



УКРАЇНА

(19) UA (11) 45937 (13) A  
(51) 6 C22C35/00, C21C7/06МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СПЛАВ ДЛЯ РОЗКИСЛЮВАННЯ ТА ЛЕГУВАННЯ СТАЛІ І ЧАВУНУ "ФЕРОАЛЮМІНІЙ"

1

2

(21) 2002010072

(22) 03.01.2002

(24) 15.04.2002

(46) 15.04.2002, Бюл. № 4, 2002 р.

(72) Паренчук Ігор Валерійович, Паренчук Валерій  
Васильович(73) ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ  
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "ФІРМА "УНІКОН"(57) Сплав для розкислювання та легування сталі і  
чавуну, що містить алюміній, кремній, мідь, титан,  
залізо, вуглець, який відрізняється тим, щовін додатково містить марганець, хром, нікель, при  
наступному співвідношенні елементів, мас. %:

Алюміній	4 ÷ 75
Кремній	не більше 9,0
Мідь	не більше 3,8
Марганець	не більше 3,0
Хром	не більше 3,0
Нікель	не більше 1,0
Титан	не більше 0,8
Вуглець	не більше 2,0
Залізо	решта.

Винахід відноситься до чорної металургії, а саме до феросплавів, призначених як для розкислювання сталі при її виготовленні, так і для легування алюмінієм особистих марок сталі та конструкційного алюмінієвого чавуну.

Відомий сплав алюмінію марки АВ-87 для розкислювання та одержання феросплавів (1, аналог), який містить, мас. %: алюмінію не менш - 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 і використовується як розкислювач загального призначення. Але цей сплав має малу щільність (~2,7г/см<sup>3</sup>), і малий ефект засвоювання алюмінію, який не перевищує 17,0% при витраті 1,0 кг на 1,0 т сталі складає всього 0,14 кг. Нестабільне усвоювання алюмінію марки АВ-87 (< 17,0%) потребує збільшення його кількості в 2-3 рази, а може й довести до браку готової продукції. Така ситуація вимагає розробки нових сплавів системи "залізо-алюміній" (фероалюміній) з ширшими межами вмісту алюмінію, що має дозволити найбільше його засвоювання в розплаві, та підвищити ефект як розкислювання, так і керування цими процесами. Наприклад, в печах і ковші при виготовленні спокійної та напівспокійної сталі, закупорку зливка киплячої сталі, а також легування алюмінію спеціальних марок сталі і конструкційного алюмінієвого чавуну в ливарному виробництві.

Відомий сплав для розкислювання сталі (2, аналог), який містить, мас. %: кремнію 45 - 59; алюмінію 10 - 14; кальцію 4 - 8; заліза решта. В

порівнянні з аналогом цей розкислювач декілька краще за АВ-87, але має недостатній ефект розкислювання і збільшуючий угар розкислюючих елементів.

Найбільш близьким по технічній суті та досягаемому результату до заявляемого є відомий сплав для розкислювання і легування сталі (3, 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 залишок, який використовують як розкислювач сталі за рахунок збільшеного відсотку присутності алюмінію, а за наявністю високої вартості елементу - ніобію, обмежено застосування цього сплаву для вуглицевих та конструкційних марок сталі. А також недостатнє засвоювання алюмінію у розплаві і недостатній ефект розкислювання сталі.

В основу винаходу поставлено задачу в запропонованому складі сплаву для розкислювання та легування сталі і чавуну, шляхом додаткового введення до складу: марганцю, хрому, нікелю, і зміни вмісту: алюмінію, кремнію, міді і титану і збереженні вмісту вуглецю забезпечити збільшення ефекту розкислювання сталі за рахунок підвищення засвоювання алюмінію у розплаві. Додатковий ефект - зменшення угару.

Використання запропонованого рішення приводить до наступного технічного результату, а саме - підвищення розкислюючої спроможності сплаву при збереженні алюмінію від угару.

Поставлена задача вирішується тим, що у ві-

(13) A

(11) 45937

(19) UA

домому складі сплаву для розкислювання і легування сталі, який включає алюміній, кремній, мідь, титан, вуглець, залізо, новим є те, що оптимізований вміст відомого складу сплаву по якості і кількості, а саме додатково вводять не більш: марганцю - 3,0; хрому - 3,0; нікелю - 1,0; розширюють межі вживання кількості алюмінію до 4,0...75,0%, зменшують кількість кремнію до 9,0%, міді до 3,8%, титану до 0,8% при наступному співвідношенні усіх компонентів сплаву, мас. %:

Алюміній	4 ÷ 75;
Кремній	не більше 9,0;
Мідь	не більше 3,8;
Марганець	не більше 3,0;
Хром	не більше 3,0;
Нікель	не більше 1,0;
Титан	не більше 0,8;
Вуглець	не більше 2,0;
Залізо	решта.

Ознакою загальною для заявляемого сплаву фероалюмінію і прототипу є наявність в їх хімічних складах вуглецю  $\leq 2,0\%$ .

Ознаками, що відрізняють новий сплав фероалюмінію є зменшена кількість кремнію ( $\leq 9,0\%$ ), міді ( $\leq 3,8\%$ ), титану ( $\leq 0,8\%$ ) оптимізована (розширені межі вживання) кількість алюмінію (4,0...75,0%), та додаткове введення: марганцю ( $\leq 3,0\%$ ), хрому ( $\leq 3,0\%$ ), нікелю ( $\leq 1,0\%$ ).

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

В сучасній металургійній промисловості виробництво високоякісних марок сталі та чавуну залежить від якості лігатури для одержання сплавів, які використовують для розкислювання металів. Засвоювання лігувального елементу із лігатури вище за стійкістю чим введення його у чистому вигляді. Лігувальні елементи вводять в розплав металу (сталі або чавуну) у вигляді феросплавів, тобто комплексних розкислювачів, наприклад силікомарганець або силікокальцій. Продукт розкислювання впливає на поверхню рідини (сталі) або у вигляді газу ( $\text{CO}_2$ ). У чавун вводять ще добавки (хром, нікель титан, алюміній), які покращують його фізико-технічні властивості ([4]. С. 413, 531, 251 - 254).

Відомо, що алюміній займає друге місце (після заліза) по вживанню; по способу виготовлення він буває деформований, ливарний і зпечений. Завдяки малій щільності  $2699 \text{ кг/м}^3$  та температури плавлення  $+660^\circ\text{C}$  алюміній використовують для виготовлення металів, феросплавів, лігатур ([4], С. 22, 23)

Відомо, що при виробництві сталі або чавуну будь-яким способом (конверторним, мартеновським, електродувим та інш.) заключним процесом являє розкислювання рідини металу у ковші попереднього розливу.

Відомо, що алюміній використовують як розкислювач ([3], прототип, [1], аналог АВ-87 основний і заключний розкислювач є чужковий алюміній має збільшене сродство з киснем ( $\text{O}_2$ ). Але ж причиною недостатнього розкислювання сталі, яка впливає на її якість, є достатньо висока максимальна температура плавлення сталі  $1350^\circ\text{C}$ , тобто температура плавлення сталі приводить до виго-

рання алюмінію раніше засвоювання його в розплав ("випадковий" контакт), що впливає на спроможність, тобто зменшується розкислююча здібність алюмінію, а за рахунок угару погіршується якість сталі.

Суть винаходу полягає у тому, що запропонований сплав для розкислювання та легування сталі і чавуну: "Фероалюміній" (далі ФА) при збереженні потрібної властивості розкислювача має збільшений відсоток засвоювання алюмінію та присутніх хімічних елементів (тобто малий відсоток вигорання всіх елементів) за рахунок оптимізації складу відомого сплаву, зокрема алюмінію, кремнію, міді та титану а також за рахунок додаткового введення: марганцю, хрому, нікелю. Так відповідно запропонованого технічного рішення у складі розширена межа вживання кількості алюмінію до  $4,0 \div 5,0\%$ , зменшено: кількість кремнію до  $9,0\%$ ; кількість міді до  $3,8\%$ ; кількість титану до  $0,8\%$ , додатково введено: марганцю  $\leq 3,0$ ; хрому  $\leq 3,0$ ; нікелю  $\leq 1,0$ .

Автори спробували збільшити розкислювальну спроможність і зменшити вигорання алюмінію. Шляхом дослідницьких випробувань в умовах промислового виробництва вони підібрали склад добавок якісних і кількісних, при якому вигорання алюмінію зменшилось.

Механізм цього явища до кінця ще не вивчено. Але як показує дослід несподіваним результатом явилось різке збільшення ефективності розкислювання сталі та чавуну при використанні алюмінію із фероалюмінієвого сплаву (ФА). Причому, найвищий результат ефективності розкислювання, тобто засвоювання алюмінію та зменшенню угару одержан тільки у запропонованому співвідношенні елементів як якісного так і кількісного сполучення, а саме, мас. % ці межі являють, наприклад, алюмінію  $4 \div 75$ . Якщо взяти алюмінію менш ніж  $4\%$  буде не достатнє засвоювання його, тобто менш ніж  $0,06 \text{ кг}$  з  $1 \text{ кг}$  розкислювача, щільність ФА буде більш ніж  $7,29 \text{ г/см}^3$  і зменшиться ефект розкислювання сталі. Якщо взяти алюмінію більш ніж  $75\%$  буде перебільшено алюмінію більш ніж  $0,57 \text{ кг}$  з  $1 \text{ кг}$  розкислювача, тобто економічний ефект не зростає, а ефективність розкислювання зменшується за рахунок зниження щільності розкислювача по відношенню до щільності розплаву сталі (const.  $6,9 - 7,1$ ), тобто при вживанні алюмінію більш ніж  $75\%$  щільність ФА буде менш ніж  $4,22 \text{ г/см}^3$  (Таблиця 2).

Таким чином, 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 досягнутим технічним результатом існує причинно-наслідковий зв'язок.

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

Суть заявляемого винаходу не витікає явним чином для спеціаліста з відомого рівня техніки. Сукупність ознак, які характеризують відоме рішення не забезпечує досягання нових властивостей і тільки наявність відрізняючих ознак винаходу дозволяє отримати нові властивості, новий техніч-

ний результат. Отже винахід, який пропонується відповідає критерію "винахідник рівень".

Наводимо приклади конкретного використання запропонованого сплаву фероалюмінію (ФА) в умовах промислового виробництва.

Плавку фероалюмінію ФА виконували в печах призначених для плавки сталі та чавуну (індукційних, мартеновських, електродугових та ін.) по відповідній шихтовці.

Концентрація компонентів у заявляемому фероалюмінії (ФА) регламентується характером сировини, з якої його виготовляють. Наприклад, малоцінний та недефіцитний брухт або зливки сталі і чавуну та алюмінію (ливарного і деформуємого).

В залежності від вмісту основного компоненту - алюмінію, фероалюмінії (ФА) розподілили (на основі дослідних спостережень по плавкам) на 13 марок від ФА-10 до ФА-70, фізико-технологічні властивості кожної марки та функціональне їх застосування як розкислювача надані у Таблиці 2.

Розглянемо приклади.

Приклад 1. Плавки 1 - 3. Марки "Фероалюмінію" ФА-10, ФА-15, ФА-20 по своїм параметрам засвоювання алюмінію призначені для попереднього розкислювання сталі у плавильних агрегатах при температурі плавління від 1425 до 1515°C, вміст алюмінію від 4 до 23% при засвоюванні алюмінію від 0,06 до 0,17кг з 1кг розкислювача, щільність ФА-10, ФА-15, ФА-20 співпадає з теоретичною щільністю розплаву сталі ( $\text{const } 6,9 \div 7,1$ ), що сприяє підвищеному засвоюванню алюмінію та ефекту розкислювання.

Приклад 2. Плавки 4 - 6. Марки "Фероалюмінію" ФА-25, ФА-30, ФА-35 призначені для розкислювання у ковші спокійної сталі, вміст алюмінію 23 - 38%, засвоювання розкислювача 0,17 - 0,28кг з 1кг розкислювача, щільність ФА  $6,51 \div 5,95$ , температура плавління  $1425 \div 1275^\circ\text{C}$ .

Приклад 3. Плавки 7 - 9. Марки "Фероалюмінію" ФА-40, ФА-45, ФА-50 призначені для одержання напівспокійних марок сталі, вміст алюмінію 38,0 - 52,0%, засвоювання алюмінію 0,28 - 0,39кг з 1кг розкислювача, температура плавління знижена  $1173 - 1275^\circ\text{C}$ , щільність ФА  $5,23 \div 5,74\text{г/см}^3$ .

Приклад 4. Плавки 10 - 13. Марки "Фероалюмінію" ФА-55, ФА-60, ФА-65, ФА-70 призначені для закупорювання злиwkів у киплячих марок сталі, у сипучому стані або у стані розливу, вміст алюмінію 52,0 - 75,0%, засвоювання 0,39 - 0,57кг з 1кг розкислювача, температура плавління знижена від  $1173 - 1055^\circ\text{C}$ , щільність ФА  $4,22 \div 4,97\text{г/см}^3$ .

Плавка 14. Порівняльний сплав алюмінію АВ-87 - розкислювач загального призначення, вміст алюмінію 87% (у тому числі магнію 3%), засвоювання 0,13 - 0,14кг з 1кг розкислювача, температура плавління  $655 - 665^\circ\text{C}$ , щільність  $2,70\text{г/см}^3$ .

По таблиці можна уявити, що змінюють состав алюмінію у кожній марці фероалюмінію так, щоб було максимальне його застосування і не було вигорання алюмінію, тобто спостерігають високі розкислювальні властивості, та зменшення угару, що сприяє економічним витратам самого алюмінію.

Достовірність високої ступені засвоювання алюмінію із феросплаву ФА можна виконати в умовах підприємства, наприклад шляхом електро-

літичного розчину образців металу дослідних плавок і поточного виробництва у колодєвих мішечках. Аналіз розчину на концентрацію алюмінію, розчиненого у сталі виконують у процесі її розкислювання.

Було проведено декілька дослідних плавок в мартеновському виробництві з розкислюванням в ковші: феросплавами з відомим хімічним складом (аналог і прототип) та із різними варіантами запропонованого технічного рішення. На прикладі "Фероалюмінію" марки ФА-30 - отримані результати.

Приклад 5. Дослідна партія розкислювача "Фероалюмінію" вибрано марки ФА-30 у складі 2992кг була використана при розкисленні 8 плавок вуглецевої сталі марки СТЗ, при розкисленні 3 плавок конструкційної сталі марки 45 і при розкисленні 1 плавки конструкційної сталі марки 42 всього було проведено 12 плавок - 1903,1 т сталі.

Проба розкислювача ФА-30 проводилась відповідно з ТР № 28 із збільшенням витрат розкислювача від 1,7кг/т до 1,9кг/т.

Отримані результати зрівнювалися з плавками аналогічного складу поточного виробництва розкислюваного алюмінієм АВ-87 вторинним (у зливках) по ДСТУ № 3753-98.

Наприклад

При розкисленні сталі марки СТЗ<sub>сп</sub>, при витратах фероалюмінію 1,93кг/т отримано збільшення ступеню засвоювання:

- по марганцю на 3 - 5% (середнє 4%)
- по кремнію на 4%
- по алюмінію на 6 - 20% (середнє 13%)

При розкисленні сталі марки 40; 45 при витраті фероалюмінію 1,2кг/т отримано збільшення ступеню засвоювання:

- по кремнію на 2%
- по алюмінію на 7%

Збільшення ступеню засвоювання марганцю, кремнію і алюмінію (Таблиці 1, 2, 3) на дослідних плавках пояснюється збільшенням, у зрівнянні з алюмінієм вторинним (АВ-87), розкислювальним впливом фероалюмінію, бо щільність "Фероалюмінію" найближча до щільності металевого розплаву ( $6,95 \div 7,1\text{кг/см}^3$ ) і у зменшеній ступені підлягає впливу високої температури і кисню із повітря. Завдяки цьому при зниженні витрат алюмінію у заданому елементі при розкислюванні мартеновської сталі на 35% для сталі СТЗ; і на 50% для сталі марки 40; 45, можна досягнути вимог вмісту масової частки алюмінію у ковшовій пробі на рівні: для СТЗ 0,015 - 0,025%, для сталі 45 0,010 - 0,015%.

З аналізу результатів випробувань випливає, що відрізняючі ознаки запропонованого технічного рішення сприяють більш повному розкислюванню сталі, зменшенню угару розкислювальних елементів - алюмінію, кремнію та сумішок. При цьому тривалість випуску плавки від 8 до 9 хвилин, ступінь засвоювання алюмінію склав 43,1% і 45,7%, тобто ступінь засвоювання алюмінію із сплаву "Фероалюмінію" (ФА) знаходиться у залежності від тривалості випуску плавки.

Також проведені випробування "Фероалюмінію" ФА-30 у конверторному виробництві. Було проведено 289 дослідних плавок, виплавлено 37461т сталі, витрати "Фероалюмінію" 0, 388кг на

1,0т сталі. Коефіцієнт розкислювання 2,27, а у АВ-87 – 2,23. Основні технологічні параметри дослідних і зрівнювальних плавов див. в Таблиці 3.

Акти випробувань маємо, при необхідності вишлемо додатково.

Таким чином сплав для розкислювання та легування сталі та чавуну "Фероалюміній" (ФА) який заявляється відповідає критерію "виробнича застосовність".

Джерела інформації:

1. ДСТУ 3753-98 Міждержавний стандарт.

Алюміній для розкислювання, виробництва феросплавів і алюмотермії. Технічні умови. Київ, УкрНДІССУ, 1999 р. (1, аналог)

2. Авт. Свід. СРСР 1076479, МПК С22С35/00, оп. 28.02.82. (2, аналог).

3. Авт. Свід. СРСР 514034 МПК С22С35/00, оп. 15.05.76. (3, прототип).

4. Політехнічний словник, г. ред. акад. И. И. Артоболевский. ЕСДПС, М.: - 76 (4. С. 22, 23, 251, 254, 413, 531).

Таблица 1

Порівняльний аналіз складів сплавів відомих та заявленого

	Основні, мас. %		Концентрація елементів, мас %													Засвоювання алюмінію в %
	Al	Fe	Si	Cu	Mn	Cr	Ni	Ti	C	Mg	Pb	Zn	Sn	Ca	Nb	
Аналог 1 АВ-87	84		5,0	3,8						В т. р 3,0	0,3	3,3	0,2			0,17
Аналог 2	14	19	59											8		0,02
	10	41	45											4		0,05
Прототип	60	0,03	15	15				10	2						20	0,15
	25	58,0	0,1	0,1				0,1	0,01						15	0,07
Заявлене	4	73,4	9,0	3,8	3,0	3,0	1,0	0,8	2,0							0,06
	30	56	5,0	3,0	2,0	2,0	0,5	0,5	1,0							0,25
	75	16	3,0	1,8	1,5	1,5	0,3	0,2	0,7							0,57

Таблица 2

Марки «Фероалюмінію» і його фізико-технологічні властивості

Плавки	Заявляема марка розкислювачу	Al, %	Середня щільність, г/см <sup>3</sup> (теоретична)	Орієнтувальна температура плавлення, °С	Засвоювання з 1 кг розкислювача, кг	Рекомендоване функціональне призначення
1	ФА 10	4,0-12,0	7,29	1515-1495	0,06-0,09	Попереднє розкислення у плавильних агрегатах перед випуску.
2	ФА 15	12,0-18	7,03	1495-1460	0,09-0,135	
3	ФА 20	18,0-23,0	6,75	1460-1425	0,13-0,17	
4	ФА 25	23,0-28,0	6,51	1425-1390	0,17-0,21	Розкислення у ковші спокійної сталі.
5	ФА 30	28,0-33,0	6,12	1390-1345	0,21-0,25	
6	ФА 35	33,0-38,0	5,95	1345-1275	0,25-0,28	
7	ФА 40	38,0-43,0	5,74	1275-1220	0,28-0,32	Одержання напівспокійних марок сталі.
8	ФА 45	43,0-48,0	5,48	1220-1190	0,32-0,36	
9	ФА 50	48,0-52,0	5,23	1190-1173	0,36-0,39	
10	ФА 55	52,0-58,0	4,97	1173-1173	0,39-0,43	Закупорювання зливків киплячих марок сталі у сипучому стані або у стані розплава.
11	ФА 60	58,0-63,0	4,72	1173-1150	0,43-0,47	
12	ФА 65	63,0-68,0	4,41	1150-1100	0,47-0,52	
13	ФА 70	68,0-75,0	4,22	1100-1055	0,52-0,57	Розкислювач загального призначення
14	АВ-87 відомий	87,0(у т. р. Mg 3%)	2,70	655-665	0,13-0,14	

Таблица 3

Основні технологічні показники дослідних і зрівнювальних плавов сталі з використанням розкислювачів "Фероалюмінію" марки ФА-30 і відомого АВ-87

Технологічні параметри	Одиниця виміру	Дослідні плавки, ФА-30	Зрівнювальні плавки, АВ-87
Кількість плавов	Шт.	289	150
Виплавлено	Т	37461	21936
Витрати	Кг	14531	4926
	Кг/пл	48,6	32,84

Продовження табл.3

9

45937

10

Технологічні параметри	Одиниця виміру	Дослідні плавки, ФА-30	Зрівнювальні плавки, АВ-87
	Кг/т	0,388	0,225
Вміст вуглецю на зливі	%	0,037	0,040
Стан меніску: угнутий рівний випуклий рослий			
	Пл.	62 (21,5%)	32 (21,3%)
	Пл.	55 (19,0%)	28 (18,7%)
	Пл.	23 (8,0%)	13 (8,7%)
	Пл.	149 (47,1%)	77 (51,3%)
Кількість плавок з Al на розливі	Пл.	136	69
Середня к - ть Al на роливі: на плавках з росл. зливками загальне			
	Г/зливок	294	328
	Г/зливок	138	142
Коефіцієнт розкислювання		2,27	2,23

---

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)

вул. Сім'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна

(044) 456 – 20 – 90

---

ТОВ «Міжнародний науковий комітет»

вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна

(044) 216 – 32 – 71