

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ФАЗ ПРИ БОРИРОВАНИИ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА

К.В. Терезанова

kseniya-t94@yandex.ru

С.А. Черенкова

svetlayasuse@yandex.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Методами рентгеновской дифрактометрии после химико-термической обработки проведен фазовый анализ приповерхностных слоев сплавов на основе железа. Исследованы образцы различного химического состава после жидкого безэлектролизного борирования, что позволило изменить фазовый состав поверхностных слоев, влияющий на эксплуатационные свойства образцов

Ключевые слова

Химико-термическая обработка, жидкое безэлектролизное борирование, диффузионное насыщение поверхностей, метод рентгеновской дифрактометрии, фазовая структура приповерхностных слоев, повышение твердости образцов, рентгеновский фазовый анализ

Поступила в редакцию 28.11.2016

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016

Важным свойством материалов являются прочность и износостойкость. Они влияют на область применения материалов в различных промышленных сферах. Известно множество методов по улучшению эксплуатационных характеристик материалов, например, легирование и поверхностное упрочнение. Однако легирование является неэкономным методом, а также не всегда осуществимым из-за определенных свойств упрочняемых материалов [1].

При эксплуатации деталей основная нагрузка приходится на их поверхность и большое значение в работоспособности материалов имеет фазовая структура поверхностного слоя. Поэтому в настоящее время большой интерес вызывает метод, позволяющий изменить поверхностные слои деталей и улучшить их свойства.

Известны несколько методов по изменению структуры поверхностных слоев, однако многие из них имеют серьезные недостатки, например, использование дорогостоящего оборудования. Одним из наиболее оптимальных методов является упрочнение путем диффузионного насыщения поверхностей сплавов при химико-термической обработке [2, 3].

Химико-термическая обработка — это процесс изменения фазового состава, структуры и свойств поверхностных слоев упрочняемых деталей. Изменение состава поверхностей деталей достигается за счет их взаимодействия с окружающей средой, в которой осуществляют нагрев. Результат изменения фазового состава поверхностного слоя приводит к изменению эксплуатационных характеристик образцов.

Изменение структуры поверхностных слоев деталей путем формирования в них диффузионных слоев с упрочняющими фазами в результате химико-термической обработки является перспективным направлением получения деталей с твердой поверхностью при сохранении свойств сердцевины. Разработка неразрушающих методик контроля этих процессов весьма актуальна [4].

В данной работе методами рентгеновской дифрактометрии был проведен фазовый анализ приповерхностных слоев сплавов на основе железа после различных видов химико-термической обработки. Исследованию подвергали образцы различного химического состава после борирования [5]. Под борированием понимают диффузионное насыщение поверхностного слоя сплава бором при нагреве в соответствующей среде.

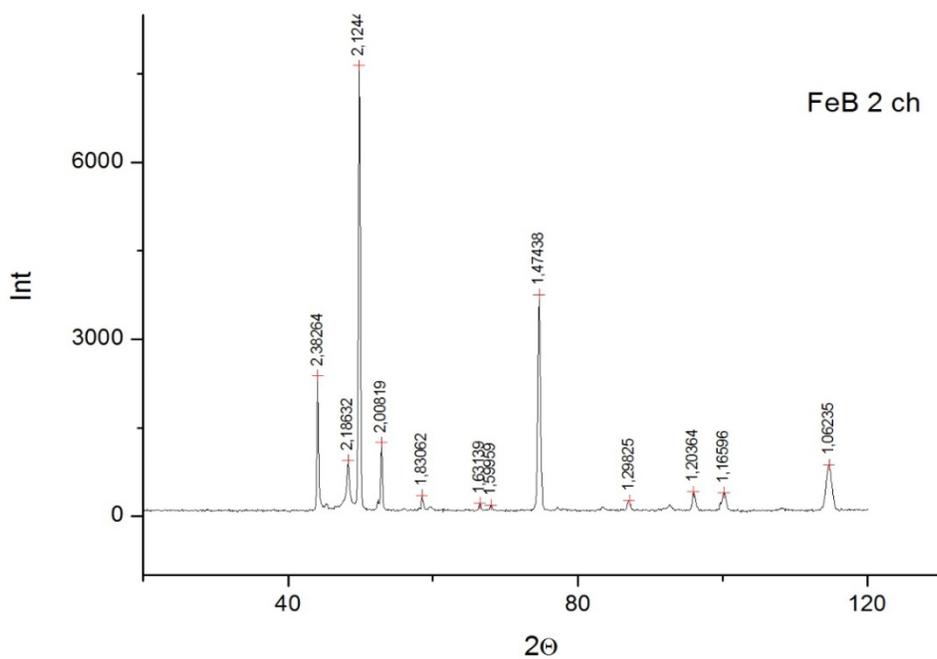
В основу деления разработанных и применяемых процессов борирования положено агрегатное состояние насыщающей среды при химико-термической обработке. В соответствии с этим классификационным признаком можно выделить три основных метода борирования: в твердых, жидких, газообразных средах.

В настоящей работе приведены результаты анализа свойств образцов технического железа, испытавшего жидкое безэлектролизное борирование. По сравнению с другими видами, метод жидкого борирования имеет следующие преимущества: отсутствие необходимости в дорогостоящем оборудовании, технологическая простота исполнения, также отмечено повышение износостойкости, поверхностной твердости, тепловой устойчивости. Так, процесс борирования позволяет повысить износостойкость в 2–10 раз, по сравнению с исходной. Поэтому жидкое безэлектролизное борирование получило широкое распространение [6–9].

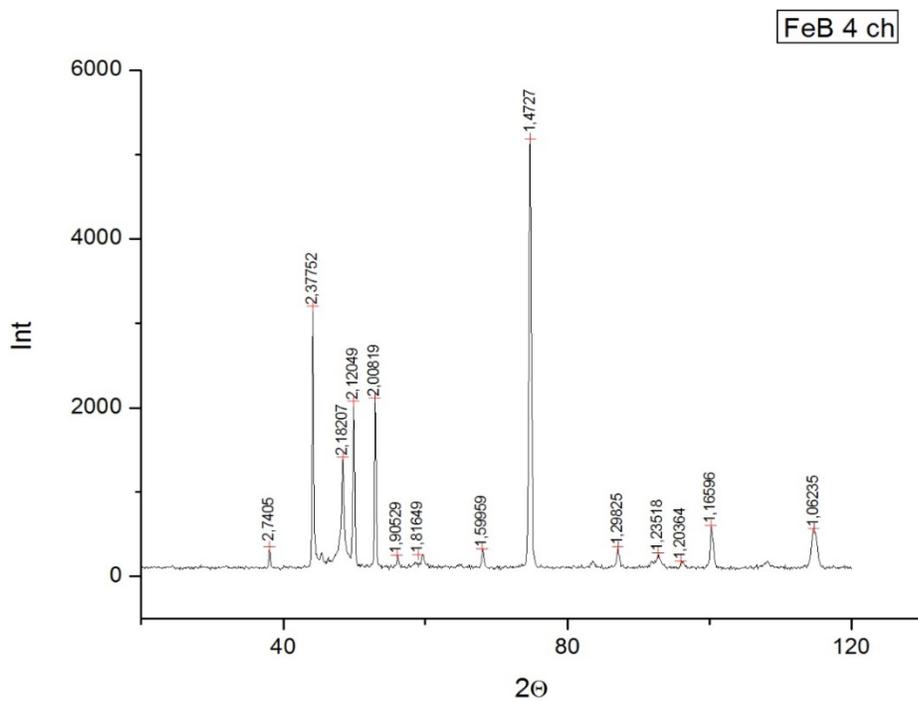
Жидкостное безэлектролизное борирование образцов технического железа проводили в расплаве, содержащем тетраборат натрия и аморфный бор, при температуре 850 °С в течение 2, 4 и 6 ч. Рентгеновский фазовый анализ поверхности образцов показал отсутствие характерных пиков Fe- α и Fe- γ . В основном представлены линии боридов железа FeB, Fe₂B и Fe₃B (рис. 1).

Анализ кинетики интенсивности характерных пиков боридов показывает, что по мере увеличения времени борирования растет интенсивность линий боридов FeB при уменьшении линий Fe₂B. При этом для всех образцов зафиксированы относительно слабые пики боридов Fe₃B.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что на поверхности железа образуется сплошной слой боридов указанного фазового состава толщиной более 20 мкм, экранирующий железную матрицу. Сопоставление интенсивностей пиков FeB и Fe₂B показывает, что по мере насыщения происходит утолщение слоя FeB. Это подтверждают результаты металлографического анализа. Присутствие на рентгенограммах всех насыщенных образцов относительно слабых линий Fe₃B дает возможность предположить, что эта фаза образуется на поверхности образца в виде тонкого слоя или изолированных частиц.



a



б

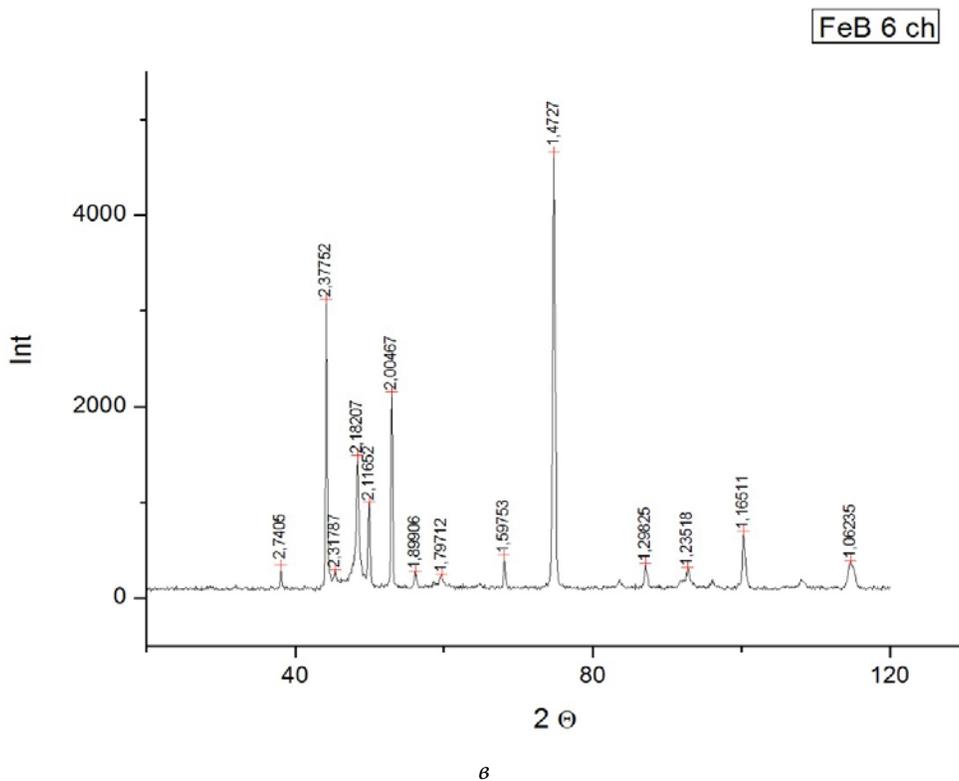


Рис. 1. Рентгенограммы технического железа, подвергаемого жидкому безэлектролизному борированию при температуре 850 °С в течение 2 (а), 4 (б) и 6 (в) ч

Выявлено несколько слабых линий Fe_2O_3 . Это можно объяснить небольшим окислением поверхности в процессе борирования.

В работе проведен рентгеновский фазовый анализ образца нихрома X20H80 после борирования. Химический состав данного образца: Cr — 20 %; Ni — 72-78,8; Fe — менее 1; C — менее 0,06; Si — 1-1,5; Mn — менее 0,6; Ti и Al — менее 0,2; Zn — 0,2-0,5 %. После химико-термической обработки выявлено большое многообразие боридов никеля, хрома и железа, а также интерметаллиды: Ni_2B , Fe_3B , FeB , Cr_2B , Ni_2Cr_3 , Cr_2B_3 . Рентгенограмма приведена на рис. 2.

Выводы. Проведено исследование фазового состава приповерхностного слоя технического железа после 2, 4 и 6 ч борирования методом рентгенофазового анализа. Определено отсутствие характерных пиков $\text{Fe-}\alpha$ и $\text{Fe-}\gamma$, а также наличие линий боридов железа FeB , Fe_2B и Fe_3B . По мере увеличения времени борирования растет интенсивность линий борида FeB , при этом наблюдается уменьшение линий Fe_2B . Для всех образцов зафиксированы относительно слабые пики борида Fe_3B . Полученные результаты свидетельствуют о том, что на поверхности железа образуется сплошной слой боридов указанного фазового состава толщиной более 20 мкм. При проведении рентгеновского фазового ана-

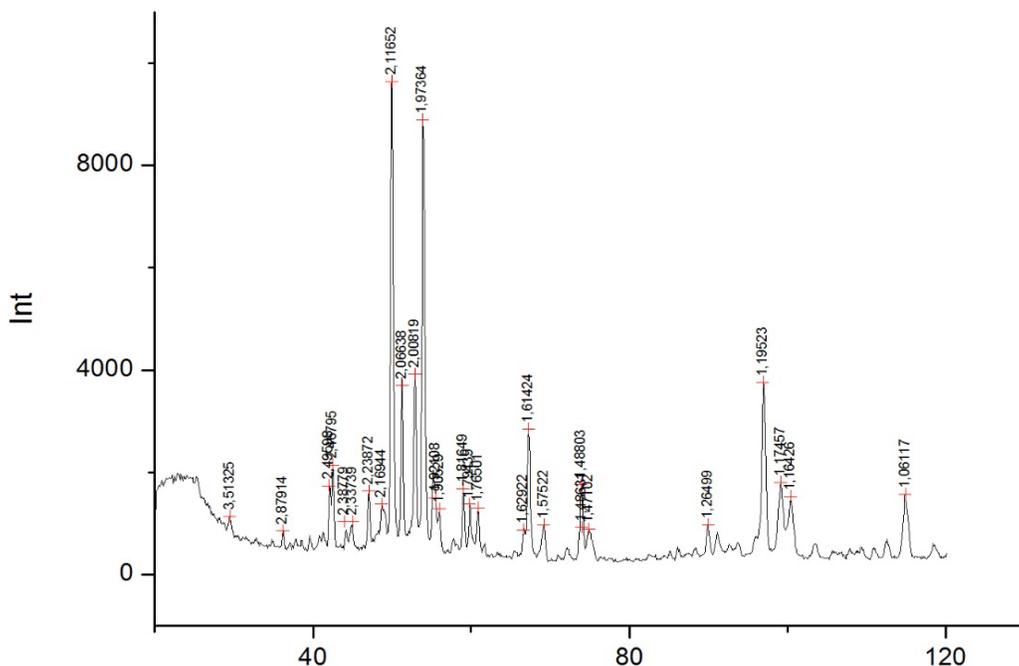


Рис. 2. Рентгенограммы нихрома X20N80 после борирования

лиза образца нихрома X20N80 после борирования, определено большое количество боридов никеля, хрома и железа, а также интерметаллиды Ni_2B , Fe_3B , FeB , Cr_2B , Ni_2Cr_3 , Cr_2B_3 .

Литература

1. Гурьев М.А., Околович Г.А. Поверхностное упрочнение стальных деталей при литье по газифицируемым моделям // Ползуновский альманах. 2010. № 1. С. 102–106.
2. Крукович М.Г. Механизм формирования диффузионных слоев // Новые материалы и технологии в машиностроении. 2012. № 15. С. 69–76.
3. *Материаловедение: учеб. для вузов* / Б.В. Арзамасов, В.И. Макаров, Г.Г. Мухин, Н.В. Рыжов, В.И. Силаев. Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. 648 с.
4. Ворошнин Л.Г. Борирование сталей и чугунов: справ. пособ., 1981. 205 с.
5. *Рентгеновская дифрактометрия: учеб. пособ.* / М.Г. Исаенкова, В.И. Перлович, В.И. Скрытний, Н.А. Соколов, В.Н. Яльцев. М.: МИФИ, 2007. 60 с.
6. Ворошнин Л.Г., Ляхович Л.С. Борирование стали. М.: Metallurgy, 1978, 240 с.
7. Евдокимов В.Д., Клименко Л.П., Евдокимова А.Н. Технология упрочнения машиностроительных материалов. Одесса–Николаев: Изд-во НГТУ им. Петра Могилы, 2005. 352 с.
8. Лахтин Ю.М. *Материаловедение*. М.: Metallurgy, 1990. 528 с.
9. Солнцев Ю.П. *Материаловедение и термическая обработка*. М.: Metallurgy, 1988. 512 с.

Терезанова Ксения Васильевна — студентка кафедры «Физика», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Черенкова Светлана Александровна — студентка кафедры «Физика», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Научный руководитель — Б.Е. Винтайкин, д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры «Физика», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

FEATURES OF SURFACE PHASES FORMATION DURING BORATING FERROUS ALLOYS

K.V. Terezanova

kсениya-t94@yandex.ru

S.A. Cherenkova

svetlayasuse@yandex.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

By X-ray diffractometry we carried out phase analysis of the near-surface layers of ferrous alloys after the thermochemical treatment. We examined the samples of different chemical composition after liquid electroless borating. This kind of processing makes it possible to change the phase composition of the near-surface layers, which affects the operating properties of the samples

Keywords

Thermochemical treatment, electroless liquid borating, diffusive surface saturation, X-ray diffraction method, phase structure of near-surface layers, increasing hardness of samples, X-ray phase analysis

© Bauman Moscow State Technical University, 2016

References

- [1] Gur'yev M.A., Okolovich G.A. steel part cavityless casting in process of cavityless casting. *Polzunovskiy al'manakh*, 2010, no. 1, pp. 102–106 (in Russ.).
- [2] Krukovich M.G. Diffusion layer formation process. *Novye materialy i tekhnologii v mashinostroenii*, 2012, no. 15, pp. 69–76 (in Russ.).
- [3] Arzamasov B.V., Makarov V.I., Mukhin G.G., Ryzhov N.V., Silaev V.I. *Materialovedenie [Materials and components science]*. Bauman MSTU Publ., 2008. 648 p. (in Russ.).
- [4] Voroshnin L.G. Borirovanie staley i chugunov [Steel and cast iron boriding]. 1981. 205 p. (in Russ.).
- [5] Isaenkova M.G., Perlovich V.I., Skrytnyy V.I., Sokolov N.A., Yal'tsev V.N. *Rentgenovskaya diffraktometriya [X-ray diffractometry]*. Moscow, MIFI Publ., 2007. 60 p. (in Russ.).
- [6] Voroshnin L.G., Lyakhovich L.S. Borirovanie stali [Steel boriding]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1978. 240 p. (in Russ.).
- [7] Evdokimov V.D., Klimenko L.P., Evdokimova A.N. *Tekhnologiya uprochneniya mashinostroitel'nykh materialov [hardening technology of machine-building parts]*. Odessa-Nikolaev, Petr Mogila NGGU Publ., 2005. 352 p. (in Russ.).
- [8] Lakhtin Yu.M. *Materialovedenie [Materials and components science]*. Moscow, Metallurgiya Publ., 1990. 528 p. (in Russ.).
- [9] Solntsev Yu.P. *Materialovedenie i termicheskaya obrabotka [Materials and components science and heat treating]*. Moscow, Metallurgiya Publ., 1988. 512 p. (in Russ.).

Terezanova K.V. — student of Physics Department, Bauman Moscow State Technical University, Russian Federation.

Cherenkova S.A. — student of Physics Department, Bauman Moscow State Technical University, Russian Federation.

Scientific advisor — B.E. Vintaykin, Dr. Sc. (Phys.-Math.), Professor of Physics Department, Bauman Moscow State Technical University, Russian Federation.