

**УКРАЇНА****(19) UA (11) 98284 (13) C2**  
**(51) МПК****C21C 7/06** (2006.01)**C22C 33/04** (2006.01)**C21C 5/52** (2006.01)**C22B 9/20** (2006.01)**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ****(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД****(21) Номер заявки:** а 2011 09304**(22) Дата подання заявки:** 25.07.2011**(24) Дата, з якої є чинними  
права на винахід:** 25.04.2012**(41) Публікація відомостей  
про заяву:** 12.12.2011, Бюл.№ 23**(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту:** 25.04.2012, Бюл.№ 8**(72) Винахідник(и):****Гасик Михайло Іванович (UA),  
Пройдак Юрій Сергійович (UA),  
Панченко Олександр Іванович (UA),  
Сальніков Анатолій Семенович (UA)****(73) Власник(и):****НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА  
АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ,  
пр. Гагаріна, 4, м. Дніпропетровськ, 49005,  
Україна (UA)****(56) Перелік документів, взятих до уваги  
експертизою:**UA 73901 C2, 15.09.2005  
UA 820 C1, 15.12.1993  
SU 359289 A1, 21.11.1972  
SU 382734 A1, 23.05.1973  
SU 540926 A1, 30.12.1976  
SU 1068526 A1, 23.01.1984  
RU 2006514 C1, 30.01.1994  
RU 2200198 C2, 10.03.2003  
US 20020174746 A1, 28.11.2002  
CN 1385543 A, 18.12.2002**(54) СПОСІБ ВИПЛАВКИ ПІДШИПНИКОВОЇ СТАЛІ****(57) Реферат:**

Винахід належить до чорної металургії і стосується способу виплавки підшипникової вуглецевої сталі, легованої хромом, кремнієм і марганцем. Спосіб включає виплавку металу-напівпродукту у дуговій електропечі, розкислення, легування, позапічну обробку металу у ковші-печі з використанням твердих шлакоутворювальних матеріалів, вакуумування з розкисленням алюмінієм. Згідно з винаходом, розкислення і легування металу-напівпродукту проводять марганцем і кремнієм шляхом введення комплексного марганцево-кремнієвого феросплаву у відношенні %Mn: %Si у межах 3,2-4,3 при вмісті марганцю не менше 65 мас. %. Способом забезпечується необхідні показники готової сталі для виготовленого з неї якісного сортового прокату.

**UA 98284 C2**



Спосіб виплавки підшипникової сталі належить до чорної металургії, а конкретніше - до електросталеплавильного виробництва високоякісних сталей має за мету розробку технології виплавки електросталі найбільш складної за хімічним складом і вимогами до її якості щодо неметалевих включень, яка забезпечує підвищення виходу придатних (товарних) партій сортового прокату різних п'яти розмірних груп за головним показником зменшення відбраковки сортового прокату - вмістом у металі неметалевих включень, а також зменшення питомих витрат феросплавів для виплавки електросталі.

Спосіб виплавки підшипникової електросталі розповсюджується на технологію виробництва найбільш складної за технологічними ознаками вуглецевої електросталі марочного, хімічного складу ШХ15СГ-В (на відміну від інших марок електросталі підшипникового сортаменту ШХ4.... ШХ15), легованої хромом (Х), кремнієм (С), марганцем (Г) і вакуумованої у рідкому стані (В) з жорстким контролем вмісту неметалевих включень згідно з вимогами стандартів ГОСТ 801-78 і ASTM E-45 (метод А).

[Данилов А.П., Дмитренко В.И., Аtkонова О.П. Влияние технологии на образование окисных неметаллических включений в подшипниковой стали // Сталь, 2010. - № 9. - С. 52-53]

Відомий спосіб виплавки підшипникової сталі рядового сортаменту, що включає виплавку у дуговій електропечі металу - напівпродукту розплавлення металошихти, випуск його у ківш з присадками у метал роздільно феросиліцію і феромарганцю, шлакоутворювальних матеріалів, доводки у ковші-печі сталі до марочного хімічного складу з подальшим вакуумуванням її при постійній подачі у метал інертного газу (аргону) з метою переміщення при рафінуванні рідкого металу та кінцевим розкисленням його алюмінієм.

[Патент РФ. № 2219248, МПК C21C7/10, заявл. 15.05.2002, опубл. 20.12.2003].

Недоліком способу за патентом РФ є роздільна добавка до металу високовуглецевого феромарганцю і феросиліцію, що призводить до підвищеного вмісту неметалевих включень та питомих витрат феросплавів для розкислення та легування підшипникової сталі.

Відомий спосіб виплавки підшипникової сталі, відповідно до якого на стадії випуску металу-напівпродукту з електропечі у ківш-піч подають вуглецевий ферохром і високовуглецевий феромарганець. На шлак у ковші-печі подають розкислювач у вигляді карбиду кремнію. У ковші-печі нагрівають метал до температури 1620 °С. Далі метал піддають вакуумуванню у ковші протягом 20-30 хвилин, дають феросиліцій з вмістом кремнію 45...75 % (мас). Кінцеве розкислення сталі ведуть алюмінієвим дротом, а потім вдруге вакуумують сталь у ковші ще впродовж 20 хвилин.

[Юрьев А.Б., Мухатдинов Н.Х., Козырев Н.А. и др. Современная технология производства подшипниковой стали (ОАО "Новокузнецкий металлургический комбинат") // Сталь. - 2010. - № 10. - С. 40-42].

Недоліком відомого способу виплавки підшипникової сталі є необхідність подвійного вакуумування сталі, реалізація якого супроводжується підвищеними енергетичними витратами через великі витрати тепла, а також питомих витрат феросплавів, що обумовлює більш високу вартість підшипникових сталей.

Відомий спосіб виплавки підшипникової сталі ШХ15 у дуговій печі з використанням у шихті рідкого чавуну, що заливається в електропіч на початку періоду розплавлення твердої металошихти.

У процесі плавлення металозавантаження і впродовж періоду окислення металевої ванни проводиться дефосфорація металу. Перед випуском металу-напівпродукту у ківш-піч вміст вуглецю у ньому повинен бути не менше 0,2 %. Під час випуску металу-напівпродукту із печі у ківш-піч окремо подають вуглецевий ферохром і високовуглецевий феромарганець. Рафінувальний шлак у ковші-печі створюють із суміші твердих шлакоутворювальних матеріалів, а саме - вапна і плавикового шпату. При випуску металу-напівпродукту разом з ним, не зважаючи на відсічку, у ківш-піч потрапляє до 1 % пічного шлаку. Дифузійне розкислення шлаку (металу) проводять карбідом кремнію (SiC). Вміст (FeO) у шлаку при цьому становить 0,5 %. Підготовлену таким чином у ковші-печі сталь, вакуумують у камерному вакууматорі з продувкою металу аргонном.

[Луценко А.Н., Ерошкин С.Б., Зинченко С.О., Прудов К.Э., Кузнецов С.Н. Особенности производства стали ШХ15, в том числе и для тел качения // Сталь.-2009, № 2. - С. 32-33].

Недоліком цього способу є розкислення і легування металу-напівпродукту окремо високовуглецевим феромарганцем і карбідом кремнію. Як відомо у процесі розкислення металу тільки марганцем (феромарганцем) за реакцією  $[Mn]+[O]=(MnO)$  утворюється закис марганцю з температурою плавлення 1850 °С. При наступній добавці у метал алюмінію з урахуванням вмісту кальцію (що надходить до металу при розкисленні шлаку основністю  $\%CaO/\%SiO_2=2,5-3,0$  алюмінієм) створюються умови утворення глиноземних і алюмокальцієвих неметалевих

кулькових (глобулярних) включень. Тому спосіб виплавки підшипникової сталі також не може бути прийнятим для виплавки сталі ШХ15СГ-В, оскільки він не забезпечує виробництво сталі цієї марки, до якої, як зазначено вище, застосовується найбільш жорстока методика оцінки якості щодо вмісту відповідних видів і кількості неметалевих включень за ASTM E-45 (метод А).

5 Окреме використання високовуглецевого феромарганцю супроводжується також підвищеними витратами (угаром) марганцю і, відповідно, феромарганцю. Застосування для дифузійного розкислення шлаку (металу) карбіду кремнію замість феросиліцію, що традиційно застосовується, суттєво збільшує період розкислення сталі.

10 Відомий спосіб виплавки підшипникової сталі ШХ15 [Челябінський металургійний комбінат], суть якого полягає у наступному. Метал-напівпродукт виплавляється також у дуговій печі, а при випуску в кіш-піч присаджують феросплави. Потім пічний шлак, що попав у ківш-піч при випуску металу-напівпродукту, скачують, а у ковші-печі формують високоосновний шлак з твердих шлакоутворювальних матеріалів завдяки нагріванням електричними дугами. Рафінувальний шлак розкислюють вуглецевим матеріалом. Сталь піддають вакуумуванню і плавку закінчують  
15 кінцевим розкисленням алюмінію. За наведеними у таблиці цього літературного джерела сталь ШХ15 характеризується наступними балами за показниками вмісту неметалевих включень (середні значення балів для металу сортового прокату):

Сульфіди	Оксиди	Глобулі
2,02	1,97	1,32

20 Слід зазначити, що оцінка якості прокату щодо вмісту зазначених включень, виконана у балах згідно з ГОСТ 801-78. Для сталі ШХ15СГ-В неметалеві включення контролюються за більш вимогливим методом згідно з американським стандартом ASTM E-45 (метод А).

[Макаров Д.Н., Антонов В.И., Артюшов В.Н. и др. Совершенствование технологии производства подшипниковых сталей // Сталь. -2008. - № 3. - С. 43-44].

25 Недоліки способу виплавки сталі ШХ15 на ЧМЗ полягають в тому, що зазначена технологія не забезпечує виробництва сталі більш якісної сталі ШХ15СГ-В за показниками бальних оцінок металу згідно стандартом ASTM E-45 (метод А). Вимогами зазначеного стандарту оцінці у балах підлягають сульфіди (А), оксиди (В), силікати (С) і глобулі (G). Особливість методу за стандартом ASTM E-45 полягає в тому, що обов'язково визначають включення як "тонкі", так і  
30 "товсті". Закордонні замовники підшипникової сталі ШХ15СГ-В (наприклад: фірми "Dapinja", "Tirken", "Krasin" та др.) нормують бали включень за серіями у таких межах: серія А (тонкі 2,0, товсті 1,0), серія В (тонкі 1,5, товсті 0,5), серія С (тонкі 0, товсті 0), серія G (тонкі 0,5, товсті 0,5).

Наведені дані свідчать, що цьому способу виплавки підшипникової сталі також властивий  
35 недолік: він не забезпечує якості сталі навіть ШХ15 при оцінці згідно з ASTM E-45 (метод А) і тим більше виплавку сталі ШХ15СГ-В. Спосіб не може розглядатися як прототип способу, що зазначається нами, ще й тому, що він належить до виробництва сталі ШХ15.

Порівняльний аналіз наведених вище способів виплавки підшипникової менш якісної сталі марки ШХ15 свідчить, що жоден з них не може розглядатися як прототип способу, який зазначається.

40 [Дж.Фольмут, Ф.Вильке. Подшипниковые стали - новые разработки и техника испытаний для обеспечения длительного срока эксплуатации подшипников. // Черные металлы. - 2007, январь. - С. 49-54].

Найближчим відносно до вищезазначеного способу виплавки сталі, що заявляється, як за фізико-хімічною і технологічною суттю, так і кінцевими результатами, є спосіб виплавки  
45 вуглецевої, легованої хромом, кремнієм і марганцем сталі ШХ15СГ-В, що містить виплавку металу-напівпродукту у дуговій електропечі з розкисленням металу у печі феросиліцієм та легуванням високовуглецевим феромарганцем, випуску металу-напівпродукту у ківш-піч з подвійною наводкою рафінувального шлаку з твердих шлакоутворювальних матеріалів (вапна, плавикового шпату), доводку сталі ШХ15СГ-В за хімічним складом з наступним вакуумуванням  
50 її у ковшовому вакууматорі з продувкою металу аргонном і кінцевим розкисленням алюмінієм.

[Технологическая инструкция по выплавке стали с применением внепечного рафинирования на установке печь-ковш в СПЦ-3, ТИ 143-С-16-04 завод "Днепропетцсталь" "Технологическая инструкция по выплавке подшипниковой стали с вакуумированием в ЭСПЦ № 3" завода "Днепропетцсталь" ТИ 143-С-17-04", утвержденные заместителем генерального директора  
55 завода "Днепропетцсталь" по производству и качеству].

Для довідки: хімічні склади сталей ШХ15СГ-В і ШХ15-В

Марка сталі	C	Si	Mn	Cr	P	S
ШХ15СГ-В	0,95-1,05	0,40-0,65	0,9-1,2	1,30-1,65	н.б. 0,027	0,02
ШХ15	0,95-1,05	0,17-0,37	0,2-0,4	1,30-1,65	н.б. 0,027	0,02

Згідно зі способом за прототипом метал-напівпродукт для виробництва сталі марки ШХ15СГ-В виплавляють у дуговій електропечі, з первинним розкисленням у цій печі феросиліцієм марок ФС65 (65 % Si), або ФС75 (75 % Si). Особливість хімічного складу феросиліцію за ДСТУ 4127-2002, що негативно впливає на нестабільність якості сталі за вмістом і видом неметалевих включень, є нестабільний високий вміст кальцію, який не регламентується стандартом ДСТУ 4127-2002.

Після розкислення металу-напівпродукту у ванну дугової електропечі до вмісту хрому додають вуглецевий ферохром, близький до марочного вмісту його у сталі ШХ15СГ-В.

Попередньо розкислений кремнієм і легований хромом метал-напівпродукт випускають з відсічкою пічного шлаку у ківш наступним легуванням його у ковші-печі високовуглецевим феромарганцем марки ФМн78А (ДСТУ 3547-97) до вмісту марганцю у межах 0,9-1,2 %.

Наступними операціями є розкислення сталі алюмінієм і при потребі корегування хімічного складу сталі добавками феромарганцю і феросиліцію. Підготовлену за наведеними технологічними операціями сталь ШХ15СГ-В піддають вакуумуванню у ківшовому вакууматорі з продувкою металу аргонном з наступним кінцевим розкисленням металу алюмінієм. При вакуумуванні сталь додатково розкислюється розчином у металі вуглецем, підлягає більш глибокій десульфурзації та дегазації. Якість сортового прокату сталі ШХ15СГ-В ведеться за бальними оцінками кожного із чотирьох видів і кількості неметалевих включень (сульфідів, оксидів, силікатів, глобулів) відповідно до методики і вимог ГОСТ 801-78, а в останні десятиріччя - за стандартом ASTM E-45 (метод А).

Аналіз основних положень способу виплавки підшипникової електросталі ШХ15СГ-В свідчить, що спосіб, прийнятий за прототип, має наступні недоліки:

1. Одним із головних недоліків способу виплавки сталі ШХ15СГ-В за прототипом є те, що розкислювачі, які використовуються, та легуючі феросплави і послідовність металургійних операцій, не забезпечують високий вихід придатних партій сортового прокату за бальними показниками якості за неметалевими включеннями за вимогами ГОСТ 801-78 і ASTM E-45 (метод А) з першого контролю не перевищує 70-75 % від загальної кількості партій прокату.

2. Другий недолік способу за прототипом, полягає у використанні двох видів феросплавів, а саме: феросиліцію ФС65 за стандартом ДСТУ 4127-2002, високовуглецевого феромарганцю марки ФМн78А (ДСТУ 3547-97). За фізико-хімічною складовою використання для розкислення і легування двох видів феросплавів, у наведеній вище послідовності технологічних операцій за прототипом з урахуванням нерегламентованим стандартом ДСТУ 4127-2002 вмістом кальцію в феросиліції, супроводжується утворенням неметалевих включень високих значень балів, що є причиною надмірно високих балів неметалевих включень у сортовому прокаті сталі ШХ15СГ-В, і як наслідок, низькими показниками виходу придатних партій сортового прокату.

3. Третій недолік способу за прототипом полягає в тому, що використання двох видів феросплавів, а саме феросиліцію марки ФС65 і феромарганцю ФМн78 за режимами використання їх за прототипом для розкислення і легування металу кремнієм і марганцем призводить до більших питомих витрат феросплавів при виплавці сталі ШХ15СГ-В і споріднених марок підшипникових сталей.

Таким чином, наведені вище недоліки способів виплавки сталі ШХ15СГ-В за прототипом, характеризують останній, який не відповідає наведеним нижче задачам промислового виробництва підшипникової сталі складного хімічного складу ШХ15СГ-В з регламентованими видами і кількістю неметалевих включень і підвищення виходу годних партій сортового прокату з припустимими значеннями балів за неметалевими включеннями - сульфідам, оксидам, силікатам, глобулам та економії феросплавів.

Задачами розробленого способу виплавки сталі ШХ15СГ-В є наступні:

1. Науково обґрунтувати і вибрати вид комплексного марганцево-кремнієвого феросплаву з раціональним відношенням %Mn: %Si на заміну високовуглецевого феромарганцю і феросиліцію, використання якого для розкислення і легування підшипникової сталі забезпечило б стабільний вміст кальцію і алюмінію, а при подальшому розкислюванні сталі алюмінієм - регламентовані нормативними документами види і кількість неметалевих включень, та підвищення виходу придатних партій сортового прокату до 90-95 %.

2. Науково обґрунтувати, розробити послідовність (режими) добавок у рідкий метал-напівпродукт марганцево-кремнієвого феросплаву, з метою забезпечення підготовки стану металу до утворення при подальшому розкисленні алюмінієм найбільш доцільних за вимогами стандартів неметалевих включень у сталі ШХ15СГ-В.

3. З урахуванням підвищених питомих витрат феросплавів за прототипом, необхідно науково обґрунтувати і вибрати вид комплексного марганцево-кремнієвого феросплаву, використання якого при виплавці сталі ШХ15СГ-В за режимом способу, що заявляється, забезпечить зниження питомих витрат феросплавів.

Враховуючи викладені недоліки, які притаманні способу виплавки сталі ШХ15СГ-В за прототипом, заявляється спосіб виплавки зазначеної сталі, що включає: виплавку металу-напівпродукту у дуговій електропечі, дефосфорацію його, розкислення і легування металу-напівпродукту феросплавами, випуск металу з печі у ківш-піч з відсичкою пічного шлаку з присадкою по ходу випуску металу твердих шлакоутворювальних матеріалів (вапна, плавикового шпату) з розплавленням їх електричними дугами, корегування хімічного складу метала у ковші-печі, розкислення алюмінієм і подальшого вакуумування сталі у ківшовому вакууматорі та розливкою її у виливницю, який відрізняється від способу за прототипом тим, що для розкислення і легування металу-напівпродукту у дуговій електропечі застосовується марганцево-кремнієвий феросплав з відношенням  $\%Mn : \%Si = 3,2-4,3$ , а для корегування у ковші-печі - феросиліцій та обробку металу у ковші-печі з метою десульфурації ведуть під окисно-фторидними шлаками, розкисленими алюмінієм з наступним вакуумуванням сталі у ковшовому вакууматорі і кінцевим розкисленням алюмінієм.

Застосування комплексних марганцево-кремнієвих феросплавів з іншими відношеннями  $\%Mn : \%Si$  від 1,71 до 2,4 (при вмісті кремнію від 25 до 35 %), рівно як з відношенням  $\%Mn : \%Si$  від 4,3 до 6,5 (при вмісті кремнію від 12 до 15 %) не забезпечують виплавку сталі ШХ15СГ-В з низькими балами за видами і кількості неметалевих включень (сульфіди, оксиди, силікати і глобулі).

Спосіб, що заявляється, має кілька показників новизни.

1. Новим є перш за все розкислення і легування металу-напівпродукту комплексним марганцево-кремнієвим феросплавом з відношенням  $\%Mn : \%Si=3,2-4,3$ , а також зі стабільно низьким вмістом елемента кальцію (який не регламентований стандартом ДСТУ 3548-97) не більше 0,15 %, при цьому вміст елементів у марганцево-кремнієвому сплаві становить кремнію від 15 % до 20 % і марганцю не менше 65 % (решта - залізо і вуглець).

2. Новим є режим присадки марганцево-кремнієвого феросплаву у стальну ванну дугової печі з наступним легуванням вуглецевим ферохромом.

3. Новим є застосування для розкислення і легування металу-напівпродукту комплексним марганцево-кремнієвим феросплавом, що містить низькі і стабільні показники елементів - домішок кальцію і алюмінію не більше 0,1-0,15 % кожного.

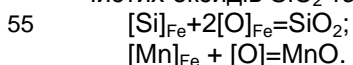
За зазначених умов у сполученні з наступним розкисленням сталі алюмінієм, рафінуванням металу під високоосновними шлаками у ковші-печі та вакуумування, забезпечує у сталі перед її розливкою та у сортовому прокаті вміст кальцію 6-10 ppm і алюмінію 0,20-0,35 %.

4. Новим є також зниження питомих витрат феросплавів за рахунок застосування комплексного марганцево-кремнієвого феросплаву з використанням його при виплавці сталі ШХ15СГ-В за викладеним вище режимом

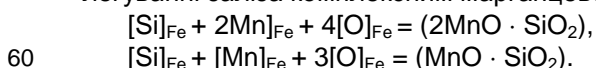
Причинно-наслідковий зв'язок сукупності суттєвих ознак способу виплавки підшипникової електросталі ШХ15СГ-В, що заявляється та стримувальними технічними результатами полягає у наступному:

1. Розкислення і легування металу-напівпродукту у дуговій електропечі (п. 1 Нового) (після закінчення процесу вилучення фосфору з металу) комплексним марганцево-кремнієвим феросплавом досягається кількома термодинамічними і термодинамічними (синергетичними) ефектами, що позитивно впливають на досягнення вирішення задачі заявлюваного способу виплавки сталі ШХ15СГ-В.

1.1. Ефект перший, термодинамічний. Розкислення металу-напівпродукту у дуговій електропечі або ковші-печі окремо феросиліцієм і феромарганцем супроводжується утворенням чистих оксидів  $SiO_2$  та  $MnO$  відповідно за реакціями



Відомо, що активність чистих оксидів дорівнює кожній з них одиниці. При розкисленні і легуванні заліза комплексним марганцево-кремнієвим феросплавом мають місце реакції:



Активність  $a_{\text{MnO}}$  і  $a_{\text{SiO}_2}$  нижче одиниці. Тому, за інших рівних умов рівноважна концентрація розчиненого у залізі кисню буде нижче у разі застосування марганцево-кремнієвого феросплаву.

Згідно з даними експериментальними дослідженнями рівноважні концентрації кисню у рідкому залізі при умові розкислення марганцево-кремнієвим феросплавом завжди значно нижчі у порівнянні з розкисленням окремо феросиліцієм і феромарганцем, що підтверджується наведеними нижче даними при зміні вмісту марганцю від 0,063 до 1,41 % і кремнію від 0,073 до 0,63 %.

[Mn], % мас.	0,63	0,180	0,260	0,510	1,410
[Si], % мас.	0,073	0,12	0,280	0,37	0,630
[O], % мас.	0,275	0,412	0,0175	0,0138	0,010

[Авербух СМ., Смирнов Л.А., Попель СИ. Совместное раскисление жидкого железа кремнием и марганцем // ИВУЗ. Черная металлургия. 1983. - № 3. - С. 4-8].

Вплив відношення %Mn: %Si у рідкому безвуглецевому і нелегованому хромом залізі ґрунтовно розроблено у роботах академіка О.М. Самаріна, а за даними Герті та Фіттера у монографії Г. Кньюеля

[Кньюель. Раскисление и вакуумная обработка стали. М.: Металлургия, 1973. - 312 с.]

Таким чином, наведені вище дані підтверджують позитивний термодинамічний ефект застосування для розкислення і легування металу-напівпродукту при виробництві сталі ШХ15СГ-В марганцево-кремнієвого феросплаву, що заявляється.

1.2. Ефект другий - термодинамічний. Він полягає в тому, що продукти реакцій за прототипом мають великі температури плавлення ( $t_{\text{пл}} \text{ MnO} = 1850^\circ\text{C}$ ,  $t_{\text{пл}} \text{ SiO}_2 = 1720^\circ\text{C}$ ), в той час як силікати марганцю легкоплавкі: тефроїт  $2\text{MnO} \cdot \text{SiO}_2 (t_{\text{пл}} = 1345^\circ\text{C})$ , родоніт  $\text{MnO} \cdot \text{SiO}_2 (t_{\text{пл}} = 1291^\circ\text{C})$ .

2. Ефект третій - синергетичний. Із урахуванням наведених позитивних ефектів застосування марганцево-кремнієвого феросплаву за режимом способу, що заявляється, характеризується більшою питомою вагою у порівнянні з феросиліцієм і тому скоріше занурюється в розплавлений метал-напівпродукт і, таким чином, зменшуються витрати феросплаву за статтею "угар марганцю і кремнію".

3. Новизна і промислова корисність (п. 2 Новизни) легування металу у дуговій електропечі хромом (ферохромом) після присадки комплексного марганцево-кремнієвого феросплаву полягає також у зменшенні втрат хрому за статтею "угар хрому", завдяки більш низькому вмісту розчиненого кисню.

4. Новизна і промислова корисність (п. 3 Новизни) застосування комплексного марганцево-кремнієвого феросплаву, хоча і не з регламентованим, зате постійно низьким вмістом елементів-домішок кальцію і алюмінію, полягає в тому, що створюються сприятливі умови для наступного (після використання присадок його у сталеплавильній ванні електричної печі) розкислення сталі алюмінієм з урахуванням джерела надходження кальцію за реакцією відновлення його з високоосновного шлаку алюмінієм. Викладене забезпечує умови для отримання у сталі ШХ15СГ-В перед розливкою по виливницях (відповідно у сортовому прокаті металу) 6-10 ppm кальцію і 0,020-0,035 % алюмінію, що підтверджено результатами дослідного контролю прокату сталі.

5. Новизна причинно-наслідкового зв'язку (по. п. 4 Новизни) поміж сукупністю суттєвих ознак способу виплавки підшипникової сталі, що заявляється, обґрунтовується тим, що виключається використання феромарганцю і суттєво скорочується використання феросиліцію; невелика кількість його застосовується для корегування вмісту кремнію у сталі на стадії позапечної обробки її у ковші-печі.

Вищезазначений спосіб виплавки підшипникової сталі марки ШХ15СГ-В досліджувався з використанням марганцево-кремнієвого феросплаву у послідовності технологічних процесів і режимів в умовах ПАТ "Дніпроспецсталь".

Виплавка металу-напівпродукту велась у дуговій електропечі з основною футерівкою з використанням металошихти і шлакоутворювальних матеріалів. Шлак з високим вмістом фосфору скачували, а потім вводили новий шлак і присаджували комплексний марганцево-кремнієвий феросплав з розрахунку 1,2 % Mn у металі, що супроводжувалося разом з підвищенням вмісту кремнію. Далі за присадкою марганцево-кремнієвого феросплаву вводили вуглецевий ферохром на середній вміст хрому у сталі ШХ15СГ-В (границі 1,30-1,65 % Cr).

Метал-напівпродукт у печі нагрівали до  $1620 \pm 10^\circ\text{C}$ , а потім випускали у ківш (ківш-піч) з відсичкою пічного шлаку, що мав такий хімічний склад (% мас):

CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO
41,1-45,66	4,5-9,7	17,06-18,19	2,52-2,71	3,79-4,18	3,51-4,63

- під час випуску металу з печі на струмину металу подавали вапно і плавиковий шпат у відношенні 4:1 відповідно. Корегування хімічного складу сталі проводили феросиліцієм. Шлак першої стадії рафінування у ковші-печі скачували і наводили новий також із вапна і шпату, розплавляли суміш електричними дугами і контролювали зменшення вмісту сірки у сталі. Кінцевий шлак у ковші-печі мав хімічний склад (% мас):

CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MnO	FeO	S	CaF <sub>2</sub>
50-60	4-6	5-8	12-18	0,3-0,4	0,8-1,1	0,1-0,2	8-10

- Далі ківш передавали на вакууматор для вакуумування з метою додаткового розкислення і дегазації металу. Шлак після вакуумування мав наступний хімічний склад

CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MnO	FeO	S	CaF <sub>2</sub>
50-55	6-11	6-15	15-20	0,3-0,4	менш 0,2	0,4-0,5	6-8

- Метал сортового прокату за результатами аналізу характеризувався вмістом 7-9 ppm Ca і 0,028-0,31 % Al.

Дані бальної оцінки вмісту неметалевих включень у сортовому прокаті сталі ШХ15СГ-В підтвердили, що партії прокату за неметалевих включень, контрольовані за нормами ГОСТ 801-78 та американського стандарту ASTM E-45 (метод А, повністю відповідали жорстким вимогам фірм "Dapinja", "Tirken", "Krasin" та ін.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

- Спосіб виплавки підшипникової вуглецевої сталі, легованої хромом, кремнієм і марганцем, що включає виплавку металу-напівпродукту у дуговій електропечі, розкислення, легування, позапічну обробку металу у ковші-печі з використанням твердих шлакоутворювальних матеріалів, вакуумування з розкисленням алюмінієм, який **відрізняється** тим, що розкислення і легування металу-напівпродукту проводять марганцем і кремнієм шляхом введення комплексного марганцево-кремнієвого феросплаву у відношенні % Mn: % Si у межах 3,2-4,3 при вмісті марганцю не менше 65 мас. %.
- Спосіб за п. 1 який **відрізняється** тим, що виплавка у дуговій електропечі передбачає дефосфорацію металу і скачування шлаку з подальшим наведенням нового шлаку і легування металу хромом на марочний вміст його у сталі шляхом присадки вуглецевого ферохрому, по закінченні чого у нерозкислений метал присаджують комплексний марганцево-кремнієвий феросплав.
- Спосіб за п. 1 або 2 який **відрізняється** тим, що у комплексному марганцево-кремнієвому феросплаві вміст елементів-домішок - кальцію і алюмінію не перевищує 0,1-0,15 мас. % кожного.
- Спосіб за будь-яким з пп. 1-3 який **відрізняється** тим, що здійснюють корегування хімічного складу підшипникової сталі на стадії позапічної обробки у ковші-печі феросиліцієм зі стабільним вмістом кальцію в межах 0,3-0,6 мас. %.
- Спосіб за будь-яким з пп. 1-4 який **відрізняється** тим, що розкислення і легування комплексним марганцево-кремнієвим феросплавом за розробленими технологічними режимами проводять з розрахунку забезпечення у сталі вмісту кальцію 6-10 ppm і алюмінію 0,020-0,035 мас. % у випадку виготовленого з неї сортового прокату.

Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

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