

ЛЕКЦІЯ 22

ОДЕРЖАННЯ ТА РОЗЛИВАННЯ СТАЛІ

Виплавка легованих сталей

Виплавка легованих сталей в кисневих конверторах пов'язана зі значними труднощами, оскільки більшість легуючих елементів не можна вводити в конвертор через небезпеку їх повного або часткового окислення (кремній, марганець, алюміній, хром, ванадій, титан). Не викликає труднощів легування тими елементами, в яких хімічна спорідненість з киснем менша ніж у заліза (нікель, мідь, молібден). Решту ж елементів вводять у вигляді феросплавів у ківш під час випуску сталі з конвертора. При виробництві низьколегованих сталей із загальним вмістом легуючих елементів не більше 2...3% феросплави вводять у твердому стані. При виробництві більш легованих сталей легуючі домішки заливають в ківш, розплавивши їх попередньо в електричній печі. Це дозволяє вводити в сталь велику кількість легуючих компонентів без її охолодження.

Мартенівське виробництво сталі

Виробництво сталі в мартенівських печах на вітчизняних металургійних заводах становить біля 60% (світове виробництво - <20%). **Мартенівська піч** за будовою та принципом роботи є полуменевою регенеративною піччю. В її плавильному просторі спалюється газоподібне або рідке паливо (мазут). Паливо та повітря, проходячи через насадки регенераторів 1 та 2, де вони нагріваються до температури 1000...1200°C, по вертикальних каналах 3 і 4 подаються в «головку» печі 9 і з неї в робочий простір печі 5. При згорянні палива утворюється факел з температурою 1800...1900°C. проходячи головку, розташовану з протилежного боку печі, розжарені до температури 1500...1550°C продукти згорання попадають в іншу пару насадок регенераторів і по системі відвідних каналів (боровів) надходять у витяжну трубу.

При такій роботі насадки регенераторів правої сторони поступово охолоджуються, а насадки регенераторів лівої сторони нагріваються. В момент, коли регенератори, через які проходить в піч паливо і повітря, вже не в змозі їх нагрівати до потрібної температури, а регенератори, через які виходить з печі дим, перегріваються, відбувається зміна напрямку руху газів, для чого передбачаються перекидні клапани 10. Операція «перекидання клапанів» здійснюється періодично з охолодженням насадки регенераторів, через які надходять в піч повітря й паливо. В якості палива для мартенівських печей застосовується природний газ, мазут і змішаний газ (суміш коксового й доменного газу). Змішаний газ використовується лише на заводах з повним металургійним циклом, тобто ті що мають доменне і коксохімічне виробництво.

Це паливо має порівняно невисоку теплоту згорання і мартенівські печі в цьому випадку мають регенератори для газу і повітря.

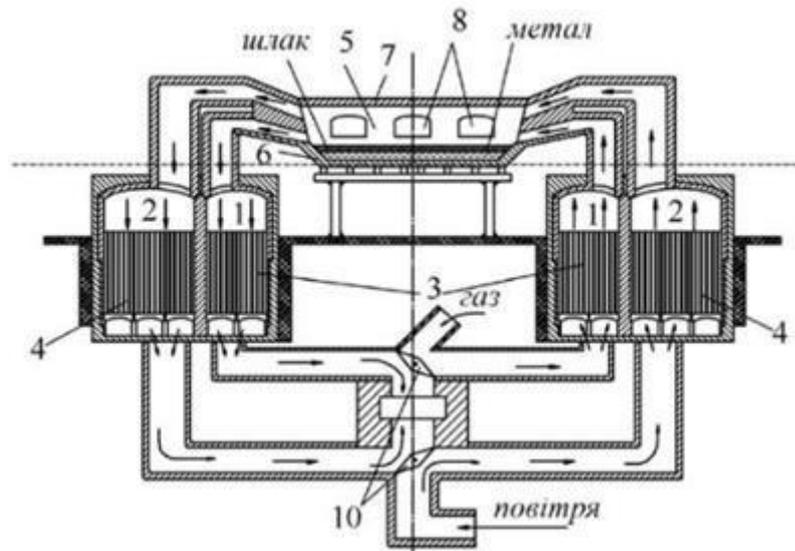


Схема мартенівської печі

1,2 – паливні і повітряні регенератори; 3,4 – вертикальні канали для подачі палива і повітря; 5 – робочий простір печі; 6 – під печі; 7 – склепіння печі; 8 – завантажувальні вікна; 9 – головка печі; 10 – перекидні клапани.

Основна ж маса сталі виплавляється в печах, які працюють на висококалорійних паливах – природному газі й мазуті. В цих випадках достатньо мати лише одну пару регенераторів – для повітря, що значно спрощує конструкцію й експлуатацію печей.

Для візуального спостереження за ходом плавки внутрішній простір печі повинен бути добре освітлений, що забезпечується світлістю факела полум'я. Факел природного газу дає мало світла, тому для підсвічування одночасно з газом в піч вводять до 30...40% мазуту.

Маса плавки мартенівських печей на металургійних заводах становить 300...500 т з розмірами ванни до 120 м². На деяких заводах працюють печі до 900 т. Тривалість плавки в малих і середніх печах 3...6 год., у крупних – до 12 год. До зупинки на капітальний ремонт мартенівські печі відають 400...600 плавок.

Різновиди мартенівського процесу

В залежності від складу шихти мартенівський процес поділяється на:

1. *Скрап-процес* – процес, при якому основною складовою частиною шихти є сталевий скрап (брухт). Зазвичай він використовується на заводах, де немає доменних печей і які розташовані в крупних промислових районах із значними запасами металобрухту. Крім брухту до складу шихти входить 25...45% чушкового доменного чавуну.
2. *Скрап-рудний* – процес, при якому основна маса шихти (55...75%) – рідкий доменний переробний чавун. Решта складових шихти – скрап і залізна руда.

Якщо металева шихта на 100% складається з рідкого чавуну, а в піч у твердому стані завантажують лише залізну руду, процес називають *рудним*.

В залежності від матеріалу футерівки печі і складу шлаку мартенівський процес може бути *основним* і *кислим*.

Виробництво сталі в електричних печах

Для виплавки сталі застосовують дугові та індукційні електропечі. Основні переваги електропечей полягають у можливостях: швидко нагріти метал, що дозволяє вводити в піч велику кількість легуючих домішок; мати в печі відновлювальну атмосферу і безокислювальні шлаки, що обумовлює невеликий угар легуючих елементів; плавно і точно регулювати температуру металу; більш повно, ніж в інших печах розкислювати метал, одержуючи його з низьким вмістом неметалевих включень; виробляти сталь з низьким вмістом сірки і фосфору.

Основну масу електросталі виплавляють у дугових електричних печах.

Виплавка сталі в дугових електричних печах

Дугові електропечі випускаються місткістю від 0,5 до 200 т. розробляються печі на 300 і 400 т.

Принципова схема будови дугової електричної печі показана на рис. 3.5. Корпус печі має форму циліндра зі сферичним або плоским днищем. Зовні він має захисний кожух із сталюого листа товщиною 10...40 мм, внутрішня поверхня футерована основними або кислими вогнетривами. Вугільні або графітізовані електроди пропускаються через отвори в склепінні печі. В стінці корпусу є робоче вікно, через яке зливають шлак, завантажують феросплави, відбирають проби металу. Готову сталь випускають через льотку і зливний жолоб. Піч опирається на сектори 10 і має привід для нахилу в бік робочого вікна або жолоба.

Нагрівання й розплавлення здійснюється електричними дугами, що утворюються між кожним електродом і шихтою. Трьохфазний струм підводять до електродів із допомогою гнучких кабелів і мідних шин. Робоча напруга від 100...200 В в малих печах, і до 400...600 В в крупних печах. Сила струму досягає десятків тисяч ампер.

Шихту завантажують в піч зверху, для чого склепіння піднімають і відводять в бік; в деяких конструкціях висувають з-під склепіння корпус печі. Електросталь виплавляють переважно в основних печах. При цьому є кілька різновидів плавки: плавка з повним окисленням (плавка на «свіжій» шихті), плавка без окислення (плавка методом переплаву); спрощені методи плавки сталі в печах великої місткості (80...300 т).

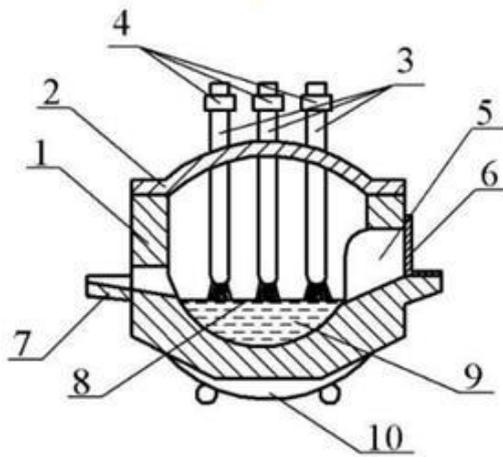


Схема дугової електропечі:

1 – корпус печі; 2 – знімне склепіння; 3 – електроди; 4 – електродотримачі; 5 – робоче вікно; 6 – заслінка вікна; 7 – жолоб для випуску металу; 8 шар шлаку; 9 – метал; 10 – сектор для нахилу печі.

Виплавка сталі в індукційних печах

В індукційних печах виплавляють найбільш якісні корозійностійкі, жароміцні та інші сталі й сплави. Місткість печей складає від кількох десятків кілограм до 60 т. Схема індукційної печі приводиться на рис. 3.6.

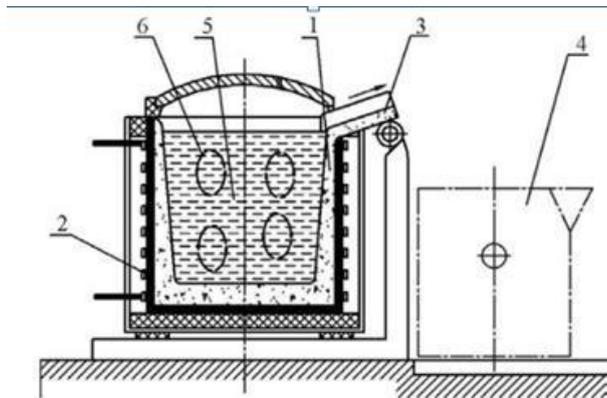


Схема індукційної печі:

1 – тигель з вогнетривких матеріалів; 2 – водоохолоджувальний індуктор; 3 – жолоб для випуску сталі; 4 – ківш; 5 – метал; 6 – вихрові сурми.

Плавку ведуть у тиглі, футерованому основними або кислими вогнетривками. Навкруги тигля розташований спіральний багатовитковий індуктор, виготовлений з мідної труби, по якій циркулює охолоджувальна вода.

За характером струму, що живить індуктор, розрізняють високочастотні печі (10...1000 кГц), печі, що працюють на підвищеній (500...10000 Гц) та промисловій (50...60 Гц) частотах.

При пропусканні струму через індуктор у металі, що знаходиться в тиглі, індукуються потужні вихрові струми, що викликають нагрівання й розплавлення металу.

Під дією електромагнітного поля індуктора при плавці відбувається інтенсивна циркуляція рідкого металу, що сприяє прискоренню хімічних реакцій, одержання однорідного за хімічним складом металу, швидкому спливанню металевих включень, вирівнюванню температури.

Розливання сталі у виливниці

Виливниці виготовляють із чавуну наступного хімічного складу: 3,3...4,0%С; 0,9...2,2%Si; 0,4...1,0%Mn; <0,2P і <0,12S.

Форма поперечного перерізу виливниць може бути квадратною, прямокутною, круглою, багатогранною. Виливки квадратного перерізу використовуються для виробництва сортового прокату; виливки прямокутного перерізу з відношенням їх ширини А до товщини В менше 1,5 – для виробництва як сортового так і листового прокату; плоскі виливки з відношенням $A/B = 1,5...3,0$ – для прокатки листа. Виливки круглого перерізу йдуть на виготовлення труб, коліс тощо. В багатогранній виливниці відливають відливають виливки для ковальських поковок.

За формою поздовжнього перерізу виливниці бувають двох типів: із розширенням доверху для розливання спокійної сталі і з розширенням донизу для киплячої сталі.

Виливниці, що розширюються донизу, виготовляють наскрізними (без дна), а з розширенням доверху – як із дном, так і без дна (для виливків спокійної сталі масою більше 9 т). Товщину стінок виливниць приймають рівною приблизно 20% від величини поперечного розміру виливка. Стійкість виливниць становить 60...100 розливань.

Застосовують два основні способи розливання сталі у виливниці: розливання зверху і розливання знизу (сифоном).

При розливанні зверху сталь безпосередньо з ковша 1 надходить у виливниці 2, які встановлені на чавунних плитах – піддонах 3. Після заповнення кожної виливниці стопор закриває випускний отвір у ковші, ковш транспортують до наступної виливниці, відкривають стопор і після заповнення нової виливниці цикл повторюють.

При розливанні знизу (сифонному розливанні), основаному на принципі сполучених посудин, сталю заповнюють одночасно від двох до кількох десятків виливниць. Рідка сталь із ковша 1 (рис. 3.8) надходить в установлений на піддоні 5 футерований з середини стояк 2, а з нього футерованими каналами 4 у виливниці 3. Канали для підводу металу до виливниць у піддоні і стояку створюються за допомогою спеціальної, так званої, сифонної цегли.

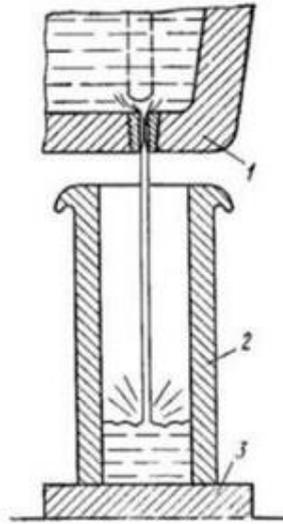


Схема розливання сталі зверху

Для зменшення додаткової частини виливка на виливницях установлюють утеплені надставки 6. Крізь один центральний ливник залежно від величини виливків одночасно заливають від двох до 60...100 виливниць. Після заливання всіх установлених на піддоні виливниць стопор ковша закиває випускний отвір, і ківш транспортується до наступного піддона тощо.

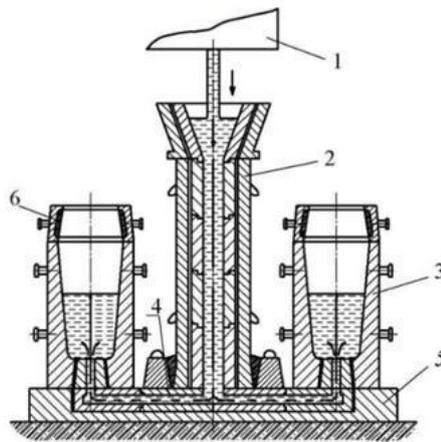


Схема розливання сталі знизу

Перевагами розливання зверху є:

- простота обладнання і невелика вартість розливання;
- відсутність відходів металу;
- температура металу перед розливанням може бути меншою, ніж при сифонному розливанні.

Недоліки розливання зверху:

- утворення плівок на поверхні нижньої частини виливка як наслідок розбризкування металу при ударі струменя в дно виливниці. Застиглі на стінках виливниці й окислені з поверхні бризки металу не розчиняються в рідкій сталі, що піднімається, утворюючи дефект поверхні – плівки, які не зварюються з металом при прокатуванні. Для запобігання цього поверхню виливків

- приходиться піддавати зачистці;
- велика тривалість розливання;
- через часті відкривання й закривання погіршуються умови роботи стопорного механізму ковша, а через велику тривалість розливання знижується стійкість футерівки ковша.

Сифонне розливання має наступні переваги перед розливанням зверху:

- одночасне відливання кількох виливків скорочує тривалість розливання і дозволяє розливати в дрібні виливки плавку великої маси;
- поверхня виливка виходить чистою, оскільки метал у виливницях піднімається спокійно без розбрискування;
- підвищується стійкість футерівки ковша і покращуються умови роботи стопора внаслідок меншої тривалості розливання й зменшення числа відкривань і закривань стопора;
- під час розливання можна слідкувати за поведінкою металу, який піднімається у виливниці, й у відповідності з цим регулювати швидкість розливання.

Недоліки сифонного розливання:

- складність і підвищена вартість розливання, зумовлені значними витратами на сифонну цеглу й збирання піддонів і стояків;
- додаткові витрати металу на ливники (0,7...2,5% від маси сталі, що розливається);
- необхідність нагрівання металу в печі до більш високої температури в зв'язку з його додатковим охолодженням у каналах сифонної цегли.

Прибуткові надставки встановлюють при розливанні спокійної сталі на виливницях, що розширюються доверху. Вони футеруються теплоізоляційними матеріалами для уповільнення охолодження верху виливка, що сприяє виведенню сюди усадочної раковини. В подальшому ту частину виливка, де розташована усадочна раковина, відрізають при прокатуванні і переплавляють.

Величину усадки, яка визначається природою сталі, зменшити неможливо. Тому для того, щоб звести до мінімуму втрати металу, пов'язані з видаленням частини виливка, де розташована усадочна раковина; усадочну раковину концентрують у верхній (головній) частині виливка і зменшують глибину її проникнення у виливок.

Для цього застосовують прибуткові надставки. Вони при розливанні заповнюються рідким металом, поверхню якого покривають теплоізолювальними матеріалами (азбестом, коксо-шлаковою сумішшю, спеціальними розігрівальними сумішами, які складаються з алюмінію, феросиліцію, дрібного коксу або деревинного вугілля, шамоту, бокситу тощо).

Метал у прибутковій надставці, довго залишаючись рідким, живить виливок виливниці при його кристалізації і застигає останнім. Тут і формується усадочна раковина. При застосуванні вказаних заходів величина головної частини, яка обрізається від виливків спокійної сталі, складає 12...16%, а для дрібних виливків і легованих сталей досягає 20%.

В виливках киплячої сталі концентрована усадочна раковина не утворюється, вона компенсується численними бульбашками, наповненими СО, який утворюється при «кипінні» сталі у виливниці. У зв'язку з відсутністю усадочної раковини нема необхідності застосовувати виливниці, які розширюються доверху.

Киплячу сталь розливають у наскрізні виливниці, що розширюються донизу. Це спрощує процес звільнення вливка з виливниці – виливницю просто знімають із твердого вливка.

Безперервне розливання сталі

Безперервне розливання сталі почали широко використовувати за останні 25...30 років. Суть способу полягає в тому, що рідку сталь безперервно заливають у водоохолоджувану виливницю без дна – кристалізатор, з нижньої частини якого витягують затвердівший з периферії вилівок із рідкою серцевиною.

Далі вилівок рухається через зону вторинного охолодження, де повністю твердне, після чого його розрізають на куски визначеної довжини.

Розливання ведуть до повного переливання металу з сталерозлиального ковша або ж розливають без перерви метал з кількох ковшів різних плавки (розливання методом «плавка на плавку»). Схема безперервного розливання й кристалізації вилівка показано на рис. 3.9.

Кристалізатор 1 виготовлений з міді. В його порожнистих стінках циркулює вода. Метал, що заливається в кристалізатор, при контакті з його стінками переохолоджується і затвердіває у вигляді кірки, товщина якої збільшується донизу вилівка і на виході з кристалізатора досягає 10...25 мм.

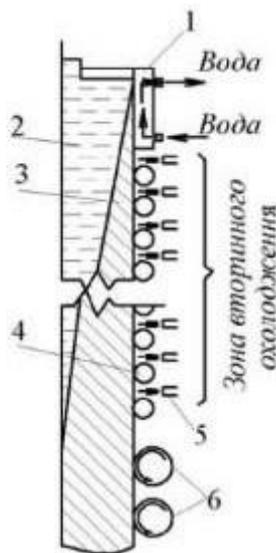


Схема безперервного розливання і кристалізації вилівка:

1 – кристалізатор; 2 – рідкий метал; 3 – твердий метал; 4 – опорні ролики; 5 – форсунки для подачі розпиленої води на зливковий метал; 6 – тягові валики

В зоні вторинного охолодження на поверхню вилівка, що повільно рухається

донизу, подають розпилену воду. Опорні ролики 4 попереджують можливе випучення кірки під дією стовпа рідкої сталі. Глибина лунки рідкої сталі залежить від швидкості витягання вилівка і дорівнює для вилівка перерізом 30...1200 мм:

- 17,2 м при швидкості витягання 0,6 м/хв і
- 34,4 м при швидкості витягання 1,2 м/хв.

На машинах безперервного лиття заготовок (МБЛЗ) виливають заготовки квадратного перерізу розміром до 350×350 мм, круглі діаметром до 540 мм, прямокутні товщиною 70...350 мм і шириною до 2600 мм.

Переваги безперервного розливання перед розливанням у виливниці:

- 1) суттєво підвищується вихід придатного металу (на 10...15%) внаслідок того, що при безперервному литті утворюється тільки одна усадочна раковина в кінці розливання плавки;
- 2) відпадає необхідність в обтискних прокатних станах (блємінгах і слябінгах), на яких виготовляється попередня заготовка із вилівка для наступних операцій прокатки сортового і листового профілів;
- 3) підвищується якість металу внаслідок зменшення хімічної неоднорідності через швидке охолодження вилівоків;
- 4) зменшуються витрати ручної праці і покращуються умови праці;
- 5) створюються умови для автоматизації процесу розливання.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Поясніть сутність мартенівської плавки.
2. Назвіть типи електричних сталеплавильних печей.
3. В чому полягає сутність виплавки сталі в індукційних печах?
4. В чому полягає сутність виплавки сталі в дугових печах?
5. Сутність і мета розкислення сталі. Назвіть основні реакції при розкисленні.
6. Які способи розливання сталі і їх схеми ви знаєте?
7. Яка схема машини для безперервного розливання сталі?