## ЛЕКЦІЯ №4

## ПРОДУВКА СТАЛІ В КОВШІ ІНЕРТНИМ ГАЗОМ

* 1. **4.1 Технологія продувки та обладнання**

Найбільш простим способом позаагрегатної обробки сталі з метою поліпшення її якості є продувка рідкого металу в ковші інертним газом, яку застосовують як самостійно, так і при обробці сталі іншими більш складними методами. Бульбашки газу, що спливають при продувці через весь шар металу, чинять на нього рафінуючу дію. Внаслідок збільшення інтенсивності масопереносу в ковші відбувається вирівнювання складу і температури в об'ємі металу. Інтенсивне перемішування прискорює доставку неметалічних включень до поверхні метал-шлак і видалення їх із сталі. Цьому також сприяє видалення неметалевих включень з бульбашками газу, яким продувають, внаслідок їх адсорбції на поверхні цих бульбашок.

Зазвичай для продувки в ковші застосовують аргон, який отримують на кисневих станціях металургійних заводів при розділенні повітря з метою виробництва кисню. Витрата аргону при продувці становить 0,3–2,0 м3/т сталі. Газ в метал подають через занурювальну фурму («хибний стопор»), через пористу вогнетривку пробку в днищі ковша або через пористі шви в днищі ковша.

Найбільш простим способом обробки сталі аргоном є продувка із застосуванням «хибного стопора», що представляє собою сталеву трубу, футеровану зовні вогнетривкими котушками [10]. Для посилення ефекту перемішування і деякого віддалення бульбашок газу, що спливають, від стопора, використовують стопори з вогнетривкою пробкою, що насаджена на вихідну частину труби і має розташовані радіально або перпендикулярно осі стопора отвори для виходу газу. Стопор занурюють на глибину 200–300 мм вище днища ковша. Простота пристрою «хибного стопора» для продувки металу в тому, що не потрібно вводити ніякі зміни в будові футерівки ковша. Його недолік полягає в тому, що при продувці найбільш інтенсивний рух газу

відбувається уздовж стопора і це призводить до його розмивання і попадання частинок вогнетривів в сталь. До того ж стопори являють собою пристрої разового використання.

Широке застосування для продувки металу отримали вогнетривкі пористі пробки. Вони виготовляються з грубозернистого матеріалу під низьким тиском пресування і піддаються спеціальному випалу. Високою газопроникністю і задовільними властивостями володіють пробки із спеченого мулліта (70 % А12О3) і магнезиту (95 % MgO). Пориста пробка у формі усіченого конуса монтується в днищі ковша зсередини або зовні. Стійкість пробок зазвичай становить 15–30 плавок.

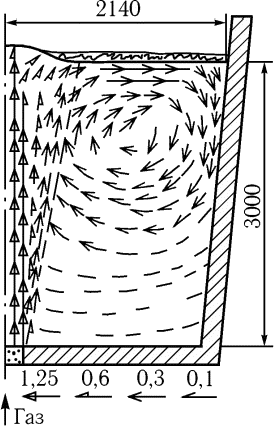
У порівнянні з «хибними стопорами» пористі пробки мають ту перевагу, що при проникненні через них газу він надходить в рідкий метал у вигляді дрібних бульбашок. Це забезпечує велику поверхню контакту метал-інертний газ і, відповідно, більшу швидкість переходу компонентів між цими фазами. Інтенсивність масообмінних процесів збільшується із застосуванням не однієї пористої пробки в центрі днища ковша, а декількох (зазвичай 3–4), розташованих на середині радіуса днища ковша.

## Гідродинаміка ванни

Вирішальний вплив на результати продувки металу в ковші інертним газом має гідродинаміка рідкої ванни та інтенсивність перемішування. Безпосереднє визначення цих показників у промислових умовах не представляється можливим, оскільки рідка сталь непрозора і має високу температуру. Тому характер руху рідкого металу в ковші, напрямки і швидкості виникаючих при цьому потоків вивчають з використанням математичного та фізичного моделювання на холодних прозорих моделях, приймаючи воду в якості рідини, що моделює сталь, і вводячи в неї домішки, що надають колір, в якості трасерів (індикаторів).

Ймовірний розподіл векторів швидкостей руху потоків рідкої сталі в 250-т ковші при продувці металу інертним газом через пористу пробку, розташовану в центрі днища, за даними фізичного моделювання, наведено на рис. [3.1](#_bookmark28). Як

видно, найвища інтенсивність руху має місце по осі ковша над пористою пробкою. Над цим місцем піднімається «султан» металу, з якого частково стікає шлак. В залежності від інтенсивності продування і, відповідно, висоти підйому «султану» в цьому місці шлак може покривати метал більш-менш тонкою плівкою або повністю стікати, оголюючи сталь. Якщо в ковші окислювальна атмосфера (наприклад, повітря), це викликає вторинне окислення металу і може викликати забруднення сталі оксидними включеннями. Тому поява «султану», що не вкритий шлаком, неприпустима або потребує створення відновлювальної атмосфери.



Цифри над стрілками – швидкість потоку, м/с; питома витрата інертного газу 0,25 м3/(т·хв)

Рисунок 3.1 – Схема руху рідкої сталі в 250-т ковші при продувці через пористу пробку в центрi днища [[10](#_bookmark26)]

Ближче до периферії ковша інтенсивність руху металу зменшується, а в нижній частині вже на невеликому вiддаленні від осі ковша утворюється застійна зона зі слабким перемішуванням, що зменшує ефективність продувки. Тому для інтенсифікації перемішування в нижній частині ковша, тобто усунення застійної зони, продувку бажано вести через кілька пористих пробок, що встановлені по колу на відстані приблизно половини радіусу від центру. При цьому «султани» металу над місцем продувки при однаковiй загальнiй

витраті газу виходять менше, ніж при продувцi через одну пробку.

## Вплив продувки на якість сталі

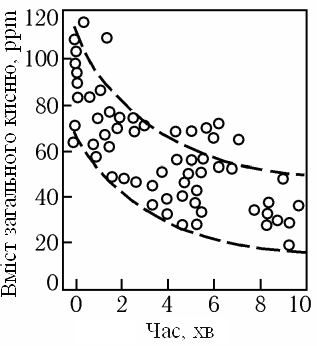
У процесі продувки аргоном відбувається зменшення кiлькостi оксидних включень і, відповідно, загального вмiсту кисню (рис. [3.2](#_bookmark30)). Максимальне зниження вмісту неметалічних включень відбувається при вмісті алюмінію в сталі більше 0,02%, тобто коли утворюються переважно включення корунду.

Рисунок 3.2 – Зміна загального вмісту кисню в сталі під час продувки металу аргоном в ковші [[1](#_bookmark2)]

При продувці металу аргоном відбувається не тільки флотація неметалічних включень, але й часткова дегазація і зневуглецювання сталі, оскільки бульбашки аргону є готовими центрами виділення з металу газоподібних домішок, які не змогли б самостійно утворити газову фазу через високий капілярний і феростатичний тиски. Крім того, аргон в бульбашках є

«хімічним вакуумом» відносно CO, водню та азоту, оскільки парціальний тиск останніх в «нових» бульбашках надзвичайно малий. Це проявляється в явищі вторинного кипіння металу, коли об'єм газу, що виділяється з металу, помітно перевищує об'єм газу, що вдувається.

Важливе значення має також склад шлаку. При продувці під окислювальним шлаком в результаті інтенсифікації процесів перемішування може відбуватися окислення металу шлаком і підвищення вмісту оксидних

включень у сталі. Тому необхідна відсічка пічного шлаку на випуску і наводка в ковші нового шлаку з матеріалів, що не містять оксидів заліза, наприклад, вапняно-глиноземного.