

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ

Лекцій – 48 ч.

Лаб. робіт (5 шт.) – 32 ч.

Іспит

Література:

1. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів: Підручник для Вузів / Солнцев ю.П. і ін. –2-е видавництво –М.: МІС і З, 1996 р.
2. Дріц м.Е., Моськальов м.А. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Учебн. для Вузів. –М.: Вища школа, 1990 р.
3. Технологія конструкційних матеріалів. Лабораторні роботи. Н.П.Волчок і ін. –Киев. Віща школа, 1990.

Технологія конструкційних матеріалів є комплексною дисципліною, в якій розглядаються технологія виробництва металів і способи їх обробки: зварка, обробка тиском, різання, виробництво виробів з неметалічних матеріалів.

В основному, розглядають виробництво і обробка чорних металів, до яких відносяться чавун і стали. Сталь є і по прогнозах буде ще тривалий час бути основним конструкційним матеріалом. З вживаних конструкційних металів – 95% стали.

До кольорових відносяться: Al, Ti, Cu, Vg, Pb, Sn, Ni і так далі

ВИРОБНИЦТВО ЧОРНИХ І КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ

ВИРОБНИЦТВО ЧАВУНУ

Чавуном називають сплав заліза з вуглецем в кількості більше 2,14%. У чавуні можуть міститися домішки (Si, Cr, Mn і так далі). Чавун може застосовуватися для виробництва стали (передільний), або для фасонного литва (литейний).

Сирі матеріали доменного виробництва

Чавун проводиться в доменних печах з сирих матеріалів. До сирих матеріалів відносять железосодержащее сировину (рудні матеріали), флюси, паливо. Рудні матеріали, що використовуються в шихті доменної печі, отримують, в основному, із залізняку. Залізняк – гірська порода, з якої при даному рівні розвитку техніки економічно доцільно витягувати залізо. Домішки в залізняку: кремнезем SiO₂, глинозем Al₂O₃, оксиди кальцію СаО, магнею MgO.

Характеристика залізняку

Назва		Зміст залоза %	Хімічна формула железосодержащего компонента	Характеристика
Магнітний железняк (магнетит)	Є в Кривому Рогу	45-70	Fe ₃ O ₄	Висока щільність, важко відновити
Червоний железняк (гематит)		55-70	Fe ₂ O ₃	Відновлюється легше за магнетит. Мало S, P
Бурий железняк (лемонит)		30-35	Fe ₂ O ₃ ·3H ₂ O	Добре відновимо, багато S, P
Шпатовий железняк (содерит)		30-40	FeCO ₃	Добре відновимо. мало S, P

Доменний процес доцільний при частці заліза в шихті ? 60%. Тому їх необхідно збагачувати, заздалегідь змінивши. У початковому вигляді можливе застосування тільки багатих руд.

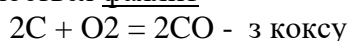
Підготовка рудних матеріалів до доменної плавки

Збагачення - промиванням (вимивають піщано-глинисту порожню породу) або магнітною сепарацією (отмагничивають магнітні железосодержащие матеріали), або флотацією (занурення у важку рідину, щільність якої більше щільності порожньої породи).

Після збагачення концентрат усереднюють і **окусковують**.

Окуськовиваніє - це процес перетворення дрібних залізородних матеріалів (рудий, концентратів, колошнікового пилу) в шматкових з необхідним розміром шматків, застосовується: агломерація, окомкование (обливання) і рідке брикетування.

Агломерацією називають процес спекання руд дрібних фракцій, концентратів, колошнікового пилу, повернення агломерату при спалюванні палива в шарі матеріалу, або при підводі тепла ззовні. Паливо – кокс, вугілля змішується з рудними матеріалами. Спалювання палива приводить до спеканню. Процес проводиться в агломерационной машині, що є стрічкою, на якій знаходяться паллетспекательные візки для шихти. Шихта підпалюється пальником і горить за рахунок просмоктування повітря через шар шихти. Утворюється **фаялит**



Легкоплавкий фаялит змочує зерна шихти. Після охолодження виходить тверда пориста маса – агломерат.

Окомкованіє (обливання) складається з двох стадій:

- 1) отримання сирих **окатышей**
- 2) зміцнення окатышей (підсушила до 300-600 і випалення при 1200-1350 °C).

Початкова шихта – повернення (несконденсовані **окатыши**), концентрат, флюси – якщо офлюсований. Шихту змішують в змішувачі барабанного **типа**, далі грудкують в **окомкователе** (**грануляторе**). Для того, що кращого грудкує дають те, що **пов'язує** (**бентонитову** глину) 0,3-1,5% і воду **8-1-%**. Далі **обпалюють** на конвеєрних машинах **типа агломерационных**.

Окрім агломерату і **окатышей** може застосовуватися багата руда.

Тема 2

ПАЛИВО ДОМЕННОЇ ПЛАВКИ служить не лише для нагріву шихти і її плавлення, але і як хімічний реагент, поновлюючий залізо з руд і науглероживаючий його.

До твердого **палива** пред'являють **наступні** основні вимоги:

- 1) висока теплоті **згорання**;
- 2) достатня міцність і термостійкість;
- 3) **неспекаемость** за умов доменного процесу;
- 4) достатня чистота по SiO₂, Al₂O₃ і особливо сірці і фосфору;
- 5) **малозольность**.

Таким вимогам задовольняє кокс – продукт сухої перегонки кам'яного вугілля, що коксується, при 1000 – 1200 °C без доступу повітря. Процес проводять в коксових батареях.

Металургійний кокс має розмір зерен від 25 до 100 мм, світло-сірого **кольору**, пористість біля **5-%**.

Орієнтовний хімічний склад: 80-90% нелеткого вуглецю; 0,5-1,6% сірі; 0,02-0,2% P; 8-12% золи; 0,7-1,2% **летких**.

Середня теплота **згорання** 7000 ккал/кг. Кокс частково може бути замінений природним газом, коксовим газом, мазутом, пилоподібним **паливом**, флюсом.

Це матеріали, що **вводяться** в доменну пекти для пониження температури плавлення **порожньої** породи і ошлакувало золи., **скріплення** шкідливих речовин. При сплаві **порожньої** породи і золи з флюсами утворюється **легкоплавкий** шлак, що **видаляється** з печі в рідкому **стані**. Флюсом є вапняк CaCO₃ – якщо порожня порода має піщано-глинистий характер і кремнезем SiO₂ – якщо порожня порода має вапняковий характер.

Тема: КОНСТРУКЦІЯ І РОБОТА ДОМЕННОЇ ПЕЧІ

2. Конструкція доменної печі

Доменна пекти є вертикальною пекти шахтного типу. Її висота до 80 м., об'єм робочого простору – до 5600 м³. Продуктивність 6000 т чавуну в добу і більш. Зовні доменної печі знаходиться сталевий кожух завтовшки 30-40 мм. У середині пекти викладена вогнетривкою кладкою з шамотного цеглини, високоглиноземистого цеглини і вуглецевих блоків.

Пекти працює за принципом протитечії. Агломерат, руда, **окатыши** і кокс завантажуються **скиповым** підйомником в засипний апарат в певній послідовності. Із засипного апарату шихта **потрапляє** в колошник. З колошника також відводяться доменні газу.

Шахта **розташована** розширенням вниз, що полегшує просування шихти. У шахті **відбувається** відновлення оксидів і **починається** **науглероживание** чавуну.



1 – **скиповый** підйомник; 2 – вагонетки; 3 – засипний апарат; 4 – колошник; 5 – шахта; 6 – розпарення; 7 – **заплечики**; 8 – **сурма**; 9 – **лещадь**; 10 – тверда шихта; 11 – **вагон-весы**; 12 – шлакова лютка; 13 – чавунна лютка; 14 – рідкий чавун; 15 – **чугуновоз**; 16 – фурми; 17 – шлаковоз; 18 – **газоочистка**; 19 – **воздухонагреватели (каупера)**; 20 – димар.

У розпаренні **відбувається** плавлення **порожньої** породи і флюсів з утворенням шлаку.

У **сурмі розташовані** мідні водоохолоджувані фурми, шлакова і чавунна лютки.

Доменна пекти оснащена трьома-чотирма воздухонагревателями – кауперами. Один з них працює, розігрівачи повітря до 1200-1300 °С, один розігрівачеся газами, що відходять, останні знаходяться в резерві. Продукти горіння віддаляються через димар.

Воздухонагреватели працюють попеременно.

Основні физико-хімічні процеси в доменних печах

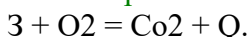
Физико-хімічні процеси в доменній печі визначаються складом взаємодіючих матеріалів і температурними умовами.

У верхніх горизонтах температура коливається в інтервалі 200-300 °С. Далі по ходу вниз печі температура росте, досягаючи на рівні фурм 1900-2100 °С, потім знижується в сурмі до 1450°С.

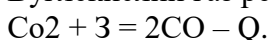
Відновлення заліза вуглецем може йти по непрякій і прякій схемі.

Непряма схема.

Кокс **згорає** взаємодіючи з киснем повітря



Вуглекислий газ реагує з коксом по реакції Белла-будуара

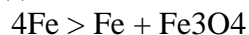


Що утворився **З** взаємодіє з оксидами **Fe**, відновлюючи їх.

Крім того, вуглець коксу може **безпосередньо** взаємодіяти з оксидами, відновлюючи їх. У першому випадку відновлення називають непряким або непряким, а в другому – прямим.

Відповідно до принципу послідовності перетворень А.А.Байкова, вищий оксид заліза Fe₂O₃ перетворюється на залізо послідовно через проміжні оксиди.

Відомо, що оксид FEO (вюстит) нестійкий при температурі нижче 570oC і розкладається

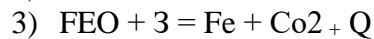
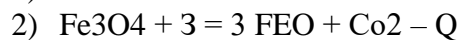
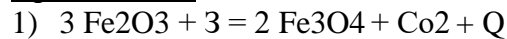


Тоді по схемі Байкова:

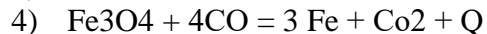
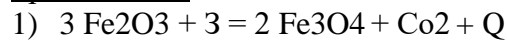
при $t > 570\text{oC}$ $\text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{Fe}_3\text{O}_4 > \text{FEO} > \text{Fe}$

при $t < 570\text{oC}$ $\text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{Fe}_3\text{O}_4 > \text{Fe}$

При $t > 570\text{oC}$

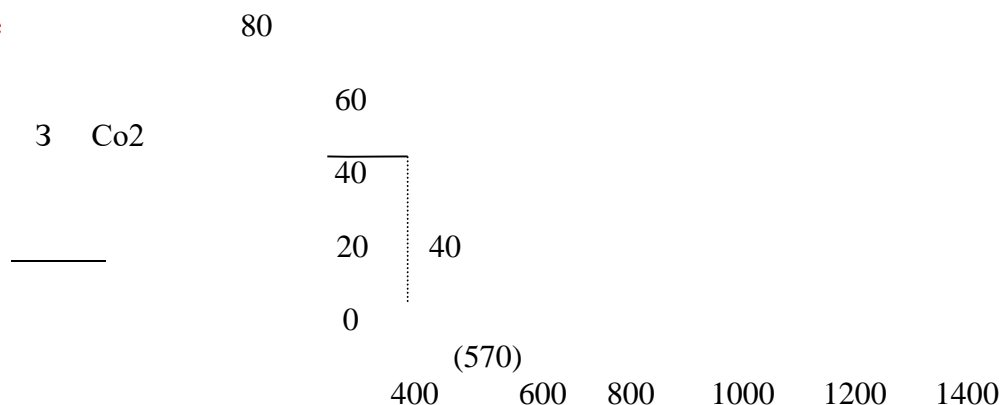


при $t < 570\text{oC}$



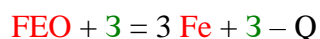
Розглянемо термодинамічну рівновагу реакцій взаємодії Із з оксидами Fe. 100

Содержание
%



5 – рівноважний склад газу (3 + Co₂) в доменній печі. Кількість 3 (нижче за криву 5) таке, що можливий хід всіх реакцій відновлення управо.

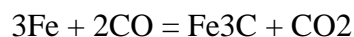
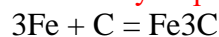
При прямому відновленні твердий вуглець взаємодіє з оксидами по сумарній реакції



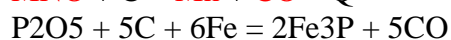
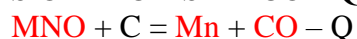
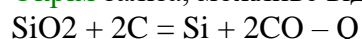
Сумарний тепловий ефект реакцій прямого відновлення **негативний**, в той час, як непрямого – позитивний. З цієї точки зору непряме відновлення вигідніше. З іншого боку на хімічні реакції при прямому відновленні витрачається приблизно в 2,5 разу менше вуглецю, чим при прямому. Практичним **шляхом** доведено, що найвигідніше вести пекти так, щоб 60-70% відновлювалося непрямым **шляхом**, а **30-4-%** твердим вуглецем.

Процеси, супутні відновленню.

Залізо **науглероживається**, що утворилося, по реакціях



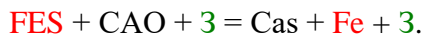
Окрім заліза, можливе відновлення інших елементів



Фосфор є шкідливою **домішкою**, проте технологічно **видалити** його неможливо.

Він **повністю** переходить в метал, утворюючи фосфіди заліза.

Сірка вноситься до пекти з коксом і рудними матеріалами. Є шкідливою **домішкою**. Частка віддаляється з доменними газами, інша розчиняється в залозі, утворюючи **FES**. Для **видалення** її **переводять** в нерозчинне в залозі **з'єднання**.



Відповідно до принципу Ля-шатолю необхідно підвищувати **основність** шлаку (тобто збільшувати CAO)

$$O = \frac{(\text{CaO}) + (\text{MgO})}{(\text{SiO}_2) + (\text{Al}_2\text{O}_3)} \approx \frac{(\text{CaO})}{(\text{SiO}_2)}$$

Основні показники роботи доменної печі:

- коефіцієнт використання корисного **об'єму**

$$\text{КИПО} = \frac{V}{C_m}, \text{ м}^3/\text{г}$$

Ст – добова виплавка, т; V – корисний об'єм, м³ чим менше, тим краще працює пекти (0,04 – 0,07)

- витрата коксу на 1 т чавуну (~ 500 кг/1 т).

Продукти доменного виробництва

Чавуни:

- передільні (П1, П2)
- **литейные** (Пл1, Пл2)
- спеціальні (Пвк1 – високоякісні)

Феросплави – сплави заліза з **Si, Mn, V**. Разливають на розливній машині в чушки.

Побічні продукти – шлак і колошниковий газ.

Інші методи виробництва металів відновленням

1. Пряме **отримання** металів з руд, коли з руд, минувши доменну пекти **отримують безуглеродистые** чисті метали (наприклад, відновлення газами).
2. Металлотермічеське відновлення.

СТАЛЕПЛАВИЛЬНЕ ВИРОБНИЦТВО

Історія виникнення сталеплавильних процесів

Стали – пластичні сплави заліза з вуглецем і іншими **домішками**. [C] < 1,3% **Металл** – основа народного господарства.

Процеси виробництва

Крічний процес був відомий в ХІІ-ХІІІ в.: залізник + деревне вугілля.

Пудлінговий процес – печі полум'яні відбивні з окремо розташованою топкою. Під впливом кисню З окислювався. Температура не забезпечувала рідкої сталі. Отримували «крицю» – шматки.

Процеси тиглів - плавка в тиглях: Аносов – булат. Але всі процеси малотоннажні. 1855 – Генрі Бессемер – продування чавуну повітрям в конвесрі з кислою футеровкой.

Паливо - Si

1878-79 – Томас і Генрі Бессемер - в конвертері з основною **футеровкой**.

Паливо – P

1864 – Еміль і Пьер Мартени – переплавлення чавуну і залізного лому в сталі в полум'яних нагрівальних печах.

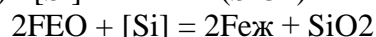
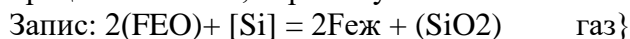
Після 1945 р. – киснево-конвертерний процес.

Пізніше – електроплавильні процеси.

У нас в країні: скільки **к-к**, скільки і мартенівською.

Елементи теорії сталеплавильних процесів

Сталеплавильний процес – це безліч реакцій, залежних від температури, **тиску**, концентрацій елементів, перемішування ванни.



Швидкість протікання процесів визначається швидкістю найповільнішої ланки, яка визначається кінетичними законами, що протікають в послідовності:

- 1) підвезення реагентів один до одного
- 2) хімічна реакція
- 3) відведення продуктів реакції і їх видалення.

Як правило, видалення шкідливих продуктів реакції відбувається в шлак, що є набором оксидів.

Составляющие шлаку:

- 1) оксиди з основними властивостями (CaO, MgO, MnO, FeO)
- 2) з кислотними (SiO₂, P₂O₅, TiO₂)
- 3) амфотерные (Al₂O₃, Cr₂O₃, Fe₂O₃)
- 4) сульфідні (FeS, MnS, CaS).

Джерела надходження компонентів в шлаку

- 1) продукти окислення металеві частки шихти
- 2) шлакообразующие добавки
- 3) продукти окислення
- 4) осколки зруйнованої футеровки
- 5) компоненти з шихти (пісок, глина)
- 6) іржа на металевій частці шихти
- 7) розкислювачі і так далі

Шлаки, в яких переважають кислотні оксиди, називаються кислими, основні – основними.

Матеріал футеровки агрегатів відповідає шлаку.

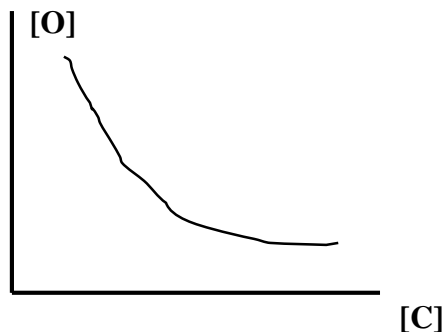
CaO/SiO₂ – основність. Основні зазвичай порожні.

Фізико-хімічні основи сталеваріння

Окислення заліза

Оскільки є контакт заліза з киснем, то

Fe + [O] = (FeO) - частково FeO розчиняється в металі, а частково переходить в шлак.

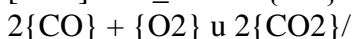
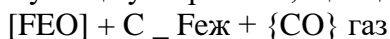


$$[\%C] [\%O] = 0.0025 (1530-1620^{\circ C})$$

Аналіз всіх сталей роблять: C, Mn, Si, P, S.

Окислення вуглецю

Вуглець утворює газ, що віддаляється з ванни



Газ: перемішує ванну, вирівнюючи склад в об'ємі, видаляючи H₂ і N₂, видаляючи НВ. Тому правильна організація окислення вуглецю дуже важлива.

Крім того, сумарна реакція окислення з екзотермічна – тепловий режим.

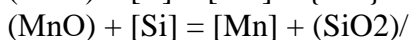
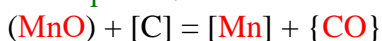
Орієнтування к-ть окисл. з.

Поведінка марганцю

Mn входить до складу будь-якої марки стали (0,3 до 14% Mn).

Спорідненість Mn до O₂ майже як у заліза. Оксиди MnO₂ Э Mn₂O₃ Э Mn₃O₄ Э MnO при високих температурах. Реакції окислення Mn {O}, [O], (FeO) екзотермічні. Наприклад Mn + [O] = MnO + Q. Тому підвищення температури процесу може привести до зворотних реакцій – утворення Mn, хоча це і маловірогідно.

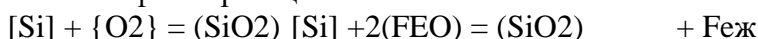
Ймовірніше:



У реальних сталеплавильних агрегатах в кінці плавки спостерігається деяке зростання змісту Mn.

Окислення кремнію

Кремній легко розчинимо в металі, має високу спорідненість до O₂ і дає дуже високі теплові ефекти реакцій окислення.



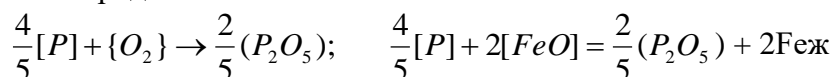
Тому в бесімерівському процесі це основне паливо, в інших раскислитель-елемент для видалення O₂. Застосовується у вигляді FeSi.

Видалення фосфору

Як правило, не повинно бути > 0,04% (за винятком автоматних сталей). Дає холодноламкість – крихку фазу по межах зерен при низьких температурах.

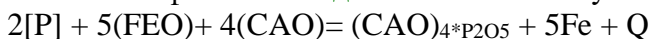
У ПМ – корисний – до 0,65%.

Фосфор у ванну потрапляє разом з чавуном, відновлюючись в доменних печах з порожньої породи.

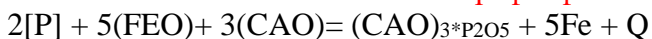


Реакція окислення – екзотермічна. Тому для томасовського процесу P – паливо. Зниження температури веде до освіти (FeO) і P₂O₅.

Найбільш ефективно видалення P із застосуванням вапна.



тетрафосфат



трифосфат

Видаленню фосфору сприяють

- 1) високий вміст FeO в шлаку
- 2) висока основність шлаку (CAO)
- 3) проміжне змочування шлаку
- 4) низькі температури ванни перед випуском.

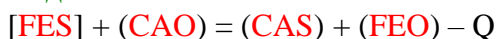
Видалення сірі – норма тисячні %.

У литих сталях шкідлива, оскільки тисне красноломкість. FES (сульфіди заліза) легкоплавкі, виділяються по межах зерен в останню чергу. Система Fe-FeS – евт. 988 °C. При температурах плющення плавиться і можуть утворюватися «гарячі» тріщини.

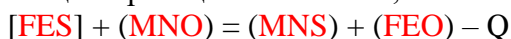
Джерела сірі:

Чавун – в нім з руд, лом (на нім масла), паливо (якщо мазут сірчистий).

Видалення:



Якщо марганцевистий шлак, то



Реакції ендотермічні > повыш. температури зрушує управо.

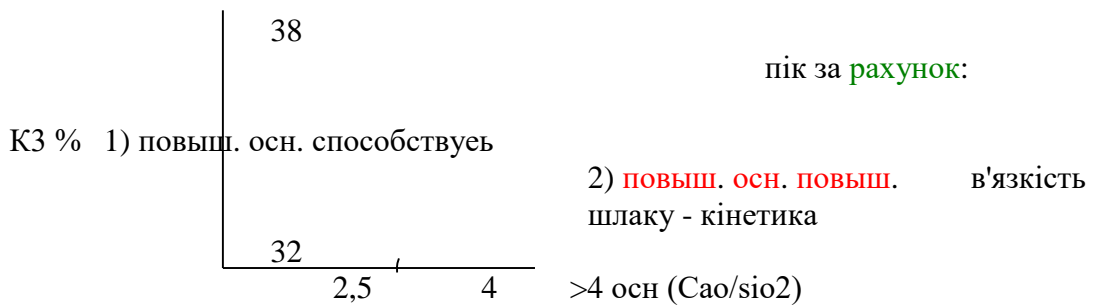
І MNS і CAS практично нераствримы в Fe.

Ступінь десульфурації

$$K_z = (\text{S}) / [\text{S}]$$

зростає

- 1) із зростанням основности шлаку до певних меж



- 1) ПОВЫШ. осн. способствує
- 2) при зниженні [O] і (FEO)
- 3) в результаті викачування і наведення нового високоосновного шлаку
- 4) при підвищенні температури ванни
- 5) при підвищенні контакту шлаку з Me (+Ca – розкислювач, подача пилоподібної винищити).

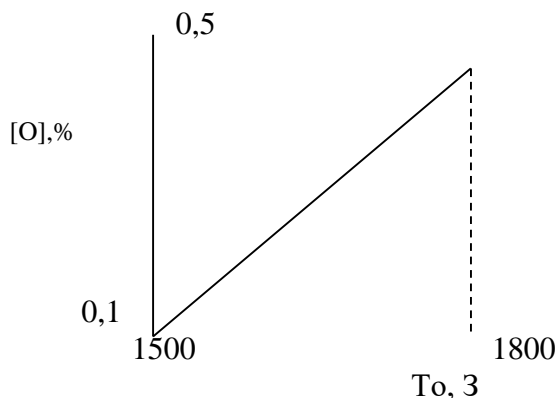
Дегазація сталей

Кисень, азот, водень.

Міститься у вигляді газових міхурів, оксидів (НВ), твердих або рідких розчинів.

Кисень в сталі

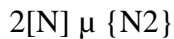
Процеси сталеваріння пов'язані з окислювальними процесами. Тому O₂ завжди присутній.



Розчинність із зниження температури падає, тому виділяється З, образів. із З і O₂
 $[O] + [C] = \{CO\}$

тому зниження загального або парціального тиску веде до видалення [O] вуглецем.

Азот в сталі – дає нитриди > крихкість, зниження пластичних властивостей



Можна розкислювати і Mn, Si, Al, Ca, PЗМ (Це).

Водень в сталі

Водень з H₂O – пара води (інколи гидратировано). Дає флокени (міхури), окрихчує Me.



Методи дегазації

- 1) Вакуумування
- 2) Організація кипіння в
- 3) Продування інертним газом
- 4) Витримка при підвищених температурах.

Легування:

Ті, що легують (лігатури) бувають:

- 1) із спорідненістю нижче, ніж у Fe (Ni, Co, Mo)
- 2) вище чим у Fe (Al, Si, Cr, Mn, Ti, W, PЗМ) вводять в Me після розкислювання.

Спочатку **вводять** елементи з меншою спорідненістю, потім з великим..

Т-4

КОНВЕРТЕРНЕ ВИРОБНИЦТВО СТАЛИ

До процесів відносяться:

- 1) кисневі конвертери верхнього дуття (**LD**)
- 2) кисневі конвертери донного дуття O₂ в обол. (Q-вор)
- 3) конвертера повітряного донного дуття (бессемерівський, **плотасовский** процеси)
- 4) конвертери **бічного** аргонно-кисневого дуття (АОД) і **паро-кислородного**
- 5) конвертера комбінованого дуття (**LD-Q-ВОР**) і ін.

Суть всіх процесів – виплавки сталі з шихти (чавун + лом) шляхом вдування кисневмісних газів з **подальшою** добавкою розкислювачів і що легують.

Киснево-конвертерний процес верхнього дуття. **Суть** – кисень вдувається через **водоохл.** фурму верху.

Пристрій конвертера

Форми конвертера **зібрані** у вигляді груші з тим, **щоб** викиди були якомога менше. Існує три типи:

Глибина ванни незалежно від висоти конвертера 1,0 – 1,9 м (не менше 1 м – інакше прогар днища). $d_g = 0,4-0,6 D$.

Кожух конвертера зварний з листової сталі. Днище може бути цельносваренним з кожухом або відокремленим. Відокремлене – легко робити ремонт футеровки.

До кожуха приварено опорне кільце, до якого **кріпляться** цапфи.

1 – електродвигун; 2 – редуктор; 3 – **зубчаста** пара; 4 – опорний підшипник; 5 – порожнисті водоохолоджувальні цапфи; 6 – кожух; 7 – **футеровка**; 8 – фурма; 9 – **сталевыпускающее** отвір.

Футеровка - схильна до дії активних хімічних елементів при високих температурах.

Двошарова – до кожуха прилягає арматурний шар (магнезит або **магнезитохромит**) 100-250 мм.; робочий шар – 500-750 мм. Смолодоломіт – 35% **MGO** + 60% СаО + кам'яновугільна смола), **смоломагнезит**, **смолодоломитомагнезит**. Випускний отвір – плавлений магнезит.

Стійкість **футеровки** – 400-700 (до 900 **плавок**). Ремонтують – **горнретированием** – нанесення вогнетривкої маси на зношені місця.

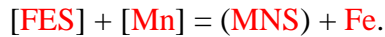
Киснева фурма - водоохолоджувана (мідна), трьох- чотирьохсоплова. Сопла – типа Лавала. Кут між соплом і їх діаметр – щоб уникнути викидів.

(дати фурму і верхнього і донного дуття)

Міксер – **ємкість**, **футер** вогнетривами (зведення – **шамот**, робоча **частка** – магnezит). Мас опалювання: мазут або природний газ. Є **шкарпетка** для сплаву.

Призначення:

1) зберігання запасу; 2) переднє по х.с. і t; 3) **видалення S**



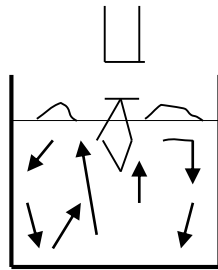
Технологія виплавки сталі

Шихта: чавун (рідкий, твердий), скрап до 100% - (Q – BAP), шлакообразующие (вапно, плав. шпат Саf2,, боксит (30-50% Al2O3) 10-20 SiO2; 12-15 Fe2O3 + волога).

Паливо к-к ін. – вуглець.

Операції виплавки сталі

- 1) **Завантаження** (завалення лому, рідкий чавун, **частка** сипких). Все через ваги.
- 2) **Продування** (спочатку обдувши. високою фурмою для шлакоутворення (**образ. FEO**), яке запобіжить викидам), потім заглибленою.



Спочатку 2,5 м3/т*мин) – O2

Потім до 5 (до 7)

P – до 9-14 атм.

Витрата O2 ~ 50 м3/т

Кінетика зміни **хим.** складу

сталі (див. кальку).

Розкислювання сталі

Оскільки продування ведеться киснем, то він в кількості розчиняється в рідкій сталі. У зв'язку з шкідливим впливом кисню на властивості **сталей** його необхідно **видалити**, тобто розкислювати сталь.

Якість киснево-конвертерної сталі

Проводять спокійні, напівспокійні, киплячі стали, зокрема вуглецеві, леговані.

Порядок введення розкислювачів: спочатку менш активні, потім більш: **ферромарганец**, потім **ферросилицій** або **силикомарганец**, потім **Al, Ti, Mg, P3M**.

Труднощі при легуванні – при введенні в конвертер – багато **чадіс**, при введенні в ківш – можливе переохолодження.

Легують:

- твердим феросплавом (до 3%) (**Fe-Mn, Fe-Cr**)
- рідкими (передуватиме. плавлять в **эл.** печах)
- екзотермічним до 4% (суміші легують + **Al** + натрієва селітра – **окислювач** – що **пов'язують** – (смоли).

Техніко-економічні показники

Річна продуктивність придатних **злитків**

$$П = T \frac{1440}{\tau} * \frac{a}{100} * n, m / год$$

T – тоннаж конвертера, т
1440 – хвилин в добі (24*60)

$\frac{a}{100}$ - частка придатних злитків в загальній масі

a - % придатних злитків в загальній масі

n - число робочої доби в році

? – тривалість плавки, мин.

П годинна = T*60/ ? – годинна продуктивність (валова)

Вихід рідкої сталі по відношенню до завал мет. шихти.

$$B = \frac{\sum m_{мет}}{m_{стали}} \approx 889 - 90\%.$$

Втрати: чад; втрати з димом; віднесення корольків; корольки з шламом.

Техніко-економічні показники мартенівського процесу

Продуктивність печі визначається декількома показниками:

- з'їм сталі з 2 м2 площі череня в добу [т/(м2*сут.)]

- годинна продуктивність печі – т/г (40 т/г)

- річна продуктивність – т/год (330000 т/год)

Собівартість сталі – грн/т.

Особливості ведення мартенівської плавки по різних варіантам

Розрізняють:

1. по складу футеровки і шлаку:

- основний процес
- кислий (

II. По складу металевої частки шихти:

- скрап – процес – виплавка сталі із залізного лому
- скрап – рудний – выпл. з чавуну і лому – руду дають для видалення Si, Із за рахунок кисню руді
- рудний – тільки з чавуну.

Прискоренню процесів кипіння ванни сприяє кипіння ванни (при окисленні Z), оскільки на бульбашках труб, в основному, р-ии. При кипінні віддаляються і газу, удам. Н Ст

Тому кипіння дуже важливе. Для забезпечення кіпа необхідно, щоб Z було більш ніж потрібний в сталі. Кисень для реакції – з шлаку.

В процесі кипіння можна викачати шлак: якщо він вспененный і різко зняти дуття, то тиск впаде і шлак вспенится і піде в шлакові чаші

Доведення

Випуск

МАРТЕНІВСЬКЕ ВИРОБНИЦТВО СТАЛІ

Суть – виплавка сталі з шихти методом плавлення в полум'яній відбивній печі.
Конструкція мартенівської печі.
Пекти симетрична з двох сторін.

1 – **зведення** печі; 2 – **подина** печі; 3 – факел; 4 – канали; 5 – **шламовики**; 6,7 – газовий, повітряний регенератор; 8 – перекидні клапана; 10 – форсунки (**голівки**).

Якщо газ і повітря вдуваються справа, то виходять продукти згорання зліва, нагріваючи регенератори, через які проходить газ і повітря, розігріваючись до температури ~ 1000ч1100оС.

Плави́льний простір печі обмежений зверху зведенням знизу – подиной. З лицьового боку є вікна завалень, а ззаду печі- випускний отвір. Подіну печі викладають вогнетривкою цеглиною: магнезитом, доломітом (MGO + СаО)- в основних, динасом – в кислих (Основная-кислая пекти!).

Склад шлаку на **плавці** визначатиметься властивостями вогнетривів.

Конструктивно: **завичай** по сталевому каркасу шар теплоізоляції (пористий **шамот**), потім **шамотный** цеглина, потім вогнетривка цеглина, потім наварювання з **пескообразного** матеріалу таких же властивостей.

По ходу роботи пекти **закривають** – закидають **наварочные** матеріали **після** кожної плавки.

Зведення печі

Виготовляють з **динасового** або **магнезитно-хромитового** цеглини. Магнезіто-хромітовий стоїть довше – до 1000 **плавок**.

Голівки печі – своеобразные форсунки, через які подається газ і повітря на спалювання. Бажані швидкості вище (краще змішення – краще горить. Мазут!).

Шламовка - пристрій для очищення димових газів.

Регенератори – конструкції, що мають велику поверхню і масу, призначення яких – акумуляція тепла з метою подальшої віддачі газу і повітря.

Вимоги до вогнетривів: висока вогнетривкість і термостійкість.

Перекидні клапани – призначені для реверсування подачі газів і газів, що відходять.

Металеві конструкції (зокрема, заслінки вікон завалень) вимагають безперервного охолодження і охолоджуються водою.

Робота мартенівських печей періоди:

- 1) **заправка** (ремонт **подины**)
- 2) завалення шихти
- 3) плавлення шихти
- 4) **кіпи** печі (кипіння)
- 5) доведення
- 6) випуск.

1) Заправка (торкетирование) – закидають лопатами пескообразный матеріал, відповідний огнеупору шихти (торкет-машины).

- 2) **Завалення – производится** машинами завалень. Матеріали заздалегідь завантажують в мульды. Матеріали: сталевий скрап (шматовий або пластированный), чавун (твердий або рідкий); залізняк.
- 3) **Плавлення** – тепло за рахунок згорання палива (природний газ + мазут) в кисні повітря. Паливо: гази (природний, доменний, коксівний); рідини (мазут, смоли); тверді (кам'яновугільний пил). Потрібна організація процесу опалювання, щоб полум'я мало високу температуру і тепло добре передавалося металу.

Якнайкраще паливо: Суміш природного газу з мазутом – висококалорійна і володіє високою «світимістю». Світимість – передача тепла випромінюванням – див. н/о – про **ступінь** чорноти і так далі

На такій суміші можна працювати без **підігрівання** газу (але з **підігріванням** повітря) – простіше конструкція печі.

Мазут – для підвищення чорноти полум'я (вище **ступінь** чорноти) – сильніше нагрівається за рахунок випромінювання.

Спочатку: ступінь чорноти твердої шихти високий, тому дають максимум палива. Потім шихта плавиться і від неї і шлаку відбивається світло – сильніше гріється зведення і слід зменшити кількість палива, щоб не розплавити зведення.

$$M_{cp} = \frac{Q}{\tau}$$

M_{cp} – середня теплий. навантаження, кДж/ч

Q – що прийшло з **паливом** тепло, кДж

τ – час **плавки**, година

Коеф. **исп. палива** – к.п.т.

$$\eta = \frac{Q - Q_{ух.газ}}{Q}$$

$Q_{ух.газ}$ – тепло, що відноситься юшок. газами.

Методи інтенсифікації:

- 1) подача кисню у **факель** замість повітря – тепло не відбирається азотом;
- 2) подача кисню через фурму у ванну – тепло за рахунок **хим.** реакцій (або в кислий. конвертерах).

Далі **КІП**, доведення, випуск.

ВИРОБНИЦТВО СТАЛИ В ЕЛЕКТРОПЕЧАХ

Електроплавлення – найбільш **досконалий** спосіб виробництва стали, що має **ряд** достоїнств:

- необмежений нагрів, що дозволяє **вводити** лігатури без обмеження кількості;
- відновна атмосфера в печі, що зумовлює мінімальний чад елементів;
- гнучке регулювання температури ванни;
- чистий метал по сірці і Н Ст

Електроплавлення дозволяє **отримувати** високоякісні конструкційні, і інструментальні, **коррозионностойкие**, спеціальні та інші стали.

Джерелом тепла в електропечах є, в основному, електрострум. Мала **частка** – окислення **домішок**.

Застосовуються дугові і індукційні електропечі.

Дугові печі – нагріваючи за рахунок горіння дуги.

1 – живлячий трансформатор; 2 – електроди; 3 – зведення; 4 – електрододержатель; 5 – кожух; 6 – дно; 7 – зливна шкарпетка; 8 – дуга; 9 – шлак; 10 – метал; 11 – заслінка; 12 – сектор нахилу з люлькою; 13 – опорна станина; 14 – механізм гойдання печі.

Пекти зсередини футерована високоякісними основними або кислими вогнетривами (відповідно, кисла або основна електропіч). Вогнетриви повинні володіти високою вогнетривкістю, термостійкістю, міцністю, шлакоустойчивістю. Подіна складається з ізоляційного і робочого шарів.

Пекти може нахилитися для зливу шлаку і випуску металу.

Плавка може вестися в основних печах з повним або частковим окисленням домішок або без окислення.

При плавці з окисленням (для видалення P) в завалення, окрім металевої частки, дають залізняк і вапно. Утворюється залістий шлак, окислюється P. Фосфористий шлак зливають. Цим закінчується окислювальний період.

Потім сталі розкислюють, наводять новий шлак шляхом дачі винищити.

Утворюється високоосновний малозалістий шлак – білий шлак. Забезпечується глибока десульфуріяція (оскільки мало FEO, багато СаО і високі температури).



Індукційні печі

Нагрів відбувається за рахунок вихрових струмів, індукційних змінним магнітним полем.

Кожух неметалічний. Тигель набивной. Індуктор мідний водоохолоджуваний. Сталь виплавляють методом переплавки, тобто шихту вибирають так, щоб після розплавлення здобути метал заданого складу.

Для отримання сталей і сплавів особливого призначення і особливої якості застосовується рафінування сталі в установках для переплавки:

- електрошлакової переплавки (ЕШП) – переплавки електроду, що витрачається, з рафінуванням за допомогою шлаку;
- вакуумна дугова переплавка (ВДП) – коли плавлення відбувається у вакуумі за рахунок дуги між електродом, що витрачається, і злитком, що утворюється;
- електронно-променевої переплавки (ЕЛП) – коли метал розплавляється потоком електронів, що випромінюються високовольтною катодною гарматою.

Глибокий вакуум очищає метал.

Т - 6 РОЗЛИВАННЯ СТАЛІ

Сталь в рідкому вигляді - напівпродукт. Для того, щоб отримувати якісний прокат потрібне якісне розливання. Температура швидко падає – тому потрібне досить швидке розливання металу, оскільки якість сильно залежить від температури сталі.

Методи:

- 1) у виливниці

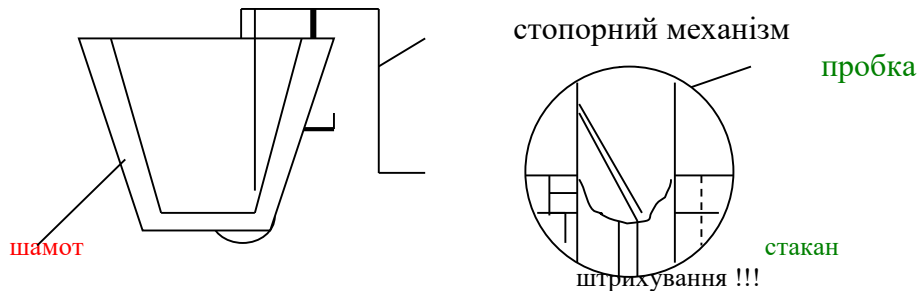
після вступу

2) безперервна

Розливання у виливниці

Найбільш поширена. Виходять **злитки**.

Перша операція – випуск сталі в сталеразливочний ківш (заздалегідь гріють до 500-700 °С).



Н ковша ? D верхньої частки

- умова оптимального **ферростатич.** тиск і температури.

Пробка і **стакан** виконуються з різних матеріалів для **виключення** пригару:

магнезиту, графіту, **шамота** і так далі

Діаметр **стакана**: 30?40 мм – частіше.

Бесстопорніє ковши – **зрушення** пластин.

Способи розливання сталі у виливниці

1) зверху – крупні **злитки** (> 7 т) і ковальські

2) сифоном – якісні сталі.

При **розливанні зверху** прямо з ковша (інколи через проміжний) метал потрапляє на дно, розбризкується, налипає на стінки – образуються плівки – недолік.

Переваги: простота підготовки складів (очищення, мастило кам'яновугільною смолою або кузбасівським лаком, установка на візки), малі втрати матеріалу, відсутність витрат на сифоновий припас, стабільність усадки).

Проте із-за **пленов** частіше ллють сифоном.

Розливання сифоном

1 – воронка

2 – центрова

3 – сифонова проводка

4 – зірочка

5 – платформа

6 – виливниця

7 – прибуткова надставка

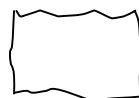
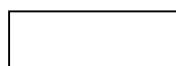
Може бути 2, 4, 6, 8, 12 і більше виливниць.

Достойнства: 1) немає пленов; 2) одночасно розливають 4-8 злитків;, що прискорює час розливання (більш постійна температура і вище продуктивність); 3) вище однорідність злитка.

Недоліки: 1) потрібна вище температура металу; 2) втрати металу в проводки (літники); 3) дорожче підготовка складів.

Злитки: 200-500 кг (малі до 20 т і більше).

Форма:



ромашка

Н слитка/Дслитка ? 3 ? 3,5

1:100

Формування злитка

Між Е Метв – 2-5% усадка
Механізм

же ТВ

все ТВ.

Жж

же ТВ

Метал рихлий, оскільки
кристалізація йде з **недоліком** рідини.

Виходить **V-образна** раковина.

Під усадковою раковиною утворюється осьова рихлість, а за всім обсягом – **розсіяна** рихлість. Чим більше температура металу, тим менше **розсіяна** рихлість і більше усадкова раковина. **Окрім** варіювання температурою усадкову раковину можна **змінити**:

1) формою – розширеною догори

2) використанням прибутків (прибуткових надставок)

теплоізолятор (**шамотная** суміш з глиною). Краще круглі, оскільки в квадратних в **кутах** швидко **вичахає** метал.

3) використання **экзоермических** сумішей (**Fe+Si+C**)+богатые руді) (**люнкеситов**). **Мета** 2) + 3) – продовжити час **надходження** рідкого металу, який буде **живити** раковину.

Будова злитків

Напівспокійну ллють з **химзакупоркой**.

Химнеоднородность спокійної сталі вище, ніж киплячою. Кипить – якщо слабо розкислює

$[\% \text{ C}] [\% \text{ O}] = 0,0025$

Дефекти: внутрішні тріщини, зовнішні гарячі тріщини, холодні тріщини, перехоплення, рубці, завороти **кірки**, **плени**, неоднорідні **міхури**.

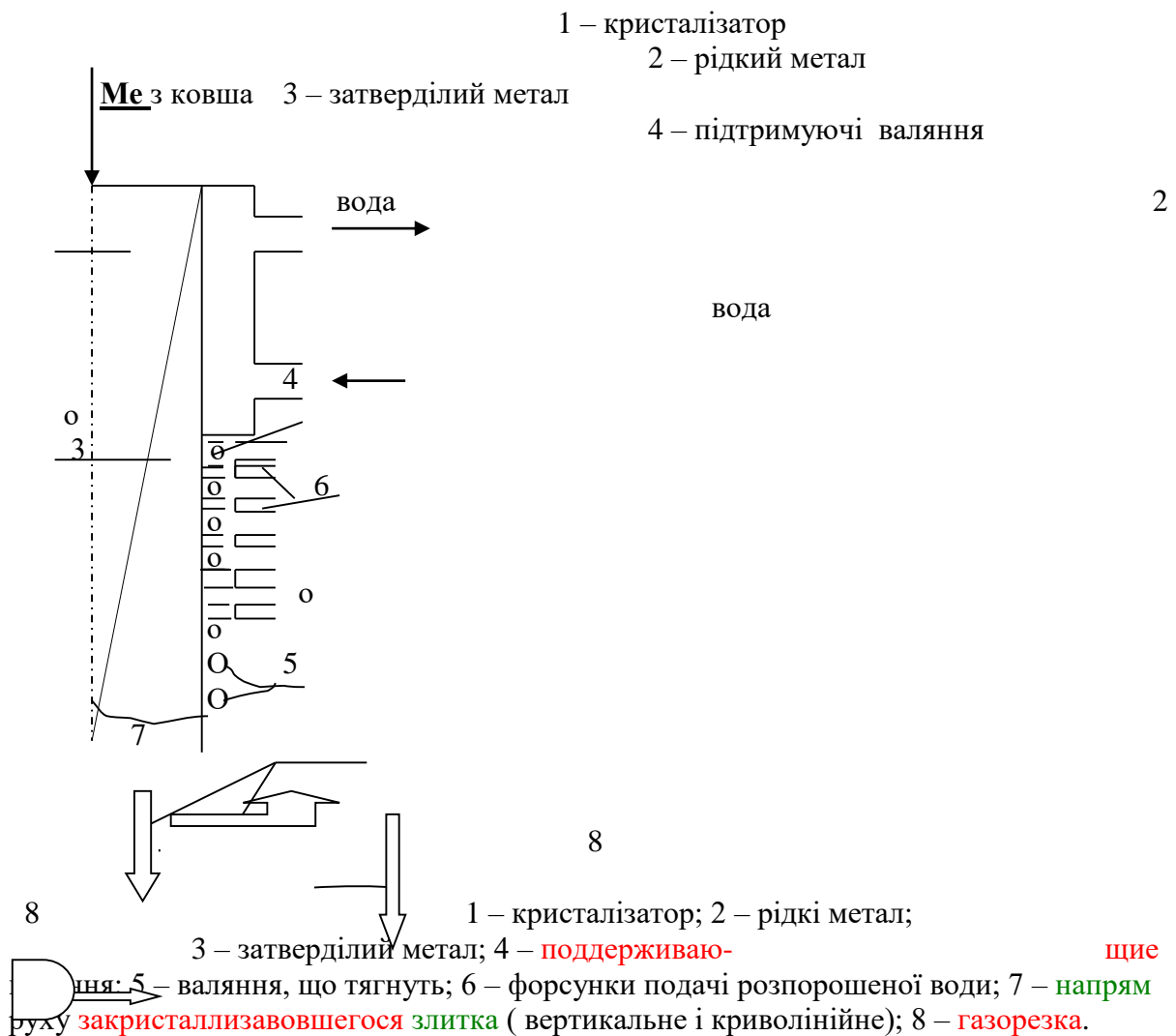
Маркіровка литих конструкційних **сталей**

Двозначна цифра на початку – соті **З**; А – азот, Би – ніобій, В – вольфрам, Грам – марганець, Д – мідь, Е – селен, До – кобальт, Н – нікель, М – молібден, П – фосфор, Р – **бор**, **З** – кремній, Т – титан, Ф – ванадій, Х – хром, Ц – церій, Ч – **рідкі землі**, Ю – алюміній.

Цифра **після** **букви** - % елементу, цифри не – до 1 %.

Безперервне розливання стали

Суть способу полягає в тому, що рідку сталь безперервно заливають у водоохолоджувану виливницю без дна – кристалізатор, з нижньої **частки** якого **витягують** затверділий по периферії **злиток**. Далі **злиток** в зоні **вторинного** охолодження **повністю** твердне, після чого його розрізають на шматки певної довжини.



Залежно від **напрям**у руху **злитка** машини безперервного **литва** заготовок (МНЛЗ) бувають:

- вертикальні
- горизонтальні
- криволінійні

Основні переваги безперервного розливання в порівнянні з розливанням у виливниці:

- **істотно** підвищується вихід придатний
- спрощується гуркіт до тонких профілів
- підвищується якість металу за рахунок збільшення однорідності

- немає необхідності в розливних складах
 - є умови автоматизації і механізації праці.
- Розливають, в основному, спокійну сталь.

Т – 7

ВИРОБНИЦТВО КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ

Термін «кольорові метали» не слід розуміти буквально.. Фактично кольоровими є червона мідь і жовте золото, останні мають відтінки від сріблито-сірого до червонуватого.

Метали, за винятком заліза, хрому і марганцю, відносяться до кольорових. Умовно їх можна розділити на 4 групи.

- 1) важкі – Cu, Ni, Pb, Zn, Sn;
 - 2) легені – Al, Mg, Ca, K, Na, Ba, Be, Li;
 - 3) благородні – Au, Ag, Pt, Rh, Ir, Pd, Os;
 - 4) рідкі : - тугоплавкі Mo, W, V, Ti, Nb, Ta;
- легені – Sz, Sc, Rb, Cs
 - радіоактивні – U, Ra, Th, Ac
 - розсіяні і рідкоземельні – Ge, Hf, In, La, Tl, Ce, Re.

Розглянемо виробництво міді і алюмінію.

Металургія міді

Для отримання міді використовують мідні руди, що містять 1-2% (до 6 %) мідь, і відходжуй мідь із сплавів.

У мідних рудах зазвичай містяться сульфідні з'єднання: мідний колчедан або халькопирит $CuS^* FES$, халькозин Cu_2S , ковелін і ін. Може міститися оксид міді куприт Cu_2O . Порожня порода складається з піриту FeS_2 , кварца SiO_2 , карбонатів CaO і $MgCO_3$ і ін. Технологія отримання міді повинна передбачати виробництво металу з дуже бідних руд до чистого металу, що містить 99,99 % Cu і вище. Відомо два способи витягання міді з руд: гідрометалургійний (застосовується рідко) і пирометалургический.

Технологічна схема виробництва міді (пирометаллургическим методів) (техн. схема див.)

Першою операцією є збагачення руди, здійснюване флотацією. Флотація заснована на різній змочуваності рудий і порожньої породи водою з добавками ЛГШІ. Отримують концентрат, що містить до 30 % Cu.

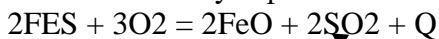
Далі рудні концентрати з метою часткового видалення сірки обпалюють в багаточеревених печах з механічним перемішуванням. Отримують піритовий огарок із змістом міді до 45 %.

Плавка на штейн проводиться у відбивних полум'яних печах або електропечах. Температура = 1600 °C. Матеріали плавляться і розшаровуються – оксиди порожньої породи зверху, а штейн (Cu_2S+FeS)- знизу. Штейн накопичують в ковші і заливають в конвертер.

Конвертер горизонтального типа футерован магnezитом. Через 40-50 бічних фурм вдувається повітря. Для шлакування оксидів заліза, що утворюються при продуванні, дають кварцовий пісок.

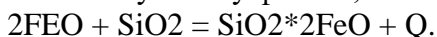
Продування ділиться на два періоди:

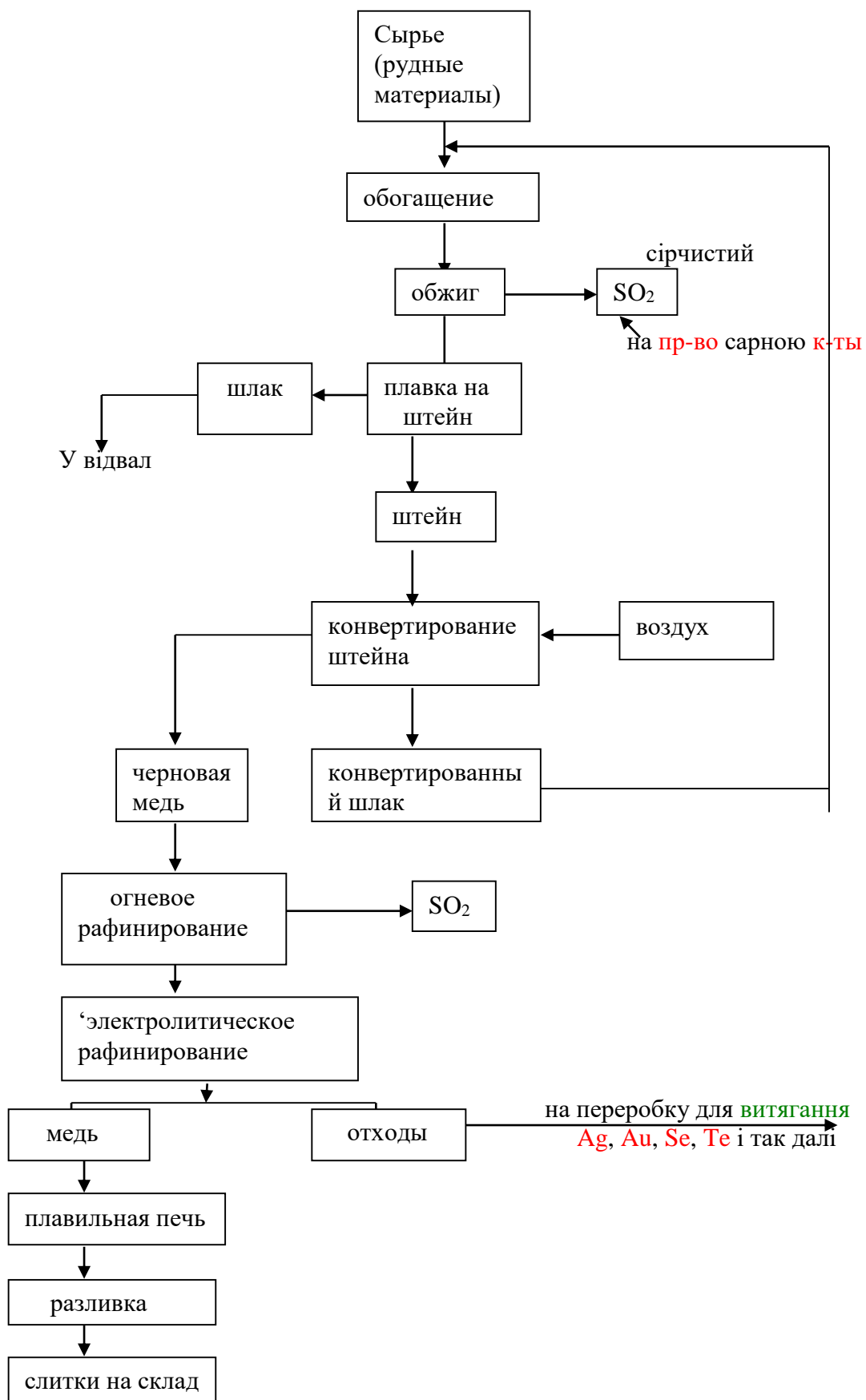
I – окислення сульфатів Fe киснем повітря



на кислоту !

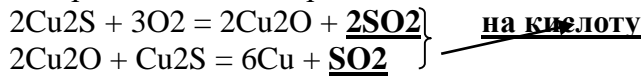
FeO зв'язується у фаялит, взаємодіючи з SiO_2





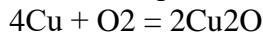
Після закінчення першого періоду шлак зливають і відправляють в голову процесу на повторну переробку (у ній 1.5 – 2.5 % Cu), а білий штейн (в основному Cu₂S) додувають повітрям до чорної міді.

II період називається реакційним

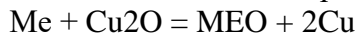


Отримують чорнову мідь, що містить багато домішок.

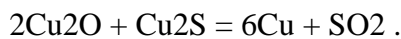
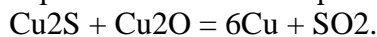
Вогневе рафінування проводять у відбивних печах, де розплавлену чорнову мідь продувають повітрям.



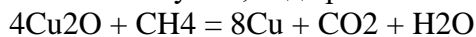
Метали, що мають більшу спорідненість до O₂, чим у Cu (Fe, Ni, Zn, Mn, Al, Si і так далі) взаємодіють з Cu₂O і переходять в шлак



Сірка окислюється по реакції



Шлак викачують, мідь розкислюють природним газом



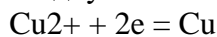
або «дратують» дерев'яною палицею. Віддаляються гази. У міді залишаються благородні метали, **Cu**, що містять, – 99,5 – 99,7 %.

Електролітичне рафінування проводять у ваннах типу ящика, футерованих усередині свинцем, винипластом і так далі. Електроліт – 15% водний розчин мідного купоросу, що підкисляє сірчаною кислотою.

Аноди – пластини чорної міді. +

Катоди – тонкі пластини чистої міді. –

При подачі постійного струму аноди розчиняються, утворюються катіони Cu²⁺. На катодах відбувається їх розрядка з утворенням металеві міді.



Вихід металу по струму до 98%.

Чистий міді – 99.98-99.99 %.

Катодну мідь промивають, переплавляють в електрпечах і розливають в **злитки**.

Виробництво алюмінію

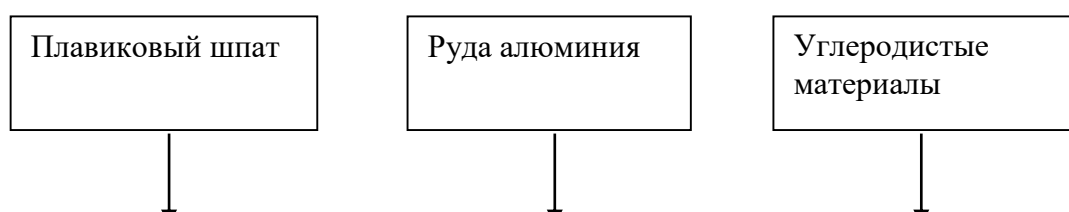
Сировиною для виробництва Al є алюмінієві руди – гірські породи з високим вмістом оксиду Al (боксити – основна сировина, нефелини, алуїти, каоїлини). Якість руд визначається змістом глинозему Al₂O₃, а також кремнеземним модулем – масовим відношенням Al₂O₃/SiO₂.

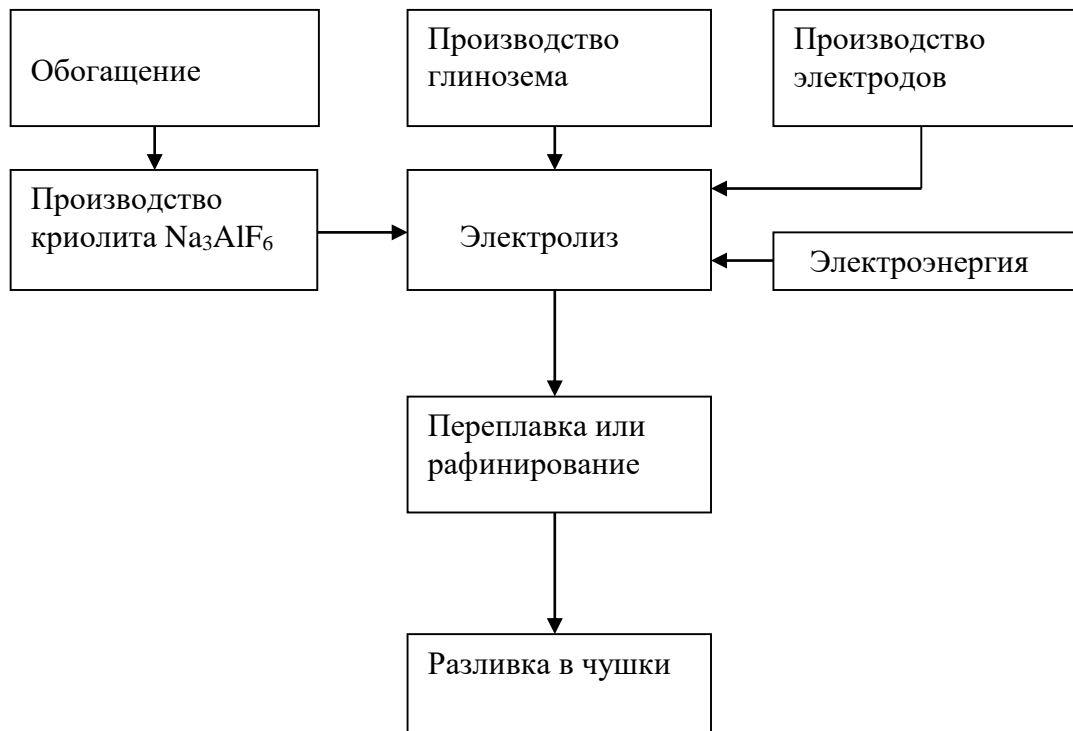
$$M = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2}$$

Здобути чистий Al методом відновлення дуже складно, оскільки він має високу спорідненість до кисню. Тому потрібні дуже високі температури (до 2100 °C). Процес спрощується, якщо отримувати не чистий Al, а розчин Al в іншому елементі, наприклад Si. Він мало поширений.

Основним методом є **електролітичний**. Особливістю електролітичного методу є проведення електролізу з розплаву. При цьому електролітом є криоліт 3NaF·AlF₃ (або Na₃AlF₆).

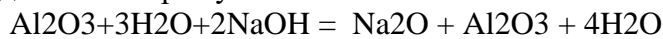
Технологічна схема виробництва алюмінію





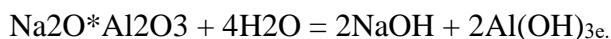
Чистий глинозем отримують мокрим або сухим способом.

При **мокрому** (метод К.І.Байкова) способі спочатку при температурі 150-250 °C і тиску до 3 Мпа отримують алюмінат Na.

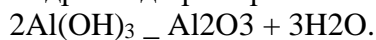


Оксиди інших металів **нерастворимы** в лугах і випадають в шлам (**назив.** червоний шлам – за рахунок оксидів **Fe** и **Ti**).

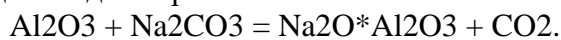
Далі пульпа розбавляється водою і зливається у відстійник. Утворюється **гидроксид Al**.



Гидроксид прожарюють в трубчастих печах при температурі 1200 °C.



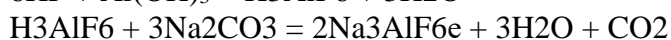
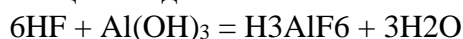
При **сухому** способі прожарюють при температурі 1300 °C суміш бокситу, сода і винищити – для скріплення SiO₂



Далі алюмінат Na вилуговують гарячою водою з продуванням CO₂.



Кріоліт отримують дією плавикової кислоти на гидроксид Al з подальшою нейтралізацією содою



Електролізер (алюмінієва ванна) – сталевий прямокутної форми. Стіни і **подина** – з вугільних блоків, що є катодами. Аноди – вугільні електроди, що **самообжигаются**, занурені в розплав. При їх **згоранні** вони нарощуються анодною масою. Глинозем періодично **додають** зверху. На стінках утворюється шар затверділого електроліту (**гарнисаж**), що **оберігає** ванну від руйнування.

$Al_2O_3 + 2Al^{3+} + 3O^{2-}$ - процес електролізу Al_2O_3

$2Al^{3+} + 6e \rightarrow 2Al$ - на катоді

$3O^{2-} - 6e \rightarrow \frac{3}{2} O_2$ - на аноді.

Первинний Al забруднений Si, Fe, Al_2O_3 і так далі Для отримання чистих Al проводять повторний електроліз, де електролітом є хлористі і фтористі солі алюмінію, або очищують Al зонною плавкою.

T – 8

ЛИВАРНЕ ВИРОБНИЦТВО

Технологія **литва** була освоєна декілька **століть** тому. Вже в 1586 р. під керівництвом Андрія Чохова відлила цар-гармата вагою близько 40 т. У 1735 р. І.Ф. Моторін відлив царя вагою близько 200 т.

Литво – це спосіб виготовлення заготовки або виробу шляхом заповнення порожнини заданої конфігурації розплавом з подальшим його затвердінням. Завдання ливарного виробництва – виготовлення виробів маси, різних формою і розмірам.

Класифікація способів виготовлення відливань

При **литві** металевий розплав заливають в **заздалегідь** приготовані ливарні форми, які бувають разовими або постійними. Разову **після отримання** в ній **відливання** руйнують, постійна форма придатна для виробництва великої кількості **відливань**.

Велика частка відливань виготовляється литвом **в піщані форми**. Це може бути ручне або машинне литво.

Спеціальні методи **литва** діляться на: **кокільні** (у металеві форми вільною заливкою); по моделях, що **видаляються** (що виплавляється, розчинним, випалюваним); відцентрові; **литво** під **тиском**; **литво** в **оболочкові** форми та інші.

Витрата металу при **литві** визначається по коефіцієнту виходу придатних **відливань**.

$K_{в.г.} = \frac{M_{о.ч.}}{M_{ш}}$

де $M_{о.ч.}$ – маса відливань (чистова)

$M_{ш}$ – маса шихти (маса відливань + маса літників + чад і так далі).

Ефективність **застосування** конкретного методу **литва** оцінюється по коефіцієнту використання металу (КИМ)

$K_{ИМ} = \frac{M_{д.}}{M_{о.ч.}}$,

де $M_{д.}$ – маса обробленої деталі.

Значення КИМ для різних видів **литва**

Вид литва	КИМ %	Вид литва	КИМ %
під тиском	0,95	у кокіль	0,75
по виплавлених моделях	0,90	у піщані форми	0,70
у оболочкові форми	0,80		

Ливарні сплави і їх технологічні властивості

Умовно можна прийняти, що для литва придатні всі метали і сплави. Проте, для отримання якісних відливань і продуктивного литва необхідно, щоб сплави володіли наступними властивостями:

- жидкотекучестью
- незначною усадкою
- незначною газопоглинається
- однорідністю структури
- помірною температурою плавлення
- відсутністю НВ
- трещиностойкістю.

Жидкотекучість – здатність в розплавленому вигляді заповнювати ливарну форму. Для оцінки жидкотекучести використовують пробниці з каналами простого, складного, змінного перетину.

Усадкою називають зменшення об'єму і лінійних розмірів відливання при охолодженні від рідкого стану до кімнатної температури. Характеристики усадки (об'єм і лінійні розміри), усадкова раковина, усадкова рихлість (скупчення дрібних порожнеч).

Трещиноустойчивість – це здатність сплаву протистояти утворенню тріщин у відливаннях. Тріщини бувають гарячі і холодні. Залишкова напруга у відливанні після охолодження називає ливарною напругою.

Газонасичення відливань може бути як за рахунок газів, розчинених в розплаві, так і при взаємодії розплаву з ливарною формою. Гази – N₂, H₂, O₂.

Як ливарні сплави застосовуються: чавуни, сталі, кольорові метали і сплави.

Сірий чавун – (вуглець у вільному стані у вигляді пластинч. графіту) володіє високою жидкотекучестью і малою усадкою (до 1,3%). Відливання без усадкових раковин, пористості, тріщин.

Високоміцний чавун (додають Mg, церій і ін. Графіт стає кулястим, володіє жидкотекучестью сірого чавуну. Усадка до 1,7%, тому відливання мають усадкові дефекти.

Ковкий чавун в нім графіт хлопьевидной форми за рахунок відпалу отримують після відпалу відливань з білого чавуну. У білому чавуні вуглець знаходиться у вигляді карбідів заліза. Тому, ймовірно, білий чавун погано тече, тому для заливки його розігрівають до вищих температур, у зв'язку з чим з'являються усадкові раковини, пористість, тріщини.

Рядові литейные сталі містять 0,12 – 0,6 % С. Жидкотекучість сталей набагато нижче, ніж чавунів. Тому потрібний нагрів їх до вищих температур. У зв'язку з цим ливарні пороги в них значно більше, чим в чавунних відливаннях. Особливі багато тріщин в низкоуглеродистых сталях.

Леговані литейные сталі містять хром, нікель, титан, алюміній і так далі, наприклад 15X25ТЛ, 12X18Н9ТЛ – всі литейные сталі в кінці маркіровки мають букву Л. У всіх символів на основі заліза підвищується жидкотекучість з підвищенням змісту З, Si, Р, S і Сг знижують жидкотекучість, і Ni практично не впливає. Плавка сталі у вагранках, дугових, індукційних, плазмових і інших печах.

Сплави кольорових металів можна умовно розділити на легені (алюмінієві, магнієві, титанові), і важкі (на основі міді, нікелю, цинку, олова, свинцю, молибдена, W) і змішані. Шихтовими матеріалами для їх отримання є первинні і вторинні метали і сплави, лігатури, розкислювачі, флюси і так далі

Найбільш поширені ливарні **алюмінієві сплави** (Al-Si Al-Cu, Al-Mg, Al-Cu, Si і складні). Особливо поширені силуміни Al-Si, що володіють високою жидкотекучестью, малою усадкою (до 1,1%).

Магнієві сплави гірше ллюються, мають високу розчинність H₂, самозгораються при плавці і заливці у форми.

Мідні сплави володіють високими ливарними властивостями, особливо олов'яності, бронза, фосфорна латунь. Проте у мідних сплавів порівняно висока усадка (від 1,6 до 2,2 %). Тому вони схильні до утворення тріщин, раковин, пористості.

Титанові сплави володіють високими механічними характеристиками. Добре ллються, проте мають усадку від 1,5 до 2,2 %. Істотний недолік – плавка і литво повинні виконуватися у вакуумі або середі інертних газів (аргону або гелію).

Формувальні матеріали

Матеріали, з яких виготовляють ливарні форми, виключаючи опоки, називаються формувальними. Їх розділяють на :

- початкові
- формувальні суміші (для чавунних форм);
- **стрижньові** суміші (для **стрижнів**)
- матеріали остаточної обробки форм і **стрижнів**
- вживані суміші.

Початкові – це матеріали для приготування сумішей і матеріалів обробки.

Суміші для форм і стрижнів виготовляють з початкових, узятих певній великій, складу і рівномірно перемішані (у бігунах або шнекових змішувачах). Суміші мають вогнетривку основу (кварцовий пісок, магнезит, хромит, шамот і так далі), добавки, що пов'язують (глини, рідке скло (Na_2SiO_3), синтетичні смоли, цементы, масла, відходи целюлозної і цукрової промисловості і так далі), спеціальні (кам'яновугільний пил, мазут, деревна тирса, ЛІГШИ і ін.).

Основними властивостями формувальних сумішей є: міцність на **стискування**, розривши, обсипається з поверхні, газопроникність, **формуемость**, текучість, **уплотняемость**, **выбиваемость** після випалення і ін. Їх контроль – по стандартних методиках.

Т – 9

ВИГОТОВЛЕННЯ ВІДЛИВАНЬ В ПІЩАНИХ ФОРМАХ

Оснащення ливарні

Виготовлення ливарної форми – основна ланка технологічного процесу отримання литої заготовки. Процес виготовлення ливарної форми називається формуванням. Формування складається з ряду операцій, що виконуються за допомогою ливарного оснащення і пристосувань. **Оснащення ливарні** складається з моделей, стрижньових ящиків, сушильних плит (драйер), опок, щитків, надставок і так далі. До пристосувань відносяться сита для просіювання суміші, набивання, трамбівки гладилки, полози, ланцети, гачки, голки для наколювання душників і так далі.

Модель – це формоутворювальне пристосування, за допомогою якого в ливарній формі отримують відбиток, відповідний зовнішній конфігурації відливання. Якщо відливання повинне мати отвір, то форму моделі заповнюють знаками, які дають поглиблення для установки і точної фіксації в ній стрижнів.

Моделі виготовляються з дерева, чавуну, алюмінію, пластмас. Моделі бувають нероз'ємними, роз'ємними, з відокремленими **частками** і так далі. Щільність роз'єму, як правило, проходить через вісь симетрії **відливання**.

Внутрішні отвори і порожнини у відливаннях отримують за допомогою **стрижнів**. Формують стрижні в стрижньових ящиках. **Стрижньовий ящик** – це пристосування, в якому із стрижньової суміші виготовляють стрижні. Виготовляються з дерева, металів,

пластмас. Внутрішня порожнина стрижньового ящика відповідає конфігурації стрижня із знаками.

Опоками є жорсткі рамки прямокутної форми з металу і служать для затрамбовки суміші при формуванні. Як правило, застосовуються розбірні надвоє опоки з жорсткою фіксацією часток в одне ціле.

Системи літників включають систему каналів і резервуарів, за допомогою яких розплав подається в порожнину форми. У неї входить воронка літника, вертикальний канал, шлакоулавливач, живильник, выпор.

Технологія ручного формування

1 – модель; 2 – опока; 3 – **душники**; 4 – воронка; 5 – вертикальний канал;
6 – **шлаковик**; 7 – живильник; 8 – **выпор**; 9 – **драйера**

Технологія ручного формування включає **наступні** операції:

- 1) установка моделі
- 2) припудрювання моделі лікоподієм
- 3) **відсів** модельної суміші
- 4) набивання суміші в опоку
- 5) **видалення** надлишків суміші
- 6) наколювання **душников**
- 7) перевертання нижньої опоки на 180°
- 8) посипання **плоскості** роз'єму кварцовим піском і здування зайвого піску
- 9) накладення верхньої опоки
- 10) припудрювання моделі лікоподієм
- 11) установка моделі системи літника
- 12) набивання суміші
- 13) **видалення** надлишків суміші
- 14) наколювання **душников**
- 15) зняття верхньої **частки** опоки
- 16) **видалення** моделі і системи літника
- 17) обробка форми
- 18) **збірка** форми.

Машинне формування ливарних форм

При серійному виробництві ливарні форми виготовляють на машинах, що збільшують продуктивність праці, знижують трудомісткість, підвищують якість форм, сприяє значному ущільненню формувальної суміші. Послідовність операцій при машинному формуванні приблизно та ж, що і при ручній.

Найбільш поширено **верхнє пресування**, при якому зверху опоки накладають наповнювальну рамку. Далі опоку і накопичувальну рамку засипають сумішшю і зверху ущільнюють її дією пресової полози.

Ущільнення **струшуванням** проводиться при підйомі стислим повітрям і різкому опусканні столу, на якому встановлена форма. Цикл повторюється 10-80 разів.

Ущільнення **пескометом** використовується при виробництві великих про розмірам форм. Суміш через металеву голівку подається в опоку з швидкістю до 20 м/с.

При **імпульсному** методі на суміш впливають стислим повітрям із спеціальної магістралі або від вибуху. Дія і ущільнення суміші відбувається за долі секунд.

Виготовлення стрижнів

Стрижні виготовляють ручними і машинними способами.

При **ручних** способах стрижньовий ящик заповнюється сумішшю, потім в суміш встановлюють каркаси, після чого остаточно ущільнюють суміш. Далі стрижень витягують, і піддають сушці або встановлюють сирими.

При **машинному** способі основними типами машин є ті, що струшують, вибропрессовые, мундштучні, пескодувные, пескострельные та інші.

У мундштучних машинах **стрижньовий** ящик замінений мундштуком, перетин якого визначає перетин **стрижня**. Стрижень отримують витискуванням суміші з мундштука. Інші методи аналогічні формуванню форм.

Забарвлення і збірка форм

Для зменшення взаємодії металу **відливання** з матеріалом набивання при заливці форми, що впливає на якість поверхні, поверхні форми і **стрижнів**, контролюючи з металом, покривають вогнетривкими **фарбами** і іншими матеріалами. Їх основна роль – запобігання пригару.

Фарби містять вогнетривкого наповнювача, що **пов'язує**, розчинники, добавки. Вогнетривка основа – кварц, циркон, графіт, магнезит і так далі. Що **пов'язує** – глина, рідке скло, сульфатно-дріжджова брага і так далі. Розчинники – вода, спирти, бензин, ацетон і так далі.

Спеціальні добавки – **ЛІГШИ**, стабілізатори, антисептики і так далі.

При **збірці** контролюють поверхні форм, очищають їх від сміття, встановлюють стрижні. Особливу увагу звертають на правильність установки нижньої опоки щодо верхньої. Кріплення опок між собою – болтами, скобами, штирями, установкою вантажів і так далі.

Заливка металу

Проводиться з ручних одиночних (до 16 кг), носилок (до 60 кг), монорельсових або кранів ковшів. Перегрів металу на 30-100 °С вищий за температуру ликвидус. Заливка мають бути разовими (без перерв).

Тривалість охолодження залежить від **теплосодержання** металу, товщини стінок **відливання**, **теплофизических** властивостей формувальних матеріалів і так далі. Твердіння від секунд до декількох діб. Можливе примусове охолодження або утеплення.

Витягання відливань з форм може бути ручне, механізоване. Особливо трудомістка **выбивка стрижнів**.

Відливання, що витягують, піддають обрубуванню і очищенню. Обрубують літники, **прибыля**, **выпоры**, задирки. Обрубування **уручну**, **пневмозубилом**, **электро-** і **газорезкой**, плазмовим різанням, стрічковими пилами.

Очищення **проводиться** на вибивних решетах, в **гидрокамерах**, **галтовочных** барабанах, **дробеструйках**, **пескостройках** і так далі.

При необхідності **відливання проходять** термообробку.

Т – 10

СПЕЦІАЛЬНІ СПОСОБИ ЛИТВА

Як правило, при **застосуванні** спеціальних способів **литва**, **відливання** виходять з кращою якістю поверхні, з меншими **припусками**, чим при **литві** в піщані форми. Вище механічні характеристики.

Литво в кокіль

Кокіль – це металева форма для **литва**, що заповнюється металом під **тиском** сил гравітації. Кокіль використовується багато разів. Піщані суміші можуть використовуватися **тільки** для виготовлення **стрижнів**. **Стрижні** також можуть бути металеві розбірні.

Металева форма володіє в порівнянні з піщаною значно більшою теплоємністю, теплопровідністю, міцністю, нульовою газопроникністю. Тому вище **теплоотвод** – швидше твердіння. Матеріалом для кокілів служать сірі чавуни, високоміцні чавуни, леговані і **низколегированні** сталі, алюмінієві сплави і так далі

Кокілі бувають одно- і багатомісні, роз'ємні і нероз'ємні. Роз'єм може бути в горизонтальній, вертикальній площині, з складною топографією. Підведення металу може бути зверху, знизу (сифоном) або збоку через щілисті живильники. Перед заливкою металу кокіль може підігріватися до 150-200 оС.

Для запобігання прихоплюванню **відливання** в кокілі його заздалегідь покривають вогнетривким покриттям (пил кварцу, **шамота**, графіту, тальку і ін. матеріали на **зв'язці з рідкого скла**).

Литва по (що видаляється) виплавлених моделях

Суть процесу полягає в **отриманні відливання** в нероз'ємній керамічній формі, порожнина ливарні в якій утворюється завдяки **видаленню легкоплавкого** матеріалу моделі. Моделі можуть бути що виплавляються, розчиняються і випалювані.

Матеріали: моделі, що **виплавляються**, – парафін, стеарин, віск, бітуми, їх сплави;

що розчиняються – карбамід, солі лужних металів і др;

випалюваних – полістироли і ін.

Основною перевагою **литва** по моделях, що виплавляються, є **можливість отримання** складних формою **відливань**, які не можуть бути здобуті іншими методами **литва**, ОМД і так далі

Послідовність операцій при литві по моделях, що виплавляються:

- 1) виготовлення моделей заливкою, **запрессовкой** і так далі
- 2) збори моделей в блоки шляхом припаювання до моделі системи літника
- 3) **багатократне** нанесення суспензії на блок моделей і обсіпання піском з проміжною сушкою
- 4) **видалення** моделей **відливань** і системи літника
- 5) заливка розплаву (як правило, в підігрітій формі, **щоб** здобути тонкостінні **відливання**).

Приклад – ялиночка з **ключів** на заводі ім. Петровського.

Відцентрове литво

Застосовується для виготовлення **відливань**, що мають форму тіл обертання. Відцентровим називають спосіб **литва**, при якому метал заливається у форму і твердне в ній під дією відцентрових сил. Розплавлений метал заливається у форму, що обертається, **приводиться** в рух відцентровою машиною.

1 – виливниця; 2 – розплав; 3 – ківш; 4 – кришка; 5 – привід; 6 – **відливання**.

Відцентрова машина може бути вертикального і горизонтального **типа**.

Поверхню виливниці покривають захисними покриттями (кварцовий пісок + алюмінієва пудра + **ферросилицій** + графіт і так далі).

Футеровані форми застосовують при **литві** труб змінного перетину (наприклад, сантехнічних каналізаційних).

Якість висока, оскільки легені **домішки** і гази відтісняються до внутрішньої поверхні **відливання**. Високий вихід придатний. Можливо виготовляти біметалічні **відливання**.

Недоліки: збільшений **ступінь ликвації** сплаву по перетину, погана якість внутрішньої поверхні.

Литво під тиском

Суть полягає в отриманні відливаних в металевих прес-формах, заливка металу в яких і його кристалізація здійснюються під тиском 30-300 Мпа при інтенсивному відведенні тепла. Як правило, отримують відливання із сплавів кольорових металів.

Якість висока, оскільки при дії тиску відливання дуже щільні. Високий коефіцієнт використання металу.

Різновиди машин литва під тиском

1 – камера пресування

2 – прес-форма

3, 4 – відповідно верхній і нижній поршень

5 – відливання

з холодною вертикальною камерою пресування (ХВКП)

1 – камера пресування

2 – прес-форма

3 – поршень

5 – відливання

з холодною горизонтальною камерою пресування (ХГКП)

з гарячою камерою пресування (ГКП)

Литво в оболочкові форми (кіркові)

Назва методу пов'язана з тим, що формою є дві оболонки, здобуті на розігрітій моделі і сполучені між собою. Існують бункерний, піскоструминний і інші методи отримання оболонок. Розглянемо бункерний.

1 – бункер; 2 – суміш; 3 – модель; 4 – модельна плита; 5 – оболонка, що утворилася.

Формувальна суміш – кварцовий пісок, хромит і інші вогнетриві, графіт + що пов'язують (карбамід і ін.) + зволожувачі (гас, спирт, ацетон і ін.).

Що сформувалася при нагріванні моделі до ~ 200 °С оболонка (кірка) піддається додатковому відпалу при 280-320 °С. Обпалюють разом з моделлю і модельною плитою.