

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ФАЗ ПРИ ЦЕМЕНТАЦИИ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА

К.В. Терезанова
С.А. Черенкова

Kseniya-t94@yandex.ru
svetlayasuse@yandex.ru

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

Аннотация

Методами рентгеновской дифрактометрии проведен фазовый анализ приповерхностных слоев ряда сплавов на основе железа после химико-термической обработки. Исследованию подвергали образцы технического железа после вакуумной цементации в течение двух, четырех и шести часов насыщения в ацетилене. Данный вид обработки позволил изменить фазовый состав поверхностных слоев, что повлияло на эксплуатационные свойства образцов: износостойкость, твердость и др. Проведен качественный фазовый анализ и определено рациональное время обработки

Ключевые слова

Химико-термическая обработка, цементация, диффузионное насыщение поверхностей, метод рентгеновской дифрактометрии, сплавы на основе железа, фазовая структура приповерхностных слоев, повышение твердости образцов, рентгенофазовый анализ, улучшение свойств поверхности

Поступила в редакцию 16.12.2016
© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017

Одними из самых важных эксплуатационных свойств сплавов являются твердость, прочность и износостойкость, поскольку эти свойства имеют непосредственное отношение к области применения таких материалов в различных промышленных сферах. Известно множество методов по улучшению рабочих характеристик эксплуатируемых материалов, например легирование или поверхностное упрочнение материалов. Однако легирование не всегда является осуществимым из-за определенных свойств материалов, а также данный вид упрочнения является дорогостоящим [1].

При использовании деталей в реальных рабочих условиях основная интенсивная нагрузка приходится именно на их поверхность, поэтому большое значение для работоспособности материалов имеет фазовая структура поверхностного слоя. В этой связи повышенный интерес исследователей вызывают методы упрочнения, которые позволяют улучшить только поверхностные слои деталей, не меняя при этом структуры сердцевины материала.

Методов по изменению структуры поверхностных слоев много, однако, большинство из них имеют недостатки, например использование дорогостоящего или энергоемкого оборудования. Улучшение рабочих характеристик за счет диффузионного насыщения поверхностных и приповерхностных слоев эксплуатируемых деталей при химико-термической обработке (ХТО) является одним из наиболее оптимальных упрочняющих методов [2, 3].

ХТО представляет собой процесс преобразования химического состава, структуры и характеристик поверхностных слоев упрочняемых деталей. Изме-

нение состава поверхностей образцов без изменения их внутренней структуры достигается за счет их взаимодействия с окружающей средой, в которой осуществляют нагрев. В результате обработки изменяется фазовый состав поверхностного слоя деталей, что приводит к существенному изменению эксплуатационных характеристик образцов.

Изменение структуры поверхности деталей путем формирования в них диффузионных слоев с упрочняющими фазами в результате ХТО является перспективным направлением получения прочных деталей с твердой поверхностью при сохранении свойств сердцевины. Разработка неразрушающих методик контроля этих процессов весьма актуальна.

В данной работе методами рентгеновской дифрактометрии был проведен фазовый анализ приповерхностных слоев сплавов на основе железа после цементации [4, 5].

Диффузионное насыщение стали углеродом наиболее распространенный в промышленности процесс ХТО, поскольку углерод легко проникает в поверхностные слои образцов, образуя при этом вместе с железом твердые растворы внедрения, которые сравнительно быстро диффундируют вглубь изделия [3, 6].

Цементацией является вид ХТО, который заключается в диффузионном насыщении поверхностного слоя упрочняемого материала углеродом при нагреве в соответствующей среде, которую называют карбюризатором. Для цементации изделий обычно используют низкоуглеродистые (0,1–0,18 % С), чаще легированные стали, а для цементации крупногабаритных деталей применяют стали с более высоким содержанием углерода (0,2–0,3 %). Выбор таких сталей необходим для того, чтобы сердцевина изделия, не насыщенная углеродом при цементации, сохранила высокую вязкость после закалки.

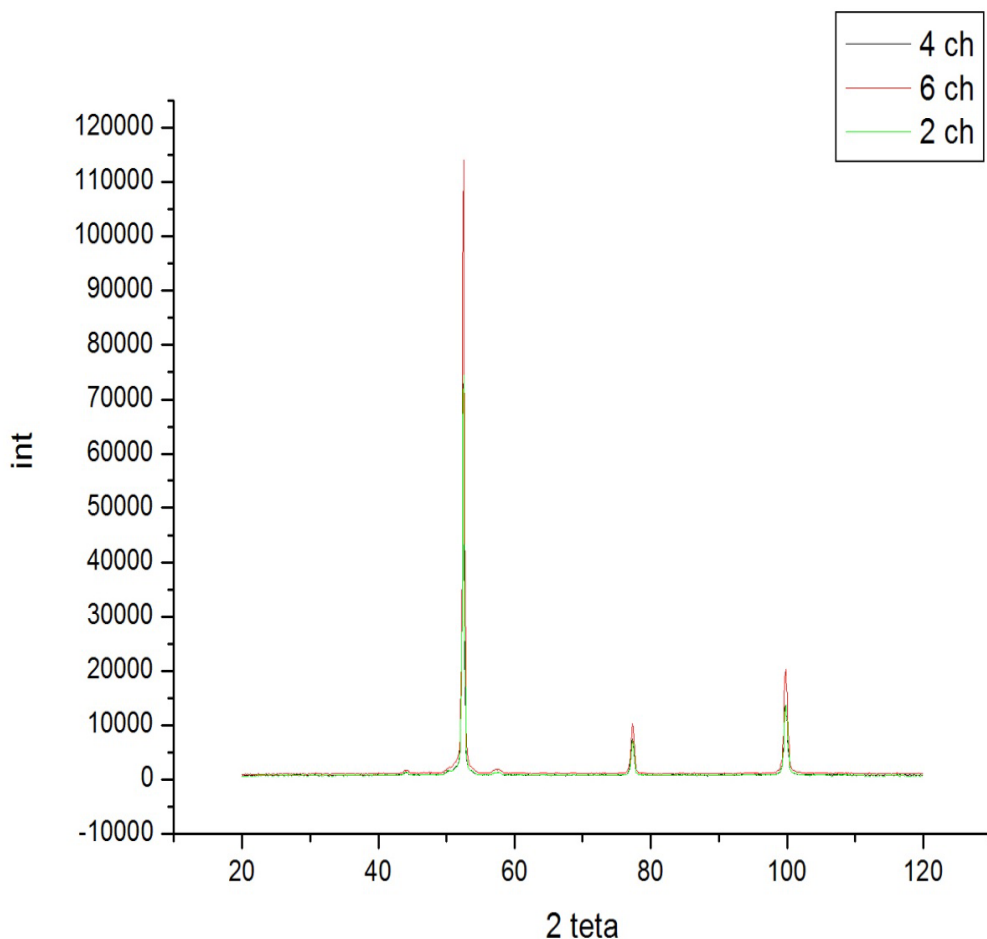
После цементации выполняют закалку и низкий отпуск, что формирует окончательные свойства цементованного изделия. После такого комплекса упрочняющих процессов концентрация углерода, содержащегося в поверхностных слоях обрабатываемых материалов, приблизительно составляет 0,8–1 %.

Материалы, упрочненные таким образом, хорошо сопротивляются износу в рабочих условиях. Их поверхностная твердость составляет 750–950 НV, то есть ниже, чем при борировании, но при этом значительно выше, чем при азотировании. Процесс цементации и последующей термической обработки не только придает поверхностному слою высокую твердость и износостойкость, но и повышает предел контактной выносливости и предел выносливости при изгибе и кручении [7–9].

Цементации обычно подвергают детали машин, которые должны иметь износостойкую поверхность с повышенной твердостью и при этом вязкую сердцевину. Примером таких деталей могут служить валы, зубчатые колеса, распределительные валики и т. д.

Обработка результатов. В ходе работы были исследованы три образца технического железа после вакуумной цементации в ацетилене. Время насыщения варьировали от 2 до 6 ч при температуре 850 °С. В результате исследований обнаружено, что после обработки на поверхности образцов присутствуют фазы Fe₃C и Fe-α.

На рисунке представлены спектры образца технического железа, прошедшего вакуумную цементацию в ацетилене в течение 2, 4 и 6 ч насыщения. Из рисунка видно, что приведенные зависимости практически полностью совпадают. Спектры образцов отличаются только значением интенсивности.



Рентгенограммы технического железа, подвергаемого вакуумной цементации при температуре 850 °С в течение 2, 4 и 6 ч

Анализ рентгенограмм показывает, что при увеличении времени насыщения с 2 до 4 ч изменяется количественное соотношение Fe_3C и $Fe-\alpha$ (Fe_3C становится больше); увеличение времени насыщения до 6 ч не вносит существенных изменений в соотношение фаз. Такой результат свидетельствует о том, что при времени насыщения 4 ч и более приповерхностная часть диффузионного слоя на глубине проникновения рентгеновского излучения (около 20 мкм) не претерпевает существенных изменений.

Выводы. В ходе исследования фазового состава приповерхностного слоя технического железа после 2, 4 и 6 ч вакуумной цементации методом рентгенофа-

зового анализа. Выявлено наличие линий, соответствующих фазам Fe_3C и $Fe-\alpha$. Установлено, что по мере увеличения времени цементации с 2 до 4 ч изменяется количественное соотношение Fe_3C и $Fe-\alpha$ (Fe_3C становится больше). Увеличение времени насыщения в ацетилене до 6 ч не вносит существенных изменений в соотношение фаз. Такой результат анализа рентгенограммы свидетельствует о том, что при четырехчасовом и более длительном насыщении приповерхностный диффузионный слой на глубине проникновения рентгеновского излучения существенно не изменяется.

Литература

1. Гурьев М.А., Околочив 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* / Б.В. Арзамасов, В.И. Макаров, Г.Г. Мухин, Н.В. Рыжов, В.И. Силаев. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. 648 с.
4. Зинченко В.М. Цементация // Технология металлов. 2007. № 1. С. 46–48.
5. *Рентгеновская дифрактометрия: Учеб. пособ.* / М.Г. Исаенкова, В.И. Перлович, В.И. Скритный, Н.А. Соколов, В.Н. Яльцев. М.: МИФИ, 2007. 60 с.
6. Барабаш М.А., Колмыков Д.В., Гончаров А.Н., Колмыков В.И. Повышение износостойкости восстановленных деталей цементацией при ремонте машин // Упрочняющие технологии и покрытия. 2009. № 5. С. 44–47.
7. Евдокимов В.Д., Клименко Л.П., Евдокимова А.Н. Технология упрочнения машиностроительных материалов. Одесса Николаев: Издательство НГГУ им. Петра Могилы, 2005. 352 с.
8. Лахтин Ю.М. *Материаловедение*. М.: Металлургия, 1990. 528 с.
9. Солнцев Ю.П. *Материаловедение и термическая обработка*. М.: Металлургия, 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.

SPECIFICS OF SURFACE PHASE FORMATION DURING CARBURISATION OF FERROUS ALLOYS

K.V. Terezanova

S.A. Cherenkova

Kseniya-t94@yandex.ru

svetlayasuse@yandex.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

We used X-ray diffractometry to conduct a phase analysis of surface layers formed in a range of ferrous alloys after surface hardening. We studied ingot iron samples after subjecting them to vacuum carburisation for two, four and six hours. This treatment made it possible to alter the phase composition of surface layers, which, in turn, affected performance characteristics of the samples, such as wear resistance, hardness, etc. We conducted a qualitative phase analysis and determined a rational treatment duration

Keywords

Surface hardening, carburisation, diffusion saturation of surfaces, X-ray diffractometry method, ferrous alloys, phase structure of surface layers, sample hardening, X-ray phase analysis, surface property improvement

© Bauman Moscow State Technical University, 2017

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. Formation mechanism of diffusion layers. *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 [Material engineering]*. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2008. 648 p. (in Russ.).
- [4] Zinchenko V.M. Cementation. *Tekhnologiya metallov*, 2007, no. 1, pp. 46–48 (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, MEFPh Publ., 2007. 60 p. (in Russ.).
- [6] Barabash M.A., Kolmykov D.V., Goncharov A.N., Kolmykov V.I. Increasing of the endurance of retread parts by cementation when repairing of machines. *Uprochnyayushchie tekhnologii i pokrytiya [Strengthening Technologies and Coatings]*, 2009, no. 5, pp. 44–47 (in Russ.).
- [7] Evdokimov V.D., Klimenko L.P., Evdokimova A.N. *Tekhnologiya uprochneniya mashinostroitel'nykh materialov [Strengthening technology for engineering materials]*. Odessa, Nikolaev, Petro Mohyla NGGU Publ., 2005. 352 p. (in Russ.).
- [8] Lakhtin Yu.M. *Materialovedenie. [Material engineering]*. Moscow, Metallurgiya Publ., 1990. 528 p. (in Russ.).
- [9] Solntsev Yu.P. *Materialovedenie i termicheskaya obrabotka [Material engineering and heat treating]*. Moscow, Metallurgiya Publ., 1988. 512 p.

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

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

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