



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 85401

(13) C2

(51) МПК (2009)

C21C 7/06

C22C 35/00

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

(54) СПЛАВ ВТОРИННОГО АЛЮМІНІЮ - КАРБОФЕРАЛЬ ДЛЯ РОЗКИСНЕННЯ СТАЛІ

1

2

(21) а200607745

(22) 10.07.2006

(24) 26.01.2009

(46) 26.01.2009, Бюл.№ 2, 2009 р.

(72) БЕЛОВ БОРИС ФЕДОРОВИЧ, UA, ТРОЦАН  
АНАТОЛІЙ ІВАНОВИЧ, UA, ПАРЕНЧУК ІГОР ВА-  
ЛЕРІЙОВИЧ, UA, АКУЛОВ АНАТОЛІЙ ВОЛОДИ-  
МИРОВИЧ, UA, ІВАНОВ СЕРГІЙ МИХАЙЛОВИЧ,  
UA, ТЕБЕНЬКОВ ВОЛОДИМИР ГРИГОРОВИЧ, UA

(73) ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДА-

ЛЬНІСТЮ "ФІРМА "УНІКОН", UA

(56) UA 60468 C2, 15.10.2003

Заявка UA 20040705686, 16.01.2006

SU 496319 A1, 25.12.1975

RU 2152439 C1, 10.07.2000

JP 01092313 A, 11.04.1989

JP 10317049 A, 02.12.1998

(57) 1. Сплав вторинного алюмінію - карбофераль  
для розкиснення сталі, що містить залізо, алюмі-  
ній, вуглець, легуючі елементи, кольорові метали  
та домішки, який **відрізняється** тим, що легуючи-  
ми елементами є марганець, кремній, титан, хром,  
кальцій, магній, а складові сплаву взяті в наступ-  
ному співвідношенні компонентів, мас. %:

алюміній	10-40
вуглець	1,5-7,0

марганець	5-15
кремній	1,5-11,5
титан	0,5-5,0
хром	1,5-3,0
кальцій	1,5-7,0
магній	1,5-5,0
кольорові метали	3,0-5,0
домішки	0,05-0,10
залізо	решта.

2. Сплав за п. 1, який **відрізняється** тим, що оп-  
тимальний склад відповідає складу, що забезпе-  
чує наявність стабільних в рідкому і твердому ста-  
нах сталі інтерметалідів - цементиту ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) і  
фероалюмініду ( $\text{FeAl}_m$ ,  $m=1,2,3$ ), при їх співвідно-  
шенні  $I:(0,5-2,0)$ .3. Сплав за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що  
марганець, кремній, титан, хром є елементами-  
стабілізаторами цементиту.4. Сплав за п. 1 або 2, або 3, який **відрізняється**  
тим, що кальцій та магній є елементами-  
стабілізаторами фероалюмінідів.5. Сплав за будь-яким з пп. 1-4, який **відрізняєть-**  
**ся** тим, що кольорові метали складають мідь,  
цинк, олово, свинець, сурма, вісмут, а до складу  
домішок входять сірка та фосфор.Винахід (корисна модель) відноситься до об-  
ласті чорної металургії, зокрема, до феросплавів  
для грубої і ковшевої обробки сталі.Для розкиснення сталі замість сплаву вторин-  
ного алюмінію марки АВ-87 (ДСТУ 3753-98) з низь-  
ким ступенем засвоєння (10-15%) у даний час за-  
стосовують литі сплави фероалюмінія різних  
марок (ФА10 - ФА70, фераль, чугаль), ступінь за-  
своєння яких у 1,5 - 2,0 рази вище [1].Як аналог обрані фероалюмінії [ПУ №45937,  
322C35/00, публ. 15.03.2004] і чугаль [2], як прото-  
тип - фераль [ДПУ, ПМ №9593, 321C7/06, публ.  
17.10.2005]. У сплавах аналогів зміст вуглецю не  
перевищує 2,0-2,5%, а в сплавах фералю окремо  
вуглець не регламентується(C+Si+Mn+Ca+Ti<10,0%), зміст алюмінію складає  
до 75%.В основу винаходу поставлена задача підви-  
щення ефективності сплавів залізо-алюмінії для  
попереднього розкиснення сталі за рахунок струк-  
турно-хімічної стабільності сплаву при підвищених  
концентраціях вуглецю.При підвищених концентраціях вуглецю  
( $C \geq 2,0\%$ ) у сплавах залізо-алюмінії ( $Al \geq 30\%$ ) виді-  
ляються карбіди алюмінію ( $Al_4C_3$ ), що активно реа-  
гують з вологою атмосфери і розкладаються з ви-  
діленням метану, що викликає "саморозсіпання"  
сплаву при тривалому збереженні і непридатність  
його застосування для обробки рідкого металу.Однак вуглець при змісті більш 0,05-0,06 у  
сталі є хімічно активним елементом і помітно зни-

(13) C2

(11) 85401

(19) UA

жує кисень у рідкому металі, що полегшує задачу попереднього розкислення сталі.

На основі авторських розробок згідно з феноменологічною теорією будови металургійних фаз за моделлю гармонійних структур речовини (теорія МГС-фаз, [3]) стабільність твердих і рідких сплавів залежить від їх структурно-хімічного стану на фазових діаграмах, за якими визначають оптимальний склад сплавів.

Відповідно до полігональної діаграми залізо-цементит [4], побудованої новим графо-аналитичним методом, у чавунах максимальна розчинність вуглецю досягає 6,67%, що відповідає стехіометричному складу карбиду заліза-цементиту ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ), що існує при змісті 2,61 - 9,70% вуглецю в рідкому залізі і стабільного при температурах  $>1300^\circ\text{C}$ . Відповідно до полігональної діаграми залізо - алюміній [5] утворюються інтерметаліди - алюмініди заліза  $\text{FeAl}_m$  ( $m=1,2,3$ ) з конгруентною крапкою плавлення, стабільні в рідкому стані. У твердому стані їхня стабільність підвищується в присутності лугозмієльних елементів. Цементит, легований карбідобразуючими елементами (марганець, кремній, титан, хром), стає стабільним у твердому стані при кристалізації сплаву і запобігає утворенню карбідів алюмінію.

Отже, залізвуглецеві сплави алюмінію - карбофераль в інтервалі заданих концентрацій заліза, марганцю, кремнію, титана, хрому, вуглецю, алюмінію, кальцію, магнію, що утворюють легований карбід заліза - цементит  $[(\text{Fe}, \text{Mn}, \text{Cr})_{3-x}(\text{Si}, \text{Ti})_x]\text{C}$  і фероалюмініди  $\text{FeAl}_{m-x}(\text{Ca}, \text{Mg})_x$ , де  $m=1,2,3$  і  $x \leq 1,0$ , є термодинамічно міцними і структурно стабільними як у рідкому, так і у твердому станах, що значно підвищує їхню ефективність у процесах розкислення сталі і схоронність при тривалому зберіженні і транспортуванні.

В основу винаходу поставлена задача підвищення техніко-економічної ефективності процесів розкислення рідкої сталі за рахунок застосування високовуглецевих сплавів фероалюмінію, легового елементами-стабілізаторами, що забезпечують високу стабільність сплаву в рідкому та твердому станах.

Поставлена задача зважується тим, що в пропонуваному сплаві вторинного алюмінію-карбофераль для розкислення сталі, що містить основні компоненти залізо, алюміній, вуглець, легуючі елементи, а також кольорові метали і домішки із шихтових матеріалів, згідно корисної моделі, легуючими елементами є марганець, кремній, титан, хром, кальцій, магній, а склад сплаву узятий

при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

алюміній	10-40
вуглець	2,5-7,0
кремній	1,5-11,5
марганець	5-15
титан	0,5 - 5,0
хром	1,5-3,0
кальцій	1,5-7,0
магній	1,5-5,0
домішки	0,05 - 0,10
кольорові метали	3,0 - 5,0
залізо	залишок

оптимальними складами є сплави, стабільні в рідкому та твердому стані, що містять інтерметаліди - на базі цементиту ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) і алюмініди ( $\text{FeAl}_m$ ) при їх співвідношенні  $\text{Fe}_3\text{C} : \text{FeAl}_m = 1:(0,5-2,0)$ , де  $m=1,2,3$  - стехіометричні коефіцієнти. Легуючі елементи Si, Mn, Ti, Cr є стабілізаторами цементиту, а Mg і Ca - для стабілізації алюмінідів заліза.

При кристалізації розплавів для заданих співвідношень цементиту і фероалюмінідів виділяються потрібні інтерметаліди стехіометричного складу, що відповідають умовному марочному складу:

$\text{FA10Y4,5} \rightarrow \text{FA15Y4} \rightarrow \text{A20Y3,5} \rightarrow \text{FA25Y3} \rightarrow \text{FA35Y2,5}$ ,

тут хімічний умовний марочний склад за вуглецем (Y) й алюмінієм (A). У сплавах карбофералю концентрації алюмінію перекриваються сплавами фероалюмінію і фералю, однак, до істотних відмітних ознак відносяться регламентовані концентрації вуглецю (2,5-7,0 %) і легуючих елементів - стабілізаторів: марганцю, кремнію, титана, хрому, кальцію і магнію, тоді як в аналогу задані межі по вуглеці ( $\text{C} \leq 2,0 \%$ ) і кремнію ( $\leq 9,0 \%$ ), що у прототипі знаходяться із суми легуючих елементів  $\text{C} + \text{Si} + \text{Mn} + \text{Ti} + \text{Ca} \leq 10,0 \%$ .

Задані концентрації марганцю, кремнію, титана, хрому, кальцію і магнію в сплаві карбофералю забезпечують існування стабільних карбідів і алюмінідів заліза, що перешкоджають виділенню карбідів алюмінію, розкислення стали. Крім того, вуглець у сплаві підвищує активність алюмінію, що збільшує його розкислюючу здатність.

У цьому полягає сутність винаходу (корисної моделі), що відповідає критерію "винахідницького рівня" і його новизни.

У таблиці приведені маркеровочі склад і хіміко-технологічні властивості сплавів вторинного алюмінію: фероалюмінію, чугалю (аналоги), фералю (прототип) і карбофералю.

Таблиця

Маркувальний склад і хіміко-технологічні властивості сплавів вторинного алюмінію

Сплави і маркування	Інтерметаліди	$\text{Fe}_3\text{C}/\text{FeAl}_m$	Al, %	C, %	$\rho$ , г/див <sup>3</sup>	$t_{\text{пл}}$ , °C	[Al] <sub>ме</sub> , %	$\eta_{\text{Al}}$ , %
Чугаль	-	-	25-30	2,0-2,5	6,10	1300-1350	0,002	5,0
Фероалюміній ФА-30	-	-	28-33	$\leq 2,0$	6,12	1390	0,001	4,0
Фераль ФА-30	FeAl		30 $\pm$ 2,5	$\leq 2,0$	6,8	1400	0,001	4,0
Карбофераль ФА10У4,5	$\text{Fe}_3\text{C}$ , $\text{Fe}_4\text{Al}$	1:0,50	8,5-12,0	4,4-4,8	7,1	1500	-	8,0
ФА15У4	$\text{Fe}_3\text{C}$ , $\text{Fe}_3\text{Al}$	1:0,60	13,2-18,0	3,8-4,2	6,8	1480	-	
ФА20У3,5	$\text{Fe}_2\text{Al}$ , $\text{Fe}_3\text{C}$	1:0,80	18-24	3,2-3,8	6,4	1460	-	
ФА25У3	$\text{Fe}_3\text{C}$ , $\text{Fe}_2\text{Al}$	1:1,0	22-26	2,8-3,2	6,2	1420	0,003	
ФА35У2,5	FeAl $\text{FeC}_3$	1:1,5	32-38	2,2-2,8	6,0	1340	0	

Оцінка ефективності сплавів проведена в конверторному цеху ЗАТ "ЄМЗ" для попереднього розкислення сталі 3сп, призначеної для обробки на установці ківш-піч. Питома витрата ФА30 і ФА25У3 складав 1,0кг/т, ступінь засвоєння алюмінію Al за рахунок вуглецю сплаву підвищується в 1,5-2,0 рази при залишковому вмісті вуглецю 0,06-0,08%.

У такий спосіб між істотними ознаками і техніко-економічним результатом існує причинно-наслідковий зв'язок, що забезпечує високу ефективність нових сплавів - карбофераль для розкислення сталі.

Джерела технічної інформації:

[1] Удовиченко Ю.Н., Онищенко А.А., Паренчук И.В., Паренчук В.В. Ферроалюминий для черной металлургии, Энергосбережение, 2004, №8, 12-16.

[2] Серов А.И., Ярославцев Ю.Г., Смоляков В.В., Раскисление стали алюминием, Бюл. "Черная металлургия", 2004, №9, 28-31.

[3] Белов Б.Ф., Троцан А.И., Бродецкий И.Л. и др., Полная диаграмма состояния железо-углерод, Вісник ДонГАСА, Донецк 2003, вып. 1/38, 117-120.

[4] Белов Б.Ф., Троцан А.И., Сосновцев М.Н. и др., Разработка и оптимизация сплавов железо-алюминий для раскисления стали, Вісник ПГТУ, Мариуполь, 2004, вып. 14, 52-54.