



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 32609

(13) U

(51) МПК (2006)  
C21C 7/06

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

# ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СПОСІБ ПОЗАПІЧНОЇ ОБРОБКИ КИПЛЯЧОЇ СТАЛІ

1

2

(21) u200715010

(22) 26.12.2007

(24) 26.05.2008

(46) 26.05.2008, Бюл. № 10, 2008 р.

(72) БОЙКО ВОЛОДИМИР СЕМЕНОВИЧ, UA,  
КЛИМАНЧУК ВЛАДИСЛАВ ВЛАДИСЛАВОВИЧ, UA,  
ПРАХНІН ВЯЧЕСЛАВ ЛЕОНІДОВИЧ, UA,  
ШЕБАНИЦЬ ЕДУАРД МИКОЛАЙОВИЧ, UA,  
ФЕНТИСОВ ІГОР МИКОЛАЙОВИЧ, UA,  
ОМЕЛЬЯНЕНКО МИКОЛА ІВАНОВИЧ, UA,  
ГАПОНОВ БОРИС ПЕТРОВИЧ, UA, КУРАКІН  
ЮРІЙ МИКОЛАЙОВИЧ, UA, ГОДИНСЬКИЙ  
ОЛЕКСАНДР АНАТОЛІЙОВИЧ, UA, КОМАР  
СЕРПІЙ МИХАЙЛОВИЧ, UA, КОВАЛЬ СЕРПІЙ  
ОЛЕКСІЙОВИЧ, UA, КЛАДІТІ ГЕОРГІЙ  
ОЛЕКСАНДРОВИЧ, UA, ПРЯДКІН ВІТАЛІЙ  
(73) ГОЛОВНИЙ ТОВАРИСТВО  
"МАРИУПОЛЬСЬКИЙ МЕТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ  
ІМ. ІЛЛІЧА", UA

(57) Спосіб позапечної обробки киплячої сталі, що  
включає випуск нерозкисненого металу зі  
сталеплавильного агрегату в ківш ємністю понад

150 т, розкислення металу в ковші  
низькокрем'янистим феромарганцем або  
брикетами на його основі й продувку розплаву  
через шибєрний затвор ковша, який  
**відрізняється** тим, що продувний газ являє собою  
суміш технічно чистих азоту й кисню, при цьому  
об'ємний вміст кисню в газовій суміші залежно від  
вмісту кремнію у феромарганці визначають із  
співвідношення:

$$V_{O_2} = 0.8 \times [\%Si]^2 + 1.6 \times [\%Si] + 0.2 \pm \{0.8[\%Si] + 0.2\}, \% \text{ абс.},$$

де  $V_{O_2}$  - об'ємна частка кисню в продувній газовій  
суміші в %;

$[\%Si]$  - масова частка кремнію у феромарганці в %,  
при цьому час продувки рідкого металу  
визначають за формулою:

$$T_{пр} = Q_{фм} \times (V/M_k)^{0.33} \pm 10 \% \text{ відн.},$$

де  $T_{пр}$  - час продувки розплаву в ковші, хв;

$Q_{фм}$  - питома витрата феромарганцю для  
ківшового розкиснення, кг/т;

$V$  - загальна витрата продувної газової суміші,  
 $nm^3/g$ ;

$M_k$  - повна маса металу в ковші, тон.

Корисна модель належить до чорної  
металургії, зокрема, до обробки киплячої сталі в  
ковшах ємністю понад 150т.

Відомий спосіб позапечної обробки киплячої  
сталі, що включає в себе уведення після випуску  
частини металу феромарганцю й окиснювача в  
кількості, пропорційній вмісту кремнію у  
феромарганці, який відрізняється тим, що  
окислювач вводять двома порціями: першу - під  
струмінь металу з початком уведення  
феромарганцю, другу - після закінчення уведення  
феромарганцю із загальною масою, що  
визначається з вираження:

$$P_{ок} = [A + 0.03(t_{Me} - t_{Cp})] \times \frac{m_{FeMn} \times [\%Si]_{FeMn}}{[\%O]_{ок}}$$

де  $P_{ок}$  - маса окиснювача, кг;

$A$  - ступінь засвоєння окиснювача;

$t_{Me}$  - температура металу перед випуском з  
печі, °C;

$t_{Cp}$  - середньарифметичне значення  
температур металу перед випуском з печі,  
рекомендоване для даної марки сталі, °C;

$m_{FeMn}$  - маса феромарганцю, кг;

$[\%Si]$  - вміст кремнію у феромарганці, % мас;

$[\%O]$  - вміст кисню в окиснювачі, % (патент  
України №44804 кл. C21C7/06, B22B1/00, 2002).

Недоліками відомої технології є значна  
неоднорідність розподілу феромарганцю й окис-  
нювача в об'ємі металу в ковшах великої ємності  
(більше 150т), а також помітне зниження  
температури сталі в ковші за рахунок уведення  
великої маси окиснювача відповідно до  
пропонованої формули, що приводить до  
нестабільної окисненості металу на розливанні й  
зниженню виходу якісних злитків киплячої сталі.

Найбільш близьким до пропонованого способу  
по технічній сутності й досягаемому ефекту є  
спосіб обробки киплячої сталі в ковші, у якому  
робиться відсічення грубних шлаків на випуску  
плавки, уведення феромарганцю, наведення

(13) U

(11) 32609

(19) UA

синтетичних шлаків у ковші під час його заповнення з одночасною продувкою металу інертним газом через шиберний затвор і розкиснення наведених шлаків коксиком фракції 3-10мм у кількості 3-15кг/м<sup>2</sup> поверхні шлаків (патент Росії №02151805 кл. C21C7/06, 2000).

Наведений спосіб має певні переваги в порівнянні з наведеним раніше способом позапічної обробки киплячої сталі, зокрема, більш високий ступінь усереднення температури й феромарганцю по об'єму ковша за рахунок перемішування розплаву інертним газом і більш високу чистоту металу за рахунок видалення неметалічних включень у шар синтетичних шлаків при продувці одночасно з перевагами цей спосіб має й ряд істотних недоліків, до основного і яких можна віднести значні втрати температури при продувці інертним газом і зниження окисненості металу за рахунок продувки й обробки шлаків коксиком. Це приводить до погіршення інтенсивності кипіння металу в виливницях і, як наслідок, зниженню якості злитків киплячої сталі й збільшенню підсортуння прокату з таких злитків.

Пропонований спосіб позапічної обробки киплячої сталі дозволяє усунути наведені вище недоліки при обробці металу в ковшах великої ємності (понад 150т).

Поставлене завдання вирішується тим, що в пропонованому способі, що включає в себе випуск нерозкисненого металу в ківш, розкиснення в ковші низькокремністим феромарганцем або брикетами на його основі (зі вмістом кремнію не більше 4%) і продувку розплаву через шиберний затвор ковша, як продувний газ використовується суміш технічно чистих азоту й кисню, у якій об'ємний вміст кисню вибирається, залежно від вмісту кремнію у феромарганці відповідно до співвідношення:

$$V_{O_2} = 0,8 * [\%Si]^2 + 1,6 * [\%Si] + 0,2 \quad [\%Si] + 0,2 \quad \text{\% абс,}$$

де  $V_{O_2}$  - об'ємна частка кисню в продувній газовій суміші в %;

$[\%Si]$  - масова частка кремнію у феромарганці в %, при цьому час продувки рідкого металу визначається по формулі:

$$T_{пр} = Q_{фм} * (V/M_k)^{0,33} \pm 10\% \text{ відн.,}$$

де  $T_{пр}$  - час продувки розплаву в ковші, хв;

$Q_{фм}$  - питома витрата феромарганцю для ківшевого розкиснення, кг/т;

$V$  - загальна витрата продувної газової суміші, м<sup>3</sup>/г;

$M_k$  - повна маса металу в ковші, тон.

При цьому в ківш після уведення феромарганцю може присаджуватися тверда шлакоутворююча суміш у кількості 5-15кг/т.

Загальними з найбільш близьким аналогом істотними ознаками пропонованого способу є випуск у ківш нерозкисненого металу, розкиснення його в ковші феромарганцем і продувка металу газом через шиберний затвор ківша.

Підмінною під найбільш близького аналога істотною ознакою є те, що продувний газ являє собою суміш щодо інертного до киплячої сталі газу (азоту) і кисню, співвідношення яких у суміші й час

продувки розплаву регламентовані емпіричними формулами.

Між істотними ознаками пропонованого способу й досягаємим технічним результатом є причинно-наслідковий зв'язок.

Продувка розплаву забезпечує високий ступінь усереднення феромарганцю в об'ємі металу, за рахунок наявності в газовій суміші строго регламентованого вмісту кисню сприяє частковому видаленню кремнію, що вводять із феромарганцем, що дозволяє стабілізувати окисненість киплячої сталі й довести її до технологічно необхідного рівня.

Крім того, тепло, виділюване за рахунок екзотермічних реакцій між киснем газової суміші й домішками легко окиснюваного металу, дозволяє частково компенсувати втрати тепла при продувці й стабілізувати температуру металу в ковші.

Таким чином, при дотриманні оптимального вмісту кисню в продувному газі й тривалості продувки металу представляється можливим знизити величину перегріву сталі в печі перед випуском, а отже, забезпечити економію палива на виплавку сталі, скоротити питому витрату кисню в печі за рахунок остаточного доведення металу по вуглецю в ковші, зменшити трудомісткість робіт на випуску сталі з печі, підвищити інтенсивність кипіння сталі в виливницях, за рахунок чого знизити витрату алюмінію й феросиліцію на хімічне закупорювання злитків киплячої сталі й підвищити якість злитків, знизити підсортуння прокату, зменшити або виключити присадки окислювальних брикетів (сумішей) у ковші й виливницях. технологія позапічної обробки опрацьовувалася при випуску низьковуглецевої киплячої сталі з мартенівських печей ємністю 650т у сталерозливочному ковші ємністю 350т.

Перед початком випуску металу з печі в ківш через вставлену в канал шиберного затвора трубку подавалася при тиску газу 3-5кг/см<sup>2</sup> і витраті 40-100м<sup>3</sup>/годину газова суміш із технічно чистого азоту і кисню (чистота газу складала не менш ніж 99%) склад якої обирається залежно від вмісту кремнію у феромарганці (1,0-2,5% Si).

При заповненні 20-30% ковша рідким металом розплаву розкислювали присадкою феромарганцю або брикетів на його основі з питомою витратою 5,3-5,6кг/т, після чого продувку продовжували з дотриманням загального часу подачі газу в метал у межах 4-14хв.

Результати досвідчено-промислової серії плавок наведені в таблиці 1.

Як видно з отриманих результатів, найбільш високі параметри рідкого металу (інтенсивне кипіння в виливницях, мінімальне зниження температури за час випуску) досягалися в оптимальних діапазонах вмісту кисню її продувній газовій суміші (3-9% об'єм.) і часу продувки (8-10,5хв) що вміст кисню в продувній газовій, суміші й (або) час продувки нижче оптимальних значень, обумовлених розрахунковими формулами пропонованого способу, інтенсивність кипіння металу в виливницях знижується, що приводить до погіршення якості злитків, а спад температури металу за час випуску збільшується.

Якщо вміст кисню в продувній газовій суміші й (або) час продувки вище оптимальних значень, обумовлених розрахунковими формулами пропонованого способу, інтенсивність кипіння металу в виливницях стає надмірно бурхливою, ростуть втрати металу й погіршується якість злитків киплячої сталі, при цьому втрати температури металу за час випуску також зростають.

Присадка твердої шлакоутворюючої суміші під час продувки в кількості 7-12кг/т підвищує чистоту киплячої сталі по неметалічним включенням оксидного типу, при цьому витрата суміші менш ніж 5кг/т практично не поліпшує якості киплячих сталей, а витрата суміші більш ніж 15кг/т значно знижує температуру металу за час випуску.

З наведених результатів випливає, що оптимальний технологічний ефект, що виражається в мінімальному зниженні

температури металу за час випуску й добрій інтенсивності кипіння сталі в виливницях (котрі, в свою чергу, підвищують якість злитків і забезпечують економію матеріальних ресурсів по відношенню до аналогічних характеристик прототипа), досягається повною мірою тільки при збігу фактичних параметрів позапічної обробки з ознаками пропонованого способу (рядки 3-5 таблиці 1).

Очікуваний економічний ефект від впровадження пропонованого способу, що забезпечується за рахунок економії палива на виплавку сталі, скорочення питомої витрати кисню в печі, зниження виграєти алюмінію й феросиліцію на хімічне закупорювання злитків киплячої сталі, зменшення або виключення присадки окислювальних брикетів (сумішей) у ковші й виливниці, а також підвищення якості злитків і прокату, складає близько 1,5.. 2,5млн.грн у рік.

Таблиця 1

Маса металу в ковші, М <sub>к</sub> тон	Витрата газової суміші N <sub>2</sub> +O <sub>2</sub> на продувку в ковші, нм <sup>3</sup> /год	Питома витрата феромарганцю в ківш Q <sub>фм</sub> , кг/т	Вміст кремнію в FeMn, , [%Si]	Об'ємний вміст кисню в газовій суміші, V <sub>O2</sub> % об'єм		Час продувки металу в ковші T <sub>пр</sub> , хв..		Досягаємий ефект
				розрахунок	факт	розрахунок	факт	
310...340 типове: 320	40-100 типове: 60	5...6 типове: 5,4	1,0...2,5 типове: 1,5	2,6...9,2 типове: 4,4	0-2	7,8...10,5 типове: 9,2	4-6	Кипіння середньо-інтенсивне, втрати температури - 50...60°C
					2-3		5-7	Кипіння середньо-інтенсивне, втрати температури - 45...55°C
					3-4		8-9	Кипіння інтенсивне, втрати температури
					5-7		8,5-9,5	Кипіння дуже інтенсивне, втрати температури - 35...45°C
					8-9		9,5-10,5	Кипіння дуже інтенсивне, втрати температури - 40...45°C
					10-12		12-14	Кипіння бурне, зростання відходів втрати температури - 45...50°C