## ЛЕКЦІЯ №8

## Окислювальне вакуумування в ковші

Для отримання дуже низького вмісту вуглецю в сталі (до 0,01 %) використовують продувку металу киснем у вакуумі. Знайшли застосування два способи такої позаагрегатної обробки:

1. Циркуляційне вакуумування з окисленням.
2. Окислювальне вакуумування в ковші.

Перший з цих способів застосовують, головним чином, для виробництва нержавіючої високохромистої сталі, а другий спосіб – для виробництва високоякісної сталі вельми широкого сортаменту – вуглецевої, середньо-, низько- та високолегованої, в тому числі нержавіючої сталі.

З метою вакуум-кисневої обробки сталі в ковші в Німеччині був розроблений процес VOD (англ.: *vacuum oxygen decarburisation* – вакуум- кисневе зневуглецювання) і у Франції процесс ASV (франц.: *affinage sous vide* – рафінування вакуумом).

Процес ведуть на установці, схема якої показана на рис. 8.1. Отриманий у конвертері або, частіше, в дуговій печі розплав, що містить до 0,5–1,0 % вуглецю, зливають в спеціальний сталерозливний ківш, який одночасно служить і для вакуум-кисневої обробки. Для забезпечення можливості інтенсивного окислення вуглецю у вакуумі вільний простір над металом в ковші повинен бути 1,0–2,0 м.

Ківш з розплавом встановлюють у вакуумну камеру і до нього підключають аргонопроводи. Усередині камера має захисну футерівку з шамоту, що дозволяє вести продувку металу киснем (з можливими при цьому виплесками). У днищі ковша встановлюють пористу пробку для продувки аргоном. Продувку киснем проводять через водоохолоджувальну фурму, що вводиться зверху. На поверхню металу дають вапно (5–8 кг/т сталі) для ошлакування SiO2, що утворюється при окисленні розчиненого в металі кремнію. На ківш у вакуум-камері встановлюють водоохолоджуваний екран, який захищає вакуум-камеру від бризок металу та шлаку, і накривають її

вакуум-щільною кришкою. Включають насоси і починають вакуумування. Для забезпечення достатнього вакууму в умовах виділення при продувці киснем значної кількості газів потрібні вакуумні насоси підвищеної потужності.

1 – ківш з металом; 2 – вакуум-камера; 3 – вакуум-провід; 4 – захисний екран; 5 – водоохолоджуваний екран; 6 – патрубок для відбирання проб і вимірювання температури; 7 – киснева фурма; 8 – люк для присадки легуючих

Рисунок 8.1– Схема установки для окислювального вакуумування в ковші

Кінетична схема процесу VOD показана на рис .8.2. Процес проводять у два періоди. У перший період при розрідженні на рівні 5 кПа виконують продувку металу киснем зверху при одночасній продувці аргоном знизу. Витрата кисню становить 10–20 м3/(т·год). При цьому температура металу лінійно підвищується внаслідок виділення тепла екзотермічних реакцій окислення вуглецю, а також, при необхідності, кремнію і алюмінію, що попередньо вводяться в сталь для нагріву. Таким чином, запасу тепла, отриманого в першому періоді, достатньо для проведення наступного періоду, протягом котрого метал охолоджується. Утворення при продувці шлаку з оксидів заліза і вапна, що вводиться в ківш, в умовах перемішування аргоном сприяє десульфурації. Одночасне продування киснем і аргоном у вакуумі забезпечує отримання низького вмісту вуглецю (не більше 0,01 %) при малому

вигарі легуючих.



Рисунок 8.2– Кінетична схема процесу вакуум-кисневого зневуглецювання

Після закінчення окислювального періоду продувку киснем припиняють і починають другий період. Тиск знижують до 0,2 кПа з метою глибокого вакуумного зневуглецювання. У цей час при необхідності роблять присадки вапна і легуючих, дегазація яких викликає короткочасні стрибки тиску, а наприкінці періоду вводять розкислювачі. Під час усього другого періоду продовжують продувку аргоном через пористі пробки в днищі ковша при витраті його 1,0–1,5 л/(т·хв). Для отримання сталі, що містить менше 0,01 % вуглецю, витрату аргону через донні пробки збільшують до 15–20 л/(т·хв). Другий період завершується дегазацією, під час якої будь-які присадки виключені. Зважаючи на нагрів металу при продувці киснем, необхідність його перегріву в печі відпадає.

Засвоєння легуючих елементів, уведених в сталь після окислювального вакуумування, виявляється дуже високим: хрому 97–99 %, марганцю 93–96 %, алюмінію 85–90 %, титану 80–90 %, ніобію 92–95 %.

Внаслідок вуглецевого розкислення у другому періоді, коли проводиться вакуумна обробка сталі з продувкою аргоном, після окислювального вакуумування в ковші сталь містить малу кількість оксидних неметалічних включень, особливо великих (> 10–15 мкм). В результаті дегазації металу при окислювальному вакуумуванні в обробленій сталі вміст водню становить менше 2,0·10-4 %, що робить її нечутливою до утворення флокенів. Вміст азоту знижується на 25–40 %.

При окислювальному вакуумуванні сталі в ковші в період інтенсивної продувки киснем відбуваються викиди з ковша бризок металу і шлаку. Поміщений над ковшем екран повністю не виключає потрапляння цих бризок в вакуум-камеру, тому вакуумна камера всередині футерована. Киснева фурма вводиться в ківш через вакуум-щільний затвор, в якому вона може переміщатися по сигналах, що передаються за допомогою дистанційного керування. Розкислювачі і легуючі подають в ківш через вакуум-щільний шлюз на кришці вакуум-камери.

Футерівка сталерозливного ковша, в якому проводиться вакуумування з продувкою киснем і аргоном, протягом тривалого часу обробки (до 2 год і більше) відчуває руйнівну дію інтенсивних потоків металу при температурі 1650 °С. Тому футеровку роблять з хромомагнезитової або доломітової цегли на керамічній зв'язці. Цей робочий шар ковша по стінкам викладається на магнезитній набивці, яка виконується на шарі магнезито-хромитової цегли, прилеглої до металевого кожуху. Днище ковша виконано з покладеної на торець магнезитової цегли; під ним укладається на металевому кожусі магнезитохромітова цегла на плашку.

Хід процесу контролюється за результатами визначення вихідних мас, температури і необхідного вмісту вуглецю і температури, а також кількості та складу газів, що відходять. Ця інформація вводиться в комп'ютер і використовується для регулювання ходу процесу та його завершення.