



УКРАЇНА

(19) UA (11) 35039 (13) A

(51) 6 C21C5/04, C21C7/06

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

(54) СПОСІБ ВИРОБНИЦТВА СТАЛІ

(21) 99084437

(22) 03 08 1999

(24) 15 03 2001

(46) 15.03 2001, Бюл. № 2, 2001 р.

(72) Ансімов Леонід Олександрович, Чуб Петро
Іванович, Учитель Лев Михайлович, Моцний
Валерій Васильович, Мухін Олександр Дмитрович,
Чуб Євген Петрович(73) ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО
"ДНІПРОВСЬКИЙ МЕТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ
ІМ Ф.Е. ДЗЕРЖИНСЬКОГО"(57) Спосіб виробництва сталі, що включає плав-
лення введених матеріалів, доводку, часткове

попереднє розкислення розплаву в сталеплавиль-
ному агрегаті, додаткове розкислення перед і в по-
чатковий період випуску із сталеплавильного
агрегату і остаточне в сталерозливному ковші
стандартними феросплавами, легуючими, шлако-
металевими флюсами, який відрізняється тим, що
в сталерозливний ківш на струмінь металу при рівні
1/8 висоти розплаву в ковші вводять стандартні
феросплави, а потім шлакометалевий флюс,
зокрема алюмотитановий, у кількості 6,6–8,9 кг/т
сталі до рівня 1/2 висоти розплаву в ковші при від-
повідному еквіваленті алюмотитанового флюсу і
металу (0,0083–0,012) т/с до (0,19–0,37) т/с.

Винахід стосується металургії чорних мета-
лів, а саме удосконалення розкислення сталі з
використанням стандартних і нетрадиційних
матеріалів.

Відомий спосіб виробництва сталі в марте-
нівській печі, що поєднує в собі плавлення шихто-
вих матеріалів, доводку з подальшим розкислен-
ням розплаву до його випуску із печі в сталероз-
ливний ківш з використанням по регламенту відхо-
дів виробництва сілікомарганцю, алюмокремнієво-
го флюсу, а також стандартних феросплавів і ле-
гуючих матеріалів (а.с. СРСР № 859460, кл.
C21C5/04, 1981 р.).

Реалізація способу дає можливість в певній
мірі зменшити витрати дефіцитних феросплавів,
підвищити якість сталі за рахунок рафінування в
період комплексного розкислення феросплавами і
флюсами.

Але для відомого способу характерні деякі
технічні і організаційні недоліки, серед яких голов-
ним являється часова віддаленість вводу необ-
хідних матеріалів в піч. Так, у випадках присадки в
піч, наприклад, відходів виробництва сілікомарган-
цю за 20 хвилин до випуску, при затяжному випус-
ку плавки із печі (25–40 хвилин) значна кількість
корисних розкислюючих елементів вигоряє додат-
ково через збільшення загального окислювального
періоду. Наслідком цього може бути прорахунок з
хімічним складом сталі по окремим елементам і
переведення її в нижчу марку, нееконімічна
витрата частини розкислювачів.

Найбільш близьким по технічній суті і здобу-
тому ефекту до запропонованого являється спосіб
виробництва сталі, який містить плавлення введе-

них матеріалів, доводку, часткове попереднє роз-
кислення розплаву в сталеплавильному агрегаті,
додаткове розкислення перед і в початковий
період випуску із сталеплавильного агрегату і ос-
таточне в сталерозливному ковші стандартними
феросплавами, легуючими, шлакометалевими
флюсами. Він частково передбачає усунення не-
доліків попереднього технічного рішення. Це за
рахунок того, що для часткового розкислення
розплаву в сталеплавильному агрегаті в нього на
шлакометалевий розплав в період до 10 хвилин до
початку випуску плавки, або до 5 хвилин після по-
чатку випуску вводять 2 – 6 кг/т сталі алюмокрем-
нієвий флюс (патент А № 18995А, C21C5/04,
C21C7/06, 25.12 97).

При такому способі зменшуються витрати
стандартних феросплавів, легуючих, а якість сталі
зростає.

Та для відомого способу характерні недолі-
ки, які проявляються пізніше, в період остаточного
розкислення металу в ковші стандартними
феросплавами і алюмокремнієвим флюсом.

В сталі після її розкислення залишається
значна кількість неметалевих домішок, переважно
алюмосилікатного походження.

Це не сприяє покращенню відносного по-
довження та ударної в'язкості в порівнянні з ана-
логом. Для суттєвого зниження неметалевих до-
мішок в сталі недостатньо присутності з відповід-
ним впливом специфічно діючих окремих еле-
ментів. Безперечно, прояв таких елементів в
комплексі і взаємодії з другими, що присутні в
феросплавах та легуючих був би ефективний та
покращив би рафінуючий вплив на метал, його

(19) UA (11) 35039 (13) A

якість. Відсутність же технічного рішення для відповідного ефективного забезпечення фізико-хімічного впливу на метал залишає цю проблему відкритою, а тому наведений спосіб виробництва сталі в цій категорії аналізу має значний недолік.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення способу виробництва сталі зокрема в період розкислення відомими і нетрадиційними матеріалами з якісно новим рівнем використання теплофізичного, масообмінного потенціалів металу та фізико-хімічних властивостей алюмотитанового флюсу поєднаних у взаємодію регламентованими параметрами, що дає можливість виробництва матеріало-економічної сталі з підвищеною якістю.

Рішення поставленої задачі досягають тим, що в спосіб виробництва сталі, вміщуючому плавлення введених матеріалів, доводку, частково попереднє розкислення розплаву в сталеплавильному агрегаті і остаточне в сталерозливному ковші стандартними феросплавами легуючими, шлакометалевими флюсами згідно з винаходом в сталерозливний ківш на струмінь металу при рівні 1/8 висоти розплаву в ковші вводять стандартні феросплави, а потім шлакометалевий флюс, зокрема алюмотитановий у кількості 6–8–9 кг/т сталі до рівня 1/2 висоти розплаву в ковші при відповідному еквіваленті алюмотитанового флюсу і металу (0,0083–0,012)т/с до (0,19–0,37)т/с.

Удосконалення розкислення сталі досягають за рахунок оптимізації основних параметрів технології в тому числі тривалості та кількості вводу вибраних матеріалів з поєднанням в комплексну взаємодію кінетичного і тепломасообмінного потенціалів струменю металу з фізико-хімічним потенціалом алюмотитанового флюсу. При цьому, чітко враховують поетапність розкислення металу – частково в сталеплавильному агрегаті і остаточне в ковші добуваючись цим самим помірного зниження окислення металу і підготовки його до надійного рафінування переважно від кисню та неметалевих домішок що досягається завдяки фізико-хімічному прояву взаємодії введеного алюмотитанового флюсу з комплексом тепло- і масообмінного потенціалів струменю металу. При цьому впливає ефективне використання продуктів взаємодії алюмотитанового флюсу з потенціалом струменю сталі виражене через еквівалентне співвідношення мас флюсу до металу.

Подальший вплив отриманих фізико-хімічних властивостей трансформувалася в підвищення якості сталі завдяки зниженню вмісту неметалевих домішок та мікролегуючому впливу титану що знайшло своє відображення в зменшенні природного зерна, підтвердженого мікροструктурним аналізом. Зниження вмісту неметалевих домішок в сталі, переважно алюмосилікатного походження пояснюється тим, що при введенні титану в метал в кількості 0,01–0,04 % продукт розкислення FeTiO_2 має порівняно невисоку густину що дозволяє при спливанні адсорбувати інші неметалеві домішки.

Такі умови найбільш сприятливо впливають на економію стандартних та ефективне використання запропонованих матеріалів, на підвищення якості сталі.

Запропонований спосіб пройшов випробування в дослідно-промислових умовах. Сталь виплавляли в основних 500-т мартенівських печах, опалюваних природним газом і мазутом, з продуку-

вою шихтових матеріалів киснем зверху. Після розплавлення шихтових матеріалів, поліровки, доводки отримували шлакометалевий розплав, відповідаючий вимогам параметрів дючої технологічної інструкції, зокрема періоду попереднього часткового розкислення в печі і подальшого випуску плавки з остаточним розкисленням в сталерозливному ковші. За цих умов в пч для часткового розкислення сталі за 5 хвилин до випуску плавки, присаджували сіркомарганець в кількості до 25% від загального вводу на плавку марганецьвміщуючих феросплавів. Потім плавку випускали в два сталерозливні ковші місткістю по 250 т кожний. В період випуску плавки, при наповненні кожного з ковшів металом на 1/8 висоти на струмінь присаджували необхідну кількість марганецькремнійвміщуючих феросплавів, а потім алюмотитановий флюс закінчуючи присадку його до 1/2 висоти металу в ковшах. Алюмотитановий флюс вводили в кількості 6–8–9 кг/т сталі, фракції 5=50 мм, сухий. Цей матеріал являється другорядним продуктом виробництва феротитану способом алюмотермії. В його двухфазному складі металева частина (15–25%) складається з металевих краплень алюмінію і титану. Шлакова частина вміщує оксиди: SiO_2 – 15,0 TiO_2 – 25,0, MgO – 4,4, Al_2O_3 – 26,8; CaO – 1,0 Ca_2O_3 – 3,7, MnO – 0,6. За фізичним впливом флюсу на продукти плавки в ковші спостерігали візуально. По закінченні випуску плавки сталь розливали сифонним способом в розширені дорожні глуходонні виливниці, з масою зливків до 8–3 т.

Подальші технологічні операції переділу сталі–прокат виконувались по дючим Ті. Виготовлені зливки трубних (40–45 тр.) сталей прокатувались на круглу заготовку діаметром 90–270 мм. В період дослідницького опробування 8 плавок відпрацьовувались всі параметри технології. Рекомендовано перед частковим розкисленням металу в печі мати температуру металу на 5–10°C вище установлені по Ті.

Основними критеріями оцінки якості отриманої сталі були показники фізико-хімічного аналізу, металографічних досліджень механічних характеристик прокату, які відповідали вимогам нормативних документів. Для порівняння брали показники в плавках сталі виплавлених в аналогічних умовах і розкислених по регламенту технології прототипу. Основні результати розкислення сталі по запропонованому способу і прототипу наведені в таблиці.

Аналіз поданих у таблиці даних свідчить про практичне досягнення рішення поставленої задачі. Так установлено що реалізуючи запропоноване технічне рішення, досягають комплексної взаємодії рекомендованих параметрів технології з акумулюванням в ефект розкислення рафінування та мікролегуювання сталі. Це стало можливим завдяки використанню в способі достатньо потенційного двофазного матеріалу, фізико-хімічні особливості якого при взаємодії з фізико-хімічними властивостями струменю металу а потім сталі в сталерозливному ковші забезпечують якісно новий ефект.

Для визнання загального впливу технологічного забезпечення рекомендованого способу на розвиток фізико-хімічних особливостей металевого розплаву необхідно послідовно диференційно визначити складові ефекту. Так в технологічному плані найбільш удосконалений спосіб виробництва сталі по прототипу розкриває ефект розкислення і часткового рафінування сталі за рахунок регламен-

тованого використання замість стандартного алюмінію алюмокремневого шлаку. Останній, по своїм фізико-хімічним можливостям в даному способі здібний впливати на розкислення сталі з частковим рафінуванням від шкідливих неметалевих домішок, газу. Залишки алюмінію в готовій сталі при цьому посередньо впливають на розміри природнього зерна гарячекатаного металу і практично в спокійних сталях вищезгаданих марок воно відповідає 0–2 балам по відомим мікроструктурним оцінкам. Тобто, подальшого потенціалу запишканий алюміній в готовій сталі практично не має для прояву мікролегуєчого впливу, оскільки алюміній в цих умовах "спрацював", як розкислювач металу і стримуванням розмірів природнього зерна сталі до 2 балів. Використання алюмотитанового флюсу по рекомендованому способу трансформується в подальший вплив на розкислення сталі більш глибоке рафінування а потім і мікролегування що узгоджується з аналізом виконаних досліджень згідно з якими при першій оцінці такого впливу метал в середньому вміщує окрім залишкового алюмінію (0,008%), ще 0,012 % титану.

Це підтверджується якісним аналізом при подальшому дослідженні металографічним методом. Кількість оксидів у сталі виплавленої по запропонованому способу знаходиться на рівні від 1 25 до 1 7 бала проти 1 3–2 0 балів по прототипу. Мікродослідження показали, що структури зразків металу плавки виплавлених по запропонованому способу, відповідає гарячекатаному стану і являє собою перлит з феритною сіткою з розмірами дійсного зерна від 2 до 4 балів (0–2 бала по прототипу). Впливовим параметром запропонованого способу являються також витрати алюмотитанового флюсу, еквівалентно взяті до кількості випуску металу в струмені. Цей параметр достатньо повно використовує тепловий, кінетичний, тепломасообмінний та термодинамічний потенціали запропонованого способу.

Зазначені у формулі параметри є оптимальними і в умовах реалізації забезпечують максимальний ефект.

Використання в меншій кількості алюмотитанового флюсу наприклад, 6,5 кг/т сталі з відповідним збільшенням кількості присадки в певний термін, наприклад 0,008 т/с при зменшенні кількості металу до 0,18 т/с з початком вводу стандартних феросплавів з рівня, наприклад 1/9 висоти металу в ковші і закінченням вводу алюмотитанового флюсу до 1/3 висоти металу в ковші призводить до зниження ефекту, зокрема по критерію ударної в'язкості. Цей показник падає до рівня 5 38 кгс/м² кв що становить 5,8% – граничного рівня достовірної значущості.

Використання в більшій кількості алюмотитанового флюсу, наприклад 9,0 кг/т сталі з відповідним збільшенням кількості присадки в певний термін, наприклад, 0 013 т/с, при збільшенні кількості металу до 0,38 т/с з початком вводу стандартних феросплавів з рівня 1/7 висоти металу в ковші і закінченням вводу алюмотитанового флюсу до 2/3 висоти металу в ковші призводить до зниження ефекту, зокрема по вмісту титана в сталі. Цей показник падає до рівня 0,006%, тоді як при регламентованих параметрах способу нижній рівень титану становить 0 007%. Використання в середній кількості алюмотитанового флюсу, наприклад, 7,8 кг/т сталі з відповідною середньою кількістю в певний термін, наприклад 0 01015 т/с при середній кількості металу 0 28 т/с, з початком вводу стандартних феросплавів з рівня 1/8 висоти металу в ковші і закінченням вводу алюмотитанового флюсу на рівні 1/2 висоти металу в ковші забезпечує максимальний ефект по всім показникам якості готового прокату (табл. поз 12–13). При цьому рівень достовірності забезпечення механічних характеристик прокату по трьох параметрах (тимчасовий опір, відносне подовження, ударна в'язкість) знаходяться в межах 97–100%, тоді як по прототипу 95 2–99,6%.

Запропонований спосіб простий в реалізації в виробничих умовах. При здійсненні його на практиці не потрібно реконструктивних і капітальних впроваджень. Його можливо широко використовувати в чорній металургії.

Варіант способу (марка сталі/ кількість плавки)	Витрати матеріалів на розкислення сталі, кг/т						Вміст мікролегуєчих мікроелементів		Основні показники якості готового прокату		
	в агрегаті		в печі				вміст Al, %	вміст Ti, %	тимчасовий опір, кгс/мм ²	відносне подовження, %	ударна в'язкість, кгс. м/см ²
	Al-Si флюс	Si-Mn	Fe-Mn Si-Mn	Fe-Si (45%)	Al-Si флюс	Al-Ti флюс					
Відомий ($\frac{10-45 \text{ тр}}{8}$)	2 0-6 0	-	$\frac{46-52}{43-50}$	2 0-3 4	2 2-6,6	-	0 018	-	66,20	22,81	5,41
Запропонований ($\frac{10-45 \text{ тр}}{8}$)	-	1,8-2 8	$\frac{6-7}{6-7}$	3 8-4,4	-	6,6 8 9	0 008	0,012	64,99	23,57	5,98

Тираж 50 екз.

Відкрите акціонерне товариство «Патент»
Україна, 88000, м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101
(03122) 3 – 72 – 89 (03122) 2 – 57 – 03
