

УДК 669.45 + 669.046.558

С. А. Полишко

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАНИЯ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ В МИКРООБЪЕМАХ МАЛОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ Ст1кп

Рассмотрено влияние многофункциональных модификаторов на распределение легирующих элементов в микрообъемах стали марки Ст1кп. Доказано, что модифицирование позволяет снизить разницу концентраций между легирующими элементами, что обеспечивает повышение уровня механических свойств готового металла.

Ключевые слова: многофункциональные модификаторы, малоуглеродистая сталь Ст1кп, легирующие элементы.

Розглянуто вплив багатофункціональних модифікаторів на розподіл легуючих елементів у мікрооб'ємах сталі марки Ст1кп. Доведено, що модифікування дозволяє понизити різницю концентрацій між легуючими елементами, що забезпечує підвищення рівня механічних властивостей готового металу.

Ключові слова: багатофункціональні модифікатори, маловуглецева сталь Ст1кп, легуючі елементи.

The influence of multifunction modifiers was considered on distributing of alloying elements the brands of St1kp became in microvolumes. It was well-proven that modification allows to reduce the difference of concentrations between alloying elements, that provides the increase of level of mechanical properties of the prepared metal.

Keywords: multifunction modifiers, low-carbon steel of St1kp, alloying elements.

Одной из наиболее важных, но в то же время труднорешаемых, проблем металлургии является получение стабильного химического состава и однородного распределения легирующих элементов в микрообъемах сталей различного назначения. Ведь от стабильности химического состава зависит как уровень механических свойств металла, так и качество готовой продукции в целом.

В то же время, как показывает практика, из-за больших объемов расплава в ковше, с помощью применения только лишь традиционных технологий выплавки стали, а также из-за применения неконтролируемых по содержанию химических элементов добиться получения повышения качества металлургической продукции невозможно.

В связи с этим в условиях ОАО АрселорМиттал «Кривой Рог» было проведено модифицирование малоуглеродистой стали Ст1кп многофункциональными модификаторами [1], рис. 1.

Сталь общего назначения Ст1кп, выплавленная в 160-тонных конверторах, применяемая в строительстве в качестве арматуры, обладает структурой, свойствами и составом, удовлетворяющими требованиям, указанным выше.

Это подтверждено нашими экспериментальными исследованиями [2; 3]. Были исследованы образцы горячекатаных прутков Ст1кп серийного производства.

Анализ 34 промышленных плавков стали Ст1кп показал следующее:

1. Из-за больших концентрационных интервалов легирующих элементов C, Mn, Si, Cr, Mo, Mo, Cu и V (табл. 1) в реальном металле имеет место большой межплавочный и внутриплавочный разброс химических элементов и, соответственно, механических свойств (табл. 2).
2. В результате недостаточного усвоения алюминия чушкового расплавом в серийных плавках отсутствовал остаточный алюминий.
3. Уровень механических свойств серийной малоуглеродистой стали соответствовал требованиям ДСТУ.



Рис. 1. Внешний вид multifunctional модификатора

Таблица 1

Химический состав серийной малоуглеродистой стали Ст1кп по ДСТУ 2651-2005 (ГОСТ 380-2005)

	Массовая доля химических элементов, %									
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P	V	Al
ДСТУ	0,06-0,12	0,25-0,50	≤ 0,05	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,05	≤ 0,04	-	≤ 0,01
Среднее значение	0,081	0,39	0,05	0,03	0,02	0,03	0,022	0,015	0,005	0
Разброс	0,05	0,24	0,04	0,05	0,06	0,06	0,022	0,010	0,002	0

Таблица 2

Механические свойства серийной малоуглеродистой стали Ст1кп по ДСТУ 2770-94

	Предел прочности σ_b , Мпа	Относительное сужение ψ , %
ДСТУ	≤ 420	≥ 68
Среднее значение	380,2	74
Разброс	38	6

После обработки расплава multifunctional модификаторами значительно повысилась стабильность химического состава и механических свойств (табл. 3, 4).

Таблица 3

Химический состав модифицированной малоуглеродистой стали Ст1кп по ДСТУ 2651-2005 (ГОСТ 380-2005)

	Массовая доля химических элементов, %									
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P	V	Al
ДСТУ	0,06 -0,12	0,25 -0,50	≤ 0,05	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,05	≤ 0,04	-	≤ 0,01
Среднее значение	0,085	0,40	0,03	0,03	0,02	0,03	0,019	0,008	0,005	0,005
Разброс	0,03	0,11	0,03	0,02	0,01	0,03	0,011	0,006	0,001	0,002

Таблица 4

Механические свойства модифицированной малоуглеродистой стали Ст1кп по ДСТУ 2770-94

	Предел прочности σ_b , Мпа	Относительное сужение ψ , %
ДСТУ	≤ 420	≥ 68
Среднее значение	382,0	74,6
Разброс	38	6

Это связано с тем, что благодаря компонентам многофункциональных модификаторов было снижено содержание вредных примесей, особенно фосфора, содержание которого в конвертере без модифицирования снизить не возможно. Дело в том, что фосфор, находясь в избытке, располагается по границам зерен, разрушая их. Если же снизить его количество в стали, он располагается в феррите, не снижая свойств готового металла. Также при этом важно было снизить содержание кремния, так он образует монооксид кремния SiO, снижая свойства конструкционной стали Ст1кп [4].

В горячекатаном металле после деформации и термообработки путем дождевания проволоки с прокатного нагрева были проведены исследования на распределение элементов в металле с помощью японского микроскопа JEOL SUPERPROBE 733.

Исследовано распределение легирующих элементов марганца, кремния и хрома в немодифицированных и модифицированных образцах катанки из Ст1кп на установке JEOL SUPERPROBE 733 в отраженных электронах. Здесь светящиеся точки определяют положение атомов каждого из перечисленных элементов в поле зрения при $\times 3000$.

Установлено следующее:

- распределение марганца достаточно равномерное в модифицированном образце (рис. 2 б), в немодифицированном имеется включение, по-видимому, MnS, с повышенной локальной концентрацией Mn (рис. 2 а);
- распределение кремния более однородное в модифицированном образце (рис. 3 б) в сравнении с немодифицированным (рис. 3 а), где тоже имеется скопление атомов Si на базе монооксида кремния, присутствие которого нежелательно из-за его охрупчивающего действия на металл. Появление SiO связано с более высоким содержанием кремния в немодифицированной стали Ст1кп (0,05 % мас. против 0,03 % мас. Si в

модифицированной стали Ст1кп) и неравномерным распределением атомов Si в феррите;

– распределение хрома отличается большей неоднородностью в сравнении с распределением Si и Mn в стали Ст1кп. Однако, более равномерно распределен Cr в модифицированной стали Ст1кп (рис. 4 б) в сравнении с немодифицированной (рис. 4 а), где имеются локальные места, обогащенные Cr, повидимому на базе включений. Этот эффект значительно слабее проявляется в образцах катанки из модифицированной стали Ст1кп. Таким образом, доказан экспериментально высокоточным методом факт более равномерного распределения легирующих элементов в модифицированной стали Ст1кп.

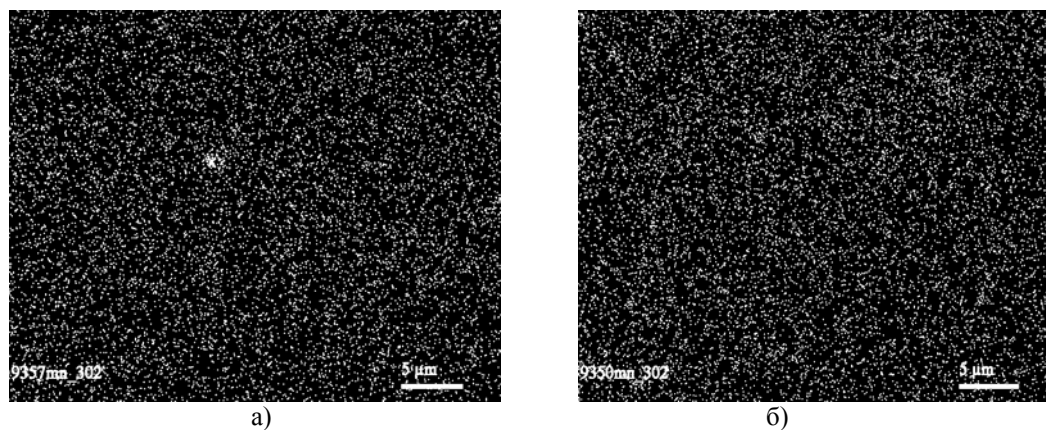


Рис. 2. Распределение марганца в малоуглеродистой стали Ст1кп:

- а) немодифицированной плавки № 241973, х3000;
- б) модифицированной плавки № 262673, х3000

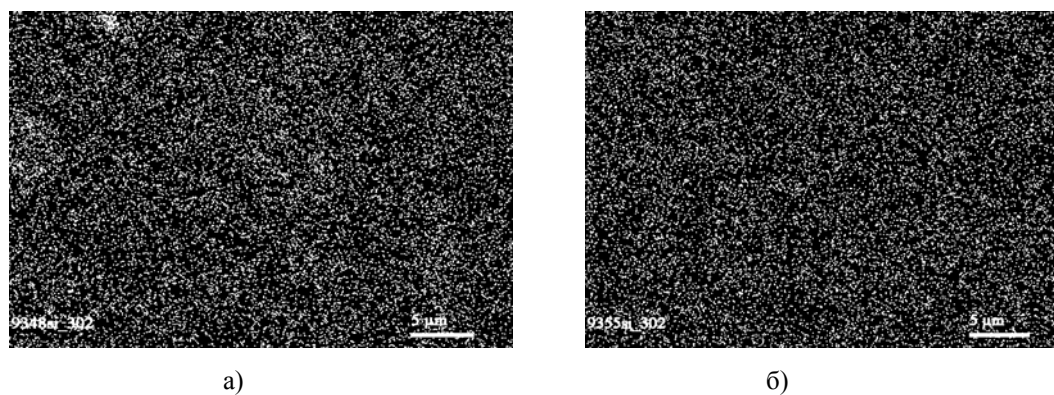
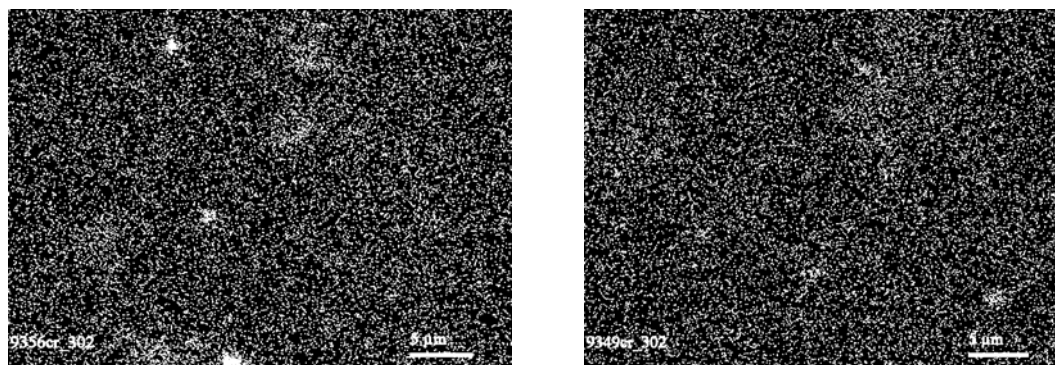


Рис. 3. Распределение кремния в малоуглеродистой стали Ст1кп:

- а) немодифицированной плавки № 241973, х3000;
- б) модифицированной плавки № 262673, х3000



а)

б)

Рис. 4. Распределение хрома в малоуглеродистой стали Ст1кп:

а) немодифицированной плавки № 241973, х3000;

б) модифицированной плавки № 262673, х3000

Таким образом, исследованием малоуглеродистой стали Ст1кп показано, что обработкой расплавов многокомпонентными модификаторами различных составов сталей можно стабилизировать химический состав и повысить уровень механических свойств.

Библиографические ссылки

1. Патент на винахід № UA 85254. Композиційний розкислювач для обробки сталей. МОНУ / Шаповалова О.М., Шаповалов В.П., Шаповалов А.В., Полішко С.О. Державний департамент інтелектуальної власності, ДНУ, а 2007 008 58, заявл. 26.01.2007 р, опубл. 12.01.2009 р.
2. **Шаповалова О.М.** Стабилизация химического состава и механических свойств в сталях 1кп и R7 под влиянием модифицирования / О.М. Шаповалова, А.Е. Камышный, А.В. Шаповалов, С.А. Полишко, М.А. Кушнир, Е.Н. Майстренко, Ю.А. Финдлинг // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. научн. трудов. – Вып. 48. Ч. 3. – ПГАСА. – 2009. – С. 232 (в обл.)
3. Влияние неметаллических включений и структуры на трещинообразование в колесной стали / А.В. Шаповалов, Е.Н. Майстренко, Л.Я. Кульчицкая, С.А. Полишко, Ю.В. Татарко // Тезисы докладов 70 Международной научно-методической конференции «Проблемы развития железнодорожного транспорта». Днепропетровск, 2010. – С. 300–301.
4. **Полишко С.А.** Комплексное влияние вредных примесей (S, P, As) и основных легирующих элементов на механические свойства стали Ст1кп / С. А. Полишко // Системне проектування та аналіз характеристик аерокосмічної техніки : зб. наук. праць. – Вип. 18. – 2015. – С. 78–83.

Надійшла до редколегії 12.04.2016