**ЛЕКЦІЯ №10**

**Вакуумна обробка в ковші з дуговим нагрівом.**

**Процес ASEA–SKF**

##  10.1 Вакуумна обробка в ковші з дуговим нагрівом

У 1968 р. на заводі Finkl (США) був розроблений і застосований процес вакуумної обробки сталі в ковші з дуговим нагрівом – процес VAD за початковими буквами англійського Vacuum Arc Degassing. Цей процес незабаром набув широкого росповсюдження. Його ведуть у вакуумній камері, встановленій на саморушному візку. Ківш з металом переносять в камеру, яку закривають вакуум-щільним склепінням, сполученим вакуум-проводом із системою вакуумних насосів. Через склепіння опускають електроди, за допомогою яких здійснюють дуговий нагрів. Через розташовані в дні ковша пористі пробки метал протягом всього процесу продувають аргоном.

Потужність трансформатора установки VAD 120–150 кВ·А/т. Діаметр електродів для ковшів ємністю 50 і 100 т становить відповідно 300 і 400 мм. Кінетична схема вакуумної обробки в ковші з дуговим нагрівом (VAD), починаючи від випуску до розливання, наведена на рис. 10.[1](#_bookmark83).

Сталь для обробки зливають у ківш, по можливості, без шлаку. У разі потрапляння шлаку в ківш його скачують. Перед початком вакуумної обробки на поверхню металу в ковші дають вапно і глинозем, іноді з плавиковим шпатом. Камеру накривають склепінням, тиск у камері знижують до 50 кПа, і, включивши дуги, здійснюють нагрівання металу і шлаку, що формується, при безперервній донній продувці аргоном.

Протягом 50–60 хв. температура металу, яка при зливі в ківш, транспортуванні ковша і присадок шлакоутворюючих матеріалів знижується приблизно з 1660 °С до 1570 °С, в результаті нагрівання підвищується приблизно до 1630 °С. По закінченні періоду нагріву тиск у камері знижують до < 0,1 кПа і, продовжуючи протягом всього процесу продувку аргоном, проводять період вакуумного зневуглецюваня. При вихідному вмісті вуглецю 0,035–0,040 % в період вакуумного зневуглецювання за 30–40 хв він знижується до 0,001–0,002 % (рис. [2](#_bookmark84)). При вмісті вуглецю менше 0,01 % процес зневуглецювання сповільнюється.

1 – випуск; 2 – транспортування; 3 – зкачування шлаку; 4 – розливання

 Рисунок 10.1 – Кінетична схема вакуумної обробки сталі в ковші з дуговим нагрівом (VAD)



Рисунок 10.2 – Зміна вмісту вуглецю по ходу процесу VAD в період вакуумного зневуглецьовування

В результаті нагрівання при низькому тиску, головним чином в результаті вуглецевого розкислення, в процесі VAD при обробці сталі із вмістом вуглецю 0,001–0,002 % вміст кисню в металі знижується до 0,0015–0,0028 %. Вміст водню зменшується до (1,0–2,0)·10 -4 %, а азоту – до (6–8)·10-3 %.

Наводка відновлювального шлаку на основі алюмінатів кальція в кількості 0,20–0,28 % від маси металу дозволяє видалити до 80–90 % сірки з металу, доводячи її вміст до 0,003–0,005 %.

Для підвищення економічності процесу був розроблений альтернативний варіант VAD. Процес проводять при неглибокому вакуумі при залишковому тиску 13–65 кПа. Для створення такого вакууму використовуються не парові, а більш дешеві повітряні ежектори. Вже при такому слабкому вакуумі створюється атмосфера, що викликає дегазацію сталі, вакуумне зневуглецювання і навіть відновлення А12O3 вуглецем. В результаті вуглецевого розкислення з металу видаляється 50–60 % кисню, і вміст його знижується до 0,003–0,004 %. Вміст водню після вакуумування становить менше 3·10-4 %. Видаляється до 12 % азота, і його вміст знижується до 0,006– 0,008 %.

Залежно від вимог до якості сталі і економічної доцільності застосовують вакуумну обробку в ковші з дуговим нагрівом в глибокому вакуумі, створюваному пароежекторними насосами, або в слабкому вакуумі, створюваному повітряними ежекторами.

## 10.2 Процесс ASEA–SKF

Перспективний і отримавший широке розповсюдження спосіб комбінованої обробки сталі в ковші був розроблений в 1965 р. у Швеції, і по

найменуванню фірм-розробників отримав назву ASEA-SKF.

Установка ASEA–SKF (рис. [10.3](#_bookmark80)) складається з ковша (1), кожух якого виготовлений з немагнітної нержавіючої сталі, що встановлюється після зливу в нього металу на сталевіз з індуктором для електромагнітного перемішування. Ківш обладнаний двома знімними кришками: кришкою-склепінням з трьома електродами (3) для дугового обігріву та вакуум-щільною кришкою (4), з'єднаною з системою вакуумних насосів. Установка обладнана системою автоматичного зважування й присадки в ківш необхідних матеріалів.

У дугової печі метал розплавляють і проводять короткий окислювальний період до одержання необхідного вмісту вуглецю і фосфору, а також температури сталі. Метал зливають у ківш з якомога меншою кількістю пічного шлаку. У ковші наводять шлак вапном і плавиковим шпатом (кількість шлаку до 0,8 % від маси металу). Ківш встановлюють на сталевіз з індуктором і перевозять під кришку-склепіння, де здійснюють нагрів до 1580 °С, присаджують легуючі і знову нагрівають до цієї ж температури. Ківш на сталевозі переміщують під вакуум-щільну кришку і проводять обробку вакуумом. Потім цикли нагріву і вакуумної обробки при використанні відповідних кришок ковша можуть повторюватися. Після завершення вакуумування в метал вводять алюміній, нагрівають до необхідної температури і розливають.

1 – ківш з металом; 2 – індуктор; 3 – кришка-склепіння з електродами; 4 – вакуум-щільна кришка

Рисунок 10.3 – Схема установки ASEA–SKF :

Протягом всієї обробки, при нагріві і вакуумуванні, проводять електромагнітне перемішування металу. Це забезпечує достатній розвиток процесів дегазації, видалення неметалічних включень, рівномірний розподіл елементів і температури в об'ємі металу. При необхідності глибокої десульфурації з отриманням вмісту сірки менше 0,015–0,020 % наводять високоосновний шлак (основність 3,5–4,5).

У разі необхідності більш глибокої десульфурації в сталь присаджують рідкоземельні метали (0,1 %), що забезпечує отримання вмісту сірки 0,003– 0,005 %. При цьому сульфіди рідкоземельних металів видаляються завдяки перемішуванню і флотації. Процес зручний для глибокого зневуглецювання. Якщо для цього недостатньо кисню в розплаві, його вводять у вигляді газоподібного кисню або залізної руди. Проте застосування графітових електродів для дугового нагріву викликає небезпеку навуглецювання сталі. У процесі вакуумування вміст кисню в сталі знижується до 0,003–0,001 %, а водню – до 2·10-4 % і менше. Тривалість всієї позаагрегатної обробки становить 2–3 години.

Таким чином, процес ASEA-SKF досить складний і триває значний час. Проте його гнучкість, можливість легування і обробки шлаком і вакуумом в ковші з отриманням сталі високого ступеня чистоти і з вузькими межами вмісту елементів, забезпечили цьому процесу поширення в різних країнах. Значною мірою цьому сприяло й істотне збільшення продуктивності дугових печей, що досягається при використанні процесу ASEA-SKF.