



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 76600

(13) C2

(51) МПК (2006)

C22C 35/00

C21C 7/06

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПЛАВ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО РОЗКИСЛЮВАННЯ СТАЛІ ТА ЗАКУПОРЮВАННЯ ЗЛИВКІВ КИПЛЯЧОЇ СТАЛІ

1

2

(21) 20041008100

(22) 06.10.2004

(24) 15.08.2006

(46) 15.08.2006, Бюл. № 8, 2006 р.

(72) Паренчук Ігор Валерійович, Паренчук Валерій
Васильович, Удовиченко Юрій Миколайович(73) ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДА-
ЛЬНІСТЮ "ФІРМА "УНІКОН"

(56) SU 514034 A, 15.05.1976

UA 60931 A, 15.10.2003

SU 596651 A, 09.02.1978

SU 629773 A, 25.04.1979

SU 645974 A, 05.02.1979

CN 1385543, 18.12.2002

CN 1049528, 27.02.1991

(57) Сплав для комплексного розкислювання сталі та закупорювання зливків киплячої сталі, що містить алюміній, кремній, мідь, вуглець, залізо, який відрізняється тим, що додатково містить марганець при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

алюміній	30,0-75,0
кремній	5,0-20,0
марганець	5,0-20,0
мідь	не більше 2,5
вуглець	не більше 2,0
залізо	решта.

Сплав для комплексного розкислювання сталі, закупорювання зливків киплячої сталі, який містить алюміній, кремній, мідь, вуглець, залізо, який відрізняється тим, що до його складу включено марганець при наступному співвідношенні елементів, мас. %:

алюміній	30,0÷75,0
кремній	5,0÷20,0
марганець	5,0÷20,0
мідь	не більше 2,5
вуглець	не більше 2,0
залізо	решта

Винахід відноситься до чорної металургії, а саме до феросплавів, призначених як для комплексного розкислювання сталі при її виготовленні і закупорювання зливків киплячої сталі, а також для легування алюмінієм, марганцем і кремнієм особистих марок сталі та конструкційного алюмінієвого чавуну в ливарному виробництві.

Відомий сплав алюмінію марки АВ87, призначений для розкислення сталі, виробництва феросплавів і алюмінотермії (1, аналог), що містить, мас. %: алюмінію не менше 87,0 (в тому рахунку магнію до 3,0); домішки не більше: мідь - 3,8; цинк - 3,3; кремній - 5,0; свинець - 0,3; олово - 0,2, використовується як розкислювач загального призначення. Мала кількість кремнію і відсутність марганцю у цьому сплаві бракує його комплексність при розкислюванні сталі і потребує попереднього вживання феромарганцю і феросилицію. Цей сплав також має малу щільність ($\sim 2,7 \text{ г/см}^3$), що приводить до малого ефекту засвоювання алюмінію, який не перевищує 17,0% і при витраті його 1,0 кг на 1,0 т сталі складає не більше 0,14 кг. В процесі розкислювання сталі алюміній з малою щільністю знаходиться на поверхні сталевих рідин (щільність $6,9 \dots 7,0 \text{ г/см}^3$) і під дією високої температури та кисню навколишнього повітря перетворюється в оксид алюмінію Al_2O_3 . Така ситуація вимагає розробки нових сплавів системи "алюміній - марганець - кремній" з ширшими межами вмісту, крім алюмінію, кремнію і марганцю для забезпечення комплексного розкислення і підвищеної щільності, що має дозволити значно підвищити як засвоєння елементів - розкислювачів, так і керування стабільністю процесів.

Відомий сплав для розкислювання сталі "феросиликоалюміній" (аналог 2), що містить мас. %: алюмінію - 18-22; кремнію - 40-45; заліза - решта, по своїй щільності вище за АВ87 (середнє значення $\sim 4,48 \text{ г/см}^3$), але має недостатній ефект розкислювання із-за малої кількості алюмінію, а також із-за відсутності марганцю. З цих причин сталь може бути недорозкисленою.

(13) C2

(11) 76600

(19) UA

Відомий сплав для розкислення та легування сталі (3, аналог), який містить мас. %: алюміній - 25...60, ніобій - 15...20; кремній - 0,1...15; мідь - 0,1...15; титан - 0,1...10; вуглець - 0,01...2; залізо - решта, який по кількості і межами знаходження алюмінію і при умові максимальній кількості кремнію міг би бути комплексним розкислювачем. Але відсутність марганцю і наявність у великій кількості гостродефіцитного і дуже коштовного ніобію (від 15 до 20%) не дозволяє використовувати цей сплав в якості розкислювача і він більше придатний як лігатура для легування обмеженої групи сталі, що містить ніобій. Недостатнім також є те, що наявність титану, особливо біля верхньої межі, хоч він і гарний розкислювач, з економічної точки зору, не є вигідним.

Найбільш близьким по технічній суті та досягаємому результату до заявляемого є відомий сплав для розкислювання сталі (4, прототип), який містить, мас. %: алюміній - 30...75; кремній 10,0...30,0; мідь - не більше 2,5; вуглець - не більше 2,0; залізо - решта, який по кількості і межами знаходження алюмінію, середньому значенні кремнію міг би бути комплексним розкислювачем сталі. Але відсутність такого хімічного елемента-розкислювача як марганець, бракує цей сплав як комплексного розкислювача.

В основу винаходу поставлена задача в запропонованому складі комплексного розкислювача ввести в відомий сплав (прототип) марганець, скорегувати місткість кремнію і не змінювати місткість інших компонентів.

Використання запропонованого рішення приводить до наступного технічного результату, а саме - до підвищення розкислюючої спроможності сплаву комплексним внесенням елементів-розкислювачей (марганцю, алюмінію і кремнію) у різних їх співвідношеннях, що забезпечує більшу розкислюючу активність і зменшує їх угар.

Поставлена задача вирішується тим, що в відомий сплав (прототип), який включає алюміній, кремній, мідь, вуглець, залізо введено марганець і оптимізовано вміст компонентів при наступному їх співвідношенні, мас. %:

алюміній	30,0÷75,0
кремній	5,0÷20,0
марганець	5,0÷20,0
мідь	не більше 2,5
вуглець	не більше 2,0
залізо	решта

Загальною ознакою для заявляемого сплаву для комплексного розкислювання сталі і прототипа є наявність в хімічному складі компонентів: алюмінію, кремнію, міді, вуглецю, заліза.

Ознакою, що відрізняє заявляемий сплав від прототипу, є наявність марганцю.

Порівняння хімічних складів сплавів аналогів і прототипу та заявленого сплаву для комплексного розкислювання сталі, закупорювання зливків киплячої сталі та легування сталі і чавуну представлені в таблиці 1.

Між технічним результатом та суттєвою ознакою існує причинно-наслідковий зв'язок, який обумовлено наступним.

Виробництво високоякісних марок сталі і чавуну в сучасній металургії залежить від якості ліга-

тур, які використовують для легування металу та його розкислення. Засвоювання легувальних елементів із лігатур значно вище, ніж введення його у чистому вигляді. Значна більшість легувальних елементів (хром, титан, кремній, марганець, молибден, ніобій та інші) вводять у вигляді феросплавів, тобто сплав елемента з залізом. Але існують лігатури і без заліза, такі як силікомарганець, силікокальцій, силікохром і т.д. Феросплави і лігатури, які мають два і більше легувальних компонентів (за винятком заліза) називають комплексними. Усі хімічні речовини мають різні показники соприднесності до кисню і найсильнішими з них є кальцій, титан, алюміній, кремній, марганець, вуглець, розкислююча дія яких поступово зменшується від кальцію до вуглецю. При введенні цих елементів у сталеву рідину кисень, розчинений в ній, з'єднується з введеними компонентами і утворюються сполучення у вигляді оксидів типу CaO , Al_2O_3 , TiO_2 , SiO_2 , CO_2 (газ). При комплексному введенні компонентів-розкислювачей утворюються складні оксиди (наприклад, алюмосилікати), які впливають на поверхню і з'єднуються з шлаком [5].

Відомо, що при виробництві сталі будь-яким способом (конверторним, мартенівським, електродуговим та інш.) заключним етапом є розкислювання рідини металу в плавильних агрегатах, або у ковшах перед розливом. Спочатку, при наповненні ковша на одну чверть, додають феромарганець, при досягненні розплаву на одну третину додають феросиліцій, а після наповнення половини ковша додають чушковий алюміній АВ87, або другий розкислювач, що має у своєму складі алюміній. При цьому утворюються окремі оксиди (неметалеві включення): силікати (SiO_2), алюмінати (Al_2O_3), манганати (MnO), які із-за дуже малих розмірів не встигають випливати на поверхню і після розливу знаходяться в усьому об'ємі зливків. Треба відмітити, що з причин малої щільності алюмінію ($2,7\text{г/см}^3$), усвоювання його не перевищує 17%.

Суть винаходу полягає в тому, що запропонований сплав для комплексного розкислювання сталі і легування чавуну має збільшений відсоток засвоювання алюмінію, марганцю і кремнію при їх введенні в розплав, а також сприяє формуванню складних з'єднань продуктів розкислювання, які укрупнюються і впливають на поверхню металу. Відповідно запропонованому технічному рішення у складі встановлені нижчі і вищі межі вживання алюмінію (від 30,0 до 75,0%), кремнію (від 5,0 до 20,0%), марганцю (від 5,0 до 20,0%), а також примітки: міді - до 2,5%; вуглецю - до 2,0; заліза - решта.

При дослідницьких випробуваннях в умовах промислового виробництва сталі автори підібрали склад якісних і кількісних добавок, при якому втворення алюмінію, кремнію і марганцю значно збільшилось і ефективність розкислювання сталі при використанні цього сплаву була значно вищою і стабільною. Найвищий результат ефективності розкислювання, тобто засвоювання алюмінію, кремнію і марганцю та зменшенню угару одержаний тільки у запропонованому співвідношенні елементів, як якісного так і кількісного сполучення. Якщо взяти алюмінію менше 30,0%, кремнію менше 5,0% і марганцю менше 5,0%, то щільність

сплаву буде, орієнтовано, $6,02\text{г/см}^3$. При цьому зменшиться ефект розкислювання сталі за рахунок недостатньої концентрації вказаних елементів, особливо по кремнію і марганцю. Якщо взяти по максимальній кількості кремнію більше 20,0%, марганцю 20,0% і алюмінію - решта (біля 60,0%), то ефективність розкислювання зменшується за рахунок зниження щільності (менше $3,59\text{г/см}^3$). Сукупність істотних відрізняючих ознак запропонованого рішення дозволяє підвищити ефект розкислювання при збереженні фізико-технічної властивості виготовляємої сталі.

Таким чином, між сукупними суттєвими ознаками винаходу та досягненим технічним результатом існує причинно-наслідковий зв'язок.

Виготовлення і конкретне використання запропонованого сплаву для комплексного розкислювання проводили в умовах промислового виробництва сталі. Сировиною при цьому були: брукст сталі, чавуну і алюмінію, феросиліцій і феромарганець, які мають головного легувального компонента не менше 45,0%. Плавку комплексного розкислювача проводили у плавильних агрегатах, в яких можна плавити сталь і чавун (індукційна, електродугова, мартенівська і т.д.)

В залежності від вмісту головних компонентів (алюмінію, кремнію, марганцю) - сплав розподілено на умовні марки (на основі спостережень при вживанні) від АМС 30 до АМС 70, (число 30...70 при кожній марці АМС означає середню кількість Al у цьому комплексному розкислювачі), фізико-технологічні властивості яких та функціональне їх призначення, як комплексного розкислювача, надані в таблиці 2.

Марки АМС 30; АМС 35; АМС 40 і АМС 45 призначені для розкислювання у ковші спокійних марок сталі, де вміст алюмінію - від 30,0 до 50,0%, кремнію - від 10,0 до 20,0%, марганцю - від 10,0 до 20,0% з щільністю в межах $4,67...5,15\text{г/см}^3$. Такий вміст розкислюючих елементів та щільність забезпечують значно вище засвоєння елементів-розкислювачів ніж алюмінієвий сплав АВ87 (аналог 1) або сплав для комплексного розкислювання сталі, закупорювання зливків киплячої сталі та легування сталі і чавуну "силікоалюміній" (прототип).

Марки АМС 50; АМС 55; АМС 60; АМС 65 і АМС 70 призначені для виробництва напівспокійної сталі, а також для закупорювання зливків киплячої сталі. Комплексний розкислювач цих марок містить від 50,0 до 75,0% алюмінію, кремнію від 5,0 до 15,0%, і від 5,0 до 15,0% марганцю, щільність цих марок від $3,67$ до $4,41\text{г/см}^3$. При сифонному розливу сталі у зливки його додають у роздільному вигляді у центрову, де він в тісному контакті з металевою рідиною відбирає кисень, розчинений в неї. Для хімічного закупорювання зливків киплячої сталі АМС також в роздільному

вигляді рівномірним шаром додають на дзеркало металу наприкінці наповнення ізложниць.

З даних табл.2 видно, що змінюючи кількість кремнію, алюмінію і марганцю в кожній марці, максимально застосовуються всі елементи-розкислювачі в комплексі і значно зменшується їх вигорання, що позитивно сприяє на економіку металургійного виробництва.

Співвідношення алюмінію, кремнію і марганцю в таблиці 2 і наведені умовні маркировки не є догмою і при необхідності співвідношення цих елементів можуть бути іншими.

В мартенівському виробництві спокійної сталі була проведена серія дослідних плавів з розкислюванням в ковшах: феросплавами і розкислювачами з відомими хімічними складами (аналог, 1) по класичній технології і паралельно з різними варіантами запропонованого технічного рішення. На прикладі комплексного розкислювача марки АМС 30 і АМС 55 отримані результати, які представлені в таблиці 3.

Плавку сталі випускали одночасно у два ковши, в один із котрих давали феросплави (FeMn і FeSi) з алюмінієм АВ87 (зрівнювальні плавки) по існуючій на підприємстві технології. В другий ковш замість розкислювача АВ87 давали комплексний розкислювач марки АМС 30. Було виплавлено $\sim 9265,1\text{т}$ сталі дослідних плавів з використанням $8827,6\text{кг}$ запропонованого комплексного розкислювача АМС (з перерахунком на чистий Al - $2648,3\text{кг}$, на Si та Mn - по $1765,5\text{кг}$ кожного). Приблизно в такій же кількості виплавлено метала зрівнювальних плавів з використанням АВ87 (з перерахунком на чистий Al - $6064,4\text{кг}$). Питомі затрати на АМС - $3,73\text{грн/т}$, на АВ87 - $5,66\text{грн/т}$, що більше на $1,93\text{грн/т}$, майже на 1,5 разів. Брак зливків при комплексному розкислюванні АМС зменшено з 1,15 до 0,79%, а додаткова обрізь, відповідно, з 0,97 до 0,48%.

Таким чином, використання АМС як комплексного розкислювача, підвищує якість сталі, дає змогу зменшити втрати по браку зливків і додаткової обрізі, а також значно зменшити економічні втрати.

Закупорювання зливків киплячої сталі здійснювали на 108 плавках з використання роздільного комплексного розкислювача марки АМС 55 у кількості $0,7\text{кг/т}$ (в чистому алюмінію - $0,4\text{кг}$, кремнію і марганцю \sim по $0,09\text{кг}$). Зрівнювальні плавки (92шт) - зливки закупорювали розплавленим сплавом АВ87 у кількості $0,55\text{кг/т}$ (по чистому алюмінію - $0,48\text{кг}$, Si - не більше $0,03\text{кг/т}$). Як видно з таблиці 3, стан меніску при використанні АМС кращий в зрівнянні з використанням АВ87, а саме, меніск угнутий, рівний і випуклий дорівнює 70,6% проти 55,9% при закупорюванні зрівняльних зливків, а рослих зливків, відповідно, 29,4, проти 44,1%.

Таблиця 1

Порівняння хімічних складів сплавів відомих та заявленого

Сплав	Хімічний склад, %						Орієнтувальна середня щільність г/см ³
	Al	Si	Mn	Fe	Другі елементи	Домішки	
Аналог 1 (АВ87)	≥87,0 (в т.р. Mg:3,0)	≤5,0	-	решта	-	Cu:3,8	2,70
Аналог2	18,0÷22,0	40,0÷45,0	-	решта	-	-	4,48
Аналог 3	25,0÷60,0	0,1÷15,0	-	решта	Nb:15-20,0 Cu:0,1-15 Ti:0,1-10,0 C:0,01-2,0	-	5,00
Прототип	30,0÷75,0	10,0÷30,0	-	решта	...	Cu:2,5 C:2,0	4,18
Заявлений	30,0÷75,0	5,0÷20,0	5,0÷20,0	решта		Cu:2,5 C:2,0	4,40

Таблиця 2

Умовні марки сплаву для комплексного розкислювання сталі та їх фізико-технічні властивості

№ п/п	Заявляема марка сплаву (умовна)	Основні компоненти, %				Щільність* (теоретична), г/см	Рекомендоване функціональне призначення
		Al	Si	Mn	Fe		
1	АМС 30	30,0-35,0	15,0-20,0	15,0-20,0	Решта	$\frac{5,15}{5,42 \div 4,87}$	Розкислення спокійної сталі у ковші
2	АМС 35	35,0-40,0			-"	$\frac{4,88}{5,16 \div 4,61}$	
3	АМС 40	40,0-45,0			-"	$\frac{4,63}{4,91 \div 4,35}$	
4	АМС 45	45,0-50,0	10,0-15,0	10,0-15,0	-"	$\frac{4,67}{4,95 \div 4,39}$	
5	АМС 50	50,0-55,0			-"	$\frac{4,41}{4,69 \div 4,13}$	Для виробництва напівспокійних марок сталі та запуску зливків киплячої сталі
6	АМС 55	55,0-60,0	5,0-10,0	5,0-10,0	-"	$\frac{4,15}{4,43 \div 4,87}$	
7	АМС 60	60,0-65,0			-"	$\frac{4,19}{4,47 \div 3,91}$	
8	АМС 65	65,0-70,0			-"	$\frac{3,93}{4,21 \div 3,65}$	
9	АМС 70	70,0-75,0			-"	$\frac{3,67}{3,95 \div 3,39}$	

* Примітка: Чисельник - щільність при середніх значеннях Al, Si і Mn
Знаменник - щільність від мінімальної до максимальної кількості Al, Si і Mn

Таблиця 3

Основні технологічні показники дослідних плавів з використанням розкислювачів типу "фероалюмосиліко-марганцю" в порівнянні з використанням алюмінієвого сплаву АВ87

Технологічні параметри	Одиниця виміру	Дослідні плавки АМС 30; АМС 55	Зрівнювальні плавки, АВ87
Розкислення спокійних марок сталі (АМС 30)			
Кількість плавів	шт	43	39
Виплавлено	т	9265,1	8309
Використано розкислювача	кг	8827,6	6970,6
В тому разі по чистому Al	кг	2648,3	6064,4
Теж саме по Si	кг	1765,5	415,5
Теж саме по Mn	кг	1765,5	-
Вартість	грн	31073,1	47051,5
Питомі затрати на розкислювач	грн/т	3,73	5,66
Брак зливків (середній)	%	0,79	1,15
Додаткова обрізь	%	0,48	0,97
Закупорювання зливків киплячої сталі (АМС 55)			
Кількість плавів	шт	108	92
Виплавлено	т	39960	34040
Питомі витрати розкислювача	кг/т	0,7(АМС 55)	0,55
В тому разі по чистому Al	кг/т	0,403	0,478
Теж саме по Si	кг/т	0,105	0,027
Теж саме по Mn	кг/т	0,105	-
Стан меніску			
Угнутий	%	22,4	16,7
Рівний	%	29,4	23,8
Випуклий	%	18,8	15,4
Рослий	%	29,4	44,1

З аналізу результатів випробувань випливає, що відрізняючі ознаки запропонованого технічного рішення сприяють більш повному розкислюванню сталі, зменшенню угару розкислювальних елементів - алюмінію, кремнію і марганцю, що ведуть до зменшення питомих затрат на ці процеси і підвищення якості і виходу якісної металургійної продукції.

Джерела інформації

1. ДСТУ 3753-98. Міждержавний стандарт. Алюміній для розкислювання, виробництва феросплавів і алюмініотермії. Технічні умови. Київ, УкрНДІССУ, 1999р. (1, аналог).

2. Гасик М.І., Мякішев Н.П., Ємлін Б.І. Теорія і технологія виробництва феросплавів. М.: Металургія, 1988, с.522. (2, аналог).

3. Авт. Свід. СРСР 514034 МПК с22с35/00, оп. 15.05.76. (3, прототип).

4. Політехнічний словник, 2.ред. акад. І.І. Артоб'євський. ЕСДПС, М. 1976. с. 22, 23, 251, 254, 413, 531.

5. Деклараційний патент 60931А с22с35/00. Сплав для комплексного розкислювання сталі, закупорювання зливків киплячої сталі та легування сталі і чавуну "силікоалюміній". Київ, оп. 15.10.2003, бюл. №10.