



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **103888** (13) **C2**  
(51) МПК**C21C 5/52** (2006.01)  
**C21C 7/076** (2006.01)  
**C21C 7/10** (2006.01)  
**C22C 33/04** (2006.01)  
**C21C 7/06** (2006.01)ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**

<b>(21)</b> Номер заявки:	<b>а 2010 08613</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и):	<b>Шпітцер Карл-Хайнц (DE), Редекер Крістіан (DE)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки:	<b>17.11.2008</b>	<b>(73)</b> Власник(и):	<b>ЗАЛЬЦГІТТЕР ФЛАХСТАЛЬ ГМБХ, Eisenhüttenstrasse 99, D-38239 Salzgitter, Germany (DE), ПАЙНЕР ТРЬОГЕР ГМБХ, Gerhard-Lucas-Meyer-Strasse 10, D-31226 Peine, Germany (DE)</b>
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на винахід:	<b>10.12.2013</b>	<b>(74)</b> Представник:	<b>Маслова Тетяна Михайлівна, реєстр. №61</b>
<b>(31)</b> Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	<b>10 2007 061 062.0</b>	<b>(56)</b> Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	UA, 73898, C2, 15.09.2005 RU, 2208052, C1, 10.07.2003 RU, 2096491, C1, 20.11.1997 US, 2076885, A, 31.05.1934 Толстогузов Н. В., Годик Л. А., и др. Прямое легирование стали марганцем в дуговых электросталеплавильных печах // Сталь. - № 1. - 1995. - С. 24 - 27
<b>(32)</b> Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	<b>14.12.2007</b>		
<b>(33)</b> Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	<b>DE</b>		
<b>(41)</b> Публікація відомостей про заявку:	<b>10.08.2010, Бюл.№ 15</b>		
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту:	<b>10.12.2013, Бюл.№ 23</b>		
<b>(86)</b> Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	<b>РСТ/DE2008/001926, 17.11.2008</b>		

**(54) СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ РОЗПЛАВУ СТАЛІ ІЗ ВМІСТОМ МАРГАНЦЮ ДО 30 МАС. %****(57) Реферат:**

Винахід стосується способу одержання розплаву сталі із вмістом марганцю до 30 мас. %, в якому додатково можуть міститися, мас. %: до 5 Si, до 1,5 C, до 22 Al, до 25 Cr, до 30 Ni, а також до 5 Ti, V, Nb, Cu, Sn, Zr, Mo, W кожного, а також до 1 N і P кожного, решта - залізо та неминучі домішки при виплавці сталі.

UA 103888 C2



Винахід належить до способу одержання розплаву сталі із вмістом марганцю до 30 мас. % згідно з п. 1 формули винаходу.

Крім того, розплави сталі, окрім марганцю, можуть також містити до 5 мас. % кремнію, до 1,5 мас. % вуглецю, до 22 мас. % алюмінію, до 25 мас. % хрому, до 30 мас. % нікелю, а також до 5 мас. % титану, ванадію, ніобію, міді, олова, цирконію, молібдену та вольфраму кожен та до 1 мас. % азоту та фосфору кожен.

Подібні сталі знаходять застосування, наприклад, в автомобільній промисловості для зниження питомої витрати палива при збереженні максимально комфортних умов. При цьому зниження ваги відіграє визначальну роль. Цю вимогу прагнуть дотримувати, зокрема, стосовно кузовів, шляхом зменшення товщини стінки за рахунок застосування більш міцних сталей, не знижуючи при цьому жорсткості при поздовжньому згинанні, деформуванні глибокою витяжкою і/або витяжкою та при нанесенні покриття.

У EP 0 889 144 A1 запропонована деформована у холодному стані, зокрема придатна до глибокої витяжки, аустенітна сталь для полегшених конструкцій, що має межу міцності при розтягуванні до 1100 МПа. Основними елементами цієї сталі є Si, Al і Mn при вмісті 1-6 мас. % Si, 1-8 мас. % Al і 10-30 мас. % Mn, решта – залізо та звичайні домішки сталі.

Високий ступінь деформації, що досягається, забезпечують за рахунок особливих ефектів, як, наприклад, застосуванням TRIP сталі (Transformation Induced Plasticity), NWIP (Twinning Induced Plasticity) або SID сталі (Shearband Induced Plasticity).

Проблемою, властивою таким сталям, є складність металургійної переробки внаслідок високого вмісту легувальних елементів.

У DE 101 64 610 C1 розкрито спосіб одержання розплаву сталі із вмістом марганцю до 30 мас. %, при якому шихтовий матеріал плавлять, наприклад, в індукційній печі з одержанням розплаву, при цьому розкислення розплаву алюмінієм проводиться так, щоб кисень зв'язувався алюмінієм впродовж усієї плавки, причому у розкислений розплав додають марганець і кремній, при цьому температура ванни рідкого металу підтримується дещо вищою за температуру ліквідусу. При такому способі необхідно попередити утворення бурого диму при додаванні марганцю у розплав.

У DE 35 02 542.5 розкрито спосіб виплавки сталі із вмістом марганцю не менше 8 мас. %, при якому в електродугову піч з основною футеровкою завантажують шихту та шлакоутворювальні добавки і потім проводять плавку.

Суттєвою шлакоутворювальною добавкою виступає вапняк, причому перед введенням марганцю у розплав проводиться дифузійне розкиснення. Марганець та шлакова суміш, що складається з  $Al_2O_3$ , вапняку, матеріалу із вмістом вуглецю, феросиліцію та плавикового шпату, вводять порційно у розплав. Остаточне розкиснення проводять алюмінієм.

При такому технологічному варіанті необхідно знижувати, по-перше, вміст фосфору у розплаві і, по-друге, загальний вміст закисів марганцю та заліза у кінцевому шлаку. Зокрема, даний спосіб придатний для зниження вмісту фосфору у розплаві.

В основному відомі технологічні прийоми виплавки сталей з високим вмістом марганцю мають наступні недоліки.

При додаванні шихтових матеріалів, що містять легувальні елементи, внаслідок високого вмісту легувальних елементів у розплав необхідно додатково подавати тепло; легування, яке проводиться зазвичай у ковші-печі, триває досить довго із-за геометричної конфігурації ємності та пов'язаної з цим незначної теплової потужності і тому є не економічним.

Крім того, через велику кількість шихтових матеріалів, що вводяться, та шлакоутворювальних добавок і викликаного цим низького рівня ванни рідкого металу або ж низького рівня заповнення ковша на початку обробки легування є ускладненим, не оптимальним і не економічним.

Інша проблема полягає у тому, що крупні частини марганцю, що міститься у шихтових матеріалах, можуть поглинатися швидше кислими або ж такими, що містять у великій кількості кисень, шлаками, внаслідок чого марганець буде відсутній при одержанні розплаву.

Низький вихід марганцю, тобто відношення між марганцем, що міститься в одержаному розплаві, і присутнім у шихтових матеріалах марганцем, додатково знижує економічність.

Якщо ж обрати надмірно основний шлак, то спінення шлаку при додаванні вуглецю у розплав може виявитися недостатнім.

Поширеною практикою спінення шлаків в електродуговій печі є утворення  $CO/CO_2$  в результаті реакції між доданим вуглецем та оксидом заліза ( $FeO$ ), що міститься у шлаку. Оксид заліза в основному шлаку міститься у недостатній кількості, оскільки в даному випадку його вміст особливо інтенсивно знижується, наприклад, у розплаві кремнієм. Проте утворення пінистого шлаку підвищує енергетичну ефективність і запобігає футерованню печі.

Додатково, завдяки речовинам, присутнім у використовуваних складових, що містять марганець, в'язкість шлаку може зрости у процесі легування настільки, що відбувається твердіння шлаку.

Крім того, шлак може справляти дуже шкідливу дію на футеровку/вогнетривкий матеріал, внаслідок чого необхідно підбирати шлях проходження шлаку та вогнетривкий матеріал.

В основу винаходу покладено задачу створення способу одержання розплаву сталі із вмістом марганцю до 30 мас. %, в якому усунені названі вище недоліки і забезпечується якомога більша економічність виробничого циклу.

Вказана задача вирішується за допомогою ознак п.1 формули винаходу. Оптимальні варіанти розвитку наведені у залежних пунктах формули.

Відповідно до винаходу спосіб згідно з винаходом включає наступні стадії:

- підготовку та використання ємності, що обігрівається, здатної протягом короткого часу забезпечити розплав або матеріали, що розплавляються, великою кількістю тепла при питомій тепловій потужності понад 200 кВт на тонну виробленого розплаву або при коефіцієнті Біо менше 3;

- завантаження у ємність, що обігрівається, розплаву заліза або твердих шихтових матеріалів, що містять залізо, або шихтових матеріалів у вигляді комбінації із розплаву заліза та твердого заліза;

- додавання частини або всієї кількості основних шлакоутворювальних добавок, що складаються по суті із CaO, MgO або відповідних доломітів, при цьому склад та кількість шлакоутворювальних добавок визначають залежно від необхідного вмісту Si або співвідношення Si/Mn;

- потім, при необхідності, плавлення твердих складових, що містять залізо, з одержанням низьколегованого розплаву сталі зі шлаком;

- додавання частини або всієї кількості складових, що містять марганець і/або кремній як легувальні елементи;

- потім, при необхідності, додавання додаткових складових, що містять легувальні елементи;

- нагрівання та плавлення складових, що містять легувальні елементи, після або під час завантаження, при необхідності, разом із завантажуваними складовими, що містять залізо, та шлакоутворювальними добавками, або ж у розплаві раніше розплавлених компонентів;

- при необхідності, введення решти кількості шлакоутворювальних добавок та складових, що містять легувальні елементи;

- при необхідності, зниження кількості шлаку, що утворюється, шляхом додавання SiMn з низьким вмістом вуглецю та пониженим вмістом Si, а також з низьким вмістом супутніх елементів;

- додавання шихтових матеріалів, що містять кремній, у поєднанні з марганцевою рудою або комбінованими залізо-марганцевими рудами, або шляхом одночасного використання, або шляхом додавання шихтових матеріалів, що містять кремній, з одночасним або подальшим нагрівом та додатковим додаванням марганцевої руди або комбінованих залізо-марганцевих руд;

- задання в'язкості шлаку шляхом додавання, наприклад, флюсів, що містять  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$  або  $CaF_2$ ;

- подальше видалення шлаку та легування алюмінієм до потрібного вмісту.

Велика перевага способу згідно з винаходом полягає у тому, що сталі з великим вмістом марганцю можуть дуже економічно виплавлятися лише за декілька технологічних операцій.

В результаті плавлення в ємності з великою питомою тепловою потужністю, що перевищує 200 кВт на тонну виробленого розплаву, або при коефіцієнті Біо менше 3 тривалість процесу дуже мала, що веде до високої економічності способу.

Варіант здійснення згідно з винаходом розроблений так, щоб за допомогою не більше двох ємностей можна було одержувати увесь діапазон хімічних складів сталі, тобто можна було б виплавляти сталі, наприклад, із вмістом марганцю до 30 мас. %.

При цьому для плавлення застосовують печі з підведенням великої питомої за масою потужності та оптимальним підведенням тепла до матеріалу, що розплавляється, наприклад, електродугові печі.

Підведення тепла до матеріалу, що розплавляється, характеризується коефіцієнтом Біо. Цей безрозмірний показник виражає величину співвідношення між зовнішньою теплопередачею, тобто теплоперенесенням від нагрітої граничної поверхні розплаву, і внутрішньою теплопередачею, тобто теплопровідністю розплаву. Цей показник розраховується на основі коефіцієнта, одержаного з добутку від множення коефіцієнта теплопередачі

теплоносія граничної поверхні та характеристичної протяжності на теплопровідність. Характеристична протяжність являє собою стосовно електродугової печі або ковша-печі, наприклад, глибину ванни рідкого металу.

Завдяки вибору цілеспрямовано узгоджених між собою шихтових матеріалів та шлакоутворювальних добавок вихід марганцю помітно підвищується, тобто шлаки поглинають значно меншу кількість марганцю і у розплаві залишається його більша кількість, що додатково значно збільшує економічну ефективність способу.

Шляхом цілеспрямованого задання в'язкості шлаку під час плавки за допомогою додавання флюсів, таких як  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$  та, при необхідності,  $CaF_2$ , можна ефективно протидіяти можливому зниженню в'язкості до твердіння розплаву.

Згідно з іншим варіантом здійснення способу за винаходом процес одержання починають або з розплаву із вмістом заліза  $> 95$  мас. %, наприклад, одержаного плавленням скрапу у тій же самій або іншій ємності, і/або з заліза прямого відновлення (DRI), залізо-марганцевих руд, чавуну або доменної або, при необхідності, конверторної сталі, або з одночасної плавки шихтових матеріалів із вмістом заліза, таких як скрап, DRI та частини або всієї кількості шихтових матеріалів, що розплавляються, для легування або шлакоутворювальних добавок.

Далі, шляхом нагрівання (підведення тепла) задають потрібну температуру ванни рідкого металу, яку підтримують за допомогою регулювання температури дещо вище за температуру ліквідусу, змінюваного у часі складу легованої сталі, і/або температура шлаку витримується в діапазоні, в якому може досягатися, зокрема регулюванням прийнятної в'язкості, спінення шлаку та високий ступінь масообміну з розплавом.

Незважаючи на застосування основного шлаку додаванням  $CaCO_3$ , можна досягати достатнє спінення шлаку. Крім того,  $CaCO_3$  забезпечує під час реакції  $CaO + CO_2$  потрібний для шлакоутворення  $CaO$ . Як альтернатива, можна застосовувати  $Ca(OH)_2$ , що утворює  $CaO$  та водяний газ.

Додавання легувальних елементів здійснюють згідно з винаходом шляхом їх нанесення на шлак, вдуванням за допомогою списа або намотуванням дроту з наповнювачем.

Також можна вводити легувальні елементи у вигляді котунів або шляхом завантаження сипкого матеріалу, наприклад, з контейнерів, бочок, бункерів та ін.

Для зниження зносу вогнетривкої футеровки печі оптимальним є додавання  $MgO$  або доломіту  $MgO$ .

Згідно з винаходом вміст  $Si$  та співвідношення  $Si/Mn$  задають шляхом регулювання складу шлаку і кількості шлакоутворювальних, таких, що підвищують основність, добавок, зокрема, додаванням  $CaO$ , доломіту,  $MgO$  та ін.

При цьому за допомогою співвідношення  $Si/Mn$  у розплаві задають до певної міри основність розплаву. Якщо додається незначна кількість вапняку, то вказаної основності досягають за допомогою  $MnO$ , поглиненого шлаком. При доданні великої кількості вапняку відповідно менше поглинається  $MnO$ , при цьому в результаті утворення  $SiO_2$  ефективніше проходить окислення і знижується киснева активність у системі. Відповідно оптимально проводити можливе вакуумне зневуглицювання при низькому вмісті  $CaO$ .

Для того, щоб зменшити кількість шлаку та забезпечити короткочасну зайнятість використовуваної ємності, застосовують, при необхідності, спеціально приготовлену складову, що містить марганець, на основі  $SiMn$  з низьким вмістом вуглецю або  $SiFeMn$  із зменшеним вмістом  $Si$  та низьким вмістом супутніх елементів. Для цього у процесі приготування  $SiMn$  вапно ( $CaO$ ) та марганцеву руду і/або залізну руду, а також, при необхідності, скрап поливають рідким  $SiMn$ , або ж названі шихтові матеріали подають у струмінь  $SiMn$  при розливі. При цьому у разі потреби скрап можна використовувати для охолодження розплаву.

В результаті силікотермічного відновлення оксидів заліза та марганцю з утворенням  $SiO_2$  тепло витрачається на розплавлення вапняку та залізної руди. При цьому співвідношення між кремнієм та марганцем задають за можливості таким, щоб при одержанні розплаву після плавлення більше не потрібно було змінювати вміст кремнію та марганцю, наприклад, шляхом легування або регулювання кількості шлаку.

Утворений при цьому новий продукт особливо придатний для одержання розплавів в контексті даного винаходу для виготовлення сталей з низьким вмістом вуглецю.

Після закінчення обробки, тобто після шлаковидалення, проводять легування алюмінієм або у тій же самій ємності, або в окремій ємності, при цьому алюміній вводять у твердому або рідкому вигляді, в результаті чого, у разі потреби, можна впливати і на температуру розплаву.

При використанні тільки однієї ємності для приготування розплаву нею може служити, наприклад, електродугова піч з відповідною тепловою потужністю. У зв'язку з відсутністю

потреби переливання розплаву в інші ємності досягають особливо коротких простоїв під час процесу і, отже, низьких технологічних витрат.

При використанні шихтових матеріалів з вмістом кремнію у поєднанні з марганцевою рудою або комбінованими залізо-марганцевими рудами, внаслідок екзотермічної силікотермічної реакції між кремнієм у розплаві та оксидами металів, оксидом заліза та оксидом марганцю, з утворенням  $\text{SiO}_2$  та залізо-марганцю у розплав надходить тепло, яке можна використовувати для плавлення шихтових матеріалів.

В результаті прискорюється плавка в ємності, що обігривається, або ж добавку металевої руди можна вводити в іншу ємність, що не обігривається, внаслідок чого можливо скоротити час зайнятості ємності, що обігривається.

В останньому випадку при використанні вихідного розплаву проводять плавлення складових, що містять марганець, з прийнятним вмістом вуглецю та високим вмістом кремнію, наприклад,  $\text{SiMn}$ . Потім розплав переливають у ківш, який не обігривається або обігривається при низькій тепловій потужності, і додають марганцеву руду для відновлення кремнію при проходженні силікотермічної реакції (підведення тепла). Одночасно з цим у шлак вводять складові, що містять марганець, і основні шлакоутворювальні добавки для зниження вмісту марганцю у розплаві та для регулювання вмісту кремнію у ньому.

Особлива перевага винаходу виявляється, наприклад, при виплавці сталей з необхідним низьким вмістом вуглецю, наприклад, менше 0,3 мас. %, оскільки у звичайному випадку можна відмовитися від вакуумного зневуглецювання (VOD). Проте у разі потреби в подальшому можна провести зневуглецювання способом VOD до особливо низького вмісту, при цьому обробку у вакуумі доцільно проводити донним продуванням киснем.

Збереження утворюваного відносно кислого (підвищений вміст  $\text{SiO}_2$  та  $\text{MnO}$ , низький вміст  $\text{CaO}$ ) та окисного шлаку при подальшій вакуумній обробці сприяє утворенню  $\text{CO}$  і тим самим зневуглецюванню. Лише після зневуглецювання додаванням  $\text{CaO}$  підвищують основність шлаку і при подальшому зниженні вмісту кремнію знижують вміст  $\text{MnO}$  у розплаві, що додатково підвищує вихід марганцю. У разі потреби можна видалити залишковий вміст кремнію додаванням у шлак залізної руди та  $\text{CaO}$ .

Приготування розплавів можна вести за різними технологічними варіантами, наприклад, як описано нижче.

#### Приклад

Технологічний варіант 1. Приготування розплаву в електродуговій печі.

Метою є приготування розплаву сталі із вмістом 18 мас. %  $\text{Mn}$ , 0,8 мас. %  $\text{C}$  і 2,3 мас. %  $\text{Si}$ . Приготування відбувалося на основі 100 т розплаву низьколегованої сталі при вмісті  $\text{Fe}$  понад 99 мас. %,  $\text{C} = 0,1$  мас. %,  $\text{Si} = 1$  мас. % і  $\text{Mn} = 0,25$  мас. %, в якому містилося 5 т шлаку наступного складу:  $\text{CaO} = 39$  мас. %,  $\text{SiO}_2 = 45$  мас. %,  $\text{FeO} = 10$  мас. %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,1$  мас. %,  $\text{MnO} = 2$  мас. %,  $\text{MnO}_2 = 0,01$  мас. %,  $\text{MgO} = 2$  мас. %,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 2$  мас. %.

Для задання вмісту марганцю на початку процесу у ванну рідкого металу вводили 16 т силікомарганцю ( $\text{SiMn}$ ) при вмісті вуглецю 1,7 мас. %, 10 т феромарганцю ( $\text{FeMn}$ ) при вмісті вуглецю 7 мас. % і 1 т вапняку ( $\text{CaO}$ ). При введенні складових, що містять легувальні елементи, ванну рідкого металу тимчасово підігрівали електричною дугою.

В описуваному випадку введення легувальних елементів зайняло близько 7 хвилин, при цьому нагрівання під час легування проводилося електричною дугою протягом близько 5 хвилин.

Було одержано близько 120 т розплаву зі складом цільового сплаву, а також 27 т шлаку наступного складу: близько 48 мас. %  $\text{CaO}$ , 38 мас. %  $\text{SiO}_2$ , 7 мас. %  $\text{MnO}$  та інші компоненти.

Тривалість приготування від рідкого нелегованого розплаву сталі до початку розливання може складати при такому технологічному варіанті менше 10 хвилин.

#### Приклад

Технологічний варіант 2. Приготування розплаву з пониженим вмістом кремнію та вуглецю в електродуговій печі і ковші.

Особливістю описуваного нижче варіанту є те, що для одержання сплаву з низьким вмістом вуглецю, незважаючи на відносно дешеву сировину, вакуумна обробка не проводилася і в результаті застосування силікотермічної реакції при короткій зайнятості електродугової печі значна частина роботи з легування припала на ківш, що не обігривався.

Метою було приготування розплаву сталі із вмістом 18 мас. %  $\text{Mn}$ , 0,1 мас. %  $\text{C}$  і 1,3 мас. %  $\text{Si}$ . Приготування проводили на основі 100 т розплаву низьколегованої сталі із вмістом:  $\text{Fe} > 99$  мас. %,  $\text{C} = 0,1$  мас. %,  $\text{Si} = 1$  мас. % і  $\text{Mn} = 0,25$  мас. %, при цьому містилося 5 т шлаку наступного складу:  $\text{CaO} = 39$  мас. %,  $\text{SiO}_2 = 45$  мас. %,  $\text{FeO} = 10$  мас. %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,1$  мас. %,  $\text{MnO} = 2$  мас. %,  $\text{MnO}_2 = 0,01$  мас. %,  $\text{MgO} = 2$  мас. %,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 2$  мас. %.

На початку процесу 20 т силікомарганцю (SiMn) при вмісті вуглецю 0,3 мас. % вводили у ванну рідкого металу протягом близько 7 хвилин. Потім, перед зливом розплаву з електродугової печі у ківш, розплав підігрівали електричною дугою. У ківш додавали 18 т марганцевої руди та 12 т CaO.

Незважаючи на великі кількості доданих плавких компонентів температура розплаву спочатку знизилася в результаті силікотермічної реакції лише незначно, а потім піднялася навіть вище за початкову температуру. Вибір основного складу шлаку сприяв проходженню силікотермічної реакції. При цьому було одержано близько 120 т розплаву зі складом цільового сплаву, в якому решта – залізо, і 33 т шлаку зі складом близько 41 мас. % CaO, 35 мас. % SiO<sub>2</sub> і 20 мас. % MnO.

В результаті подальшого додавання CaO та марганцевої руди вміст кремнію у розплаві був додатково понижений. Додатковим додаванням тільки CaO вихід марганцю був збільшений, при цьому кремній виступав як відновник.

Тривалість обробки розплаву в електродуговій печі склала при даному технологічному варіанті близько 10 хвилин, тривалість у ковші – близько 25 хвилин.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб одержання розплаву сталі із вмістом марганцю до 30 мас. %, що містить залізо та неминучі домішки, супутні при виплавці сталі, який включає в себе наступні стадії:

- підготовку та використання електродугової печі або ківшевої печі як ємності, що обігрівается,
- завантаження в ємність, що обігрівается, розплаву заліза або твердих шихтових матеріалів, які містять залізо або комбінації з розплаву заліза та твердих шихтових матеріалів, що містять залізо,

- додавання частини або всієї кількості основних шлакоутворювальних добавок, що складаються по суті з CaO, MgO або відповідних доломітів, при цьому склад та кількість шлакоутворювальних добавок задають залежно від потрібного вмісту Si або співвідношення Si/Mn,

- додавання частини або всієї кількості складових, що містять марганець і/або кремній як легувальні елементи,

- нагрівання та плавлення складових, що містять легувальні елементи, після або під час завантаження разом із завантаженими складовими, які містять залізо, та шлакоутворювальними добавками або раніше розплавленими у розплаві компонентами,

- додавання SiMn з низьким вмістом вуглецю або SiFeMn з пониженим вмістом Si та незначними частками супутніх елементів, причому вміст кремнію у SiMn або SiFeMn складає менше 10 мас. % для зниження кількості шлаку, що утворюється, при цьому у розплав подають тепло, що виділяється при силікотермічному відновленні оксидів заліза та марганцю з утворенням SiO<sub>2</sub> для плавлення шихтових матеріалів,

- додавання шихтових матеріалів, що містять кремній, у поєднанні з марганцевою рудою або комбінованими залізо-марганцевими рудами, або шляхом одночасного використання, або шляхом додавання шихтових матеріалів, які містять кремній, з одночасним або подальшим нагріванням та додатковим додаванням марганцевої руди або комбінованих залізо-марганцевих руд,

додавання флюсів, що містять, зокрема Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> або CaF<sub>2</sub>, для задання в'язкості шлаку, та

- остаточне видалення шлаку і легування алюмінієм до потрібного вмісту.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що у розплаві сталі можуть міститися, мас. %: до 5 Si, до 1,5 C, до 22 Al, до 25 Cr, до 30 Ni, а також до 5 Ti, V, Nb, Cu, Sn, Zr, Mo, W кожного, а також до 1 N і P кожного.

3. Спосіб за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що включає при необхідності операцію плавлення твердих складових, що містять залізо, з одержанням низьколегованого розплаву сталі із вмістом шлаку.

4. Спосіб за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що включає при необхідності операцію додавання додаткових складових, що містять легувальні елементи.

5. Спосіб за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що включає при необхідності операцію введення залишкової кількості шлакоутворювальних добавок та складових, що містять легувальні елементи.

6. Спосіб за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що легування проводять марганцевою рудою у другій ємності.

7. Спосіб за п. 6, який **відрізняється** тим, що друга ємність при необхідності може бути ємністю, що обігрівается.

8. Спосіб за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що вміст заліза у рідкій складовій, що містить залізо, складає понад 95 мас. %.
9. Спосіб за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що тверда складова, що містить залізо, складається зі скрапу і/або заліза прямого відновлення.
- 5 10. Спосіб за будь-яким з пунктів 1-9, який **відрізняється** тим, що нагрітий до температури плавлення шихтовий матеріал підтримують при температурі, вище за температуру ліквідусу сплаву відповідного складу, що змінюється у часі.
11. Спосіб за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що введення залишкової кількості шлакоутворювальних добавок та складових, що містять легувальні елементи, проводять
- 10 одноразово або у декілька прийомів, рознесених за часом.
12. Спосіб за п. 11, який **відрізняється** тим, що введення залишкової кількості шлакоутворювальних добавок та складових, що містять легувальні елементи, проводять шляхом нанесення їх на шлак.
13. Спосіб за п.11, який **відрізняється** тим, що введення залишкової кількості
- 15 шлакоутворювальних добавок та складових, що містять легувальні елементи, проводять шляхом їх вдування.
14. Спосіб за п. 11, який **відрізняється** тим, що введення залишкової кількості шлакоутворювальних добавок та складових, що містять легувальні елементи, проводять у вигляді котунів.
- 20 15. Спосіб за п. 11, який **відрізняється** тим, що введення залишкової кількості шлакоутворювальних добавок та складових, що містять легувальні елементи, проводять у вигляді сипкого матеріалу.
16. Спосіб за будь-яким з пунктів 1-15, який **відрізняється** тим, що після легування алюмінієм розплав обробляють у вакуумі для задання вмісту вуглецю.
- 25 17. Спосіб за будь-яким з пунктів 1-16, який **відрізняється** тим, що марганець вводять у вигляді SiMn, FeMn з низьким вмістом супутніх елементів або у вигляді металевого Mn.
18. Спосіб за п. 16, який **відрізняється** тим, що обробку у вакуумі проводять при донному продуванні киснем (обробка методом VOD).
19. Спосіб за п. 16 або 18, який **відрізняється** тим, що при обробці у вакуумі зберігають кислий
- 30 шлак.
20. Спосіб за будь-яким з пунктів 1-19, який **відрізняється** тим, що додатково вводять добавку  $\text{CaCO}_3$  або  $\text{Ca}(\text{OH})_2$
21. Спосіб за будь-яким з пунктів 1-20, який **відрізняється** тим, що під час приготування розплаву використовують другу ємність.
- 35 22. Спосіб за п. 21, який **відрізняється** тим, що ємність є такою, що обігрівається.

---

Комп'ютерна верстка В. Мацело

---

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