



УКРАЇНА

(19) UA (11) 61796 (13) A

(51) 7 B22D7/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДВидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКІВ

1

2

(21) 2003044024

(22) 30 04 2003

(24) 17 11 2003

(46) 17 11 2003, Бюл. № 11, 2003 р.

(72) Лебедев Євген Миколайович, Маншилін Олександр Гейнінович, Кукуй Давид Пенхусович

(73) НАУКОВО-ВИРОБНИЧЕ ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ З ІНОЗЕМНИМИ ІНВЕСТИЦІЯМИ "ДОНІКС"

(57) Спосіб виготовлення виливків, при якому модифікатор і інокулятор розміщують у ливарній формі до її заливання розплавом, який **відрізняється** тим, що в процесі заливання форми спочатку здійснюють інокуляцію, а потім - модифікацію, а спорідненість до кисню речовини модифікатора не менш, ніж у 10 разів перевищує цей показник для речовини інокулятора

Винахід відноситься до галузі чорної металургії і може бути використаним при розливанні сталі

Відомий спосіб одержання виливків (патент Росії №2016071, МПК C21C1/00) шляхом введення інокуляторів і модифікаторів у сталерозливний ківш і ливарну форму. Інокулятором є ультрадисперсний порошок металу або його з'єднання. Модифікацію виконують коксом, силікокальцієм, кріолітом і ферросиліцієм. Додавання модифікаторів здійснюють у кількості 0,15-0,45 кг/т.

Недоліком цього способу одержання виливків є низька ефективність модифікації та інокуляції. Вони викликані застосуванням речовин із питомою вагою меншою, ніж питома вага розплаву. Збільшена витрата модифікаторів і інокулятора (0,15-0,45%) пояснюється вільним, а не примусовим введенням їх у розплав. Тому спосіб здійснюється в ковші і ливарній формі.

Відомий спосіб отримання виливків (патент Росії №2025213, МПК B22D27/20) за яким у виливницю додають модифікатор і інокулятор. У метал додають Fe-Mn, Si-Ca і залізний порошок ПЖ-2К. Рівномірність розподілення речовин, які додаються у виливницю, досягається спеціальним завихренням металу (утворенням воронки у розплаві) при розливанні. Цим стабілізують фізико-механічні властивості металу в об'ємі виливка.

Незважаючи на спеціальні технологічні прийоми для підвищення рівномірності розподілу речовин, які додаються, спосіб має деякі недоліки. На початку розливання існує час на утво-

рення ("розгону") воронки металу. При реалізації способу існують нестационарні режими введення речовини в струмінь. Тому, рівномірність розподілу модифікатора та інокулятора в ці моменти розливання буде гірше, ніж у стаціонарному режимі існування воронки. Отже, і фізико-механічні властивості цих порцій металу будуть іншими, ніж в цілому у виливку.

Незважаючи на примусове введення речовини в струмінь спосіб передбачає високу витрату інокулятора (1,38-1,47%). Це вимагає додаткового підвищення температури сталі перед розливанням. У наслідок цього одержує додатковий розвиток процес піквзації, затрачуються енергоносії на необхідне підвищення температури сталі.

Відомий спосіб виготовлення виливків (патент Росії №2022687, МПК B22D7/12) за яким здійснюють одночасне додавання модифікатора та інокулятора в нижню частину виливниці після її заповнення розплавом. Модифікатор і інокулятор додають таким чином, щоб забезпечити першочергове проведення процесу модифікації з наступним інокулюванням розплаву. Це досягається тим, що у виливницю речовина додається в капсулі, прикріпленій до штанги. Зовнішня оболонка капсули виконана з легкоплавкого матеріалу, усередині капсули знаходяться відходи жароміцної сталі. У проміжку між ними розміщений модифікатор - силікокальцій. Витрата інокулятора на процес становить 0,9-1,1 кг/т. Недоліками способу є

фрагментарність введення модифікатора та інокулятора, а саме після наповнення виливниці

(13) A  
(11) 61796  
(19) UA

розплавом,

нерівномірність розподілу модифікатора та інокулятора в розплаві через їхнє фрагментарне введення,

існуючий градієнт фізико-механічних властивостей розплаву через нестаціонарність процесу модифікації й інокуляції. Зниження температури розплаву після закінчення розливання йде безупинно (безупинно йде кристалізація розплаву), а додавання модифікатора та інокулятора здійснюється тільки наприкінці розливання,

висока витрата речовини інокулятора 0,9-1,1 кг/т розплаву,

нерациональна послідовність введення в розплав модифікатора та інокулятора (спочатку модифікатор, а потім інокулятор). Взаємодія модифікатора (Si-Ca) - реакція екзотермічна. Зниження температури за рахунок інокулятора не підсилює взаємний ефект, а, отже, викликає збільшену витрату речовин на процес.

Найбільш близьким по технічній сутності є спосіб лиття виливків (Патент Росії №2101126, МПК B22D7/02, B22D19/16), що передбачає установку по висоті виливниці металевого стрижня, який виконано зі сплаву заліза та марганцю (стали Гадфільда із середнім змістом Mn 13,0%).

Недоліком способу є те, що модифікатор і інокулятор (Mn і Fe) надходять у сталь одночасно. Модифікатор і інокулятор мають близькі фізико-хімічні властивості (група Fe у таблиці Менделєєва). Для модифікатора - марганцю поширюється тільки на сульфідні включення. Односпрямованість впливу модифікатора є недоліком способу.

Марганець і залізо утворюють близький до ідеального (термін фізичної хімії) розчин. Марганець взаємодіє з киснем без істотного теплового ефекту. Отже, процес модифікації не підсилюється процесом інокуляції. Це і є недоліком способу.

Задача винаходу - підвищити ефективність виготовлення виливків сталі за рахунок досягнення більшої однорідної структури сталі та отримання більшого ступеня модифікації неметалевих оксидів, шляхом спеціального поєднання властивостей речовин реагентів і попереднього здійснення процесу інокуляції, який посилює процес модифікації.

Підвищення ефективності процесу знижує витрату речовин на виконання інокуляції та модифікації. У свою чергу це підвищує стабільність фізико-хімічних властивостей в об'ємі виливка і зменшує енерговитрати на нагрівання сталі.

Поставлена задача вирішується тим, що до заливання розплаву у виливниці розміщують модифікатор і інокулятор. У процесі заливання форми здійснюють спочатку інокуляцію, а потім модифікацію, при цьому спорідненість до кисню використаної речовини модифікатора не менш ніж у 10 разів перевищує цей показник для речовини інокулятора.

У процесі заливання розплав спочатку взаємодіє з інокулятором. При розплавлюванні інокулятора відкривається доступ до модифікатора. Модифікатор починає взаємодіяти з розплавом

при температурі більш низькій, ніж та, із якою розплав надійшов у форму.

Суттєвими ознаками способу, що заявляється, спільними із суттєвими ознаками найближчого аналога є те, що до заливання розплаву в ливарну форму в ній розміщують модифікатор і інокулятор.

Речовина модифікатора має спорідненість до кисню не менш ніж у 10 разів перевищуючу цей показник для речовини інокулятора. При виробництві виливків спочатку здійснюють інокуляцію, а потім модифікацію розплаву. Це відрізняє даний спосіб від способу по найближчому аналогу.

У процесі заливання розплав спочатку взаємодіє з інокулятором. У результаті цієї взаємодії інокулятор спочатку нагрівається розплавом, у результаті їх контакту, а потім розплавляється. При розплавлюванні інокулятора відкривається доступ до модифікатора. Модифікатор починає взаємодіяти з розплавом при температурі нижчій, ніж та, із якою розплав надійшов у форму. Частина теплової енергії затрачується на нагрівання й розплавлювання інокулятора.

З аналізу розкислювальної здатності різних елементів [Раскисление и вакуумная обработка стали. Часть 1. Термодинамические и кинетические закономерности. Кнопель Г. Пер с нем Г. Н. Еланского. Изд-во «Металлургия» 1923г. с. 312, Рис. 39 (стр. 93)] випливає, що в рівновазі з 0,1% Mn знаходиться 0,1% кисню. Спорідненість до кисню в марганцю зі зниженням температури з 1700 до 1550°C збільшується в 1,84 рази (стор. 35).

При цій же концентрації іншого модифікатора наприклад, Si, Ti, Al рівноважна концентрація кисню відповідно складає 0,01, 0,007 і 0,0001% (стор. 93).

Зміна спорідненості кремнію до кисню при зниженні температури від 1700 до 1550°C відповідно складе від 0,055% до 0,016% чи в порівняльних умовах з марганцем - 3,43 рази. Для титана цей показник для тих же умов складе 13,3 рази.

Посилення ефективності дії модифікатора при зниженні температури (Mn - у найближчому аналогу 1,84 рази, даний спосіб, наприклад, - Ti 13,3% або на 722,82%) дозволяє для отримання ефективності найближчого аналогу знизити витрату речовини модифікатора не менш ніж у 7 разів.

Застосування для модифікації речовини зі спорідненістю до кисню більше, ніж у марганцю дозволяє отримати додатковий ефект щодо найближчого аналогу - модифікація оксидів металів у який спорідненість до кисню менше. Іншими словами всі оксиди будуть відновлені до оксиду речовини модифікатора.

Для реалізації способу внутрішню поверхню форми (яка буде знаходитися в контакті з розплавом) покривають модифікатором і інокулятором. Покриття форми роблять напилюванням. Першим на форму напилюють модифікатор. Далі модифікатор, що знаходиться на поверхні фо-

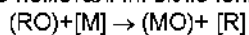
рми, покривають речовиною - інокулятором Речовиною - інокулятором можуть бути метали групи заліза з таблиці Менделєєва. Наприклад Fe, Mn, Cr, Ni чи їхні суміші.

Шар, захищений інокулятором, складається з металів чи їхніх комбінацій зі спорідненістю кисню як мінімум у 10 разів більше, ніж у матеріалі захищаючого шару - інокулятора. Наприклад Si, Ti, Ca і т.д.

При контакті розплаву з оболонкою - інокулятором остання нагрівається, а потім розплавляється. Після розплавлення оболонки - інокулятора відкривається доступ розплаву до модифікатора.

При послідовності процесу - інокуляція, а потім модифікація спочатку відбувається зниження температури в результаті асиміляції розплавом інокулятора з групи заліза. Через близьку будову кристалічних ґрат інокулятора із залізом розплаву, плавлення інокулятора супроводжується його рівномірним розподілом у загальному обсязі розплаву.

Неметалічні включення, що знаходяться в сталі, будуть знаходитися в збільшеному об'ємі розплаву за рахунок розплавленого інокулятора, а отже їх локальна й об'ємна концентрація знижуються. Розплавлення інокулятора супроводжується зниженням температури сталі. Модифікатор починає надходити в сталь і взаємодіяти з неметалічними включеннями. Через високу спорідненість модифікатора (M) до кисню він відновлює неметалічні включення (RO) по реакції



Через більш низьку температуру протікання цієї реакції модифікація вище, ніж у попередній реакції рафінування розплаву від кисню. Тому на

неї затрачається менша вага модифікатора.

Приклад конкретного виконання

Плавки сталі марки СтЗсп виплавляли в 300-тонній мартенівській печі скрап-рудним процесом. Для інтенсифікації застосовували технічно чистий кисень. Кисень подавали через три склепінні фурми, що мають по п'ять дуттьових отворів.

Сталь розкислювали під час випуску в сталерозливальний ківш. Під струмінь додавали послідовно Fe - Mn, 75% Fe - Si і чушковий алюміній.

Витрата розкислювачей забезпечувала середньомарочне вміщення Mn і Si у сталі - (0,48-0,65%) і (0,17-0,37%) відповідно. Концентрація алюмінію в сталі коливалася від 0,01 до 0,05%.

Сталь розливали сифонним способом і зверху. Маса виливка становила 9,2 т. Перед початком розливання на внутрішню поверхню виливниці наносили шар модифікатора. Для цього на чавунну виливницю напильовали шар хімічно чистого алюмінію (98,8 % алюмінію) або титану. На шар модифікатора наносили шар інокулятора - заліза. У досліді 4 модифікатором був титан. У досліді 5 і 6 як модифікатор використовували алюміній. Для реалізації найближчого аналога використовували сталь Гадфілду. Стрижень, що встановлювали у виливницю до початку розливання (дослід 1) одержували методом лиття.

Виливки з дослідних плавок прокатували на заготовки перерізом 80x80 мм і 170x170 мм. Для дослідження структури сталі від заготовок відбирали подовжні та поперечні темплети. Структуру сталі досліджували на оптичному мікроскопі й на електронному "Камскан". Аналоги і найближчий аналог здійснювали в окремих досліді. Результати дослідження представлені в таблиці.

Таблиця

Результати дослідних плавок

№	Марка сталі	Структура сталі заготовки						Примітки
		Розмір зерна Бал		Сульфіди		Оксиди		
		Поверхня	центр	Поверхня	центр	Поверхня	центр	
1	СтЗсп	8,0*-7,0**	5,0	Окремі	Окремі +ланцюжки	Скупчення ланцюжків	Скупчення ланцюжків	Найближчий аналог
2	-«-	7,0-8,0	4,0-3,0	Ланцюжки	Скупчення ланцюжків	Скупчення ланцюжків	Скупчення ланцюжків	Дюча технологія***
3	-«-	8,0-8,5	4,0-3,0	Окремі+ Ланцюжки	Окремі	Окремі	Окремі	Аналог 1 Модифікація 2 Інокуляція
4	-«-	8,5	5,5-5,0	Окремі	Окремі	Окремі дрі- бні	Окремі дрібні	Інокуляція+ модифікація
5	-«-	8,5-8,2	5,5-5,0	Окремі	Окремі	Окремі	Окремі дрібні	Інокуляція+ модифікація
6	-«-	8,5-8,3	5,5-5,0	Окремі	Окремі	Окремі дрі- бні	Окремі дрібні	Інокуляція+ модифікація

\* - перша цифра вказує перевагу розміру зерна в перерізі прокату

\* - \*\* - характеризує діапазон зміни зерна в перерізі прокату

\*\*\* - структура сталі заготовок без модифікації та інокуляції

Аналіз отриманих даних дослідних плавок дозволяє відзначити, що реалізація найближчого

аналогу (дослід №1) подрібнює структуру сталі. У результаті розмір зерна в поверхневому шарі

заготовки знижується з 7,0 до 8,0 бала (щодо дослідів №2)

Реалізація прототипу істотно поліпшила форму сульфідних включень в об'ємі заготовки. Оксидні включення в порівнянні з металом отриманим за існуючою технологією залишилися без зміни

Реалізація аналога (дослід №3) показала, що структура сталі в об'ємі заготовки залишається нерівномірною. Розмір зерна в поверхневому шарі заготовки 8,0-8,5, а в центрі 4,0-3,0бал. При цьому сульфідні й оксидні включення стали більш дрібними (а, отже, менш шкідливими), чим у ме-

талі, отриманому за технологією аналога і найближчого аналога. Це пояснюється тим, що спорідненість до кисню в матеріалі модифікатора вище, ніж в інокулятора. Змінивши порядок операцій спочатку інокуляція, а потім модифікація (досліди №№4-6), установили, що розмір зерна в об'ємі заготовок зменшується, рівномірність зерна перевищує показники найближчого аналогу. Це свідчить про більш високий ступінь модифікації, чим у способі за найближчим аналогом. Дрібнодисперсність сульфідних і оксидних включень також вище, ніж у аналога, найближчого аналога й технології, що раніше існувала