

УДК 669.187.56

ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ВИСОКОЯКІСНОЇ СТАЛІ МЕТОДОМ АРГОННОЇ ПРОДУВКИ¹

Н. В. Паршенко, С. Г. Грищенко, М. І. Прилуцький

*Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”*

Розглянуті технологічні особливості підвищення якості сталей 17ГС і 09Г2С методом обробки розплаву – продувкою аргоном в ковші. Використання фурми для подачі аргону дозволило підвищити якість сталей та вихід придатного на 0,5%.

Рассмотрели технологические особенности повышения качества сталей 17ГС и 09Г2С методом обработки расплава – продувкой аргоном в ковше. Использование фурмы для подачи аргона позволило повысить качество сталей и выход годного на 0,5%.

Researched increasing of the qualitie of steals 17ГС & 09Г2С by the method of Argon blowing of the melt in the ladle pot. Using of the blowing tuyere have been allowed for increasing quality of the steals and the product yield on 0,5%.

Вступ

Позапічна обробка сталі з моменту випуску з конвертера чи дугової сталеплавильної печі до моменту затвердіння в кристалізаторі отримала в останній час особливе значення. Це обумовлено тим, що вимоги до якості сталі настільки зросли, що досягнути їх можна тільки шляхом відповідної металургійної обробки. Наприклад, тільки методами позапічного рафінування можна отримати сталь з дуже низьким вмістом S < 0,004 мас.%, що гарантує високу в'язкість при температурі 50 °С і високу корозійну стійкість труб для магістральних газопроводів.

В залежності від вимог до якості сталі задачами позапічної обробки сталі являються десульфуріяція, розкиснення, модифікування, легування, температурні режими розливки, підвищення степені чистоти, зниження вмісту в сталі газів (водню і азоту), обезвуглецювання, дефосфорація, розділення металічних і шлакових фаз.

Сьогодні у світі методами позапічної металургії обробляється сотні мільйонів тонн сталі масового призначення. Використовуються установки

для позапічної обробки на всіх заводах якісної металургії. Обробці підлягає метал, виплавлений як в дугових сталеплавильних печах, так і конверторних і в мартенівських.

При продувці інертними газами масу металу пронизують тисячі бульбашок інертного газу, кожний із яких представляє собою мініатюрну вакуумну камеру, оскільки парціальний тиск водню і азоту в такій бульбашці дорівнює нулю. Технічно операція продувки великих мас металу інертними газами в ковші простіше і дешевше, чим обробка вакуумом, тому, якщо це можливо, продувка інертними газами через пористі пробки в днищі ковша або через стопор замінює обробку вакуумом.

При продувці інертним газом проходить інтенсивне перемішування металу і зниження температури металу (газ нагрівається і інтенсивно забирає тепло), тому продувку інертним газом часто використовують для регулювання температури металу в ковші.

В загальному випадку при продувці металу інертними газами одночасно протікають такі процеси: енергійне перемішування розплаву; вирівнювання і встановка точних значень температури; вирівнювання і встановлення хімічного складу; зменшення вмісту газів в металі; підвищення степені чистоти сталі по оксидним включенням; зниження вмісту сірки і сульфідних включень; зниження температури металу.

Для продувки металу інертними газами використовують в основному фурми, що опускаються зверху, але частіше всього використовують спосіб продувки через декілька (звичайно 3-4) пористих пробок, які знаходяться приблизно на середині днища ковша, що забезпечує хороше перемішування об'єму метала в ковші.

Також широке використання отримав спосіб введення газу в рідкий метал через розливочний канал шибєрного затвора. Цей спосіб має ряд переваг: відсутність необхідності спорудження спеціальних установок і внесення змін в конструкцію кожуха днищі ковша.

Вплив продувки металу металу інертним газом на зменшення парціального тиску монооксиду вуглецю, який утворюється при окисненні вуглецю, використовуваного при розробці такого процесу, як аргонно-кисневе обезвуглецювання або аргонно-кисневе рафінування (АКР). При продувці металу киснем рівновага реакції $[C] + 1/2 O_2(g) = CO(g)$ визначається парціальним тиском кисню і отриманим монооксидом вуглецю. При продувці металу сумішшю кисню з аргонном відбувається "розчинення" бульбашок CO аргонном.

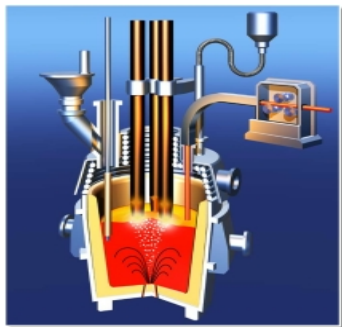
Метод аргонно-кисневої продувки широко використовується при

виробництві корозійностійких і високолегованих хромистих сталей. В процесі продувки склад суміші змінюється: зменшується витрата кисню і збільшується витрата аргону. Таким чином, забезпечують отримання сплавів з дуже низьким вмістом вуглецю і без помітних втрат хрому.

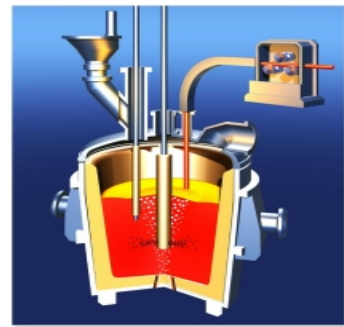
Можливості, які дозволяють при використанні методу аргонно-кисневого рафінування великі і в світовій практиці створюються нові варіанти процесу. Розробляються варіанти використання методу розплавлення хромо- і нікельвмісного металолома при вдуванні в конвертер каміновугільної пилі з наступною аргонно-кисневою продувкою розплаву і отриманням корозійної сталі.

Результати досліджень

Перемішування металу шляхом продувки аргонем чи азотом, а також електромагнітне перемішування розплаву являються простими, дешевими і самими розповсюдженими способами позапічної обробки (рис. 1). Вони дозволяють проводити гомогенізацію рідкої сталі по температурі і складу сплаву, видаляти до 10...15 % водню (при продувці інертним газом) і неметалічних включень, а також інтенсифікувати масообмінні процеси між металічною і шлаковою фазами.



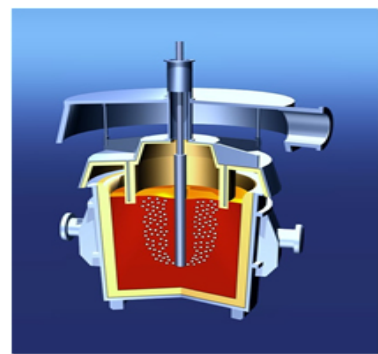
а.



б.



в.



г.

Рис. 1 Методи перемішування розплаву: а- продувка знизу через пористу пробку; б-агрегат піч-ківш; в-перемішування розплаву; д- продувка через занурену фурму

Продувка металу в ковші інертним газом відбувається через занурену фурму (рис. 1, д), а також через пористі пробки, шви і вставки, встановлені в днищі ковша (рис. 1, а). В першому випадку не потрібно вводити ніяких конструктивних змін в футеровку ковша, але важко забезпечити бульбашковий режим перемішування розплаву по всьому об'єму. Це успішно досягається при використанні однієї чи декількох пористих пробок із спеченого муліта (70 % Al_2O_3) чи периклаза (95 % MgO), стійкість яких досягає 15...20 плавов. Середня інтенсивність подачі газу для продувки $0,01+0,05 \text{ м}^3/(\text{т.хв})$, тривалість 5...10 хв.

З допомогою цього методу вирішується великий круг питань, таких як часткова дегазація, видалення включень, перемішування, усереднення складу, регулювання температури перед розливкою. Продувка аргоном часто поєднується з іншими прийомами, такими як обробка твердими шлаковими сумішами, подачею порошкоподібних матеріалів, алюмінієвою проволкою.

Дегазація при продувці інертними газами заснована на тому, що приведенні його в метал парціальні тиски водню, азоту і оксиду вуглецю малі. При продувці інертним газом в металічному розплаві утворюється багато мілких, рівномірно розташованих бульбашок.

Для продувки інертними газами використовується ковшова відкрита піч з дуговим підігрівом. Для зниження високих капітальних затрат на дуговий підігрів металу в останній час розроблений і запропонований ряд альтернативних методів підігріву: подача аргону через канали в графітових електродах, розташування і закріплення всіх електродів на одній стійці, підігрів металу плазменною горілкою з замиканням ланцюга не на подовий електрод, а на опущений зверху в метал через кришку графітовий електрод.

На одну плавку витрачається 30 м^3 газу. Установка покрита зонтом для видалення диму. В ході рафінування в метал з ціллю десульфурації і доводки присаджують плавиковий шпат,

легуючі добавки. Степінь десульфурзації складає $> 90 \%$, мінімальна концентрація S $< 0,008$ мас.%. Для вимірювання температури і відбору проб кожна установка має дві спеціальні фурми. Управління процесом здійснюється з допомогою ЕОМ в автоматичному режимі. Обробка сплаву здійснюється 25 хв, в сутки обробляється до 70 плавов при двох працюючих плавильних печах. Система забезпечує 90 % відсоткову точність попадіння в заданий аналіз і відхилення по температурі $+2 \text{ }^\circ\text{C}$. Для десульфурзації сталі використовують вдування порошкоподібних матеріалів.

Установка доведення сталі (УДС) у ковші служить для обробки металу в ковші інертним газом і доведення його по хімічному складі й температурі. Маса оброблюваного металу в ковші до 130 т, тривалість обробки 15-60 хв. Обслуговується установка електромостовим краном грузопід'ємністю 180-65/20 т і консольним краном грузопід'ємністю 5 т.

До складу УДС входить система подачі феросплавів з бункерного прольоту, продувна фурма, механізм вертикального й горизонтального переміщення фурм, ділянка наборки фурм, установка для сушіння фурм, установка для вдування вуглецевих порошоків.

На установках доведення сталі в ковші виробляється продувка металу для зниження його температури й усереднення хімічного складу аргоном (азотом) при витраті газу 30-60 нм /год; коректування хімічного складу металу шляхом введення феросплавів; відбір проб і замір температури металу; засипка поверхні металу теплоізолюючими сумішами.

Як продувний пристрій використовується фурма занурення для продувки металу зверху, що являє собою сталеву трубку довжиною до 4,5 м, діаметром 57 мм із отвором 39 мм, футеровану зверху шамотними стопорними трубками з вогнетривкою продувною пробкою на кінці. Наборка стопорних трубок на сталеву трубу здійснюється в горизонтальному положенні. По закінченні наборки стопорних трубок нагвинчується продувна пробка. Зборка фурми може здійснюватися на розчині мертеля або «на суху». Набрана на розчині фурма сушиться у вертикальній газовій камерній печі протягом 12 годин при температурі не менш 200°C .

Фурма (рис. 3) для подачі аргону в метал представляє порожнистий металічний стержень, захищений високоглиноземними стопорними трубками. Нижній кінець фурми розташований в стопорній пробці, на вісі якої

просвердлено отвір діаметром 12-16 мм. В верхній частині фурми знаходиться пружина для компенсації температурного розширення стопорних трубок. При встановці в продувний пристрій для захисту верхньої частини фурми використовують шнуровий азбест чи фамотно-глинисту масу.

Підготовлена фурма встановлюється на механізм переміщення фурм і підключається до аргонопроводу через вимірювальну й регулюючу апаратури. Витрата газу становить 30-60 м³/год, загальний час продувки не менш 6 хв. Витрата газу регулюється по ходу присадки феросплавів, шлакоутворюючих таким чином, щоб прискорити розчинення компонентів й у той же час не допустити оголення поверхні металу в області продувної плями. Присадка феросплавів становить не більше 4 кг/т сталі й шлакоутворюючих не більше 2 т на плавку масою 100 т. По закінченні продувки необхідно мати в ковші метал з температурою відповідній даній марці сталі перед розливанням.

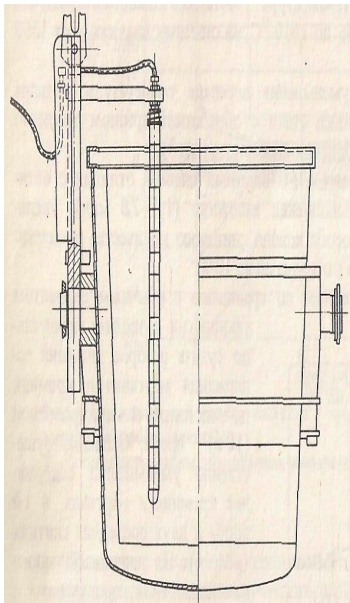


Рис. 2 Пристрій для продувки металу в ковші

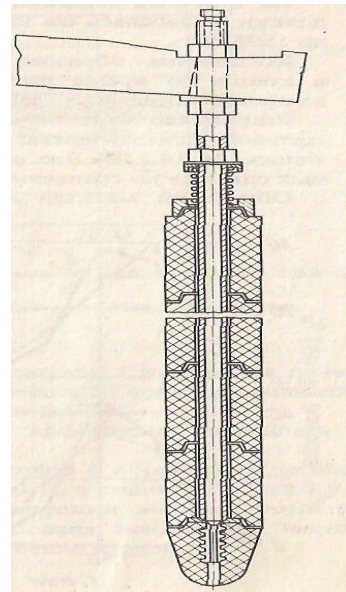


Рис. 3 Фурма для подачі аргону в метал

В процесі вивчення технології режими обробки металу аргонем відпрацьовувались при виплавці сталі марок 17ГС, 09Г2 і 09Г2С.

Розливання проводили зверху в розширеній доверху виливниці з прибільними надставками на злитки масою 20-21 т. В період розливання відбирали проби металу на аналіз.

Тривалість випуску металу із печі істотно коливалась. При цьому в проміжку 5-15 хв в ківш надходив метал, а останні 2-6 хв метал зі шлаком і в самому кінці випуску один шлак, що і визначило достовірність перевірки різних режимів обробки металу аргоном в ковші.

Сталь 09Г2 і 09Г2С (сім плавок) оброблювали аргоном в період 5-8 хв (витрати 60-90 м³/год) в кінці випуску із печі.

Після обробки метал відрізняється високою хімічною однорідністю. Так, коливання вмісту кремнію і марганцю в всіх пробах, відібраних в період розливки, не перевищували погрішність аналізу.

Цей варіант обробки металу аргоном був пов'язаний з організаційними утрудненнями (великі затрати часу на установку фурми із-за того, що фурму занурають в повністю заповнений ківш, розбризгування металу і шлаку) і від нього відмовились.

В випадку 2 аргон подавали з початком випуску і припиняли продувку через 2-5 хв після появи шлаку. Метал 10 експериментальних плавок характеризувався більш високими коливаннями значень концентрації марганцю і кремнію в пробах, відібраних в період розливки. Відмічені випадки значного угару елементів, що викликало перепризначення всієї плавки на іншу марку сталі. Підвищений угар легуючих елементів відбувається, напевно, під дією нерозкисненого шлаку, який надходить із печі.

Позитивними результатами характеризувався варіант обробки металу аргоном, при проведенні якого фурму наперед встановлювали в ківш (варіант 3). Після розділення льотки починали подачу аргону (витрати 100-150 м³/год) і зупиняли продувку до заповнення металом 90 % висоти ковша, тобто за 1-2 хв до появи шлаку. Витрати аргону в кінці продувки, тривалість якої складала 5-12 хв, знижувалась до 50-40 м³/год.

Цей варіант найбільш вдало вписується в існуючу технологію виплавки сталі.

Значний вплив на перепад температури металу в процесі розливки робить температура кладки сталерозливочного ковша, який подається під плавку. Температура поверхні кладки ковша складає 800 °С. Обробка металу аргоном прискорює процес акумулювання тепла робочим шаром футеровки ковша.

Температура металу в ковші після випуску плавки на дослідних плавках – від 1550 до 1595 °С.

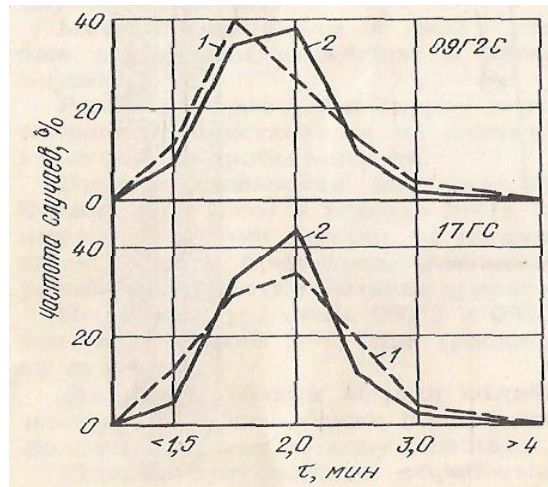


Рис. 4 Розподілення часу зміни виливниць при розливанні сталі 09Г2СФ і 17ГС промислових і дослідних (2) плавок

Непрямым чином зменшення перепаду температури металу в ковші під час розливки сталі з обробкою аргоном вплинуло на заповненість виливниці (рис. 4).

Кількість зливків сталі 17ГС дослідних плавок, відлитих з оптимальною тривалістю заповнення виливниць (1,5-2,5 хв), збільшилась на 14,1 %. Це сприяло зниженню кількості приварених зливків в порівнянні з звичайними на 10 %.

Обробка металу аргоном в порівнянні з звичайним варіантом технології дозволяє значно звузити розкид значень марганцю і кремнію в відношенні до маркерувочної проби. Особливо істотно зменшується кількість кремнію і марганцю в 1-й пробі і двох останніх зливках. За даними великої кількості плавок, проведених з обробкою аргоном, перехід на сталь іншої марки знизився практично в два рази.

Підвищення хімічної однорідності металу і покращення поверхні зливків металу, отриманих з обробкою аргоном, дозволило підвищити вихід придатного для сталі 17ГС на 0,5 %. Обробка металу аргоном найбільш ефективно відобразилась на зменшенні об'єму зачистки.

Відсортуння листа сталі 17ГС, отриманої з обробкою аргоном, в порівнянні з звичайною зменшилась на 2,3%, а сталі

09Г2С на 3,4 %; найбільш істотно зменшилось відсортуння металу по плану.

Обробка металу аргонном сприяла підвищенню чистоти сталі по неметалічним включенням, особливо великим.

Розробка і впровадження обробки аргонном сталі сприяла зменшенню хімічної неоднорідності металу, особливо в першому і останньому зливку. Перехід на сталь іншої марки знизився практично в два рази. Коливання температури металу в ковші перед розливанням знизені з 60⁰ до 45⁰С. Зменшився інтервал тривалості заповнення виливниці в ході розливки. Кількість злиwkів, які відлиті в оптимальний інтервал часу 1,5-2,5 хв, зросла практично на 10 %. Підвищилась якість поверхні слябів і знизилось відсортуння листів.

Висновки

Розроблена технологія обробки рідких сталей 17ГС і 09Г2С методом продувки аргонном в ковші з використанням спеціальної фурми, що дало можливість знизити витрати аргону, підвищити якість сталей та вихід придатного. Цю технологію можна використовувати при виготовленні сталей для підшипників, високоміцних конструкційних марок для потреб суднобудівництва, газонефтяного комплексу, високохромових корозійностійких сталей і сплавів. Слід відмітити, що позапічна обробка методом аргонної продувки дозволяє отримати сталь з заданим рівнем експлуатаційних характеристик.

Література

1. Сталь на рубеже столетий / Под науч. ред. Ю.С. Карабасова. – М.: «МИТИС», 2001. – 664 с.
2. Поволоцкий Д.Я., Кудрин В.А., Вышкарев А.Ф. Внепечная обработка стали. – М.
3. Кудрин В.А. Внепечная обработка. Эффективный путь повышения качества металла. – М.: Металлургия, 1987. – 113с