

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ НАСЫЩЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ МЕТАЛЛОВ ХРОМОМ ИЗ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ШЛАКОВ

И.В. Чуманов, В.И. Чуманов, А.Н. Аникеев, М.А. Матвеева

Изложены результаты ряда экспериментов по насыщению поверхностных слоев углеродистых марок стали легирующими элементами, содержащимися в сталеплавильных шлаках, в результате их выдержки при различных температурах различные промежутки времени.

Ключевые слова: углеродистые марки стали, сталеплавильные шлаки, химико-термическая обработка, исследования микроструктуры.

При эксплуатации изделий наибольшему воздействию, как правило, подвергаются поверхностные слои материалов. Для условий эксплуатации, при которой требуются повышенные механические свойства, детали изготавливают из высоколегированных марок стали – что существенно усложняет технологические процессы производства и увеличивает стоимость изделия. Для снижения доли объемно-легированных деталей применяются различные способы нанесения специальных покрытий на металлические изделия. Применение такого вида обработки повышает работоспособность и ресурс работы деталей и узлов машин и механизмов, изготовленных из низколегированного сортамента. При этом достигая стойкости деталей изготовленных из объемно-легированных сталей.

Насыщение поверхностного слоя стали легирующими элементами из отходов сталеплавильного производства является примером такого способа упрочнения поверхностных слоев материалов [1, 2].

На кафедре общей металлургии филиала ЮУрГУ в г. Златоусте была проведена серия экспериментов по насыщению поверхностных слоев металла различными химическими элементами, содержащимися в отходах металлургического производства – сталеплавильных шлаках [3, 4].

Образцы сталей 35, У7, У8, СЧ15 подвергались химико-термической обработке: они были засыпаны порошком шлака и выдержаны при различных температурах разные временные интервалы (табл. 1).

Для проведения эксперимента были использованы отходы сталеплавильного производства из шлаковых отвалов ОАО «Златоустовский металлургический завод». Исследование химического состава элементов шлака было проведено на электронном микроскопе JOEL JSM-6460LV (табл. 2).

Микроструктурные исследования, выполненные на микроскопе С. Zeiss Observer D1m, показали образование фазы сложного состава на всех образцах с температурой обработки более 800°C и временем выдержки 8 и более часов (рис. 1). В ходе исследований было выявлено, что толщина слоя образовавшихся включений достигает в стали 80 мкм, а в чугунах 500 мкм (рис. 2)

Микроструктура и состав включений, образовавшихся в ходе эксперимента, исследовались также на электронном микроскопе JEOL JSM-6460 LV (рис. 3). Исследование показало – включения представляют собой сложный комплекс Cr–O–Si–S–Mn–Fe (табл. 3).

Предположительно, полученные неметаллические включения представляют собой комплекс, состоящий из сульфида (марганца и железа) + оксид кремния + оксид хрома. Также в ходе исследования

Таблица 1

Режимы химико-термической обработки экспериментальных образцов

Время выдержки, ч	Температура, °С					
	700	800	900	1000	1100	1200
4	35, У7, У8	35, У7, У8	35, У7, У8	35, У7, У8	35, У7, У8	35, У7, У8
8	35, У7, У8	35, У7, У8	35, У7, У8	35, У7, У8	35, У7, У8	35, У7, У8
12	У7, У8, СЧ15	У7, У8, СЧ15	35, У7, У8, СЧ15	35, У7, У8	35, У7, У8,	35, У7, У8
24	У7, У8, СЧ15	У7, У8, СЧ15	У7, У8, СЧ15	У7, У8	У7, У8	У7, У8

Таблица 2

Химический состав шлака

Элемент	O	Mg	Al	Si	Ca	Cr	Mn	Ti	Fe	Итого
Содерж., %	29,44	4,92	3,5	7,09	32,41	7,50	0,46	11,64	3,04	100

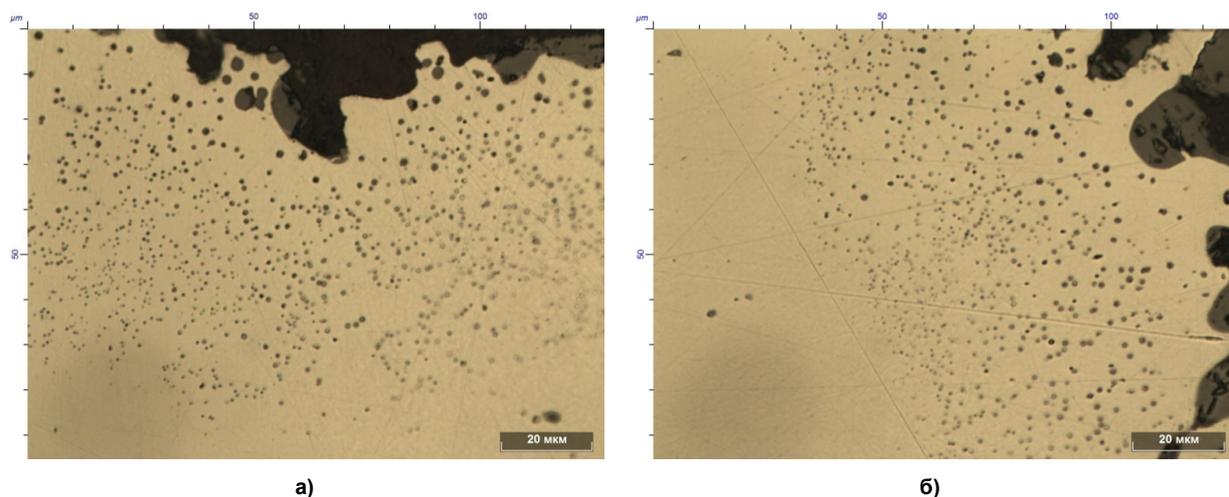


Рис. 1. Микроструктура образцов, подвергнутых химико-термической обработке: а – образовавшиеся включения в стали 35 (8 ч, $T = 1100\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\times 250$); б – толщина слоя включений в У7 (8 ч, $T = 1100\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\times 250$)

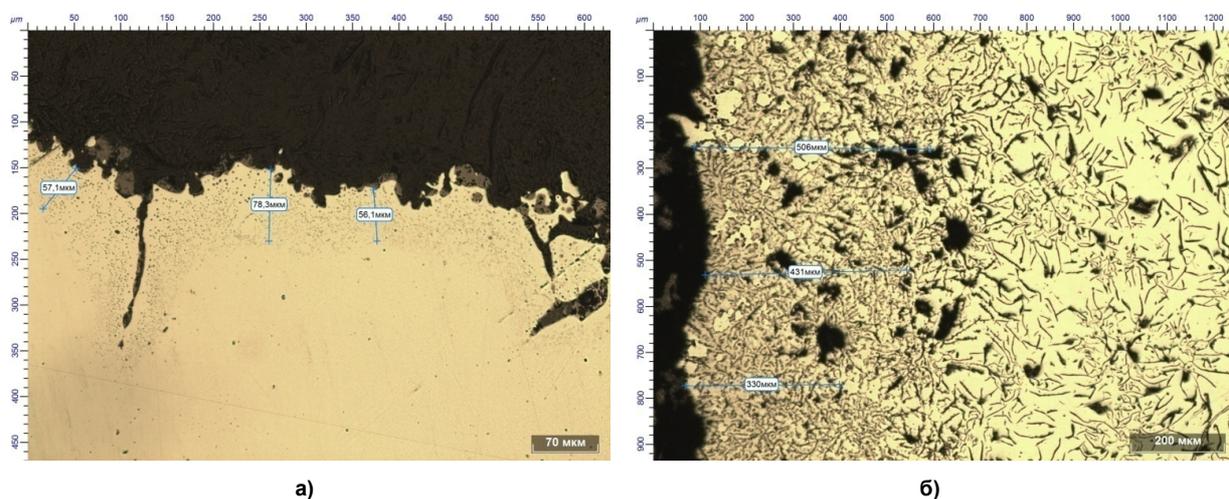


Рис. 2. Изучение толщины слоя образовавшихся включений: а – слой включений в стали 35 (8 ч, $T = 1100\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\times 250$); б – слой включений в СЧ15 (24 ч, $T = 900\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\times 130$)

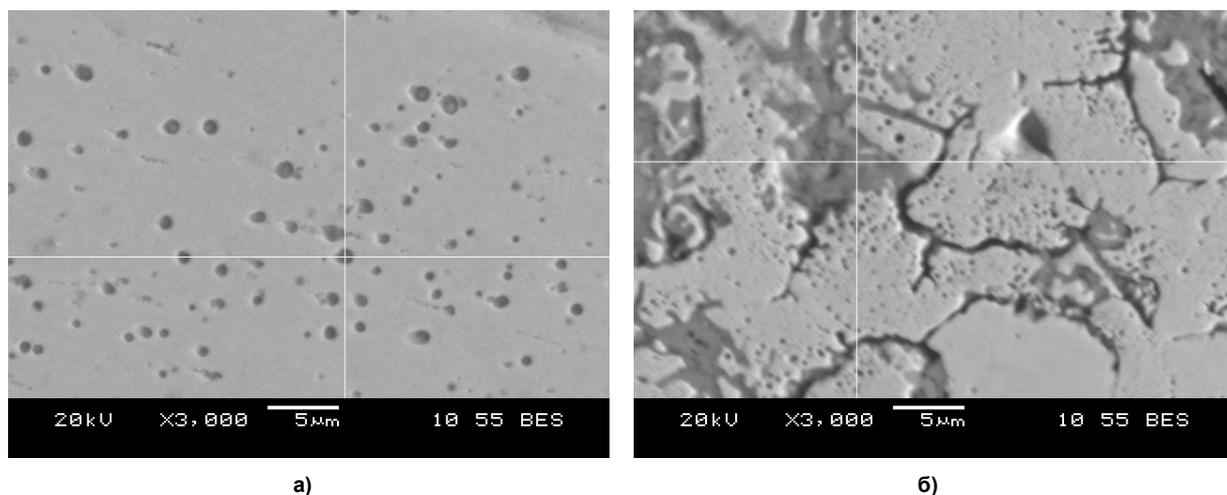


Рис. 3. Микроструктуры образцов с образовавшимися включениями: а – сталь 35 ($\times 3000$); б – чугун СЧ15 ($\times 3000$)

Таблица 3

Химический состав

Образец (марка)	Состав включений, %							
	O	Al	Si	S	Cr	Mn	Fe	Всего
35	9,93	0,52	4,01	0,40	5,31	10,82	69,01	100,00
У7	11,18	–	3,59	1,09	1,80	7,47	74,97	100,00
У8	8,44	2,03	3,04	–	6,65	3,24	76,60	100,00
СЧ15	13,09	–	8,43	–	4,01	3,45	76,60	100,00

было выявлено изменение в содержании хрома в поверхностных слоях металла. Химический анализ образцов до эксперимента показал отсутствие в них хрома, а исследования, проведенные на электронном микроскопе после эксперимента, подтвердили наличие хрома в поверхностных слоях металла в виде неметаллических включений. Следовательно, в результате химико-термической обработки металлов и чугуна в среде молотого металлургического шлака возможно насыщение хромом поверхностных слоев обрабатываемого металла.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства образования и науки, шифр 7.2938.2011, а также при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.В37.21.0077.

Литература

1. Прженосил, Б. О структуре диффузионного слоя после низкотемпературной нитроцементации / Б.О. Прженосил // *Металловедение и термическая обработка металлов.* – 1974. – № 10. – С. 2–6.

2. Гудим, Ю.А. Эффективные способы утилизации отходов металлургического производства Урала / Ю.А. Гудим, А.А. Голубев // *Экология и промышленность России.* – 2008. – № 12. – С. 4–12.

3. О возможности введения твердых тугоплавких частиц при получении трубной заготовки методом центробежного литья / А.Н. Аникеев, А.В. Бигеев, Е.Н. Гордеев и др. // *Вест. Юж.-Урал. гос. ун-та. Сер. «Металлургия».* – 2009. – Вып. 13, № 36 (169). – С. 24–27.

4. Чуманов, И.В. Получение дисперсно-упрочненных полых заготовок для роторных диспергаторов / И.В. Чуманов, В.И. Чуманов, А.Н. Аникеев // *Металлург.* – 2011. – № 6. – С. 69–72.

Чуманов Илья Валерьевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой общей металлургии, Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Златоусте. 456209, Челябинская обл., г. Златоуст, ул. Тургенева, 16. Тел.: (3513)665829. E-mail: chiv71@susu.ac.ru.

Чуманов Валерий Иванович, кандидат технических наук, профессор кафедры общей металлургии, Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Златоусте. 456209, Челябинская обл., г. Златоуст, ул. Тургенева, 16. Тел.: (351)3665829. E-mail: maria@zb-susu.ru.

Аникеев Андрей Николаевич, аспирант кафедры общей металлургии, Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Златоусте. 456209, Челябинская обл., г. Златоуст, ул. Тургенева, 16. Тел.: (3513)665829. E-mail: anikeev-ml@mail.ru.

Матвеева Мария Андреевна, аспирант кафедры общей металлургии, Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Златоусте. 456209, Челябинская обл., г. Златоуст, ул. Тургенева, 16. Тел.: (3513)665829. E-mail: 26mist26@mail.ru.

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF SATURATION THE SURFACE LAYERS OF METALS WITH CHROMIUM FROM STEEL SMELTING SLAG

I.V. Chumanov, South Ural State University, Zlatoust Branch, Zlatoust, Chelyabinsk region,
Russian Federation, *chiv71@susu.ac.ru*,

V.I. Chumanov, South Ural State University, Zlatoust Branch, Zlatoust, Chelyabinsk region,
Russian Federation, *maria@zb-susu.ru*,

A.N. Anikeev, South Ural State University, Zlatoust Branch, Zlatoust, Chelyabinsk region,
Russian Federation, *anikeev-ml@mail.ru*,

M.A. Matveeva, South Ural State University, Zlatoust Branch, Zlatoust, Chelyabinsk region,
Russian Federation, *26mist26@mail.ru*

The paper describes the results of several experiments on saturation of the surface layers of carbon steels with alloying elements contained in the steel smelting slags as a result of exposure at various temperatures for various time intervals.

Keywords: carbon steels, steel smelting slag, thermochemical treatment, microstructural study.

References

1. Prijenosil B. Structure of the Diffusion Layer After Low-Temperature Carbonitriding. *Metal Science and Heat Treatment*, 1974, vol. 16, no. 10, pp. 817–820. doi: 10.1007/BF00664240.
2. Gudim Yu.A., Golubev A.A. Effective Ways of Recycling Metal Production of Ural [Effektivnye sposoby utilizatsii otkhodov metallurgicheskogo proizvodstva Urals]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2008, no. 12, pp. 4–12.
3. Anikeev A.N., Bigeev A.V., Gordeev E.N., Chumanov I.V., Chumanov V.I. On Possibility to Inject Solid Refractory Particles While Forming a Tubing Stock with the Method of Centrifugal Casting [O vozmozhnosti vvedeniya tverdykh tugoplavkikh chastits pri poluchenii trubnoy zagotovki metodom tsentrobezhnogo lit'ya]. *Bulletin of the South Ural State University. Series "Metallurgy"*, 2009, no. 36 (169), issue 13, pp. 24–27.
4. Anikeev A.N., Chumanov I.V., Chumanov V.I. Preparation of Precipitation-Strengthened Hollow Billets for Rotary Dispersers. *Metallurgist*, 2011, vol. 55, no. 5–6, pp. 439–443. doi: 10.1007/s11015-011-9449-8.

Поступила в редакцию 6 сентября 2013 г.