



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 60931

(13) A

(51) 7 C22C35/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД  
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ  
ВЛАСНИКА  
ПАТЕНТУ**(54) СПЛАВ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО РОЗКИСЛЮВАННЯ СТАЛІ, ЗАКУПОРЮВАННЯ ЗЛИВКІВ КИПЛЯЧОЇ СТАЛІ ТА ЛЕГУВАННЯ СТАЛІ І ЧАВУНУ "СИЛІКОАЛЮМІНІЙ"**

1

2

(21) 2003054814

(22) 27 05 2003

(24) 15 10 2003

(46) 15 10 2003, Бюл. № 10, 2003 р

(72) Паренчук Ігор Валерійович, Паренчук Валерій  
Васильович, Удовиченко Юрій Миколайович(73) ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ  
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "ФІРМА "УНІКОН"(57) Сплав для комплексного розкислювання сталі,  
закупорювання зливків киплячої сталі та легуваннясталі і чавуну, що містить алюміній, кремній, мідь,  
вуглець, ніобій, титан, залізо, який **відрізняється**  
тим, що з його складу виключено ніобій і титан  
при наступному співвідношенні елементів, мас. %

Алюміній		30,0-75,0
Кремній		10,0-30,0
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, так і для легування алюмінієм 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 (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 у цьому сплаві бракує його комплексності при розкислюванні сталі і потребує попереднього вживання феросиліцію. Цей сплав також має малу щільність ( $\sim 2,7 \text{ г/см}^3$ ), що приводить до малого ефекту засвоєння алюмінію, який не перевищує 17,0 % і при витраті 1,0 кг на 1,0 т сталі складає не більше 0,14 кг.

В процесі розкислювання сплав алюмінію з малою щільністю знаходиться на поверхні сталевих рідин (щільність  $\sim 6,9 \text{ г/см}^3$ ) і під дією високої температури та кисню навколишнього повітря перетворюється в  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Така ситуація вимагає розробки нових сплавів системи "алюміній-кремній" (силікоалюміній) з ширшими межами вмісту алюмінію і кремнію для забезпечення комплексного розкислення і підвищеної щільності, що має дозволити найбільшу кількість як засвоєння еле-

ментів - розкислювачів у металі, так і керування стабільністю процесів.

Відомий сплав для розкислювання сталі "феросилікоалюміній" (ФСА) (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, який по своїй природі значно вище по швидкості до кисню, ніж кремній. З цих причин сталь може бути недорозкисленою.

Відомий сплав для розкислення сталі (3, аналог), мас. % алюміній  $\sim 13,7$  (середнє значення), залізо - решта, має щільність  $\sim 7,1 \text{ г/см}^3$ , що дає змогу тонути у сталевій рідині з щільністю  $\sim 6,9 \text{ г/см}^3$ . Це дає змогу мати високу ступень засвоєння алюмінію металом, а випробування в виробництві показало економію розкислювача (алюмінія) майже в 2 рази. Але комплексністю розкислення цей сплав не володіє із-за відсутності кремнію, який благотворно впливає на формування неметалевих включень та їх укрупнення, а також не може бути використаним для закупорювання зливків киплячої сталі.

Найбільш близьким по технічній суті та досягаемому результату до заявляемого є відомий сплав для розкислювання сталі (4, прототип), 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 межах знаходження алюмінію і при умові максимальної кількості кремнію, міг би бути комплексним

(13) A

(11) 60931

(19) UA

розкислювачем. Але наявність у великій кількості гостродефіцитного і дуже коштовного ніобію, 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.

В основу винаходу поставлена задача в запропонованому складі сплаву для загального розкислювання сталі при її виробництві, закупорювання зливків килпачної сталі та легування сталі і чавуну шляхом виключення із складу відомого (прототип) ніобію і титану не змінюючи хімічний склад інших елементів.

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

Поставлена задача вирішується тим, що із відомого сплаву (прототипа), який включає алюміній, кремній, мідь, ніобій, титан, вуглець, залізо із складу виключено ніобій та титан і оптимізовано вміст компонентів при наступному їх співвідношенні при додаткових межах кількості алюмінію, кремнію, мас. %

Алюміній		30,0 ÷ 75,0
Кремній		10,0 ÷ 30,0
Мідь	не більше	2,5
Вуглець	не більше	2,0
Залізо		решта

Загальною ознакою для заявляемого сплаву силікоалюмінію і прототипу є наявність в хімічному складі компонентів алюмінію, кремнію, міді, вуглецю, заліза.

Ознакою, що відрізняє новий сплав силікоалюмінію є відсутність ніобію і титану, а також встановлені нові кількісні межі алюмінію, кремнію, міді.

Порівняння хімічних складів сплавів аналогів і прототипу та заявленого сплаву "силікоалюмінію" представлені в табл. 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 лігатур, які використовують для легування металу та його розкислення. Засвоєння легувального елемента із лігатури значно вище, ніж введення його у чистому вигляді. Значна більшість легувальних елементів (хром, титан, кремній, марганець, молибден 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 2 і більше легувальних компонентів (за винятком заліза) називають комплексними. Усі хімічні речовини мають різні показники сродства до кисню і найсильнішими з них є кальцій, алюміній, титан, кремній, марганець, вуглець, розкислююча дія яких поступово зменшується від кальцію до вугле-

цю. При введенні цих елементів у сталеву рідину кисень, розчинений в ній, з'єднується з введеними компонентами і утворюються сполучення у вигляді  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{CO}_2$  (газ). При комплексному введенні компонентів - розкислювачів утворюються складні оксиди (наприклад, алюмосилікати), які впливають на поверхню і з'єднуються з шлаком [7].

Відомо, що при виробництві сталі будь-яким способом (конвертерним, мартенівським, електро-дуговим та інш.) заключним етапом являється розкислювання рідини металу в плавильних агрегатах перед випуском, або у ковшах перед розливом. Спочатку, при наповненні ковша на одну чверть, додають феросиліцій, а після наповнення половини ковша додають чушковий алюміній АВ87, або другий розкислювач, що має алюміній (4, прототип). При цьому утворюються окремі неметалеві включення силікати ( $\text{SiO}_2$ ) і алюмінати ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), 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 ( $2,7 \text{ г/см}^3$ ) алюмінію усвоєння його не перевищує 17 %. При застосуванні фероалюмінія засвоєння алюмінію підвищується майже вдвічі (3, аналог).

Суть винаходу полягає в тому, що запропонований сплав для розкислювання сталі та легування чавуну - силікоалюміній (далі СА) - при збереженні потрібної властивості розкислювача має збільшений відсоток засвоєння алюмінію і кремнію та інших хімічних елементів, які мають малий відсоток, за рахунок оптимізації відомого сплаву, зокрема кремнію. Так, відповідно запропонованого технічного рішення у складі встановлена нижча і вища межі вживання кремнію (від 10,0 до 30,0 %), кількість алюмінію 30,0 ÷ 75,0 %, примітки міді - до 2,5 %, вуглецю - до 2,0, заліза - решту.

При дослідницьких випробуваннях в умовах промислового виробництва сталі автори підбрали склад якісних і кількісних добавок, при якому втворіння алюмінію і кремнію значно збільшилось і ефективність розкислювання сталі при використанні силікоалюмінієвого сплаву (СА) була значно вищою і стабільною. Найвищий результат ефективності розкислювання, тобто засвоєння алюмінію і кремнію та зменшенню угару одержаний тільки у запропонованому співвідношенні елементів як якісного так і кількісного сполучення. Якщо взяти алюмінію менше 30,0 % і кремнію менше 10,0 %, то щільність СА перевершить  $5,73 \text{ г/см}^3$  і зменшиться ефект розкислювання сталі за рахунок недостатньої концентрації вказаних елементів. Якщо взяти алюмінію більше ніж 75 %, а кремнію більше 30 %, то ефективність розкислювання зменшується за рахунок зниження щільності (менше за  $2,63 \text{ г/см}^3$ ) по відношенню до щільності розплаву сталі ( $6,9 \text{ г/см}^3$ ), як це показано в табл. 2. Сукупність істотних відрізняючих ознак запропонованого рішення дозволяє підвищити ефект розкислювання при збереженні фізико-технічних властивостей виготовляемого сталі.

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

По наявним у заявника відомостям запропонована сукупність ознак, що характеризує суть винаходу, невідома з рівня техніки, тобто винахід відповідає критерію "новизна"

Сукупність ознак, які характеризують відоме рішення не забезпечує досягнення нових властивостей і тільки наявність відрізняючих ознак винаходу дозволяє отримати нові властивості, новий технічний результат. Отже винахід, який пропонується, відповідає критерію "винахідник рівень"

Приклади виготовлення і конкретного використання запропонованого сплаву силікоалюмінію (СА) в умовах промислового виробництва

Плавку силікоалюмінію СА виконували у плавильних агрегатах, призначених для плавки сталі або чавуну (електродугових, мартенівських, індукційних та ін.) по відповідній шихтовці. Справжньою можуть бути брутт сталі, чавуну, алюмінію (ливарного і деформуемого), феросиліцій, який має від 25,0 і більше відсотків кремнію

В залежності від вмісту основних компонентів - алюмінію і кремнію - силікоалюміній розподілений на марки (на основі спостережень при вживанні) від СА 12-30 до СА 25-70, фізико-технологічні властивості яких та функціональне застосування їх як комплексного розкислювача надані в таблиці 2

Розглянемо деякі приклади

Марки силікоалюмінію СА 12-30, СА 12-35, СА 12-40 і СА 18-45 призначені для розкислювання у ковші спокійних марок сталі. Вміст кремнію від 10,0 до 20,0 %, алюмінію - від 30,0 до 50,0 % з щільністю в межах  $4,46 \pm 5,49 \text{ г/см}^3$  і температури плавлення  $1130 \pm 1310^\circ\text{C}$ . Такі параметри температури плавлення і вмісту кремнію і алюмінію і, особливо, щільності, забезпечують значно вище засвоєння елементів-розкислювачів, ніж алюмінієвий сплав АВ 87, який має щільність  $2,7 \text{ г/см}^3$

Марки силікоалюмінію СА 18-50, СА 18-55, СА 25-60, і СА 25-65 і СА 25-70 призначені для виробництва напівспокійної сталі, а також для закупорювання зливок киплячої сталі. Силікоалюміній цих марок містить від 15,0 до 30,0% кремнію і  $50,0 \pm 75,0\%$  алюмінію, має щільність від 2,88 до  $4,12 \text{ г/см}^3$  і температуру плавлення в межах  $830 \pm 1060^\circ\text{C}$ . При сифонному розливу у роздільному вигляді його додають у центрову, де він в тісному контакті з металевою рідиною відбирає кисень, розчинений в неї. Для хімічного закупорювання зливок киплячої сталі силікоалюміній також в роздільному вигляді прикривають рівномірним шаром дзеркало метала наприкінці наповнення ізложниць

Із табл. 2 видно, що змінюють кількість кремнію і алюмінію в кожній марці силікоалюмінія так, щоб було максимальне застосування і не було вигорання елементів-розкислювачів, що сприяє на економіку металургійного виробництва

Співвідношення алюмінію і кремнію в таблиці 2 і зв'язана з цим маркировка силікоалюмінію не є догмою і при необхідності співвідношення цих елементів можуть бути іншими

Була проведена серія дослідних плавів в мартенівському виробництві спокійної сталі з розкислюванням в ковшах феросплавами і розкислювачами з відомими хімічними складами (аналог, 1) та

різними варіантами запропонованого технічного рішення. На прикладі "силікоалюмінію" марки СА 12-30 отримані результати, які представлені в таблиці 3

Плавку сталі випускали одночасно у два ковши, в один із котрих давали феросплави ( $\text{FeMn}$  і  $\text{FeSi}$ ) з алюмінієм АВ87 (зрівнювальні плавки) по існуючій на підприємстві технології. В другий ковш замість АВ87 давали силікоалюміній марки СА 12-30. Було виплавлено  $\sim 7326 \text{ т}$  сталі дослідних плавів з використанням  $6980 \text{ кг}$  запропонованого комплексного розкислювача СА (з перерахунком на чистий  $\text{Al} - 2094 \text{ кг}$ ). В такій ж кількості виплавлено зрівнювального метала з використанням АВ87 (з перерахунком на чистий  $\text{Al} - 5287 \text{ кг}$ ). Питомі затрати на СА -  $2,47 \text{ грн/т}$ , на АВ87 -  $3,94 \text{ грн/т}$ , що значно вище, майже на  $1,5 \text{ грн/т}$ . Брак зливок при розкислюванні СА 12-30 зменшується з  $1,17$  до  $0,87 \%$ , а додаткова обрізь, відповідно, з  $0,98$  до  $0,46 \%$

Таким чином, використання силікоалюмінію як комплексного розкислювача підвищує якість сталі, дає змогу значно зменшити втрати по браку зливок і додаткової обрізі, а також зменшити економічні витрати

Закупорювання зливок киплячої сталі здійснювали на 118 плавках з використання роздільного силікоалюмінію марки СА 18-55 у кількості  $0,7 \text{ кг/т}$  (в чистому алюмінію -  $0,385 \text{ кг/т}$ , кремнію -  $0,126 \text{ кг/т}$ ). Зрівнювальні плавки ( $89 \text{ шт.}$ ) - зливки закупорювали розплавленим сплавом АВ87 у кількості  $0,55 \text{ кг/т}$  (по чистому алюмінію -  $0,478 \text{ кг/т}$ ). Як видно з таблиці 3, стан меніску при використанні "силікоалюмінію" кращий в зрівнянні з використанням АВ87, а саме, меніск угнутий, рівний і випуклий дорівнює  $69,4 \%$  проти  $54,8 \%$  при закупорюванні зрівнювальних зливок, а рослих зливок, відповідно,  $30,6$ , проти  $45,2 \%$

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

Таким чином сплав для комплексного розкислювання сталі, закупорювання зливок киплячої сталі та легування сталі і чавуну у ливарному виробництві силікоалюмінієм, який заявляється, відповідає критерію "виробнича застосовність"

Джерела інформації

- 1 ДСТУ 3753-98 Міждержавний стандарт Алюміній для розкислювання, виробництва феросплавів і алюмінотермії. Технічні умови. Київ, УкрНДІССУ, 1999 р. (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 Лад'янов І.М. Розкислення спокійної сталі в ковші фероалюмінієм. Сталь, 3, 1958, с. 218-223 (4, аналог)
- 4 Авт. Свід. СРСР 514034 МПК с22с35/00, оп. 15.05.76 (4, прототип)
- 5 Полтехнічний словник, 2 ред. акад. ІІ. Артоболевський. ЕСДПС, М-76 с. 22, 23, 251, 254, 413, 531

Таблиця 1

Порівняння хімічних складів сплавів відомих та заявленого

Сплав	Хімічний склад, %					Орієнтувальна середня щільність, г/см <sup>3</sup>
	AL	Si	Fe	Другі елементи	Домішки	
Аналог 1(AB87)	≥ 87,0 (в т р Mg 3,0)	≤ 5,0	решта	-	Cu 3,8	2,70
Аналог 2	18,0 ÷ 22,0	40,0 ÷ 45,0	решта	-	-	4,48
Аналог 3	Середнє значення 13,7	-	решта	-	-	7,10
Прототип 4	25,0 ÷ 60,0	0,1 ÷ 15,0	решта	Nb 15-20,0 Cu 0,1-15,0 Ti 0,1-10,0 C 0,01-2,0	-	5,0
Заявлений	30,0 ÷ 75,0	10,0 ÷ 30,0	решта	-	Cu 2,5 C 2,0	4,18

Таблиця 2

Марки "Силікоалюмінію" і його фізико-технологічні властивості

№ п/п	Заявляема марка сплаву (умовна)	Основні компоненти, %			Щільність* (теоретична), г/см <sup>3</sup>	Орієнтувальна T <sub>пл</sub> , °C	Рекомендоване функціональне призначення
		Si	AL	Fe			
1	CA 12-30	10,0-15,0	30,0-35,0	Решта	$\frac{5,49}{5,76 \div 5,23}$	1310	Розкислення спокійної сталі у ковші
2	CA 12-35		35,0-40,0	"-	$\frac{5,25}{5,5 \div 5,0}$	1270	
3	CA 12-40		40,0-45,0	"-	$\frac{4,98}{5,25 \div 4,72}$	1210	
4	CA18-45	15,0-20,0	45,0-50,0	"-	$\frac{4,46}{4,72 \div 4,2}$	1130	
5	CA18-50		50,0-55,0	"-	$\frac{4,12}{4,47 \div 3,78}$	1060	Для виробництва напівспокійних марок сталі та закупорювання зливків киплячої сталі
6	CA18-55		55,0-60,0	"-	$\frac{3,87}{4,05 \div 3,69}$	980	
7	CA25-60	20,0 30,0	60,0-65,0	"-	$\frac{3,29}{3,69 \div 2,89}$	910	
8	CA25-65		65,0-70,0	"-	$\frac{3,02}{3,43 \div 2,61}$	870	
9	CA25-70		70,0-75,0	"-	$\frac{2,88}{3,15 \div 2,61}$	830	

\*Примітка Чисельник - щільність при середніх значеннях AL і Si  
Знаменник - щільність від мінімальної до максимальної кількості AL і Si

Таблиця 3

Основні технологічні показники дослідних і зрівнювальних плавко  
з використанням розкислювачів "силікоалюмінію" і алюмінієвого сплаву АВ87

Технологічні параметри	Одиниця виміру	Дослідні плавки СА12-30, СА18-55	Зрівнювальні плавки, АВ87
Розкиснення спокійних марок сталі			
Кількість плавко	шт	34	34
Виплавлено	т	7325,9	7244,3
Використано розкислювача	кг	6980 (СА12-30)	6077
В тому разі по чистому А1	кг	2094	5287
Теж саме по Si	кг	977	264
Вартість	грн	18137,3	28595,8
Питомі затрати на розкислювач	грн/т	2,47	3,94
Брак зливків (середній)	%	0,78	1,17
Додаткова обрізь	%	0,46	0,98
Закупорювання зливків киплячої сталі			
Кількість плавко	шт	118	89
Виплавлено	т	43660	32930
Питомі витрати розкислювача	кг/т	0,7(СА18-55)	0,55
В тому разі по чистому А1	кг/т	0,385	0,478
Теж саме по Si	кг/т	0,126	0,027
Стан меніску			
Угнутий	%	22,9	18,7
Рівний	%	29,7	23,6
Випуклий	%	16,8	12,5
Рослий	%	30,6	45,2