

УДК 669-147

ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ВИСОКОЯКІСНОЇ СТАЛІ МЕТОДОМ ЦИРКУЛЯЦІЙНОГО ВАКУУМУВАННЯ¹

І. Г. Дрозд, М. І. Прилуцький, С. Г. Грищенко

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»*

Розглянуті технологічні особливості підвищення якості сталі методом позапічної її обробки в агрегаті «піч-ківш». Установлена доцільність використання методу циркуляційного вакуумування високолегованих сталей.

Рассмотрели технологические особенности повышения качества стали методом внепечной обработки ее в агрегате «печь-ковш». Установлена целесообразность использования метода циркуляционного вакуумирования высококачественной стали.

The technological special features of steel quality improvement by the method of its working outside the furnace in the aggregate “furnace-ladle” are expediency for using the method of circulating evacuation in high-alloy steel is determined.

Вступ

Вимоги до якості сталі, що постійно зростають, та до зниження енергетичних і сировинних витрат на її виробництво в деяких випадках не можуть бути реалізовані за звичайної виплавки в конвекторі, ДСП, мартенівській печі. Це зумовило розроблення нових прогресивних процесів, які проводять у ковші чи спеціальних агрегатах позапічного оброблення металу. Ці процеси ґрунтуються на використанні таких технологічних заходів, як оброблення рідкого металу вакуумуванням та синтетичними шлаками, продувка інертними газами, модифікування металу порошкоподібними матеріалами, магнітогідродинамічне (МГД) інжекційне оброблення сталі алюмінієм.

Світовий досвід засвідчує, що для виконання всіх вимог щодо якості металу сьогодні в сталеплавильному цеху необхідно мати комбінацію

¹ - роботу виконано за участю д.т.н., професора С. Г. Грищенко НТУУ «Київський політехнічний інститут»

плавильна піч та установка для позапічної обробки, які дозволяють проводити в ковші донну продувку газом, вдування порошкоподібних реагентів та ін.

Обробка металу вакуумом (зниження тиску над розплавом) впливає на протікання тих реакцій і процесів, в яких бере участь газова фаза.

Газова фаза утворюється, зокрема, в результаті реакції окислення вуглецю, при протіканні процесів виділення розчинених в металі водню і азоту, а також процесів випаровування домішок кольорових металів.

Обробка вакуумом впливає на характер протікання саме цих реакцій. Однією з найважливіших цілей обробки вакуумом є зниження вмісту газів в сталі.

Перші публікації результатів промислового застосування позапічного вакуумування рідкого металу з'явилися в 1955-56 роках [1].

Найпростішим способом є спосіб вакуумування в ковші. До недоліків вакуумування в ковші відносяться невисока ефективність методу при вакуумуванні відносно великих мас металу (> 50 т) і нерівномірність складу металу в ковші після введення розкисників і легуючих в наслідок слабого перемішування всієї маси металу. Цього можна уникнути, передбачивши продування металу в ковші інертним газом, а також комбінація при електромагнітному перемішуванні. При продуванні металу інертним газом до звичайних втрат тепла при випуску і при витримці в ковші додаються втрати тепла на нагрів газу, що продувається через метал. При електромагнітному перемішуванні цей недолік ліквідується, проте для нього необхідне складніше і дорожче устаткування.

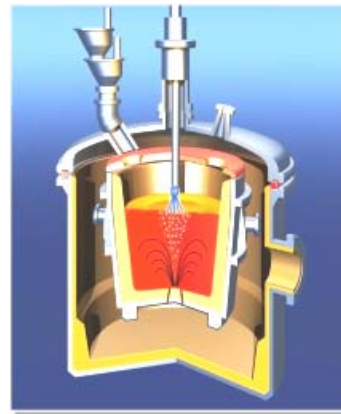
В даний час найбільш поширені наступні способи обробки металу вакуумом в ковші.

1. Ківш з металом поміщають у вакуумну камеру, організують перемішування металу інертним газом; розкисники вводять в ківш з бункера, що також знаходиться у вакуумній камері.
2. Метал вакуумують при переливі з ковша в ківш або з ковша у виливницю, тобто обробці вакуумом піддається струмінь металу (метод називають струменевим вакуумуванням, або вакуумуванням струменя).
3. Метал під впливом феростатичного тиску засмоктується приблизно на 1,48 м у вакуумну камеру, яку через певні проміжки часу піднімають, але так, щоб кінець патрубку весь час залишався опущеним у метал в ковші. Метал з камери зливається по патрубку в ківш, потім камеру опускають, і під дією розрідження в неї засмоктується чергова порція металу (метод називають порційним вакуумуванням). В деяких випадках піднімають і опускають не вакуумну камеру, а ківш з металом, а камера залишається нерухомою.

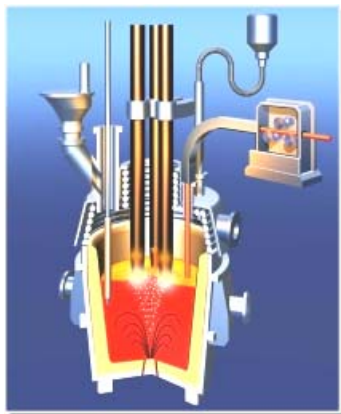
4. Два патрубків вакуумної камери занурюють в метал; порція металу засмоктується в камеру. По одному з патрубків починають подавати інертний газ, внаслідок чого метал по ньому прямує вгору, у вакуум-камеру, а по іншому - стікає в ківш, циркулюючи таким чином через установку (метод називають циркуляційним вакуумуванням). За кордоном поширено позначення процесу як RH, по перших буквах назви підприємства «RuhrstaM-Heraeus» (Німеччина) (рис 1 а).



а.



б.



в.



г.

Рис. 1. Існуючі варіанти вакуумної обробки сталі: а - порційне вакуумування (RH); б - вакуумування в ковші (VOD); в – обробка сталі в агрегаті типу піч-ківш (LF); г – станція глибокої обробки сталі в ковші (LTS)

Результати досліджень

В процесі RH реалізований принцип безперервного потоку розплавленої сталі через нерухомий вакууматор. В якості транспортуючого газу використовують аргон, бульбашки якого спливаючи, обумовлюють циркуляцію сталі.

Установка (рис 2) включає вакуум-камеру з двома патрубками. Після створення розрідження сталь потрапляє в порожнину вакуум-камери і

встановлюється на барометричному рівні. У камері утворюються шари сталі 200...400 мм. У нижній частині одного з патрубків є кільцевий колектор з соплами для введення транспортуючого газу (аргону). Газ, потрапляючи в метал, утворює суспензію дрібних бульбашок, що піднімаються по патрубку і захоплюють за собою метал. По мірі підйому бульбашки ростуть, здійснюючи роботу первинної дегазації. Потрапляючи в камеру, метал дегазується і під впливом статичного тиску стікає по другому патрубку назад в ківш. Витрати аргону залежать від швидкості руху металу. Так при швидкості руху металу через камеру 15...20 т/хв і тривалості обробки 15...30 хв витрата аргону складає 10...28 л/т. Перед початком роботи вакуум-камеру нагрівають до 1500...1600°C.

У зв'язку з розвиненою питомою поверхнею металу у вакуум-камері швидкість дегазації зростає в залежності від швидкості циркуляції сталі. Швидкість циркуляції (т/хв) збільшується пропорційно щільності транспортуючого газу в залежності від його парціального тиску, площі поперечного перетину всмоктуючого патрубка і відношенню цього перетину до площі зливного патрубка. Під щільністю транспортуючого газу мають на увазі кількість аргону, що подається на одиницю площі поперечного перетину патрубка в одиницю часу. Принципове значення має відстань між точкою введення аргону і рівнем металу в ковші. Дегазія розплаву поліпшується при нижчому розташуванні патрубків для введення аргону в ківш.

Швидкість руху металу у всмоктуючому патрубку зазвичай знаходиться в інтервалі 80...120 см/с при діаметрі патрубка для ковшів ємкістю 40...350 т від 200 до 600 мм. В останньому випадку швидкість циркуляції досягає 120 т/хв при витраті аргону близько 1000 л/хв.

Тривалість вакуумування може бути скорочена за рахунок подальшого збільшення діаметру патрубка, проте при цьому збільшується необхідна потужність вакуумних насосів, яка вже при швидкості циркуляції 20...30 т/хв досягає 200...300 кг/год при залишковому тиску 0,067 кН/м². При проектуванні установок РН швидкість циркуляції вибирається з таким розрахунком, щоб вся сталь пройшла через вакуум-камеру 3 рази за 10 хв.

До переваг циркуляційного способу вакуумування відноситься висока ефективність, економічність, швидкість процесу обробки, яка обов'язкова при безперервній розливці сталі по схемі "плавка на плавку".

Циркуляційна вакуумна обробка сталі ставить за мету, окрім зневуглицювання, також розкислення, зниження вмісту азоту, сірки. Встановлено, що швидке зниження тиску у вакуумній камері на першій стадії обробки підвищує швидкість зневуглицювання. Затухання чи зупинка процесу при концентрації 0,003 мас.% С визване зниженням інтенсивності виділення СО і, внаслідок цього, зниженням енергії перемішування і величини між фазної поверхні у вакуумній камері [2].

На деяких заводах для отримання ультранизьковуглецевої сталі киснево – конверторну сталь піддають обробці на вакууматорах циркуляційного типу з продувкою киснем (RH-OB-процес). Така обробка знижує навантаження на конвектор і стабілізує безперервну розливу сталі. При продувці киснем вміст вуглецю після вакуумування значно знижується, скорочується час обробки.

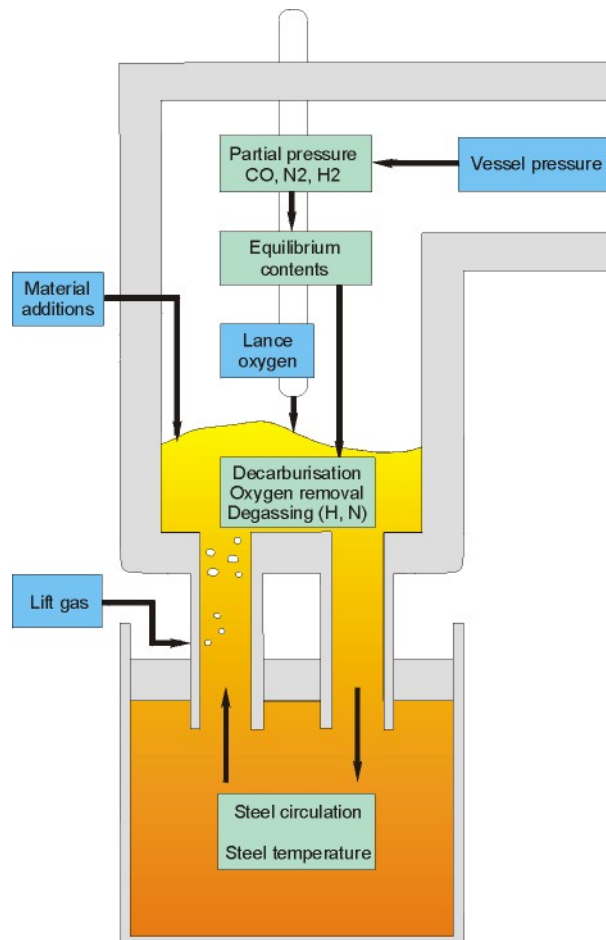


Рис. 2. Схема RH-процесу (циркуляційного вакуумування):

1 - промислова телевізійна камера; 2 - підключення вакууму; 3 - камера RH; 4 - підігрів камери; 5 - патрубок для підведення транспортуючого газу; 6 – погрузна трубка на вході; 7 - шлюзовий пристрій для введення в камеру легуючих добавок; 8 - лотковий дозатор у вакуум-щільному кожусі; 9 - погрузна трубка на виході; 10 – сталерозливочний ківш

Задачу глибокого зневуглецювання можна вирішити за допомогою реконструйованого вакууматора типу RH. В результаті реконструкції інтенсивність подачі аргону виростає з 1000 до 3500 дм³/хв, внутрішній діаметр патрубків збільшується з 450 до 550 мм, а потужність вакуумних насосів зростає з 600 до 1200 кг/год. З допомогою математичної моделі встановлено, що для

ефективного зневуглецювання необхідне максимально швидкісне змінення вакууму при одночасному збільшенні швидкості циркуляції.

Висновки

В наш час збільшуються вимоги споживачів до якості сталі. Методи позапічної обробки сталі дозволяють ефективно підвищувати якість сталі і покращити техніко – економічні показники її виробництва. Можна з упевненістю сказати, що жодну марку сталі, до якої пред'являють підвищені вимоги, особливо з низьким вмістом вуглецю, не виготовляють без використання тих чи інших методів позапічної металургії. Для вакуумної обробки сталі найбільш перспективними і технологічно гнучкими є циркуляційні вакууматори типу РН. Вони дозволяють проводити не тільки вакуумування, а і легування, десульфуріацію і зневуглецювання металу.

Література

1. Сталь на рубеже столетий / Под науч. ред. Ю.С. Карабасова. – М.: «МИТИС», 2001. – 664 с.
2. Ефименко Г.Г., Нешадим В.Н., Цымбал М.И. Анализ развития технико-экономические проблемы процесса производства стали в мире. – Днепропетровск: ДМетИ, 1993. – 227 с.
3. Процессы непрерывной разливки: Монография / Смирнов А.Н., Пилюшенко В.Л., Минаев А.А. и др. – Донецк: ДонНТУ, 2002. – 536с.