Застосовується для
зварювання чавуна,
наплавлювання
твердими сплавами

З надлишком ацетилену
(науглецювальне)

Співвідношення
ацетилену і кисню

менш ніж 1:1,3

Застосовується для
зварювання латуні



Режими газового зварювання

Параметри
режиму:

потужність газозварювального полум'я

вид полум'я

діаметр присадочного дроту

Теплову потужність полум'я

при газовому зварюванні, л/год, визначають залежно від товщини зварюваного металу та способу зварювання за формулою:

$$V_a = k\delta$$

k - коефіцієнт пропорційності, який для маловуглецевої сталі становить 100-120 — при лівому способі і 120-150 — при правому способі

δ - товщина металу, мм



Режими газового зварювання

Параметри
режиму:

потужність газозварювального полум'я

вид полум'я

діаметр присадочного дроту

Теплову потужність полум'я

при газовому зварюванні, л/год, визначають залежно від товщини зварюваного металу та способу зварювання за формулою:

$$V_a = k\delta$$

За визначеною потужністю полум'я підбирають відповідний номер мундштука зварювального пальника

Номер
мундштука

000

00

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

Товщина
зварюваної
низьковуглецевої
сталі, мм

0,05

-0,1

0,1-0,25

0,2-0,5

0,5-1,0

1-
2

2-
4

4-
7

7-
11

11
-
17

17
-
30

30
-
80

Св
.
80

Режими газового зварювання

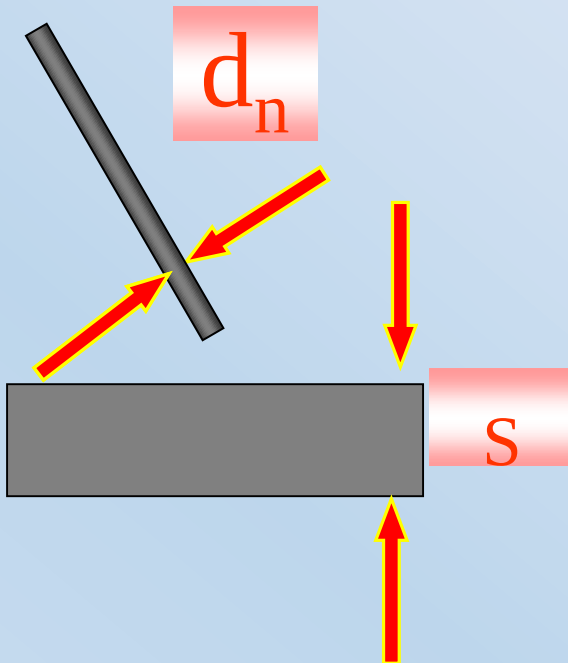
Параметри
режиму:

потужність газозварювального полум'я

вид полум'я

діаметр присадочного дроту

Визначення діаметра присадочного дроту



Для зварювання
низько- і
середньовуглецевих сталей діаметр
присадочного дроту d_n
визначають по формулам
в залежності від способу
зварювання і товщини
металу S

При лівому способі

$$d_n = S/2 + 1 (\text{мм})$$

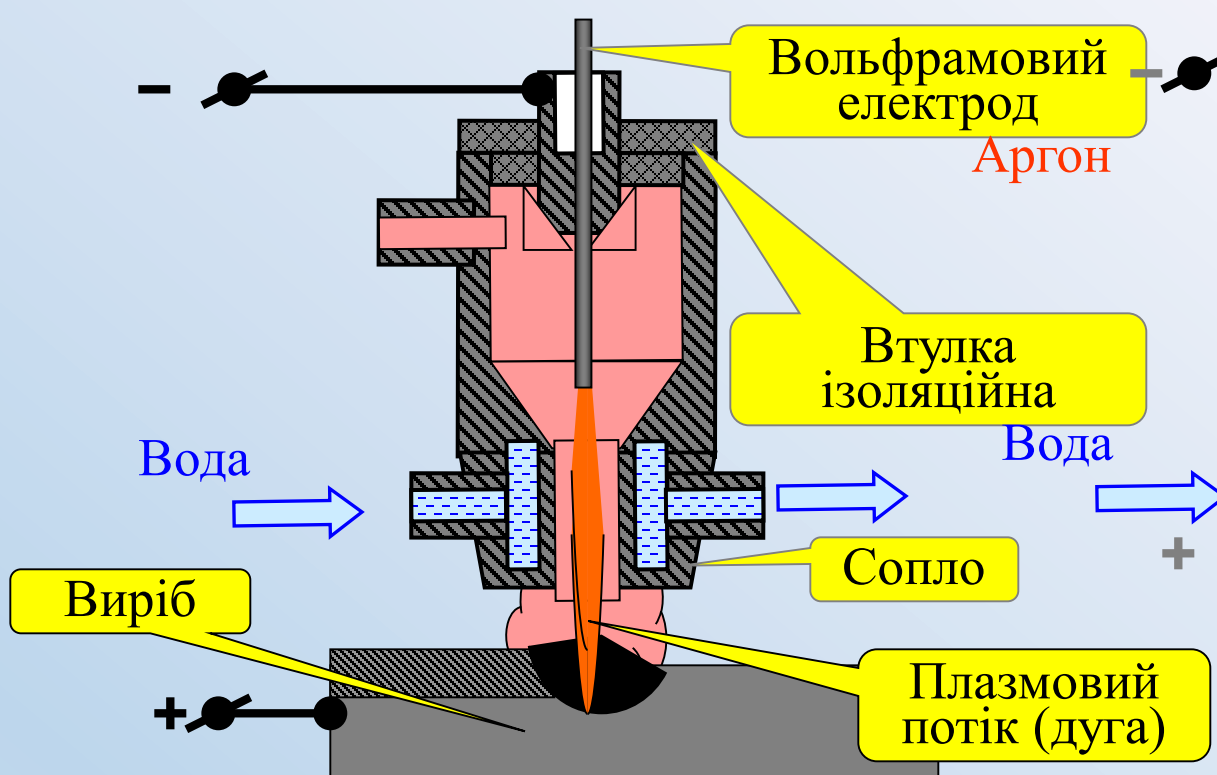
При правому способі

$$d_n = S/2 (\text{мм})$$



ПЛАЗМОВЕ ЗВАРЮВАННЯ

Електронною плазмою називають дуже іонізований газ стовпа дуги який складається з нейтральних атомів і молекул, іонів і електронів.



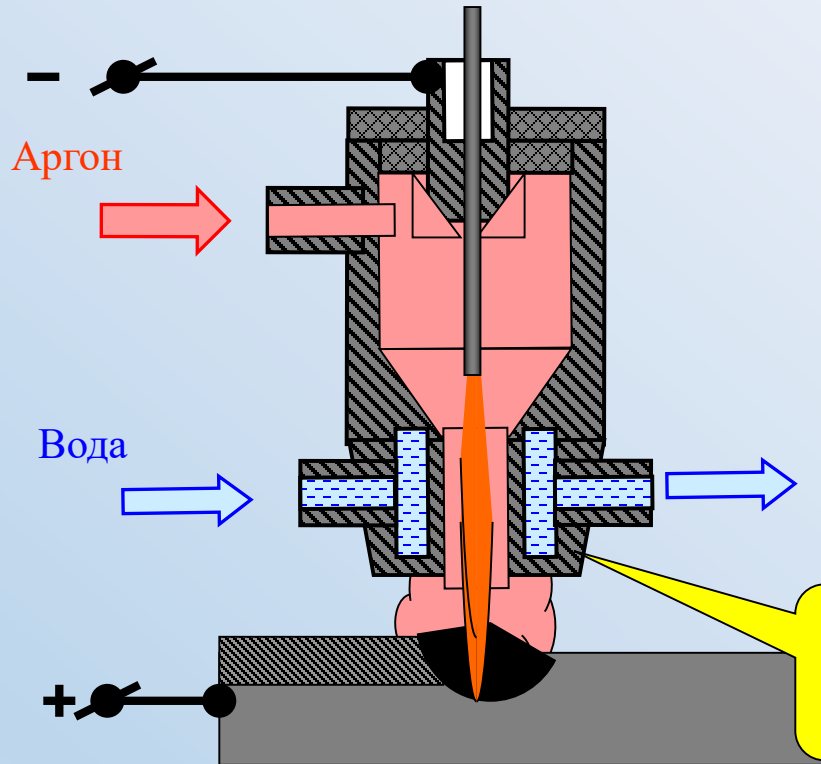
Щоб одержати плазмову дугу співвісно стовпові дуги, яка горить між катодом і анодом, через вузький канал водоохолоджувального мідного сопла спеціального плазмового пальника пропускають потік газу.

При збільшенні струму стовп дуги в обмеженому стінками каналу сопла пальника розширитися не може, тому за рахунок його стиснення, а також за рахунок стиснення газовим потоком температура стовпа дуги і ступінь іонізації газу різко підвищуються. Практично майже весь газ, який проходить крізь стовп стисненої дуги, іонізується і перетворюється в плазму.

ПЛАЗМОВЕ ЗВАРЮВАННЯ

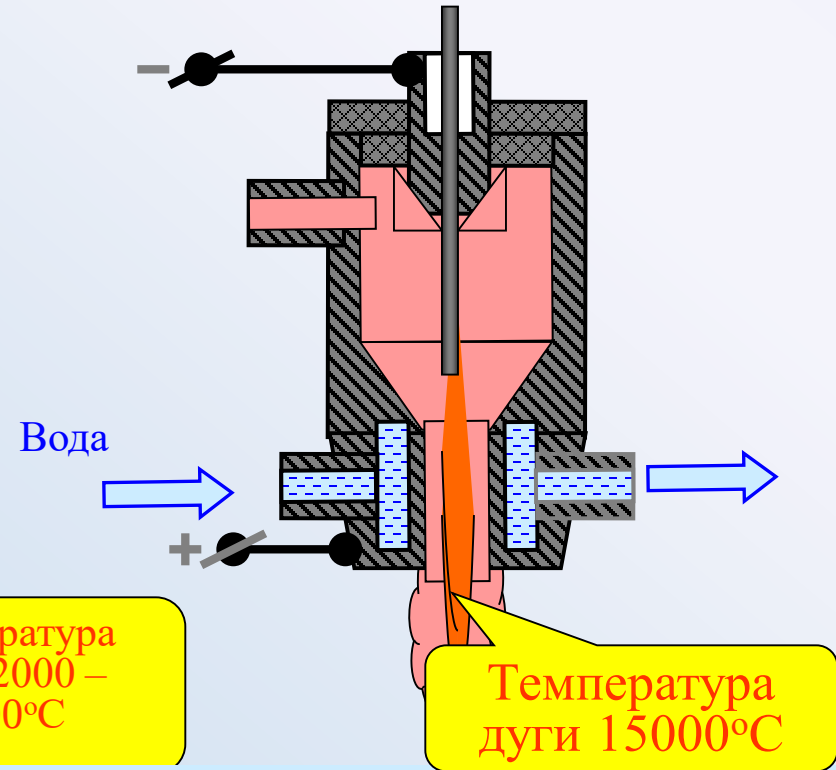
Плазмова дуга буває:

Прямої дії



Горить між вольфрамовим електродом (катодом) і виробом (анодом).

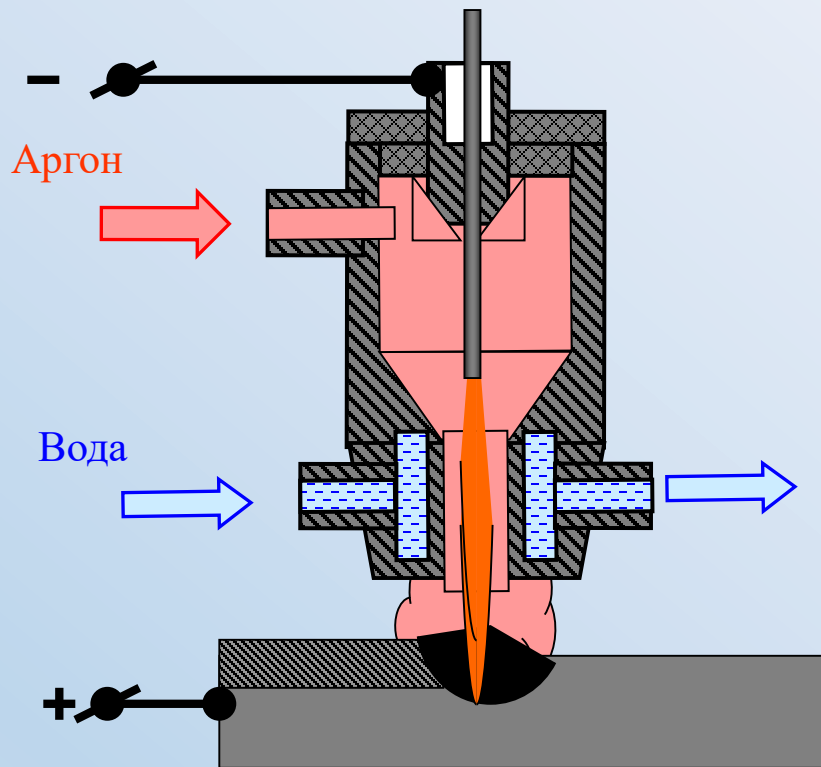
Побічної дії



Горить між вольфрамовим електродом і мідним соплом пальника. Струм до вольфрамового електрода підводять крізь мундштук, а до корпусу пальника — близько від сопла.

ПЛАЗМОВЕ ЗВАРЮВАННЯ

Плазмова дуга буває:



Плазмовою дугою зварюють вуглецеві і нержавіючі сталі, тугоплавкі і кольорові метали, а також неметалеві матеріали завтовшки від кількох десятків мікрометрів і більше, а також плазмова дуга використовується для різання, наплавлення та напилювання.



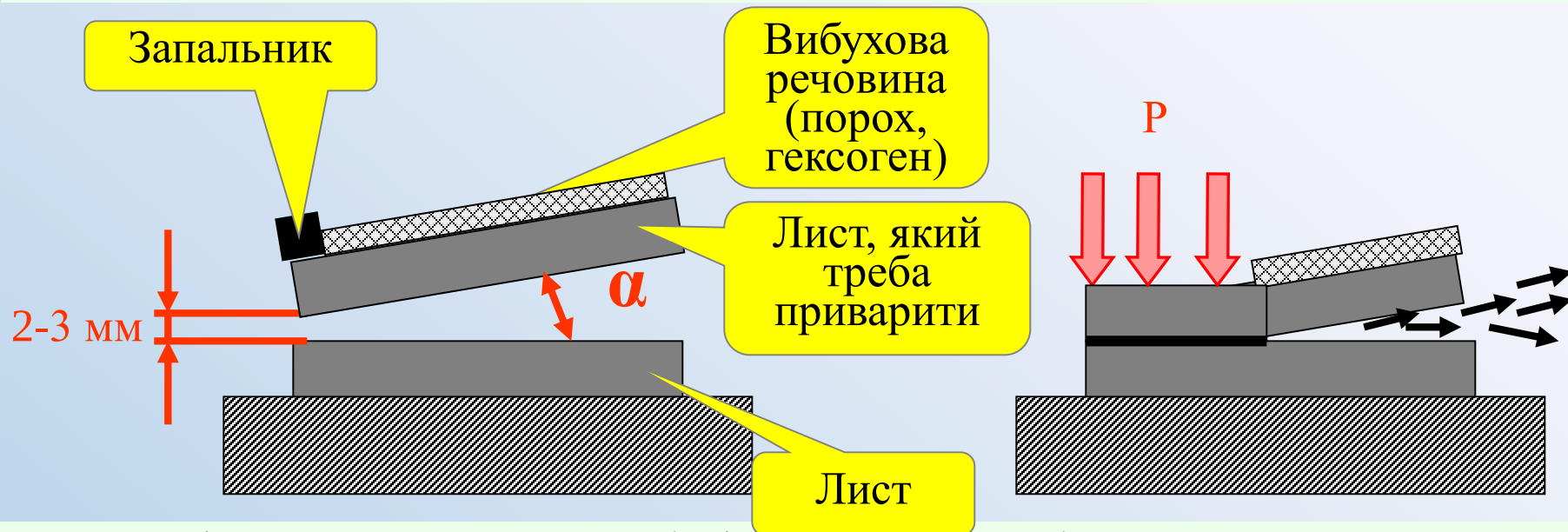
ПЛАЗМОВЕ ЗВАРЮВАННЯ



ЗВАРЮВАННЯ ВИБУХОМ

Для зварювання вибухом лист, який треба приварити по всій площі до листа, встановлюють на відстані 2-3 мм і під кутом α до нього.

На поверхню листа укладають вибухову речовину (порох, гексоген тощо), яка займається від запальника.

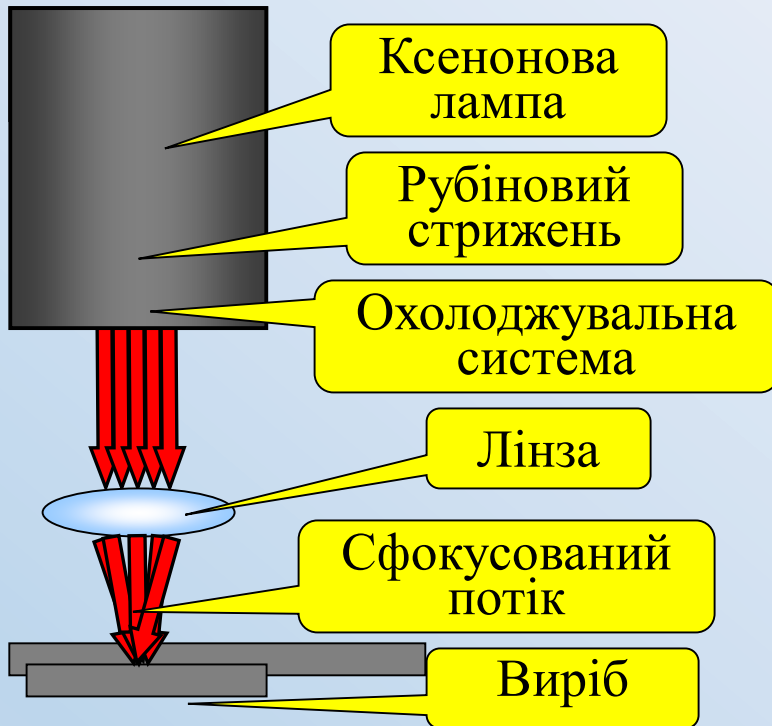


Під час спалахування вибухівки потужна вибухова хвиля поширюється по всій поверхні листа, який приварюється і створює на нього величезний тиск. При зіткненні зварюваних поверхонь в поверхневих шарах виникають пластична деформація і розплавлення мікроділянок, внаслідок чого і відбувається зварювання.

Зварювання вибухом дає можливість з'єднати як однорідні (срібло, алюміній, титан, мідь, сталь тощо), так і різномірні (титан і сталь, титан і мідь, алюміній і титан та ін.) метали.

ЛАЗЕРНЕ ЗВАРЮВАННЯ

Потік їх уздовж вісі стержня спричиняє випромінювання нових фотонів, які поперемінне відбиваються від дзеркальних торцевих граней, збільшуючи цим інтенсивність загального випромінювання.

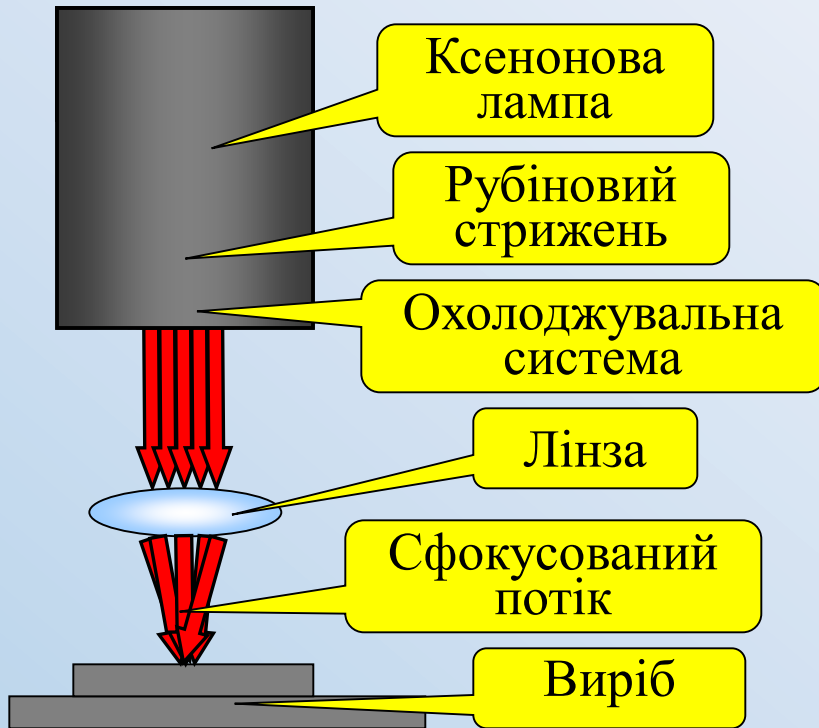


При накопиченні певного рівня фотонів вони у вигляді потоку червоного світла прориваються крізь напівпрозорий торець стержня назовні. Пройшовши крізь лінзу, сфокусований потік потрапляє на виріб. Тривалість імпульсу випромінювання лазерного променя становить тисячні і мільйонні частки секунди.

Окремими точками лазерним променем можна зварювати різні метали завтовшки до 0,5 мм. Його використовують для виготовлення отворів у твердих сплавах, тугоплавких металах, алмазах, рубінах, а також для термообробки різального інструменту.

ЛАЗЕРНЕ ЗВАРЮВАННЯ

Для лазерного зварювання джерелом теплової енергії є потужний сконцентрований світловий промінь, який утворюють в спеціальних установках, що називаються **лазерами**.



Основне використання зараз мають рубінові лазери зі штучним рубіном, до складу якого входить оксид алюмінію (Al_2O_3) і невелика домішка оксиду хрому (Cr_2O_3). Такий лазер складається з циліндричного рубінового стержня, ксенонової лампи, лінзи і охолоджувальної системи. Торці стержня відполіровані і посріблені. Той, що призначений для виходу назовні світлового променя, частково прозорий.

Під час спалаху ксенонової лампи, яка живиться розрядним струмом конденсаторів, атоми хрому рубінового кристала переходять з нормального в збуджений стан.

Однак через кілька мілісекунд вони знову повертаються в попередній стан, безпорядно випромінюючи фотони червоного світла.

На самостійну роботу ВИНОСИТЬСЯ:

1.Плазмове зварювання

2.Дифузійне зварювання:

А)Суть і метод

Б)Обладнання

В)Галузі застосування

Г)Переваги і недоліки

3.Металізація





ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

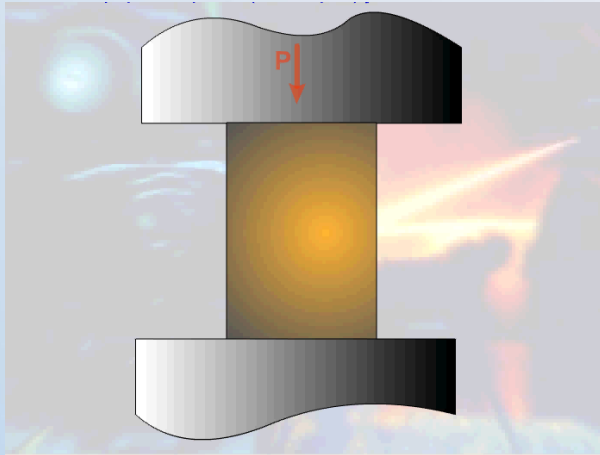
«Основні засоби обробки
металу тиском»

План

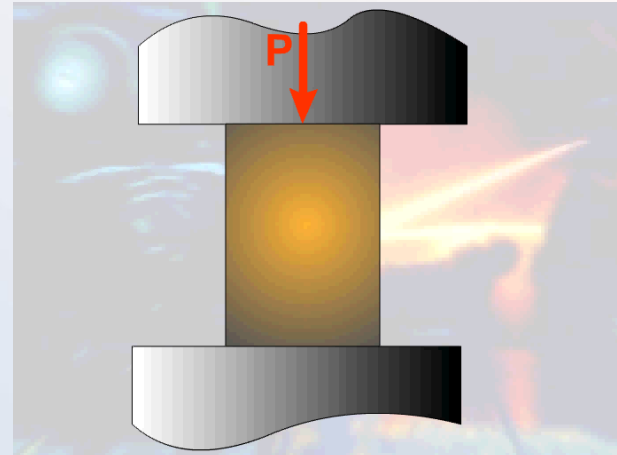
- 1. Основы теории пластической деформации**
- 2. Основные способы обработки металлов давлением**
- 3. Пластичность**
- 4. Наклеп и рекристаллизация**
- 5. Холодная и горячая деформации**
- 6. Основы теории прокатки**



Деформація - здатність металу отримувати залишкову зміну форми і розміру без руйнування



Пружна деформація - деформація яка зникає після закінчення дії прикладених сил

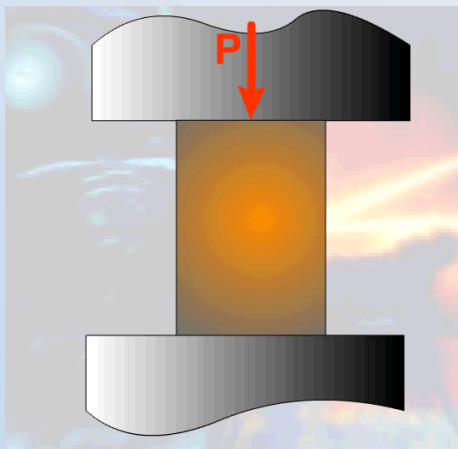


Деформація називається незворотною коли зміна форми та розмірів тіла під дією зовнішніх сил без походить без порушення його цілісності. При цьому змінюється структура та механічні властивості металу.

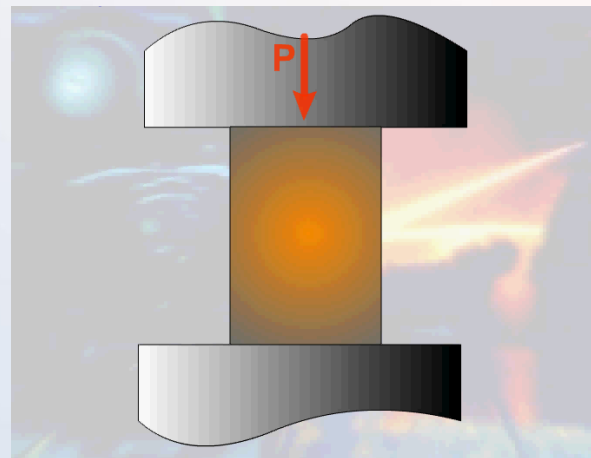
Пружна деформація – це деформація, вплив якої на форму, структуру і властивості тіла зникає після закінчення дії зовнішніх сил. При збільшенні навантажень вище деякої величини, деформація стає незворотною.



Пластична деформація - деформація
яка залишається
після закінчення дії прикладених сил



Перехід пластичної деформації
у пружну і руйнування



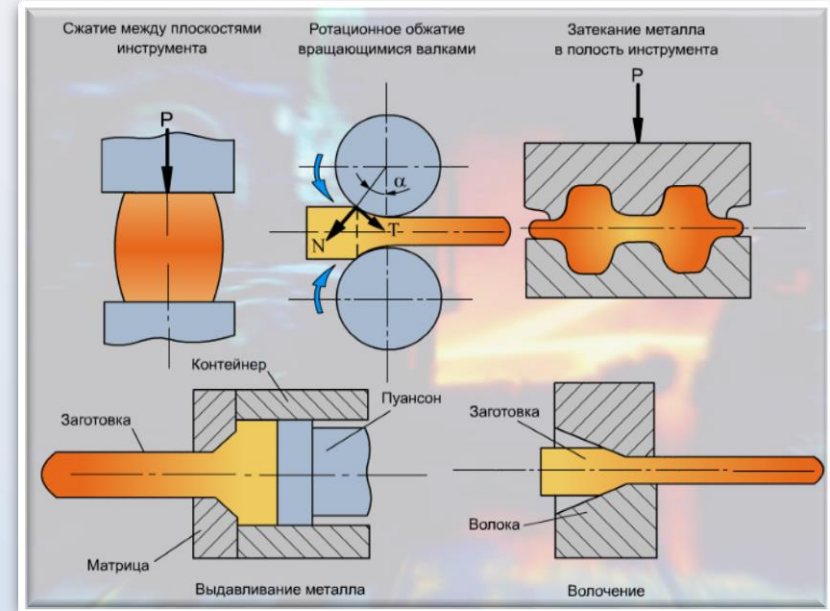
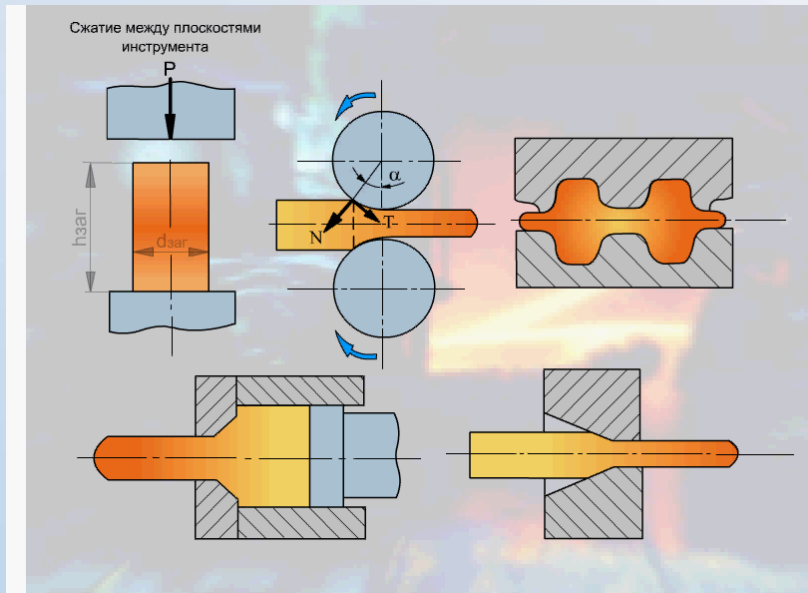
При знятті навантажень зникає лише пружна складова деформації. Частина деформації що остається носить назву **пластичної**.

При пластичній деформації незворотно змінюється структура металу і його властивості.

Пластична деформація здійснюється ковзанням та двійникуванням.

Деформація відбувається без порушення суцільності тіла.

Основні способи обробки металів тиском

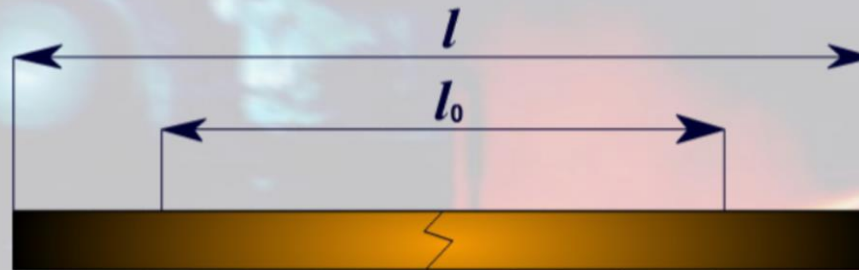


Існує декілька способів обробки металу тиском. Найбільш поширені методи обробки показані на слайдах.

При обробці тиском виготовлення деталей досягається пластичним переміщенням частини металу. ОМТ - продуктивний процес, оскільки зміна розмірів та форми заготовок досягається одноразовим прикладанням зовнішнього зусилля такий обробці піддається приблизно 90% сталі, більше 50% кольорових металів.

Пластичність

Пластичность - это способность материала получать остаточное изменение формы и размера без разрушения.



Относительное удлинение (%):

$$\delta = \frac{(l - l_0) 100}{l}$$

Пластичність – це здатність матеріалу отримувати залишкові зміни розміру і форми без руйнування. Пластичність характеризується відносним подовженням при розриві. Пластичні властивості металевого матеріалу можна змінювати шляхом сплаву і термообробки.

Наклеп

Наклеп - явление упрочнения металла при пластической деформации.



Заготовка до деформации



Заготовка после деформации

➕ Прочность и твердость металла повышаются.

➖ Пластичность и вязкость металла снижаются.

Наклеп – розповсюджений засіб підвищення міцності деталей (холодна пластична деформація).

З підвищенням ступеню деформації межа міцності зростає, а пластичність – зменшуються. Тобто проходить зміцнення металу. Зміцнення металу при пластичної деформації називається **наклепом**.

Рекристаллізація

Рекристаллізація - явлення зародження и роста новых равноосных зерен взамен деформированных, вытянутых, происходящее при определенных температурах.



Заготовка до деформации

Нагреваем заготовку до температуры T_p и деформируем:



Заготовка после деформации

Температура рекристаллізації - температура нагрєва металла, при котрій в нагєвєаемом металлє починаєтьсє процес рекристаллізації.

$$T_p = a T_{пл},$$

где a -коєффициєнт , завєсєящий от состава и структуры металла;

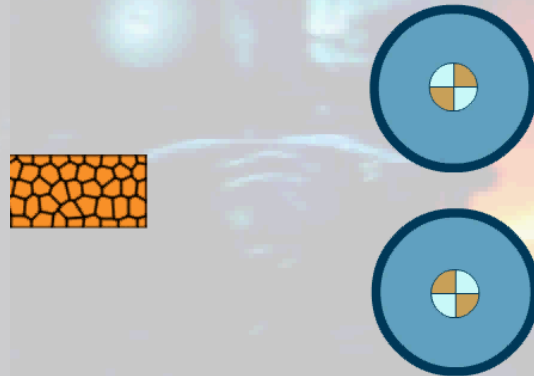
$T_{пл}$ -температура плавления.

Проєс утворєння нових центрів кристалізації та нових рівновієсних зерєн у деформованому металі, що супроводжуєтьсє зменєннями мідності і зростанням пластичності називаєтьсє **рекристалізацією**.

Температура рекристалізації залежить від природи металу і його чистоти.

Холодная деформация

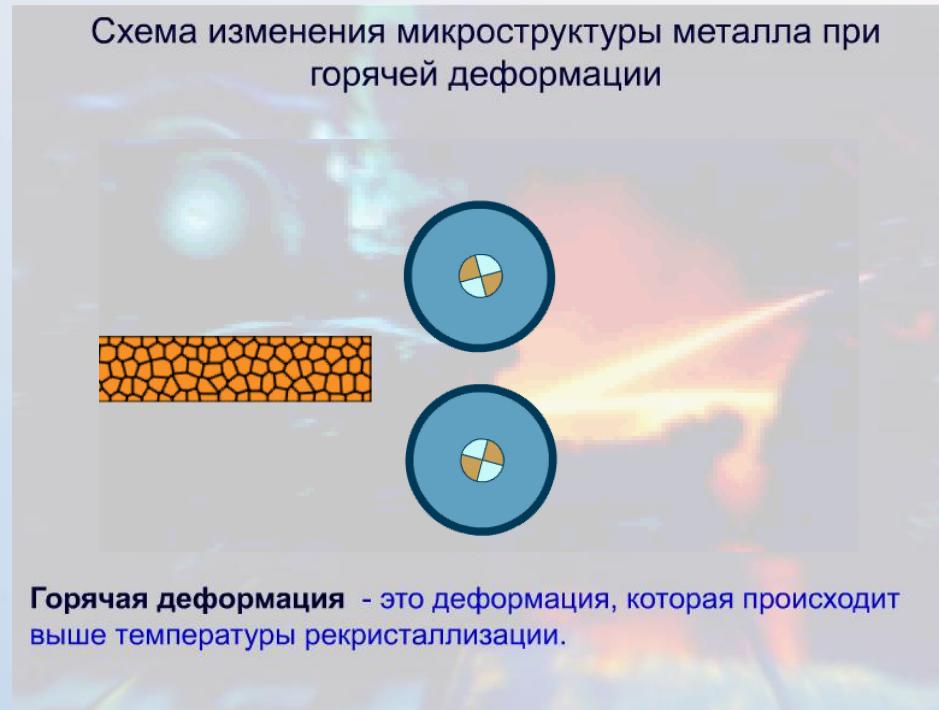
Схема изменения микроструктуры металла при холодной деформации



Холодная деформация - это деформация, которая происходит ниже температуры рекристаллизации.

При холодній деформації відбувається зміцнення металу, при цьому повернення і рекристалізація не відбувається. Іншими словами при холодній деформації розміцнення не відбувається, а також не відбувається заліковування порушень всередині і міжзеренних, оскільки не діють механізми термічної пластичності. У результаті холодної деформації міцність збільшується, а пластичність і щільність зменшуються, метал стає крихким.

Горячая деформация



Гаряча – це деформація яка проводиться при температурах вище від температури рекристалізації.

Відбувається також зміцнення металу в процесі рекристалізації. Гаряча пластична деформація складається із чотирьох технічних операцій: нагрів металу, витримка, проведення ГПД, охолодження.

На самостійну роботу ВИНОСИТЬСЯ:

1. Технологічні особливості штампування високолегованих сталей і тяжкодеформуємих сталей
2. Багатоопераційні штампи
3. Холодновисадочні автомати-переваги та недоліки

ЛЕКЦІЯ 12



ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

«Основні засоби обробки
металу тиском»

План лекції

- 1. Основы теории пластической деформации**
- 2. Основные способы обработки металлов давлением**
- 3. Пластичность**
- 4. Наклеп и рекристаллизация**
- 5. Холодная и горячая деформации**
- 6. Основы теории прокатки**



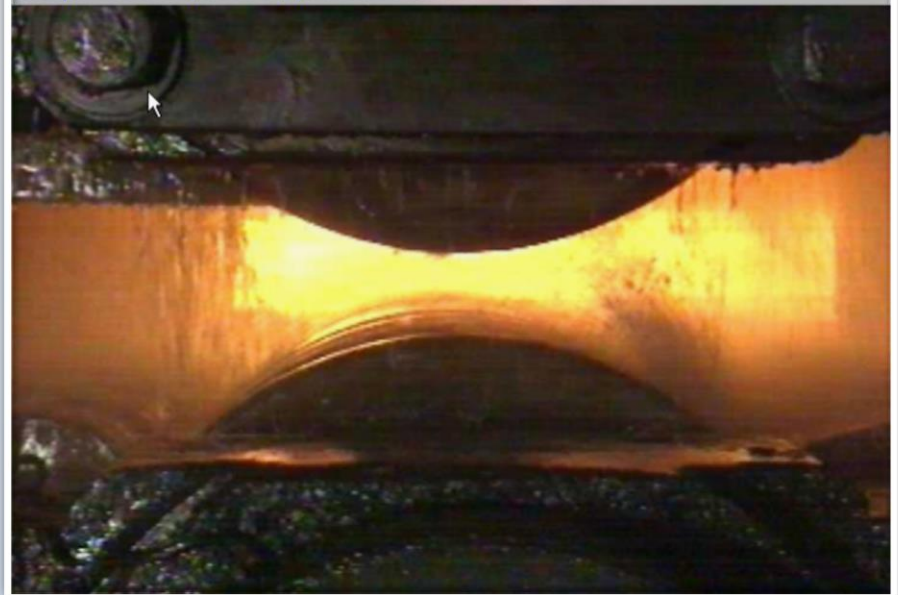


Прокатка металів є таким видом пластичної обробки, коли вихідна заготовка обжимається обертовими валками прокатного стану з метою зменшення поперечного переріза заготовки й додання їй заданої форми. Існує три основних способи прокатки: поздовжня, поперечна, поперечно-гвинтова (або коса).

Прокатка - это деформация металла сдавливанием его вращающимися валками.



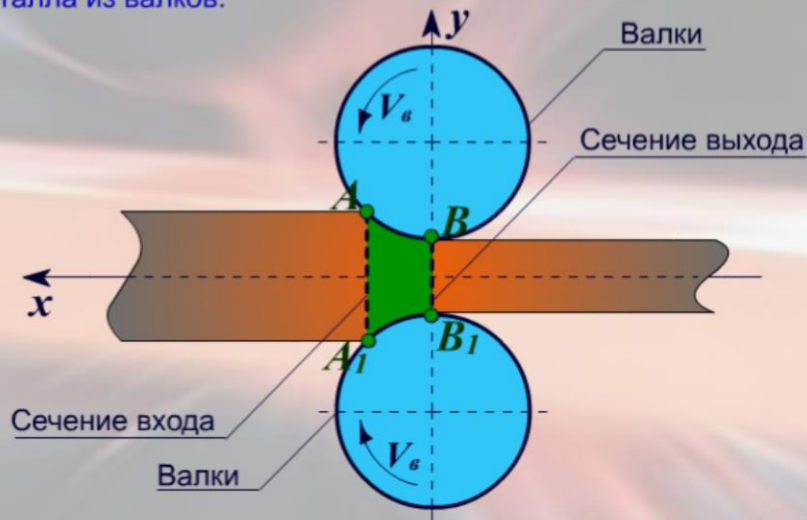
Очаг деформации - небольшой участок металла, соприкасающийся в данный момент с валками.



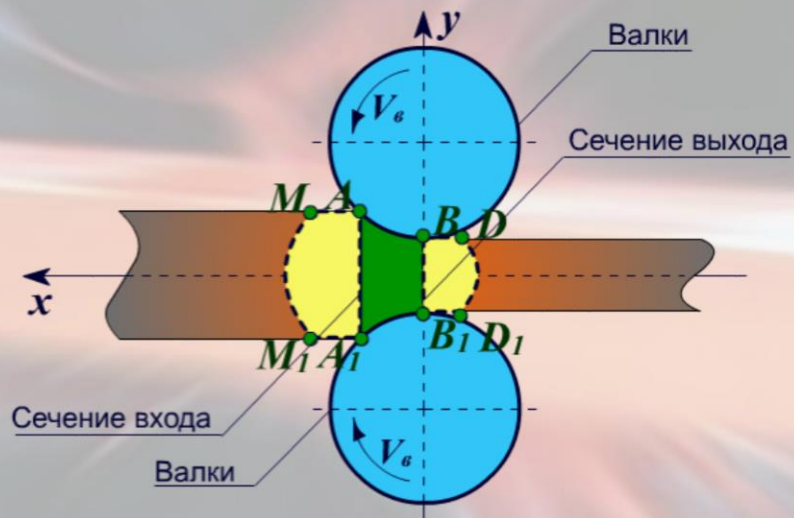
Очаг деформації — невелика ділянка металу, дотичний в даний проміжок часу с валками.



Геометрический очаг деформации (контактная зона деформации) - это участок прокатываемой заготовки, заключенный между валками и сечениями входа и выхода металла из валков.

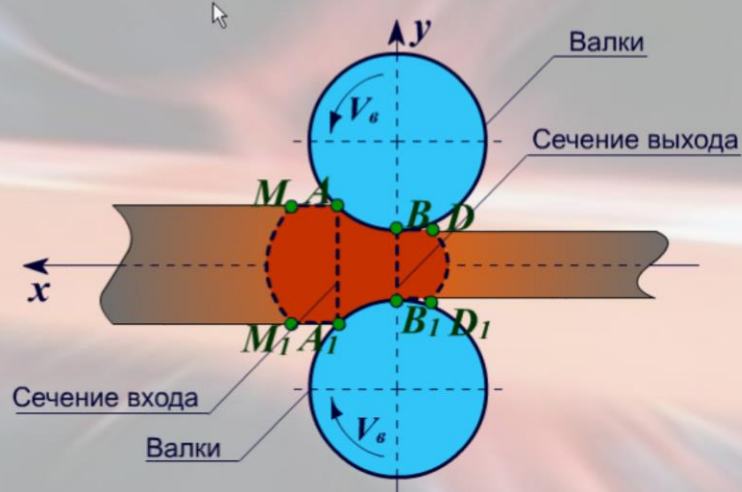


Внеконтактные зоны деформации



Очаг деформації – ділянка полоси, яка одночасно деформується валами. **Геометричний очаг** деформації включає об'єм металу між контактними поверхнями металу з валками, площина входу і виходу, і боковими поверхнями полоси.

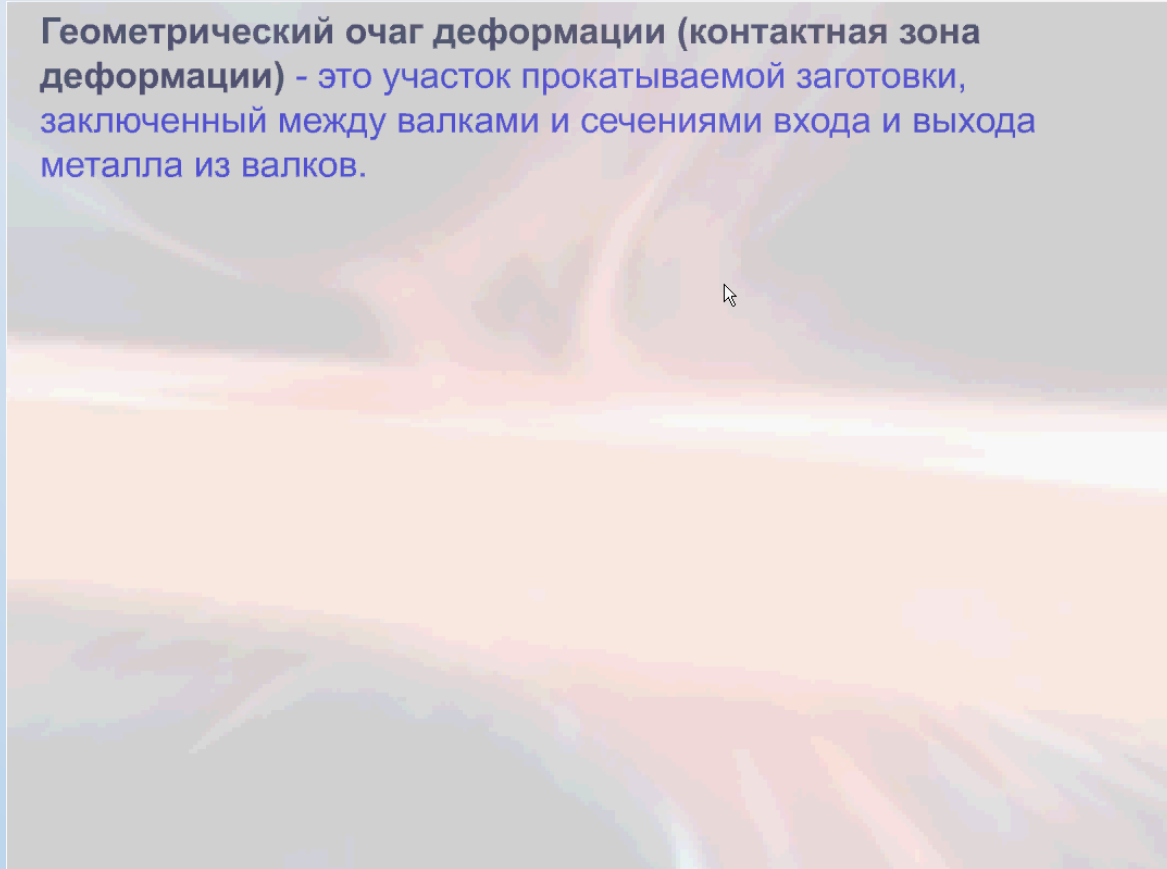
Фактический очаг деформации



Фактичний очаг деформації більший за геометричний, оскільки він включає ще й зовнішні зони, де деформація поступово затухає.

Геометричний очаг деформації

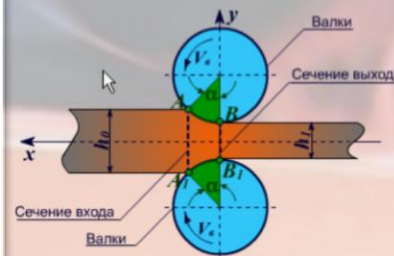
Геометрический очаг деформации (контактная зона деформации) - это участок прокатываемой заготовки, заключенный между валками и сечениями входа и выхода металла из валков.



Кут захвата

Угол захвата - это центральный угол, ограниченный двумя радиусами, исходящими из точек касания сечений входа и выхода с поверхностью валка.

Угол захвата - это центральный угол, ограниченный двумя радиусами, исходящими из точек касания сечений входа и выхода с поверхностью валка.



$$\cos \alpha = \frac{h_0 - h_1}{2r}$$

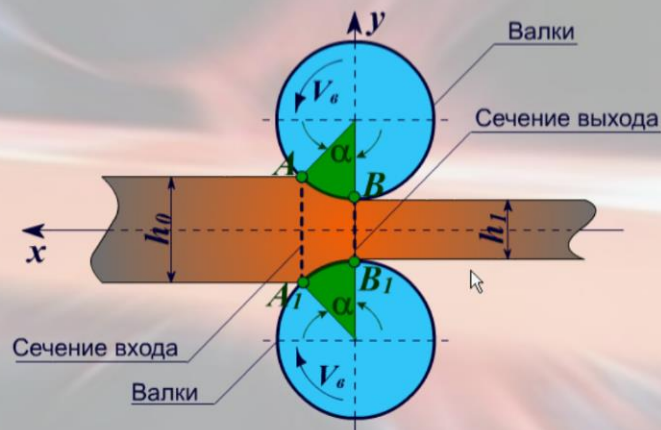
или

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{h_0 - h_1}{r}}$$

При малых углах захвата можно применять формулу:

$$\alpha = \sqrt{\frac{h_0 - h_1}{r}}$$

Угол захвата - это центральный угол, ограниченный двумя радиусами, исходящими из точек касания сечений входа и выхода с поверхностью валка.

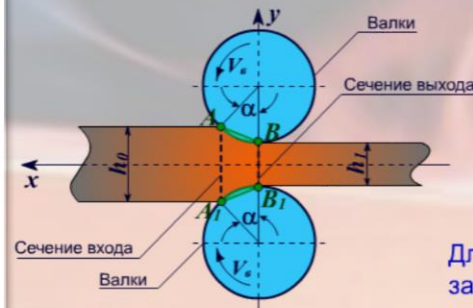


Кут захвата – це центральний кут, обмежений двома радіусами, які виходять з точок дотику переріз входу і виходу з поверхнею валка.

Дуга захвата

Дуга захвата - это дуга контакта металла с валком.

Дуга захвата - это дуга контакта металла с валком.



$$l_0 = r\alpha$$

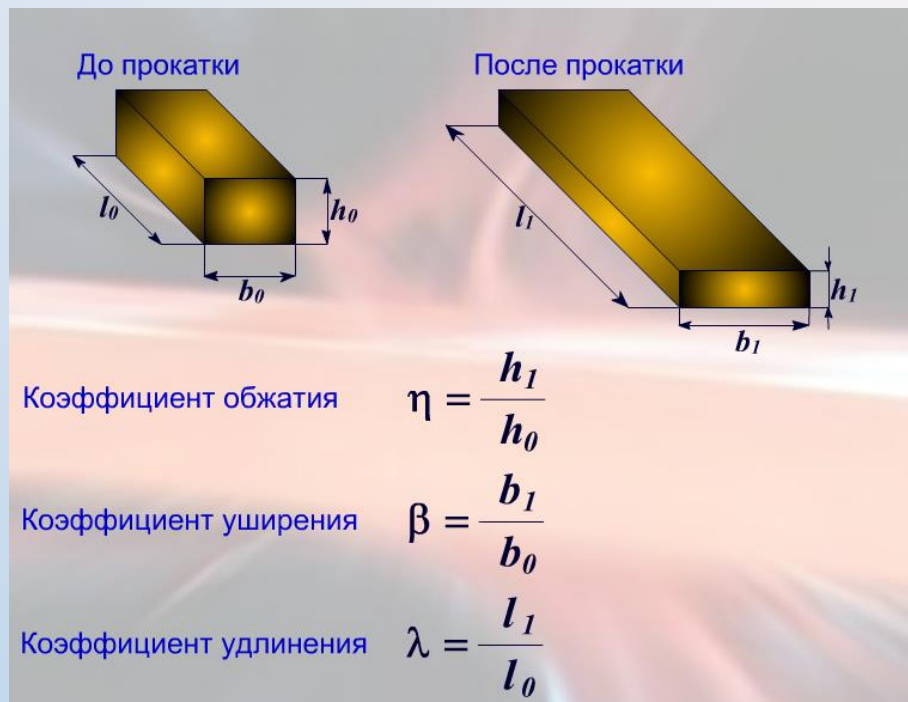
или при малых углах захвата

$$l_0 = r \sin \alpha$$

Для удобства расчетов длину дуги захвата заменяют длиной хорды, стягивающей данную дугу:

$$AB = l_0 = \sqrt{r(h_0 - h_1)}$$

Очаг деформації — частина кола валка, по котрій він стикається з металом у вогнищі деформації при захопленні.



$$\eta\beta\lambda = \frac{h_1 b_1 l_1}{h_0 b_0 l_0} = \frac{V_1}{V_0} = 1$$

ИНТЕНСИВНІСТЬ ОБТИСКАННЯ

$$\varepsilon_{\eta} = \frac{h_0 - h_1}{h_0} = \frac{\Delta h}{h_0}$$

ИНТЕНСИВНІСТЬ УШИРЕННЯ

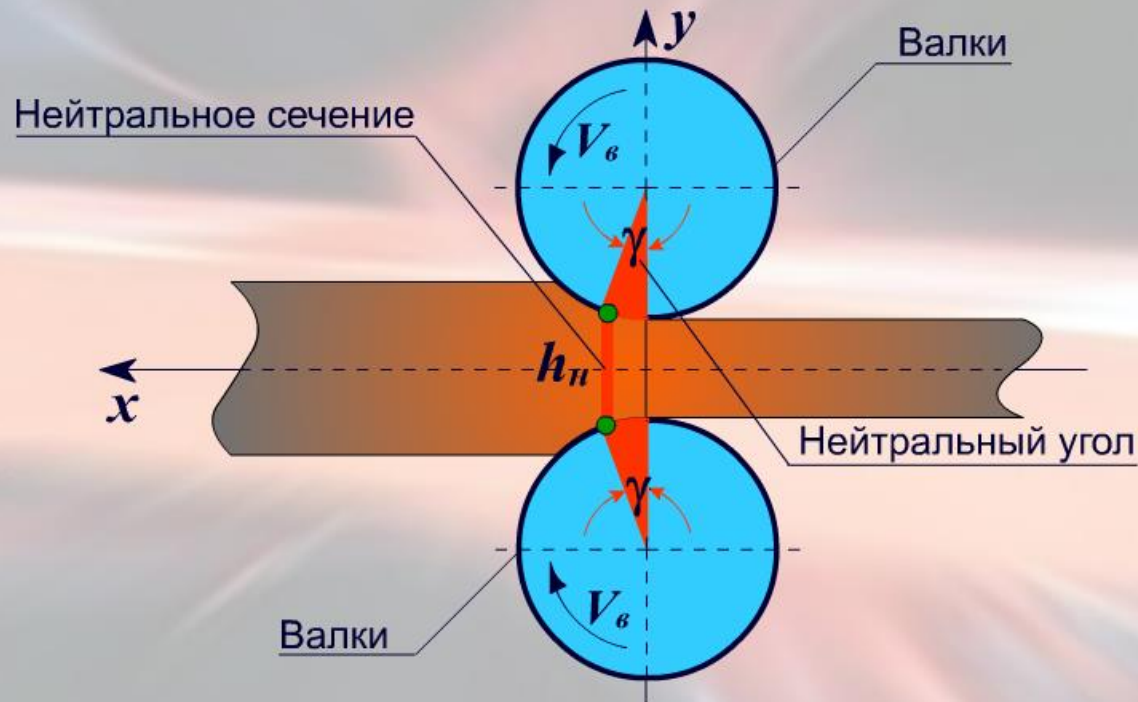
$$\varepsilon_{\beta} = \frac{b_0 - b_1}{b_0} = \frac{\Delta b}{b_0}$$

ИНТЕНСИВНІСТЬ ПОДОВЖЕННЯ

$$\varepsilon_{\lambda} = \frac{l_0 - l_1}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Нейтральный переріз

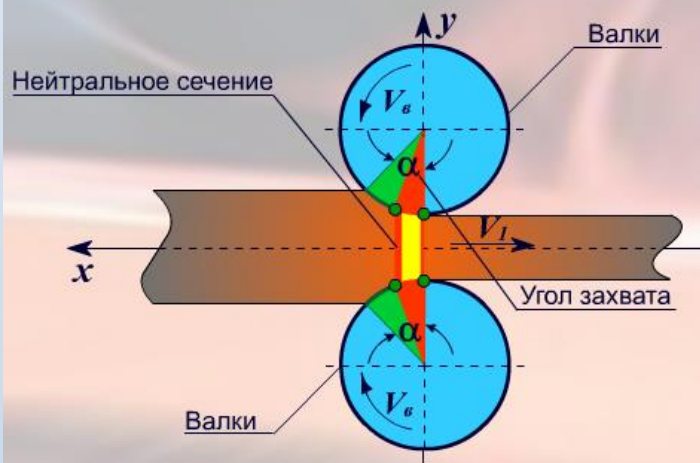
Нейтральное сечение - это такое положение сечения заготовки, при котором скорость сечения равна горизонтальной составляющей скорости валка.



Нейтральный переріз – переріз вогнища деформації, в якому горизонтальна швидкість металу і прокату валків співпадають. Нейтральний переріз розділяє вогнище деформації на зони випередження і відставання.

Випередження

Опережением называется превышение скорости выхода металла из валков окружной скорости валка.



$$s = \frac{V_l - V_v}{V_v}$$

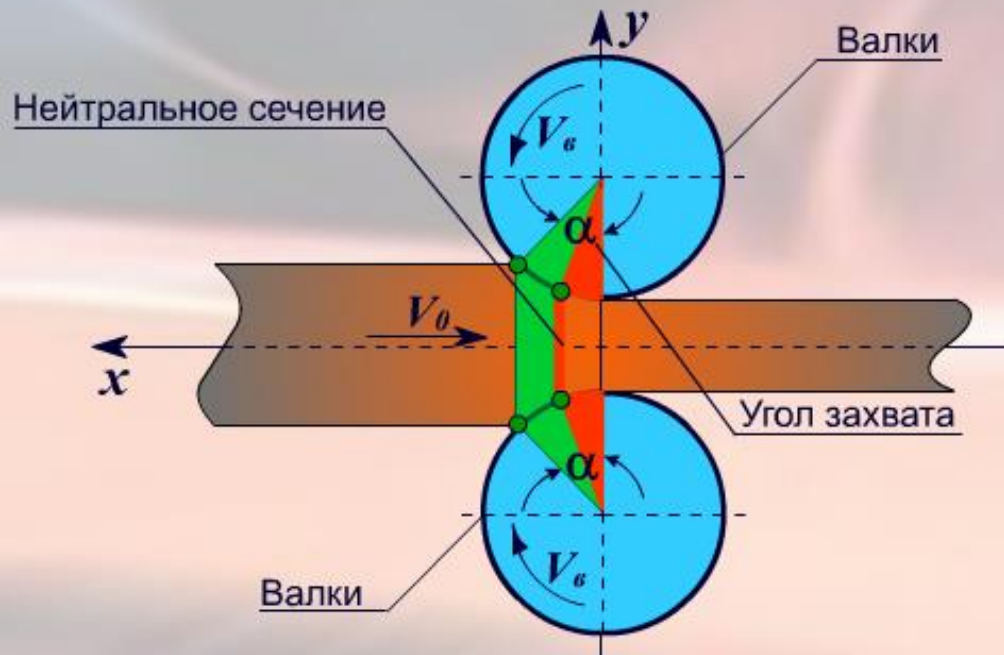
или

$$s = \frac{V_l}{V_v} - 1$$

Випередження – перевищення швидкості виходу прокатного металу з валків над її окружною швидкістю, виражається у відсотках. Експериментальне випередження часто визначають по різниці відстаней між нанесеними на валках кернами і їх відбитками на смузі.

Відставання

Отставанием называется превышение горизонтальной составляющей скорости валка по сравнению со скоростью входа металла в валки.



$$i = \frac{V_{\text{в}} \cos \alpha - V_0}{V_0}$$

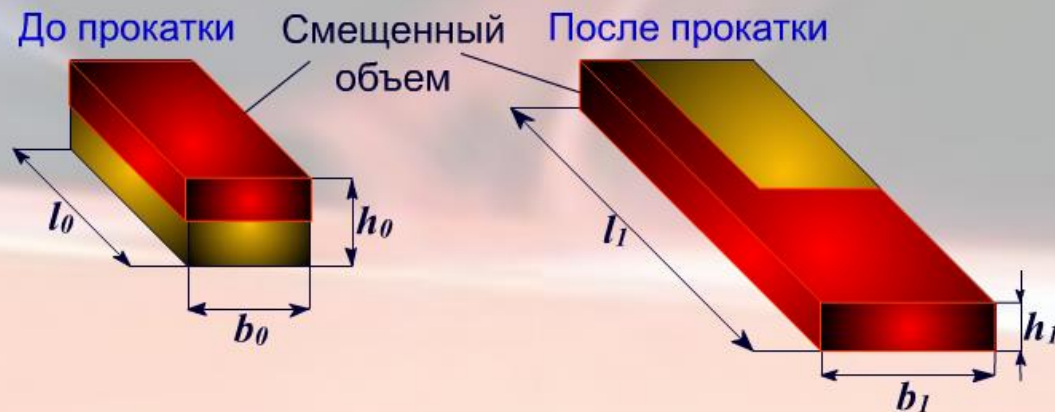
или

$$i = \frac{V_{\text{в}} \cos \alpha}{V_0} - 1$$

Відставання — це більш повільне втягування металу в порівнянні з горизонтальною швидкістю валків на вході у вогнище деформації.

Зміщений об'єм

Смещенным объемом металла называют интегральную сумму элементарных объемов металла, смещенных за время протекания деформации.



$$V_l + V_b - V_h = 0,$$

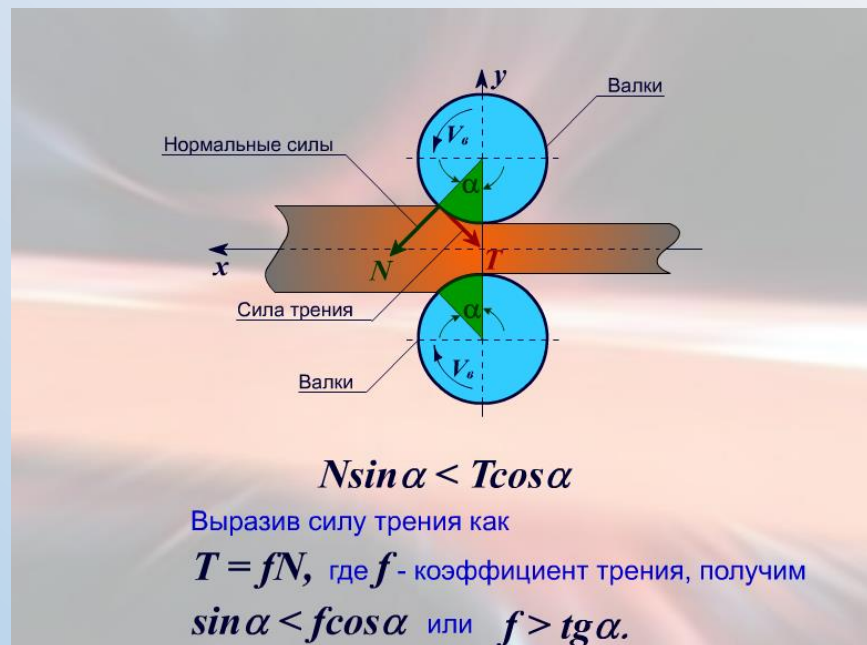
где

$$V_l = V \ln \frac{l_1}{l_0}, \quad V_b = V \ln \frac{b_1}{b_0}, \quad V_h = V \ln \frac{h_1}{h_0}$$

Зміщеним об'ємом метала зветься інтегрувальна сума елементарних об'ємів метала, зміщених протягом часу за який відбувалась деформація.

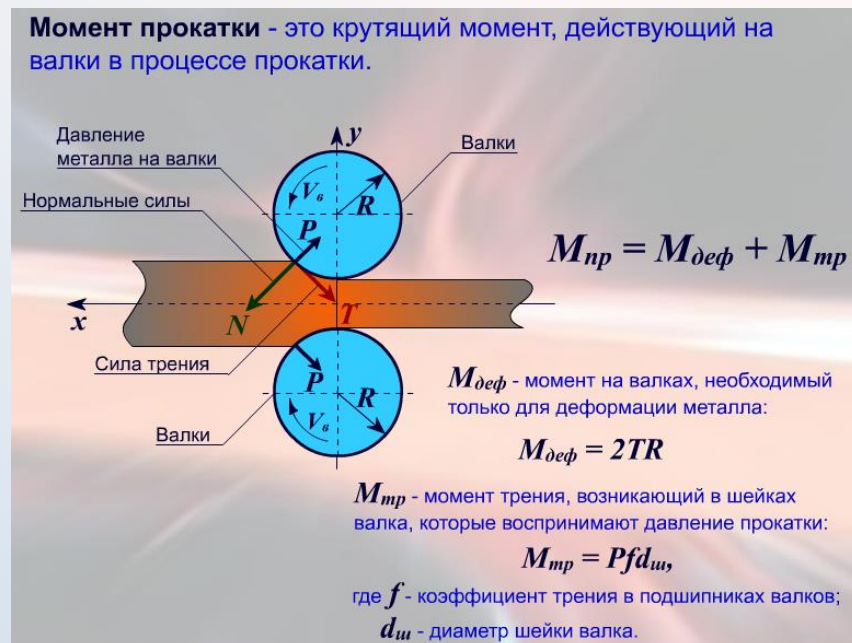


Умова захоплення металу валками



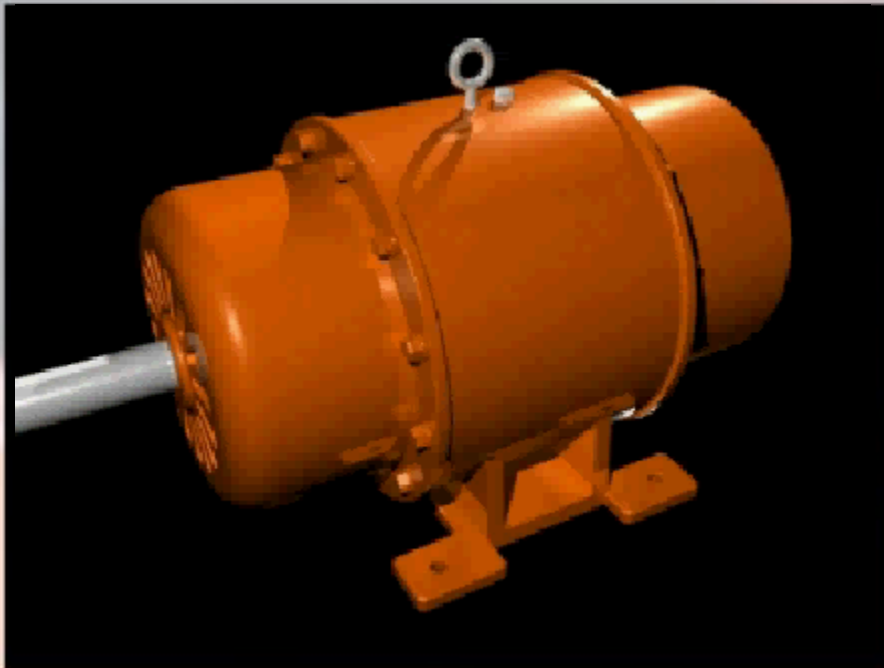
Мить прокатки

Момент прокатки - это крутящий момент, действующий на валки в процессе прокатки.



Мить прокатки – це мить обертання, яка діє на валки в процесі прокатки.

Потужність двигуна прокатного стану



Мощность прокатки (кг·м/с):

$$N = M_{np} \omega,$$

где ω - угловая скорость вращения валков (рад/с).

Работа прокатки (кг·м):

$$A_{np} = Nt = M_{np} \omega t,$$

где t - продолжительность прокатки (с).

Мощность двигателя прокатного стана:

$$N_{дв} = \frac{N}{\eta} = \frac{N_{деф} + N_{тр}}{\eta},$$

где η - коэффициент полезного действия двигателя прокатного стана (0,75 - 0,85).

Верхній та нижній тиск при прокатці

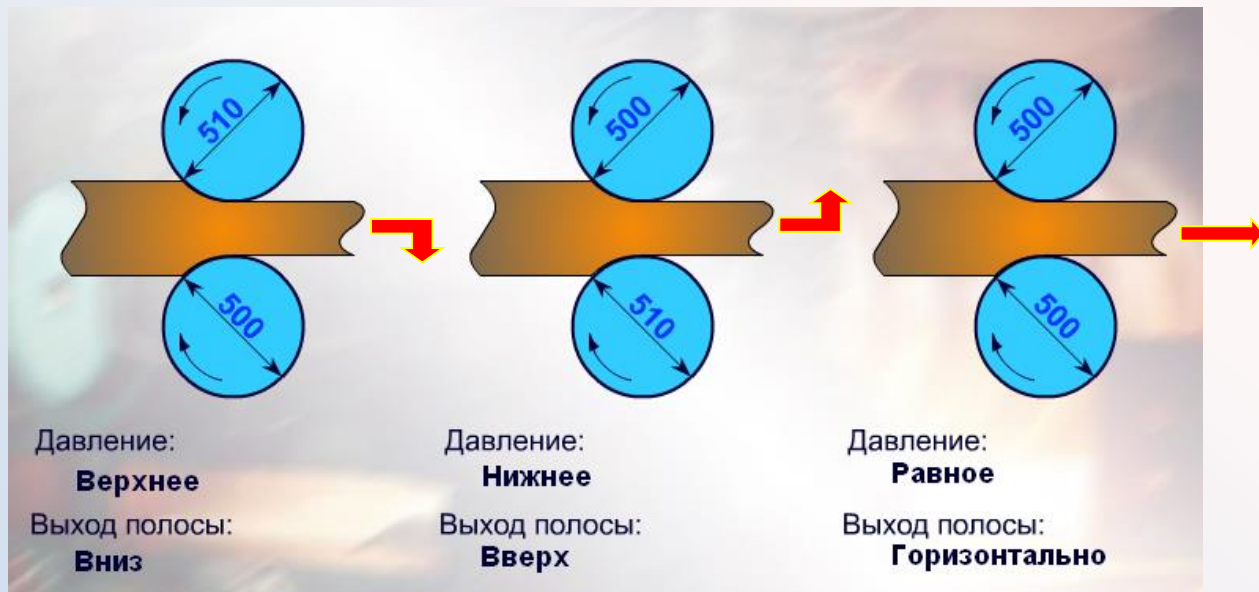
Тиск валок – різницю діаметрів валків виражають в міліметрах.

Якщо верхня валка більша за нижню, це верхній тиск.

Якщо нижня валка більша за верхню, це нижній тиск.

Встановлення валків однакового діаметру не гарантує вірного виходу полоси.

Нижній тиск використовують на обтисних станах, верхній на сортових.



Прокатка	деформация металла сдавливанием его вращающимися валками.
Очаг деформации	небольшой участок металла, соприкасающийся и данный момент с валками.
Геометрический очаг деформации	участок прокатываемой заготовки, заключенный между валками и сечениями входа и выхода металла из валков.
Угол захвата	центральный угол, ограниченный двумя радиусами, исходящими из точек касания сечений входа и выхода с поверхностью валка.
Дуга захвата	дуга контакта металла с валком.
Опережение	превышение скорости выхода металла из валков окружной скорости валка.
Отставание	превышение горизонтальной составляющей скорости валка по сравнению со скоростью входа металла в валки.

На самостійну роботу ВИНОСИТЬСЯ:

- 1.Фінішні операції гарячого об'ємного штампування
- 2.Калібрування
- 3.Ротаційно-ковочні машини
- 4.поперечно-клинове