



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **77376** (13) **U**
(51) МПК
C22C 38/18 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2012 09598**
(22) Дата подання заявки: **07.08.2012**
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **11.02.2013**
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **11.02.2013, Бюл.№ 3**
(72) Винахідник(и):
Бровко Олег Дмитрович (UA),
Бубликов Юрій Олександрович (UA),
Грищенко Сергій Георгійович (UA),
Межебовський Ігор Валерійович (UA),
Підгорний Сергій Миколайович (UA),
Поляков Георгій Анатолійович (UA),
Попов Олексій Сергійович (UA),
Рабінович Олександр Вольфович (UA),
Садовник Юрій Володимирович (UA),
Челядін Олександр Михайлович (UA)

(73) Власник(и):
Бровко Олег Дмитрович,
вул. Корсуня, 30, м. Миргород, Полтавська обл., 37602 (UA),
Бубликов Юрій Олександрович,
вул. Центральна, 15, с. Дніпрове, Дніпропетровський р-н, Дніпропетровська обл., 57072 (UA),
Грищенко Сергій Георгійович,
вул. В. Чорновола, 16, кв. 25, м. Київ, 01135 (UA),
Межебовський Ігор Валерійович,
вул. Ярославська, 12, м. Дніпропетровськ, 49050 (UA),
Підгорний Сергій Миколайович,
пр. Карла Маркса, 6, кв. 23, м. Дніпропетровськ, 49005 (UA),
Поляков Георгій Анатолійович,
вул. Братів Трофимових, 4, к. 3, кв. 77, м. Дніпропетровськ, 49000 (UA),
Попов Олексій Сергійович,
вул. Революційна, 36, с. Соколово, Новомосковський р-н, Дніпропетровська обл., 51295 (UA),
Рабінович Олександр Вольфович,
вул. Комсомольська, 74-а, кв. 7, м. Дніпропетровськ, 49000 (UA),
Садовник Юрій Володимирович,
вул. Героїв Сталінграда, 8-в, кв. 77, м. Дніпропетровськ, 49069 (UA),
Челядін Олександр Михайлович,
вул. Шаумяна, 10, кв. 9, м. Дніпропетровськ, 49027 (UA)

(54) СПОСІБ ПРЯМОГО ЛЕГУВАННЯ СТАЛІ ХРОМОМ

(57) Реферат:

Спосіб прямого легування сталі хромом включає виплавку сталі в сталеплавильному агрегаті з подачею легуючої добавки, що містить оксидні хромвмісні матеріали і відновник хрому. Легуючу добавку завантажують в плавильний агрегат в завалку разом з усіма компонентами шихти у формі огрудованих з вуглецевим відновником оксидних хромвмісних матеріалів.

UA 77376 U

Корисна модель належить до чорної металургії, зокрема до способів отримання легованої хромом сталі.

Відомий традиційний спосіб легування сталей хромом з використанням стандартних хромистих феросплавів є технологічно надійним і забезпечує високу якість легування. Однак цей спосіб пов'язаний зі значними витратами на легуючі, зумовлені високою вартістю ферохрому, виробництво якого відсутнє в Україні.

Одним з перспективних шляхів зниження матеріальних витрат є технологія, при якій легуючі матеріали вводяться в сталь в неметалевої формі, у вигляді оксидів легуючих елементів. Для забезпечення їх переходу з неметалевої форми в метал створюються необхідні умови, які забезпечуються досить високим відновним потенціалом системи за допомогою введення в її відповідного відновника (Мазуров Е.Ф., Бобкова О.С., Малютин Л.В. и Корченков Ю.И. Использование рудных и шлаковых материалов для легирования электростали марганцем и хромом в 100-т ковшах с основной футеровкой //Сталь. - № 1.-1994. - с. 23-25).

Спосіб прямого легування сталі хромом згідно Бобкова О.С., Каблуковский А.Ф., Синельников В.А., Зизяк В.В. Эффективность применения оксидных материалов для десульфурации и прямого легирования хромом электростали // Сталь. - № 1.-1994. - С. 20-22 (найближчий аналог). Відомий спосіб ставить завдання зниження матеріаломісткості за рахунок скорочення витрат феросплавів і флюсових добавок і включає виплавку сталі в сталеплавильному агрегаті з подачею легуючої добавки, що містить оксидні хромовмісні матеріали, за які використовували суміш стандартної хромової руди, яка містить $\text{Cr}_2\text{O}_3=49,6\%$ і вапно або закристалізований рудновапновий розплав, що містить $\text{Cr}_2\text{O}_3=26,7\%$.

Оксидні хромовмісні матеріали присаджують в сталеплавильний агрегат після скачування окисного шлаку на дзеркало рідкого металу або в ківш під час випуску з печі. Хром із суміші відновлювали кремнієм, розчиненим у металі, і кремнієм феросиліцію ФС65, який вводили разом з оксидними хромовмісними матеріалами. Таким чином, легуюча добавка складалася з оксидних хромовмісних матеріалів і феросиліцію ФС65.

В результаті силікотермічного відновлення хрому та заліза з оксидного матеріалу в метал надходить 0,3-0,4 % хрому. Ступінь вилучення хрому в сталь з рудновапнкової механічної суміші, згідно із заявами авторів, становила 65-100 %. При цьому автори попереджають, що використання рудновапнового розплаву доцільно тільки в тому випадку, якщо готувати його на тому ж заводі з використанням власного вапна, так як транспортні витрати на його поставку будуть вищі, ніж на поставку хромової руди.

Практично, у відомому способі здійснюється заміна вуглевідновних процесів виробництва вуглецевого ферохрому в рудовідновних печах на металотермію при виплавці сталі, тобто на відносно дороге силікотермічне відновлення хрому та заліза (Гасик М.И., Лякишев Н.П., Величко Б.Ф., Коваль А.В., Гаврилов В.А. Прямое легирование стали в условиях минерально-сырьевой базы черной металлургии СНГ //Сталь. - № 12.-1995. - С. 18-24).

Таким чином, технічне рішення відомого способу прямого легування сталі хромом в значній мірі не вирішує задачу зниження матеріаломісткості, оскільки замість витрат на використання дорогого ферохрому з'являються витрати на використання додаткової кількості відносно дорогого феросиліцію. У тій же мірі відомий спосіб не вирішує задачу енергетичної ефективності, оскільки наскрізна витрата електроенергії, з урахуванням витрат на отримання феросиліцію, очевидно досить висока.

Задачею корисної моделі є зниження витрат на дорогі матеріали при одночасному зниженні наскрізних витрат електроенергії на отримання сталі, легованої хромом.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі прямого легування сталі хромом, що включає виплавку сталі в сталеплавильному агрегаті з подачею легуючої добавки, що містить оксидні хром вміси і матеріали і відновник хрому, згідно з корисною моделлю, легуючу добавку завантажують в плавильний агрегат в завалку разом з усіма компонентами шихти в формі огрудкованих з вуглецевим відновником оксидних хромовмісних матеріалів в кількості, яка визначається співвідношенням:

$$m_{\text{лег.доб}} = (m_{\text{рс}} \times \%[\overline{\text{Cr}}]_{\text{г.с.}} - m_{\text{лом}} \times \%[\text{Cr}]_{\text{лом}}) / \eta_{\text{сг}} \%(\text{Cr})_{\text{лег.доб}} ;$$

де:

$m_{\text{лег.доб}}$ - маса легуючої добавки, кг;

$m_{\text{рс}}$ - маса рідкої сталі, кг;

$\%[\overline{\text{Cr}}]_{\text{г.с.}}$ - середній потрібний процентний вміст хрому у готовій сталі;

$\eta_{\text{сг}}$ - наскрізний коефіцієнт засвоєння хрому рідкою сталлю;

$\%(\text{Cr})_{\text{лег.доб}}$ - процентний вміст хрому в легуючій добавці;

$m_{\text{лом}}$ - маса металевого лому у шихті, кг;

$\%[\text{Cr}]_{\text{лом}}$ - процентний вміст хрому в металевому ломі.

Як оксидні хромовмісні матеріали можна використовувати дрібнодисперсну хромову руду, непридатну для виробництва стандартного вуглецевого ферохрому, а як вуглецевий відновник можна використовувати антрацит або коксик з вмістом вуглецю 85-90 %;

Як вуглецевий відновник можна використовувати відходи графітизації електродів або відходи виробництва карбіду кремнію.

Легуючу добавку краще завантажувати біля стін печі на 1/3-1/2 її висоти.

Використання вуглецевого відновника для прямого легування дозволяє замінити дорогий силікотермічний процес на вуглетермічний.

При цьому, використання вуглецевого відновника для прямого легування дозволяє підвищити ефективність вуглегермічного процесу легування сталі хромом, міняючи дорогий процес виробництва ферохрому в рудовідновлювальній печі.

Огрудкування хромовмісних оксидних матеріалів з вуглецевим відновником інтенсифікує вуглетермічний процес і, що особливо важливо, дає можливість використовувати для прямого легування бідні дрібнодисперсні хромові руди або дрібнодисперсні хромовмісні відходи. Ця можливість є надзвичайно корисною для України, яка має єдині розвідані запаси хромових руд на Побужжі. Це бідні руди, які характеризуються відносно низьким вмістом в них хрому (20-30 %) і дрібнофракційним гранулометричним складом, що робить їх непридатними для виплавки вуглецевого ферохрому в рудовідновних печах безперервної дії, для чого потрібна кускова руда (Гасик М.И., Лякишев Н.П., Емлин Б.И. Теория и технология производства ферросплавов. - М: Металлургия, 1988.-784 с.).

Як вуглецевий відновник можуть бути використані антрацит або коксик, що містять 85-90 % вуглецю, відходи графітизації електродів або відходи виробництва карбіду кремнію.

Відомо, що відновлення Cr_2O_3 вуглецем до карбідів хрому відбувається вже при температурі 1100 °С і з істотними швидкостями протікає при 1200 °С. Після 30 хвилин витримки при 1200 °С ступінь відновлення чистого оксиду хрому вуглецем при еквівалентному співвідношенні (70 в шихті досягає 30 %. При збільшенні температури до 1300 °С цей показник зростає до 72 %, а при 1400 °С становить 80 % і вище (Актуальные проблемы и перспективы электрометаллургического производства: теория и технология, эффективность использования минерально-сырьевых ресурсов, экология, экономические аспекты развития внутреннего и внешнего рынков. // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ГМетАУ и 75-летию кафедры электрометаллургии. (30.06-02.07.1999). Днепропетровск, "Системные технологии", 1999.-448 с.; Симонов В.К., Золоторева В.В. Термодинамический анализ и кинетические особенности восстановления Cr_2O_3 углеродом. // Теория и практика металлургии.-1999 - № 1. - С. 9-11).

Відповідно, в період плавлення шихти в дугових сталеплавильних печах створюються необхідні термодинамічні та кінетичні умови відновлення оксидів хрому вуглецем з використанням тепла пічних газів без додаткових витрат електроенергії. Ці обставини свідчать про гарантовані досить високі показники способу, що заявляється.

Для оптимізації умов перебігу процесу (зменшення виносу матеріалу), легуючу добавку краще завантажувати біля стін печі на 1/3-1/2 її висоти.

Співвідношення для визначення маси легуючої добавки відображає її кількість необхідну для способу, що заявляється, з урахуванням вмісту хрому у всіх компонентах шихти і коефіцієнта наскрізного засвоєння хрому рідкою сталлю $\eta_{\text{cr}}=80\pm5$, яке забезпечується способом, що заявляється.

Спосіб, що заявляється, не вимагає для свого здійснення імпортованих дорогих кускових хромових руд, вапна і феросиліцію ФС65 для реалізації силікотермічного відновлення, як це має місце в способі, згідно з технічним рішенням найближчого аналога. Це знижує витрати на матеріали, що робить спосіб, що заявляється, значно менш витратним порівняно зі способом найближчого аналога і крім того, менш енергоємним, оскільки виробництво феросиліцію вимагає значних енерговитрат.

Таким чином, сукупність істотних ознак винаходу дозволяє вирішити поставлену задачу зниження витрат дорогих матеріалів при одночасному зниженні наскрізних витрати електроенергії на отримання сталі, легуваної хромом.

Це підтверджується прикладом конкретної реалізації способу, що заявляється, прямого легування сталі хромом в умовах сталеливарного цеху ВАТ "Арматром" (м. Миргород) в дуговій печі ДСП-3.

Як хромвмісний матеріал використовували Побузький хромовий концентрат, що має фракцію менше 400 мкм, що визначає необхідність його брикетування. Хімічний склад концентрату наведено в таблиці 1.

Як відновник використовували антрацит із вмістом вуглецю 85-90 % або відходи графітизації електродів. Кількість відновника розраховували на повне відновлення хрому та заліза до вищих карбідів з надлишком 5 % відн. Брикети діаметром 80 мм і висотою 85 мм виготовляли на пресі з зусиллям тиску 100 кг/см². Як зв'язки використовували цемент в кількості 10 % від ваги шихти. Склад брикетів наведено в таблиці 2.

Як металозавалки використовували відходи власного виробництва з фіксованим вмістом хрому. Проби металу і шлаку відбирали по розплавленню, після закінчення окисного періоду та перед випуском з ковша. Результати плавок зведені в таблицю 3.

Відповідно до способу прямого легування сталі хромом, що заявляється, в результаті плавки з використанням недорогого хромвмісного матеріалу - (Побузького хромового концентрату) та відповідного вуглецевого відновника отримали стандартні марки легованої конструкційної сталі - 15ХЛ і 15Х1М1ФЛ.

Таблиця 1

Матеріал	Хімічний склад, % мас.						
	Cr	Fe	Ni	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃
Побузький концентрат (ПХК)	23,4	27,0	0,38	3,8	2,0	6,1	11,5

Таблиця 2

№ п/п	Позначення	Співвідношення компонентів, % від.				Хімічний склад, %		
		ПХК	Антрацит	Відходи графітизації електродів	Цемент	Cr	C	SiC
1	ПХК+А	68,18	22,72	-	9,1	15,4	10,5	-
2	ПХК+SiC	68,18	-	22,72	9,1	15,4	6	12,2

Таблиця 3

№ п/п	Марка сталі	Тип брикетів	Хімічний склад сталі, %					Вміст Cr у шлаку, %		η _{Cr} , %	
			Cr			C	Si			3	Загальне
			1*	2	3**	1	1	2	3		
3	15ХЛ	ПХК+А	0,54	0,49	0,77/0,96	0,36	0,01	5,1	0,50	73,8	80,2
4	15ХЛ	ПХК+А	0,40	0,39	0,61/0,80	0,98	0,03	6,4	0,60	68,8	76,4
5	15Х1М1ФЛ	ПХК+SiC	1,40	1,10	1,20/1,44	1,30	0,16	7,5	0,40	69,0	83,1
6	15Х1М1ФЛ	ПХК+SiC	1,20	1,02	1,15/1,31	1,40	0,23	5,1	0,70	76,4	87,7

*Час відбору проб: 1 - по розплавленню; 2 - наприкінці кипу; 3 - у ковші.

**В чисельнику - фактичний вміст, в знаменнику - розраховані при η_{Cr}, %.

20

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб прямого легування сталі хромом, що включає виплавку сталі в сталеплавильному агрегаті з подачею легуючої добавки, що містить оксидні хромвмісні матеріали і відновник хрому, який **відрізняється** тим, що легуючу добавку завантажують в плавильний агрегат в завалку разом з усіма компонентами шихти у формі огрудкованих з вуглецевим відновником оксидних хромвмісних матеріалів в кількості, яка визначається співвідношенням:

$$m_{\text{лег.доб}} = (m_{\text{pc}} \times \%[\text{Cr}]_{\text{г.с.}} - m_{\text{лом}} \times \%[\text{Cr}]_{\text{лом}}) / \eta_{\text{Cr}} \%(\text{Cr})_{\text{лег.доб}};$$

де:

m_{лег.доб} - маса легуючої добавки, кг;

30

m_{pc} - маса рідкої сталі, кг;

%[Cr]_{г.с.} - середній потрібний процентний вміст хрому у готовій сталі;

η_{Cr} - наскрізний коефіцієнт засвоєння хрому рідкою сталлю;

$\%(\text{Cr})_{\text{лег.доб}}$ - процентний вміст хрому в легуючій добавці;

$m_{\text{лом}}$ - маса металевого лому у шихті, кг;

$\%[\text{Cr}]_{\text{лом}}$ - процентний вміст хрому в металевому ломі.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що як оксидні хромвмісні матеріали використовують дрібнодисперсну хромову руду, непридатну для виробництва стандартного вуглецевого ферохрому, а як вуглецевий відновник використовують антрацит або коксик з вмістом вуглецю 85-90 %.
3. Спосіб за п. 2, який **відрізняється** тим, що як вуглецевий відновник використовують відходи графітизації електродів або відходи виробництва карбіду кремнію.
4. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що легуючу добавку завантажують біля стін печі на 1/3-1/2 її висоти.

Комп'ютерна верстка М. Ломалова

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601