

В.Г. Иванов, канд. техн. наук, доц., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9216-3493>, e-mail: ivanov@zntu.edu.ua

В.П. Пирожкова, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3849-8372>

В.В. Лунев, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4072-610>

Запорожский национальный технический университет, г. Запорожье, Украина

О субоксидной форме кислорода в сталях и чугунах

Исследованы химические соединения кислорода в чугунах и сталях с привлечением петрографического, рентгеноспектрального и других методов анализа. Установлено, что в сталях и чугунах кислород образует не только высшие оксиды, но и низшие — субокислы (AlO , Al_2O , SiO , Mg_2O и др.). Наличие субоксидной формы кислорода в чугунах имеет большое значение не только в плане определения общего содержания кислорода, но и что более важно, в формировании морфологии включений графита и структуры металла.

Ключевые слова: кислород, сталь, чугун, графит, субокислы.

Введение. Совершенствование качества наиболее распространенных конструкционных материалов — сталей и чугунов — остается актуальной задачей материаловедения и литейного производства. Одним из путей повышения физико-механических и эксплуатационных свойств этих материалов является рафинирование от вредных примесей и газов. Поэтому современное производство стали уже не обходится без операций дефосфорации, десульфурации, раскисления, дегазации и других внепечных обработок жидкого металла. Некоторые операции находят применение и при производстве чугунов, хотя в значительно меньшем объеме. Достаточно хорошая изученность негативного влияния примесей серы, фосфора, кислорода и других газов на свойства сталей и чугунов позволила значительно повысить показатели качества и эксплуатационной надежности железоуглеродистых изделий. Однако дискуссионным остаются вопросы о форме присутствия газов в жидких железоуглеродистых расплавах, что объясняет зачастую неэффективность рафинирующих обработок или появления различных дефектов газового происхождения. Поэтому исследование форм существования газов, и в частности кислорода в расплавах, является актуальным для дальнейшего совершенствования физико-механических и эксплуатационных свойств сплавов.

Анализ литературных данных и постановка проблемы. В настоящее время в литературе нет единого мнения относительно форм существования кислорода в жидких расплавах.

Растворимость кислорода в твердом железе крайне незначительна (до 0,001 % по массе) и на несколько порядков возрастает в жидком состоянии. В процессе кристаллизации и охлаждения происходит выделение избыточных фаз — оксидов, которые во многом и определяют комплекс физико-механических свойств металла.

В более ранних публикациях отмечалось, что кислород в жидком железе находится не в виде молекул, а в атомарном или ионном состоянии [1]. Согласно представлениям работы [2], кислород, растворенный в металле, связан в химическое соединение с ме-

таллом, в котором он растворен. Такие соединения предлагается рассматривать [2] в виде субокислов типа Me_xO , известных для данного металла.

О существовании в жидкой стали комплексов, отвечающих составу Me_xO , упомянуто в работе [3]. Установлено, что компоненты стали, обладающие большим сродством к кислороду, чем железо, проявляют заметные поверхностно-активные свойства [3].

Считают также [4], что в зависимости от концентраций раскислителя в металле, может образовываться не один, а несколько продуктов раскисления. Причем состав появившихся продуктов раскисления определяется валентностью элемента раскислителя [4].

Отмечается [5], что в железных расплавах, кислород находится не только в атомарном, но и связанном состоянии — в виде субокислов.

Очень противоречиво также оценивается роль кислорода в чугунах и, в особенности, его влияние на формообразование графитовой фазы.

По результатам исследований, проведенных в работе [6], установлено, что основное влияние на зарождение и морфологию графита оказывает содержание марганца и серы, а также их соотношение. Прямого влияния кислорода на зарождение графита не выявлено [6].

В работе [7] также утверждается, что кислород не оказывает существенного влияния на кристаллизацию чугуна и присутствует в расплаве в комбинированном состоянии: растворенном и в виде оксидов. Так [7], растворенный кислород в немодифицированном чугуне вызывает охлаждающий эффект, а после графитизирующего модифицирования равновесная растворенная часть кислорода облегчает графитизацию путем образования дисперсных предварительно кристаллизующихся («свежих») неметаллических включений в жидком чугуне.

Неметаллическим включениям, в которых присутствует кислород, — оксидам, оксисульфидам и др. особая роль отводится во многих работах. По мнению авторов [8–13], именно эти соединения являются зародышами графитовых включений. Причем считается даже, что оксидные включения одних элементов могут служить зародышами пластинчатого

графита, а других – шаровидного [8]. Образование включений графита на таких включениях может иметь очень сложный механизм. Так, обнаружено [9, 10], что в ядрах неметаллических включений неправильной (многогранной) или округлой (шаровидной) формы типа $(Mn, X)S$ присутствует кислород и алюминий (где $X = Fe, Al, O, Ca, Si, Sr, Ti$ и т. п.). Такие включения, часто покрытые еще и тонким слоем силикатов, являются основными центрами образования пластинчатого графита в экспериментально выплавленных чугунах.

Предложена трехступенчатая модель зарождения графита в серых чугунах [12], где на первом этапе образуются мелкие включения оксидов (менее 2 мкм), затем осаждаются более крупные (менее 5 мкм) комплексные $(Mn, X)S$ соединения. На заключительном – третьем этапе – графит осаждается по бокам сульфидов $(Mn, X)S$, которые имеют низкое кристаллографическое несоответствие с графитом.

Образование оксидов на первом этапе более интенсивно происходит при наличии в чугунах сильных раскислителей – алюминия, кремния, магния и др. [12]. В работе [13] установлено, что кремний раскисляет чугуны при более низких температурах, при более высоких температурах эта функция принадлежит углероду. Активность кислорода также находится в прямой зависимости от формы включений графита (пластинчатой, вермикулярной, шаровидной) [13].

Согласно [14], кислород в графитизированных чугунах существенно влияет на кристаллизацию и свойства чугунов. Установлены прямые зависимости между содержанием кислорода и формой включений графита в чугунах, модифицированных различными лигатурами (Ni-Mg и Fe-Si-Mg) [14].

В работе [15] утверждается, что в расплаве чугуна обычно содержатся двойные оксидные пленки (bifilms). Эти силикатные оксидные пленки обеспечивают подложку, на которой образуются оксисульфиды и зародыши графита. Наличием этих двойных силикатных пленок объясняют все многообразие морфологии графита. Пластинчатый графит растет вдоль пленок, а шаровидный – при разрушении этих пленок, например, при добавке магния.

Таким образом, почти во всех рассмотренных работах установлено непосредственное или опосредованное влияние кислорода, в виде оксидов, на формирование структуры железоуглеродистых расплавов. Однако единого механизма влияния кислорода на структурообразование не выработано.

Наш многолетний опыт показал, что в структуре металла присутствуют не только окислы высших валентностей, но и субокислы, а также фазы переменного нестехиометрического состава. Однако роль этих соединений в формировании структуры и влиянии на свойства металлических изделий изучена недостаточно. Кроме того, как показано в работе [16], субокисная форма кислорода не определяется методом вакуум-плавания, как наиболее распространенного метода определения содержания кислорода. Поэтому в данной работе особое внимание было уделено исследованию соединений кислорода, которые могут образовываться в чугунах и сталях, не

только известного стехиометрического состава, но и других возможных форм, а также определить их роль в структурообразовании данных сплавов.

Цель и задачи исследования. Целью данной работы было изучить формы, в которых может существовать кислород в железоуглеродистых сплавах, а также определить его роль в зарождении графитной фазы в чугунах.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- исследовать химические соединения кислорода в чугунах и сталях с привлечением петрографического, рентгеноспектрального и других методов анализа;
- установить влияние окислов пониженной валентности (субокислов) на структурообразование чугунов и формирование графитовых включений.

Материалы и методы исследования форм кислорода в чугунах. Для исследования форм кислорода в сталях и чугунах использовали металлографический, микрорентгеноспектральный, петрографический, петрологический, масс-спектрометрический и газовый анализы.

Металлографический анализ осуществляли с помощью микроскопа *Zeiss Axiovert 200 MAT* (Германия).

Микрорентгеноспектральный анализ проводили с помощью электронного растрового микроскопа SUPRA 40 WDS (Karl Zeiss, Германия).

Петрографические исследования выполняли в отраженном свете на микроскопе МБИ-6 и проходящем свете на кристаллооптическом микроскопе МИН-8 с использованием стандартных наборов иммерсионных жидкостей.

Петрография в комплексе с кристаллооптикой превратилась в новую науку – петрологию, изучающую межвалентное взаимодействие в системах с переходными металлами. Изменение валентности последних может контролироваться пока только петрографическим методом.

Газовый анализ выполняли на эксхалографе «Бальцерс» методом вакуум-плавания, а также на установках *Лесо* в атмосфере инертных газов.

Использовали углеродистые (15Л), электротехнические (ЭЗ), низколегированные (ШХ15) и др. стали, а также серые и высокопрочные чугуны (СЧ10, ВЧ500-2). Указанные сплавы были получены при индукционной плавке в печах ИСТ-0,06, кроме того, изучались сплавы после электрошлакового переплава на установке А550У-02.

Результаты исследования. Результаты исследований оксидных неметаллических включений в сталях, раскисленных алюминием, показаны на рис. 1, 2.

Как видно, в сталях, раскисленных или легированных алюминием, было обнаружено в составе неметаллических включений наличие не только Al_2O_3 , но и низших окислов алюминия – AlO , Al_2O , а также твердый раствор $Al_2O-(AlO)_x \cdot Al_2O_3$ переменного нестехиометрического состава. Особенно много таких включений наблюдалось в металле после электрошлакового переплава.

Химический анализ включений, выделенных электролизом, показал, что сумма окислов, пересчитанная на известный окисел Al_2O_3 , превышает 100 %.

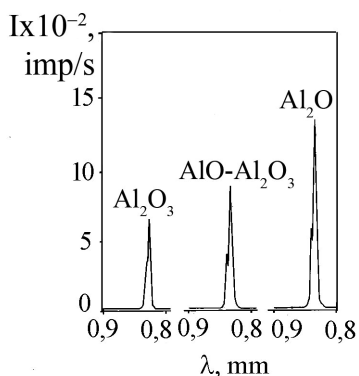


Рис. 1. Спектры характеристического рентгеновского излучения оксидных включений алюминия, выделенных из стали ШХ15: I – интенсивность характеристического излучения; λ – длина волны рентгеновского излучения

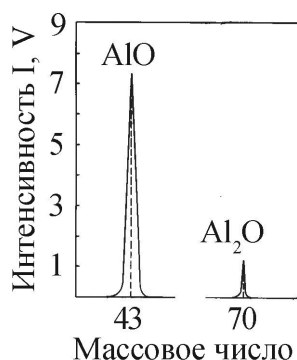


Рис. 2. Масс-спектрограмма включений, выделенных из стали ШХ15

Долгое время химики искали ошибки в своих общепринятых методиках. После применения петрографического метода исследования анодного осадка, пересчет алюминия производили не только на Al_2O_3 , но и Al_2O , что устраняло данную неувязку.

На рис. 3 показаны силикатные глобулы в сталях, легированных кремнием.

На рис. 4, 5 показаны выявленные низшие оксиды элементов, присутствующих в чугунах (магния, кремния).

Обсуждение результатов исследования. Сравнительные петрографические исследования частиц Al_2O_3 , Al_2O и $Al_2O-(AlO)_x \cdot Al_2O_3$ в стали показали, что они не имеют постоянной оптической константы (N). Показатели светопреломления таких частиц колеблются в широких пределах и заметно выше, чем у Al_2O_3 (1,759) и ниже чем у Al_2O (2,13). Данные микрорентгеноспектрального анализа фиксировали же только наличие алюминия (рис. 1).

Масс-спектрометрическими исследованиями установлено в составе таких включений наличие AlO и Al_2O (рис. 2).

Аналогичные результаты были получены и в сталях, легированных кремнием (рис. 3). Результаты петрографических исследований подобных включений были опубликованы в предыдущей работе авторов статьи [17]. Где также, в составе неметаллических включений, были обнаружены субокислы кремния SiO и Si_2O и твердые растворы типа $Si_2O-(SiO)_x \cdot SiO_2$ в виде стекловидных глобул. По данным масс-

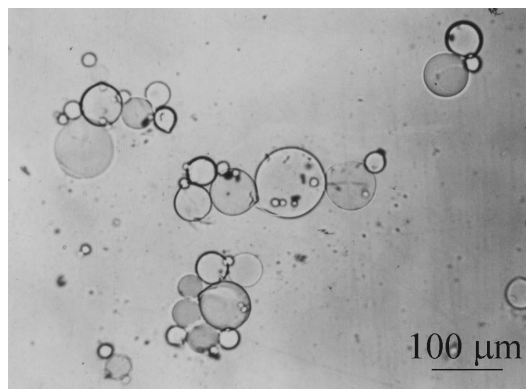


Рис. 3. Глобулярные включения в сталях, легированных кремнием (ЭЗ)

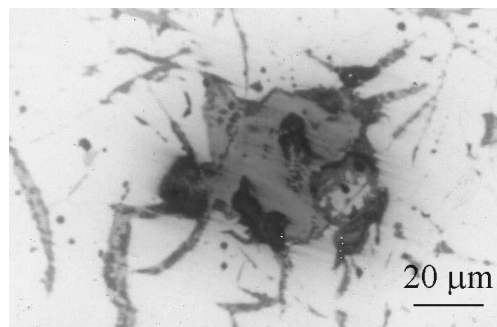


Рис. 4. Моноокись кремния в сером чугуне (серое)

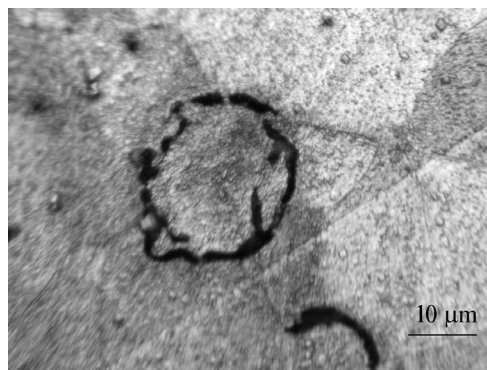


Рис. 5. Субоксид магния в высокопрочном чугуне

спектрометрического анализа, в паровой фазе над экстрагированными глобулами обнаружены положительные ионы с массовыми частицами, отвечающими SiO и Si_2O .

Наглядным примером нестехиометрического состава стекловидных глобул является непостоянство оптических свойств: изменение прозрачности, окраски и, соответственно, величины показателя светопреломления, характеризующего физико-химическую природу вещества (рис. 3). Измерение величины показателя светопреломления осуществляется с помощью микроскопа. Приведенные данные являются пока только петрографическими исследованиями, причем точность оптической константы (N) определяется до третьего знака после запятой.

Так в сталях коэффициент светопреломления (N) кремнесодержащих глобул колебался в пределах 1,460–1,650.

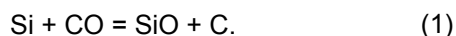
Данные химического анализа, как и в предыдущих включениях, показали сумму окислов выше 100 %,

что тоже свидетельствует о наличии в их составе субокислов кремния.

Многочисленные исследования неметаллических включений стали различной выплавки показали, что наибольшее количество субокислов наблюдалось в электрошлаковом металле. Практически все или подавляющее большинство включений имели субокисную природу. Стекловидные глобулы имели серую окраску различной интенсивности и обладали переменными показателями светопреломления. Характерным явлением было то, что в таком металле наблюдался очень низкий кислород.

Исходя из приведенных данных, можно также объяснить существующие разногласия относительно кислорода в чугунах.

В структуре серого чугуна были обнаружены частички монооксида кремния (рис. 4), ассоциирующиеся с пластинками графита, а также мелкие глобулы – твердые растворы нестехиометрического состава. Характерным является то, что она образуется в процессе взаимодействия кремния с окисью углерода по реакции:



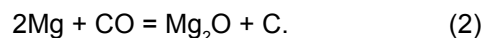
Установлено, что скорость протекания такой реакции связана с изменениями температуры и физико-химических свойств расплава чугуна. Кроме того, скорость протекания реакции взаимодействия кремния с окисью углерода напрямую связана с образованием морфологии пластинчатого графита (крупные, средние, мелкие).

Таким образом, моноокись кремния является основной поверхностно-активной формой кислорода в жидком чугуне и основным формообразующим соединением (субокислом) графита в сером чугуне.

Исследования структуры высокопрочного чугуна выявили наличие субокиси магния Mg_2O (рис. 5) и фаз переменного нестехиометрического состава: магния, железа и других элементов.

Более того, полученные данные показали, что субокись магния является основным соединением,

формирующим шаровидную форму графитовым включениям в чугунах. Процесс формирования шаровидной формы графита (крупные, средние, мелкие, правильные, разорванные и т. д.) взаимосвязан с физико-химическими процессами в жидком чугуне. В частности, со скоростью протекания реакции взаимодействия магния с окисью углерода:

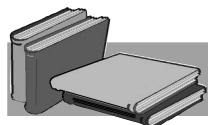


Наличие субокисной формы кислорода в железоуглеродистых расплавах имеет большое значение не только в плане определения общего содержания кислорода, но и, что более важно, в формировании морфологии включений графита и структуры металла.

Выводы

Исследованы химические соединения кислорода в чугунах и сталях с привлечением петрографического, рентгеноспектрального и других методов анализа. Установлено, что в сталях и чугунах кислород образует не только высшие оксиды, но и низшие – субокислы. В сталях, легированных алюминием и кремнием, особенно после электрошлакового переплава, где наблюдается наименьшее содержание кислорода, обнаружены субокислы: AlO , Al_2O , SiO . В графитизированных чугунах, где также вследствие высокого содержания элементов с высоким сродством к кислороду (кремния, марганца, магния) наблюдается дефицит кислорода, обнаружены субокислы кремния SiO (в серых чугунах) и магния Mg_2O (в высокопрочных чугунах).

Установлено, что окислы пониженной валентности (субокислы) являются основным формообразующим соединением графитовых включений в чугунах. Моноокись кремния (SiO) является основной поверхностно-активной формой кислорода в жидком чугуне и основным формообразующим соединением пластинчатого графита в сером чугуне. Субокисел магния (Mg_2O) формирует шаровидную форму включений графита в чугунах.

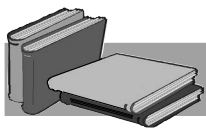


ЛИТЕРАТУРА

1. Явойский В.И. Теория процессов производства стали. – М.: Металлургиздат, 1967. – 792 с.
2. Куликов И.С. Раскисление металлов. – М.: Металлургия, 1975. – 504 с.
3. Криночкин Э.В., Курочкин К.Т., Умрихин П.В. Поверхностные свойства некоторых компонентов расплавленного железа и кинетика процессов с их участием // *Взаимодействие металлов и газов в сталеплавильных процессах. Научные труды МИСиС*. – Металлургия. – 1973. – № 79. – С. 31.
4. Самарин А.М. Физико-химические основы раскисления стали. – Изд-во АН СССР, 1956. – 164 с.
5. Воронов В.А., Никитин Б.М., Добродин В.В., Пятница Н.В. К вопросу выбора оптимальных концентраций раскислителей при выплавке сплавов на основе железа // *Сб. Металлургические методы повышения качества стали*. – М.: Металлургия, 1979. – С. 154–160.
6. Sommerfeld A., Tonn B. Nucleation of graphite in cast iron melts depending on manganese, sulphur and oxygen // *International Journal of Cast Metals Research*. – 2008. – Vol. 21. – № 1-4. – P. 23–26.
7. Ten E.B. Oxygen State Forms in Cast Iron and their Effect on Graphite Crystallization // *Key Engineering Materials. – Trans. Tech. Publications*. – 2011. – Vol. 457. – P. 43–47.
8. Skaland T. Nucleation mechanisms in ductile iron // *Proceedings of the AFS Cast Iron Inoculation Conference, Illinois, 2005*. – P. 13–30.
9. Riposan I., Chisamera M., Stan S., White D. Complex (Mn, X) S compounds-major sites for graphite nucleation in grey cast iron // *China Foundry*. – 2009. – № 6 (4). – P. 352–358.

10. Sommerfeld A., Tonn B. Theory of graphite nucleation in lamellar graphite cast iron // *International Journal of Metalcasting*. – 2009. – № 3 (4). – P. 39–47.
11. Valle N., Theuwissen K., Sertucha J., Lacaze J. Effect of various dopant elements on primary graphite growth // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – 2012. – Vol. 27. – № 1. – P. 12–26.
12. Riposan I., Chisamera M., Stan S. et al. Three-stage model for nucleation of graphite in grey cast iron // *Materials Science and Technology*. – 2010. – № 26 (12). – P. 1439–1447.
13. Elbel T., Senberger J., Zadera A., Hampl J. Behaviour of oxygen in cast irons // *Archives of Materials Science and Engineering*. – 2008. – Vol. 33. – № 2. – P. 111–116.
14. Hampl J., Elbel T. On modelling of the effect of oxygen on graphite morphology and properties of modified cast irons // *Archives of foundry engineering*. – 2010. – Vol. 10. – № 4. – P. 55–60.
15. Campbell J. A hypothesis for cast iron microstructures // *Metallurgical and materials transactions B*. – 2009. – Vol. 40. – № 6. – P. 786–801.
16. Лунев В.В., Пирожкова В.П., Грищенко С.Г. Неметаллические включения в сталях, чугунах и ферросплавах. – Запорожье: Днепропетровский металлург, 2006. – 384 с.
17. Ivanov V., Pirozhkova V., Lunev V. Silicon effect on the formation of graphite inclusions in gray cast iron // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2017. – № 4 (12). – P. 26–30.

Поступила 01.11.2018



REFERENCES

1. Yavoiskii, V.I. (1967). Theory of steel production processes. Moscow: Metallurgizdat, 792 p. [in Russian].
2. Kulikov, I.S. (1975). Deoxidation of metals. Moscow: Metallurgiya, 504 p. [in Russian].
3. Krinochkin, E.V., Kurochkin, K.T., Umrikhin, P.V. (1973). Surface properties of some components of molten iron and the kinetics of the processes with their participation. *Vzaimodeistvie metallov i gazov v staleplavil'nykh protsessakh. Nauchnye trudy MISiS. The interaction of metals and gases in steelmaking processes. Scientific works of the MISiS*, no. 79, p. 31 [in Russian].
4. Samarin, A.M. (1956). Physico-chemical basis of steel deoxidation. Izd-vo AN SSSR, 164 p. [in Russian].
5. Voronov, V.A., Nikitin, B.M., Dobrodin, V.V., Piatnitsa, N.V. (1979). On the question of choosing the optimal concentration of deoxidizers in the smelting of iron-based alloys. *Sb. Metallurgicheskie metody povysheniia kachestva stali. Metallurgical methods for improving the quality of steel*. Moscow: Metallurgiya, pp. 154–160 [in Russian].
6. Sommerfeld, A., Tonn, B. (2008). Nucleation of graphite in cast iron melts depending on manganese, sulphur and oxygen. *International Journal of Cast Metals Research*, Vol. 21, no. 1–4, pp. 23–26 [in English].
7. Ten, E.B. (2011). Oxygen State Forms in Cast Iron and their Effect on Graphite Crystallization. *Key Engineering Materials*, Vol. 457, pp. 43–47. Trans Tech Publications [in English].
8. Skaland, T. (2005). Nucleation mechanisms in ductile iron. Proceedings of the AFS Cast Iron Inoculation Conference, Schaumburg, Illinois, pp. 13–30 [in English].
9. Riposan, I., Chisamera, M., Stan, S., White, D. (2009). Complex (Mn, X) S compounds-major sites for graphite nucleation in grey cast iron. *China Foundry*, no. 6 (4), pp. 352–358 [in English].
10. Sommerfeld, A., Tonn, B. (2009). Theory of graphite nucleation in lamellar graphite cast iron. *International Journal of Metalcasting*, no. 3 (4), pp. 39–47 [in English].
11. Valle, N., Theuwissen, K., Sertucha, J., Lacaze, J. (2012). Effect of various dopant elements on primary graphite growth. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 27, no. 1, pp. 12–26 [in English].
12. Riposan, I., Chisamera, M., Stan, S., Hartung, C., White, D. (2010). Three-stage model for nucleation of graphite in grey cast iron. *Materials Science and Technology*, no. 26 (12), pp. 1439–1447 [in English].
13. Elbel, T., Senberger, J., Zadera, A., Hampl, J. (2008). Behaviour of oxygen in cast irons. *Archives of Materials Science and Engineering*, Vol. 33, no. 2, pp. 111–116 [in English].
14. Hampl, J., Elbel, T. (2010). On modelling of the effect of oxygen on graphite morphology and properties of modified cast irons. *Archives of foundry engineering*, Vol. 10, no. 4, pp. 55–60 [in English].
15. Campbell, J. (2009). A hypothesis for cast iron microstructures. *Metallurgical and materials transactions B*, Vol. 40, no. 6, pp. 786–801 [in English].
16. Lunev, V.V., Pirozhkova, V.P., Grishchenko, S.G. (2006). Non-metallic inclusions in steels, cast irons and ferroalloys. Zaporozh'e: Dneprovskii metallurg, 384 p. [in Russian].
17. Ivanov, V., Pirozhkova, V., Lunev, V. (2017). Silicon effect on the formation of graphite inclusions in gray cast iron. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, no. 4 (12), pp. 26–30 [in English].

Received 01.11.2018

Анотація

В.Г. Іванов, канд. техн. наук, доц., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9216-3493>, e-mail: ivanov@zntu.edu.ua; **В.П. Пирожкова**, канд. техн. наук, ст. наук. співр., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3849-8372>; **В.В. Луцьов**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4072-6100>

Запорізький національний технічний університет, м. Запоріжжя, Україна

Про субоксидну форму кисню в сталях та чавунах

Досліджено хімічні сполуки кисню в чавунах і сталях із залученням петрографічного, рентгеноспектрального та інших методів аналізу. Встановлено, що в сталях і чавунах кисень утворює не тільки вищі оксиди, але і нижчі – субоксиди (AlO, Al₂O, SiO, Mg₂O тощо). Наявність субоксидної форми кисню в чавунах має велике значення не тільки в плані визначення загального вмісту кисню, але, що більш важливо, в формуванні морфології включень графіту і структури металу.

Ключові слова

Кисень, сталь, чавун, графіт, субоксиди.

Summary

V.G. Ivanov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9216-3493>, e-mail: ivanov@zntu.edu.ua; **V.P. Pirozhkova**, Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3849-8372>; **V.V. Lunev**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of Department, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4072-6100>

Zaporizhzhia National Technical University, Zaporizhzhia, Ukraine

About suboxide form of oxygen in steels and cast irons

The chemical compounds of oxygen in cast irons and steels with the involvement of petrographic, X-ray- spectral and other methods of analysis have been studied. It has been established that oxygen forms not only super oxides but also suboxides (AlO, Al₂O, SiO, Mg₂O, etc.) in steels and cast irons. The presence of a suboxide oxygen form in cast irons is of great importance not only in terms of determining the total oxygen content, but more importantly in the formation of the morphology of graphite inclusions and the metal structure.

Keywords

Oxygen, steel, cast iron, graphite, suboxides.