



УКРАЇНА

(19) UA (11) 67489 (13) U
(51) МПК (2012.01)
C22C 38/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИСОКОМАРГАНЦЕВИСТОЇ СТАЛІ

1

(21) u201108807

(22) 13.07.2011

(24) 27.02.2012

(46) 27.02.2012, Бюл. № 4, 2012 р.

(72) БУЛАТЕЦЬКИЙ МИХАЙЛО БОРИСОВИЧ,
КРАВЧЕНКО СЕРГІЙ ВАСИЛЬОВИЧ, БУХАНОВ
ОЛЕКСАНДР ВІКТОРОВИЧ, ЛОЖЕЧКА МИХАЙЛО
ОЛЕКСАНДРОВИЧ, КАРПОВ ВЛАДИСЛАВ ВІКТО-
РОВИЧ, ТОСАКОВ В'ЯЧЕСЛАВ ЄВГЕНОВИЧ, ПЕ-
ТРЕНКО СЕРГІЙ ЮРІЙОВИЧ, ЯЩЕНКО ВОЛО-
ДИМИР МИКОЛАЙОВИЧ

(73) ПРИВАТНЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО
"КРИВОРІЗЬКИЙ ЗАВОД ГІРНИЧОГО ОБЛАД-
НАННЯ"

(57) Спосіб виробництва марганцевистої сталі, що
включає виплавку її в сталеплавильному агрегаті,
випуск рідкої сталі в ківш, розкиснення металу фе-
росплавами та позапічну обробку з кінцевою до-
водкою хімічного аналізу сталі феросплавами та
порошковими дротами, який **відрізняється** тим,
що сталь одержують методом сплавлення в елек-
тродуговій печі, перед випуском сталі або під час
випуску, або під час розкиснення металу перед
введенням феросплавів, або під час позапічної
обробки перед кінцевою доводкою хімічного аналі-
зу сталі феросплавами та порошковими дротами в

2

рідкий метал додатково присаджують кальцій,
алюміній, титан та ванадій, при номінальному хімі-
чному складі з наступним співвідношенням компо-
нентів, мас. %:

вуглець	0,65-0,90
марганець	11,50-14,50
кремній	0,30-0,60
ванадій	0,05-0,12
хром	0,30-1,30
алюміній	0,01-0,04
кальцій	0,0008-0,0020
титан	0,02-0,08
нікель	не більше 1,00
фосфор	не більше 0,07
сірка	не більше 0,02
залізо	решта,

при цьому ванадій додають у піч за 2-3 хвилини до
випуску, алюміній додають на дно ковша, титан і
кальцій задають на жолоб печі при наповненні
ковша металом на 30 %, а витрати встановлюють
в залежності від співвідношення між марганцем,
хромом і вуглецем по наступному співвідношенню:

$$\frac{0,4\text{Mn} + \text{Cr}}{\text{C}} = 5,0 - 10,5.$$

 $\text{N} \leq 0,1 \%$ $\text{S} \leq 0,030 \%$ $\text{P} \leq 0,050 \%$

Решта композиції складається із заліза і
постійних домішок, утворених в результаті виплав-
ки, сталь додатково містить один або більше
елементів, вибраних з (мас. %):

 $\text{Cr} \leq 1 \%$ $\text{Mo} \leq 1,50 \%$ $\text{Ni} \leq 1 \%$ $\text{Cu} \leq 5 \%$ $\text{Ti} \leq 0,50 \%$ $\text{Nb} \leq 0,50 \%$ $\text{V} \leq 0,50 \%$

і час витримки встановлюють так, щоб частка
рекристалізаційної поверхні доходила до 100 %.

Корисна модель належить до чорної
металургії, до ливарного виробництва, зокрема до
способів виробництва сталей, які можуть бути
використані для виготовлення великих виливків,
що працюють в умовах наклепу та зношування,
наприклад, як елементи обладнання, призначено-
го для видобутку й подрібнювання залізної руди.

Відомий спосіб виробництва аустенітної
залізо-вуглецево-марганцевистої сталі [Патент
України № 90873, МПК B22D11/06, C21D 8/02, C21D
9/46, C22C 38/04, опубл. 27.08.2007], в якому
сталь одержують виплавлянням і номінальний
хімічний склад сталі містить (мас. %):

 $0,85 \% \leq \text{C} \leq 1,05 \%$ $16 \% \leq \text{Mn} \leq 19 \%$ $\text{Si} \leq 2 \%$ $\text{Al} \leq 0,050 \%$

(13) U

(11) 67489

(19) UA

Однак недоліком сталі є те, що для одержання високих властивостей сталь потребує декілька циклів рекристалізаційно-відпалювальної термічної обробки і прокатування. Крім того відома сталь призначена в першу чергу для виготовлення листової сталі.

Найбільш близьким по технічній суті та результату, що досягається, є спосіб виробництва сталі (патент України № 39050U, МПК C21C 7/06, опубл.26.01.2009 - прототип), що містить виплавку її в сталеплавильному агрегаті, випуск рідкої сталі в ківш, розкиснення металу та позапічну обробку з кінцевою доводкою хімічного аналізу сталі феросплавами та порошковими дробами.

Недоліком відомого способу є невідповідність між різними операціями в процесі розкиснення, легування та позапічної обробки, яка призводить до створення великої кількості мілких оксидних, сульфідних та силікатних включень, яким потім досить важко спливити в шлак, вони взаємодіють між собою, злипаються та утворюють всередині металу концентратори напруження й не асимілюються шлаком, що утворюється, що не дозволяє досягати необхідного рівня фізико-механічних властивостей металу й призводить до підвищеного технологічного браку при розливанні металу. Невизначеність в режимах попереднього розкиснення металу на кожному з етапів виробництва сталі, з тому числі в часі застосування й в витратах розкиснювача для попереднього розкиснення в залежності від окисненості металу, призводить до підвищеного виграю елементів, підвищеним витратам феросплавів, значно підвищує собівартість виливків. Крім того, для одержання високих механічних властивостей необхідна термообробка - загартування на воду.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення способу виробництва високомарганцевистої сталі, що не потребує термообробки та не має схильності до утворення гарячих тріщин, за рахунок одержання дрібнозернистої структури по всьому перерізу вилівка шляхом регламентації використання додаткових компонентів на різних етапах виробництва сталі й визначенням їх витрат в залежності від ступеня окисненості металу, при одночасному зменшенні вмісту легуючих елементів і зниженні її собівартості.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі виробництва марганцевистої сталі, що включає виплавку її в сталеплавильному агрегаті, випуск рідкої сталі в ківш, розкиснення металу феросплавами та позапічну обробку з кінцевою доводкою хімічного аналізу сталі феросплавами та порошковими дробами в рідкий метал додатково присаджують кальцій, алюміній, титан та ванадій, при номінальному хімічному складі з наступним співвідношенням компонентів, мас. %:

вуглець	0,65 - 0,90
марганець	11,50 - 14,50
кремній	0,30 - 0,60
ванадій	0,05 - 0,12
хром	0,30 - 1,30
алюміній	0,01 - 0,04
кальцій	0,0008 - 0,0020
титан	0,02 - 0,08
нікель не більше	1,00
фосфор не більше	0,07
сірка не більше	0,02
залізо	решта,

при цьому ванадій додають у піч за 2-3 хвилини до випуску, алюміній додають на дно ковша, титан і кальцій задають на жолоб печі при наповненні ковша металом на 30 %, а витрати лігатур встановлюють в залежності від співвідношення між марганцем, хромом і вуглецем по наступному співвідношенню:

$$\frac{0,4\text{Mn} + \text{Cr}}{\text{C}} = 5,0 - 10,5$$

Запропонований спосіб дозволяє отримати високомарганцевисту сталь, що має структуру, що складається з аустеніту та дрібнодисперсних включень карбідів округлої форми усередині зерна, має високу зносостійкість і достатню міцність, та характеризується відсутністю схильності до утворення гарячих тріщин.

Вуглець суттєво впливає на рівень майже всіх фізико-механічних і службових характеристик сталі. При вмісті вуглецю менше 0,65 % значно зменшується зносостійкість сталі в умовах абразивного й ударного абразивного зношування.

При вмісті вуглецю більше 0,90 % необхідна обов'язкова спеціальна термообробка сталі для розчинення великої кількості карбідів, що приводить до підвищення собівартості виливків.

Отже, оптимальним для рішення поставленої у корисній моделі задачі є діапазон вмісту вуглецю в сталі - 0,65-0,90 мас. %.

Наявність у сталі марганцю в межах 11,50-14,50 мас. % у присутності інших компонентів дозволяє одержати задану структуру без загартування. Якщо вміст марганцю менше 11,50 %, то в структурі стали з'являється мартенсит охолодження при кімнатній температурі. Збільшення вмісту марганцю більш 14,50 мас. % приводить до стабілізації аустеніту й придбання негативних якостей - схильності до транскристалітної будови, підвищеної чутливості до перегріву й утворенню гарячих тріщин під час кристалізації, погіршенню ливарних властивостей, збільшення об'ємної усадки. Крім того, високий вміст марганцю підвищує собівартість виливка.

Кремній є необхідним технологічним додатком у сталі. Зниження вмісту кремнію в сталі менше 0,30 мас. % приводить до збільшення вигорання під час плавки більш дорогого марганцю, тому що кремній має більшу спорідненість до кисню, ніж марганець. Підвищення змісту кремнію більше 0,6 мас. % приводить до помітного зниження розчинності вуглецю в аустеніті, створюючи умови для випадання значної кількості карбідів при первинній кристалізації сталі.

Підвищення вмісту ванадію в сталі більше 0,12 мас. % викликає збільшення розмірів, і кількості карбідів ванадію і таким чином зменшує ударну в'язкість сталі.

Введення хрому забезпечує утворення карбідів хрому, що підвищують межу текучості й зносостійкість сталі. У випадку, коли вміст хрому в сталі менше 0,3 %, він не поліпшує зносостійкість і не впливає на твердість металу. Якщо вміст хрому перевищує 1,3 %, при вмісті вуглецю 0,65-0,90 % по границях і усередині зерен спостерігаються виділення великих карбідів, при цьому внаслідок високих внутрішніх напружень зростає схильність виливків до утворення тріщин і зниження ударної в'язкості, що вимагає обов'язкової спеціальної термообробки.

Введення алюмінію забезпечує одержання сталі, що має максимальну щільність й корозійну стійкість, дозволяє підвищити засвоюваність титану, ванадію й кальцію. У випадку, коли вміст алюмінію менше 0,01 % - межа міцності знижується незалежно від вмісту в цій сталі марганцю, що характеризує недостатню розкисненість металу. Якщо вміст перевищує 0,04 %, то забруднення металу корундом і шпінеллю збільшується, зростає дендритність структури, схильність до утворення тріщин, знижується міцність, пластичність, ударна в'язкість металу.

Кальцій вводять в сталь із розкиснювачами й модифікаторами, призначеними для підвищення рідкотекучості сталі під час її позапічного рафінування. Введення кальцію дозволяє знизити температуру заливання металу, забезпечує подрібнювання структури при первинній кристалізації, сприяє зменшенню вмісту кисню в сталі. Коли вміст кальцію менше 0,0008 %, це свідчить про відсутність модифікування стали силікокальцієм і не виявляє впливу на силікати; при вмісті кальцію вище 0,0020 % вміст кисню знижується незначно й мало впливає на рідкотекучість металу і є економічно недоцільним.

Введення титану забезпечує підвищення зносостійкості, подрібнювання структури при первинній кристалізації й поліпшення механічних характеристик. Особливо помітне поліпшення зносостійкості сталі при одночасному введенні в неї титану й алюмінію. Титан підвищує сприйнятливість сталі до наклепу і помітно гальмує зростання аустенітного зерна при кристалізації металу.

У випадку, коли вміст титану менше 0,02 % розмір мікрозерна практично не змінюється, а підвищення зносостійкості не спостерігається. Якщо вміст титану перевищує 0,08 % - ударна в'язкість помітно зменшується.

Використання у металошихті гарячебрикетованого заліза у кількості до 30 % забезпечує одержання в сталі меншої кількості шкідливих домішок, і у такому разі механічні властивості сталі дорівнюють властивостям сталі, одержаної методом окислення. Використання гарячебрикетованого заліза у кількості більше 30 % робить виплавку сталі менш економічною.

Високомарганцевиста сталь для виготовлення великих виливків, що працюють в умовах наклепу й зношування, наприклад, як запчастини елементів устаткування, призначених для видобутку й подрібнювання залізної руди, що включає залізо, вуглець, марганець, кремній, хром, ванадій, титан, кальцій, при цьому в ній забезпечується наступне співвідношення елементів:

$$\frac{0,4\text{Mn} + \text{Cr}}{\text{C}} = 5,0 - 10,5$$

За рахунок того, що в рідкий метал додатково присаджують кальцій, алюміній, титан та ванадій, при дотриманні зазначеного хімічного складу та забезпеченні співвідношення компонентів у складі пропонованої сталі дозволить отримати задані властивості без спеціальної термічної обробки. Спосіб дозволяє отримати високомарганцевисту сталь, що має аустенітну структуру з наявністю карбідів усередині зерен, на всю товщину виливка, внаслідок чого характеризується повною відсутністю схильності до утворення гарячих тріщин.

$$\frac{0,4\text{Mn} + \text{Cr}}{\text{C}} =$$

При співвідношенні менш ніж 5 підвищується ударна в'язкість сталі, але значно знижується абразивна зносостійкість в умовах ударно абразивного зношування.

$$\frac{0,4\text{Mn} + \text{Cr}}{\text{C}} =$$

При співвідношенні більш ніж 10,5 підвищується зносостійкість сталі, але, у той же час і значно знижується механічні властивості за рахунок утворення карбідів більших розмірів, що вимагає спеціальної термічної обробки.

Запропоновану високомарганцевисту сталь виплавляли в основній електродуговій печі. Перед плавкою на подину печі задавали шамотний бій, вапняк. У шихту входили наступні компоненти: лом марганцевистий, стружка сталева; по розплавлюванню проводили корегування металевим марганцем. Плавку виконували методом сплавлення.

Перед випуском плавки наводили високосновний шлак і проводили дифузійне розкиснення. Вміст MnO і FeO у шлаку не перевищували 4 % і 1,5 % відповідно.

При досягненні задовільного хімічного складу металу і температури в печі 1520-1530 °C випускали метал в ківш із температурою футерівки 600-700 °C та температурою заливання 1460 °C.

Після легування металу феромарганцем в два етапи, основність шлаку 2,0-2,4 і вміст в шлаку $\text{FeO} \leq 2$ і $\text{MnO} \leq 4$, забезпечували наданням вапняку - 10 кг/т і вуглецево-кремнистого модифікатора - 1 кг/т рідкого металу, що забезпечило одержання високих механічних властивостей і ливарних характеристик (підвищення рідкотекучості металу, одержання 3-5 балів зерна, зниження тріщиноутворення в сталі).

Позапічне рафінування сталі додатковими елементами Al, Ti, V, Ca здійснювали в наступному порядку:

ферованадій марки FV80-2 додавали в піч за 2-3 хвилини до випуску при температурі металу 1530 °C;

алюміній АВ-87 додавали на дно ковша в вигляді алюмінієвих кілець на стопорі;

феротитан ФТi35С8-4 і силікокальцій СК 30-3 додавали на жолоб печі при наповненні ковша металом на 1/3.

Було виплавлено 5 варіантів хімічного складу зносостійкої високомарганцевистої сталі, які представлено в таблиці 1.

Таблиця 1

Елемент	Прототип 90Х2Г9АНЛ	Плавка 1	Плавка 2	Плавка 3	Плавка 4	Плавка 5
1	3	4	5	6	7	8
C	0,93	0,70	0,74	0,81	0,86	0,75
Mn	8,10	11,80	13,00	12,00	14,50	12,20
Si	0,27	0,50	0,58	0,35	0,54	0,56
Ni	0,96	0,20	0,15	0,10	0,31	0,30
V	-	0,06	0,05	0,07	0,09	0,06
Cr	1,45	0,30	0,60	0,70	0,82	1,30
Al	-	0,015	0,020	0,012	0,04	0,015
Ca	-	0,001	0,0015	0,0008	0,001	0,012
Ti	-	0,025	0,060	0,080	0,036	0,022
P	0,061	0,070	0,065	0,065	0,052	0,050
S	0,019	0,008	0,010	0,009	0,008	0,004
N	0,036	-	-	-	-	-
Fe	Решта					

Для визначення граничних значень механічних властивостей отриманої сталі досліджували спеціально відлиті зразки з різним вмістом хімічних елементів. Зразки вирізали із середини циліндричних проб, що мають довжину 300 мм і діаметр 100 мм. Проби формували вертикально по 2 штуки в ополі, метал підводили сифоном. Для формування використовували піщано-глинисту суміш.

Для порівняння з винаходом, сталь 90Х2Г9АНЛ виплавляли згідно з прототипом.

По варіанту (плавка 4, див. табл. 1) виконали виливки "Зуб ковша" без термообробки і провели випробування на екскаваторі ЕКГ-8И в умовах Криворізького басейну (табл. 2): наробіток склав 55490 м³ (Руда 19852 м³, скеля 35638 м³), що на 44 % перевищує наробіток серійних зубів.

Таблиця 2

№ п/п	Механічні властивості	Прототип 90 × 2Г9АНЛ	Плавка 4
1	2	3	4
1	σ_T , МПа	-	480
2	σ_B , МПа	880	860
3	Ψ , %	38	36
4	δ , %	29	40
5	НВ	228	220
6	КСУ кДж/м ²	232	240
7	Зносостійкість	1,1	1,44

Як помітно з таблиць механічні випробування показали, що при вмісті окремих компонентів у сталі із плавки 1, (нижче, чим зазначена у формулі винаходу нижня межа вмісту даного хімічного компонента) вплив цього хімічного компонента на властивості сталі не помітно.

З таблиць помітно, що додатково введені до складу сталі кальцій, алюміній, титан і ванадій, у сукупності з основним складом сталі дають додатковий ефект, що полягає в підвищенні

зносостійкості сталі, навіть без термічної обробки й додаткове підвищення властивостей при проведенні термообробки, при зменшеній вартості, ніж у прототипу.

Підвищена витрата феромарганцю при виробництві виливків із запропонованої сталі досить швидко окупається відсутністю браку по гарячих тріщинах і виключенням дорогої технологічної операції - гартування.

Запропонований спосіб виготовлення сталі забезпечує одержання стабільних і оптимальних властивостей, необхідних для використання даної сталі для виготовлення деталей виливків, що пра-

цюють в умовах ударно-абразивного зношування: міцності, в'язкості, зносостійкості, а також високих ливарних властивостей, при невисокій собівартості.