

ОДНОВРЕМЕННОЕ НАСЫЩЕНИЕ БОРОМ, ХРОМОМ И ТИТАНОМ УГЛЕРОДИСТЫХ И ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

И. А. Гармаева³, **А. М. Гурьев**^{1, 2}, **С. Г. Иванов**¹,
М. А. Гурьев¹, **Е. А. Кошелева**¹, **Мэй Шунчи**²

¹ Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

² Уханьский текстильный университет, г. Ухань, КНР

³ Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления,
г. Улан-Удэ, Россия

Проведены исследования диффузионного насыщения из порошковой смеси на основе карбида бора с добавлением хрома и титана.

Ключевые слова: бор, титан, упрочнение, диффузия, химико-термическая обработка

SIMULTANEOUS SATURATION BORON, CHROME AND TITANIUM CARBONACEOUS AND ALLOY STEELS

I. A. Garmaeva³, **A. M. Guriev**^{1, 2}, **S. G. Ivanov**¹,
M. A. Guriev¹, **E. A. Kosheleva**¹, **Mei Shunchi**²

¹ Altai State Technical University, Barnaul, Russia

² Wuhan Textile University, Wuhan, China

³ East Siberia State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia

Diffusion saturation from a powder blend on the basis of boron carbide with addition of chrome and titanium is investigated.

Keywords: boron, titanium, hardening, diffusion, chemical heat treatment

В работе проводили диффузионное насыщение из порошковой смеси на основе карбида бора с добавлением хрома и титана. В качестве активатора использовали фторид натрия [1 – 6].

В качестве насыщаемого материала были использованы углеродистые стали 45 и У8, а также легированная сталь ХВГ. Насыщение вели из порошковых смесей в жаростойких контейнерах. В качестве источника нагрева использовалась камерная печь типа СНОЛ, оснащенная ПИД-контроллером «Термодат-16ЕЗ» [7 – 13]. Микроструктуру полученных покрытий изучали на поперечных микрошлифах, для приготовления которых применяли прецизионный отрезной станок «MICRACUT-201», металлографический

пресс «METAPRESS» и автоматический шлифовально-полировальный станок «DIGI-PREP». Измерение микротвердости и фиксацию изображений микроструктуры производили при помощи программного комплекса «Thixomet PRO», к которому подключены полуавтоматический микротвердомер МН-6 и оптический микроскоп Carl Zeiss Axio Observer Z1m [14 – 22].

На рисунке 1 представлена микроструктура покрытий полученных одновременным диффузионным насыщением сталей бором, хромом и титаном. Видно, что во всех случаях были получены равномерные покрытия, имеющие характерную для боридных слоев на железоуглеродистых сплавах игольчатую текстуру [23 – 30].

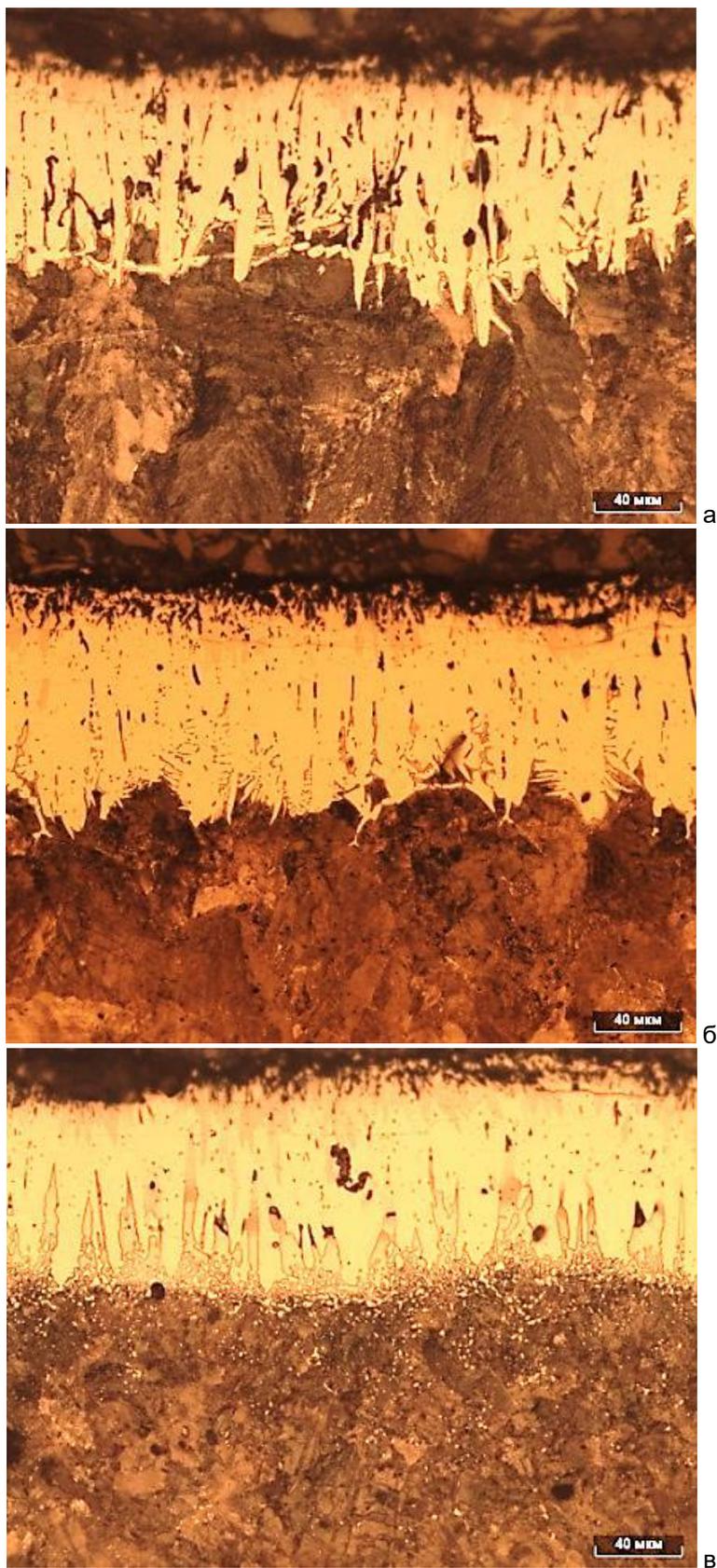


Рисунок 1 – Микроструктура покрытий, полученных одновременным диффузионным насыщением бором, хромом и титаном сталей: а) сталь 45, б) сталь У8, в) сталь ХВГ

ОДНОВРЕМЕННОЕ НАСЫЩЕНИЕ БОРОМ, ХРОМОМ И ТИТАНОМ УГЛЕРОДИСТЫХ И ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Показано, что диффузионное покрытие имеет практически одинаковую толщину на всех исследуемых образцах, то есть химический состав насыщаемой стали не оказывает существенного влияния на скорость роста диффузионного покрытия и, следовательно, на скорость диффузии.

Однако морфология покрытия претерпевает значительные изменения: по мере увеличения степени легирования насыщаемой стали иглы боридов становятся толще, а сам диффузионный слой – компактней [31 – 33]. Кроме того, наблюдается «затупление» боридных игл и образование на их границе перистых, в случае стали У8 и глобулярных, в случае стали ХВГ выделений карбоборидов состава $Me_3(C,B)$ и $Me_{23}(C,B)_6$. Переходная зона во всех случаях представлена борированным перлитом. Обособленная ферритная фаза в переходной зоне не обнаруживается даже в случае насыщения стали 45, что свидетельствует об интенсивных диффузионных процессах приводящих к вытеснению атомов углерода с поверхности в глубь стали и способствует образованию дополнительного количества цементита [34 – 43]. В случае насыщения сталей ХВГ и У8 в переходной зоне отсутствует свободный цементит, что свидетельствует о связывании излишков углерода диффундирующими совместно с бором хромом и титаном с образованием дополнительного количества сложных карбоборидов.

Список литературы

1. Лыгденов, Б.Д. Термоциклирование. Структура и свойства / Лыгденов Б.Д., Хараев Ю.П., Грешилов А.Д., Гурьев А.М. - Барнаул, 2014. - 252 с.
2. Гурьев, А.М. Термоциклическое и химико-термоциклическое упрочнение сталей / Гурьев А.М., Ворошнин Л.Г., Хараев Ю.П., Лыгденов Б.Д., Земляков С.А., Гурьева О.А., Колядин А.А., Попова О.В. // Ползуновский вестник. - 2005. - № 2-2. - С. 36-43.
3. Лыгденов, Б.Д. Влияние состава насыщающей среды на структуру и свойства диффузионного слоя при титанировании сталей / Лыгденов Б.Д., Гурьев А.М. // Известия высших учебных заведений. - Физика. - 2000. - Т. 43. - № 11. - С. 269.
4. Иванов, С.Г. Комплексное насыщение сталей бором и хромом – борохромирование / Иванов С.Г., Гурьев А.М., Кошелева Е.А., Власова О.А., Гурьев М.А. // Ползуновский альманах. - 2008. - № 3. - С. 53.
5. Иванов, С.Г. Особенности приготовления насыщающих смесей для диффузионного борохромирования / Иванов С.Г., Гурьев А.М., Старостенков М.Д., Иванова Т.Г., Левченко А.А. // Известия высших учебных заведений. - Физика. - 2014. - Т. 57. - № 2. - С. 116-118.
6. Власова, О.А. Повышение прочности диффузионных карбоборидных покрытий термоциклированием в процессе их получения / Власова О.А., Иванов С.Г., Гурьев М.А., Кошелева Е.А., Гурьев А.М. // В сб.: Наука и молодежь - 2007 (НиМ - 2007) Материалы IV Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых "Наука и молодежь - 2007" (НиМ-2007). - 2007. - С. 110-112.
7. Иванов, С.Г. Фазовые превращения и структура комплексных боридных покрытий / Иванов С.Г., Гармаева И.А., Андросов А.П., Зобнев В.В., Гурьев А.М., Марков В.А. // Ползуновский вестник. - 2012. - № 1-1. - С. 106-108.
8. Гурьев, А.М. Структура и свойства упрочненных бором и бором совместно с титаном поверхности штамповых сталей 5ХНВ И 5Х2НМВФ / Гурьев А.М., Иванов С.Г., Гурьев М.А., Иванов А.Г., Лыгденов Б.Д., Земляков С.А., Долгоров А.А. // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. - 2010. - Т. 7. - № 1. - С. 27-31.
9. Гурьев, А.М. Распределение атомов бора и углерода в диффузионном слое после борирования стали 08кп / Гурьев А.М., Лыгденов Б.Д., Мосоров В.И., Инхеев Б.С. // Современные наукоемкие технологии. - 2006. - № 5. - С. 35-36.
10. Гурьев, А.М. Особенности формирования диффузионного слоя при термоциклическом борировании углеродистой стали / Гурьев А.М., Козлов Э.В., Игнатенко Л.Н., Попова Н.А. // В кн.: Эволюция дефектных структур в конденсированных средах сборник тезисов докладов 5-ой Международной школы-семинара. - 2000. - С. 149-150.
11. Гурьев, М.А. Упрочнение литых деталей поверхностным легированием / Гурьев М.А., Иванов С.Г., Гурьев А.М. // В сб.: Проблемы и перспективы развития литейного, сварочного и кузнечно-штамповочного производств: Гурьев А.М., Марков В.А.; Сб. науч. трудов X междуна. научно-практич. конференции. - Барнаул, 2009. - С. 40-46.
12. Кошелева, Е.А. Технология многокомпонентного диффузионного упрочнения поверхности деталей машин и инструмента для энергетического машиностроения / Кошелева Е.А., Иванов С.Г., Нестеренко Е.А., Гурьев М.А., Земляков С.А., Власова О.А., Иванов А.Г. // Ползуновский вестник. - 2010. - № 1. - С. 106-113.
13. Kazakov, A. Characterization of Semi-Solid Materials structure / Kazakov A., Luong N.H. // Materials Characterization 2001, pp. 191-196.
14. Kazakov, A. A. Thixomet Image Analyzer for Characterization of 2D and 3D Materials Structure / Kazakov, A. A.; Luong, N. H.; Kazakova, E. I.; Zorina, E. M. // Understanding Processing, Structure, Property and Behavior Correlations: Proceedings of the 32nd Annual Convention of the International Metallographic Society Held 31 October to 3 November, 1999 in Cincinnati, Ohio ASM International, 27; - 133-142
15. Казаков, А.А. Оценка качества микроструктуры тиксотропных материалов. Часть 1 / Казаков А.А., Казакова Е.И., Геллер Г.В. // Цветные металлы. - 2007 - № 10.

16. Казаков, А.А. Оценка качества микро-структуры тиксотропных материалов. Часть 2 / Казаков А.А., Казакова Е.И., Геллер Г.В. // Цветные металлы. – 2007. - № 12.
17. Казаков, А.А. Разработка методики количественной оценки микроструктурной полосчатости низколегированных трубных сталей с помощью автоматического анализа изображений / Казаков А.А., Киселев Д.В., Андреева С.В., Чигинцев Л.С., Головин С.В., Егоров В.А., Марков С.И. // Черные металлы. – 2007. - № 7-8.
18. Патент РФ №2449055. Способ исследования структуры трубных сталей.
19. Лясников, В.Н. Перспективные материалы. Учебное Пособие. Том V. / Лясников В.Н., Казаков А.А., Киселев Д.В., и др.; Под ред. Д.Л. Мерсона. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013.
20. Казаков, А.А. Исследование природы неметаллических включений в стали с помощью автоматического анализатора частиц. А.А. Казаков, Д.А. Любченко, С.В. Рябошук, Л.С. Чигинцев // Черные металлы. – 2014. - № 4.
21. Казаков, А.А. Разработка количественных методов оценки структуры доэвтектических силицидов для прогнозирования их механических свойств / А.А. Казаков, Д.В. Киселев, А.А. Кур, Е.Б. Лазутова // Цветные металлы. – 2014 - № 4.
22. Иванов, С.Г. Исследование зависимости морфологии диффузионных боридных покрытий на углеродистых сталях от состава и фракции насыщающей смеси / Иванов С.Г., Куркина Л.А., Грешилов А.Д., Гурьев А.М. // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. - 2012. - Т. 9. - № 4. - С. 556-559.
23. Кошелева, Е.А. Разработка технологии диффузионного упрочнения поверхности стальных деталей и инструмента / Кошелева Е.А. // Ползуновский альманах. - 2010. - № 1. - С. 95-101.
24. Лыгденов, Б.Д. Исследование фазового состава и дефектного состояния градиентных структур борированных сталей 20Л, 45, 55 и 5ХНВ / Лыгденов Б.Д., Гармаева И.А., Попова Н.А., Козлов Э.В., Гурьев А.М., Иванов С.Г. // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. - 2012. - Т. 9. - № 4-2. - С. 681-689.
25. Кошелева, Е.А. Борохромирование - перспективный метод упрочнения деталей машин и инструмента / Кошелева Е.А., Гурьев М.А., Власова О.А., Иванов С.Г., Гурьев А.М. // В сб.: Проблемы и перспективы развития литейного, сварочного и кузнечно-штамповочного производств.: Гурьев А.М., Марков В.А.: Сб. научных трудов X международной научно-практической конференции. - Барнаул, 2009. - С. 69-70.
26. Иванов, С.Г. Исследование процессов диффузионного насыщения сталей из смесей на основе карбида бора / Иванов С.Г., Гурьев А.М., Кошелева Е.А., Власова О.А., Гурьев М.А. // Современные наукоемкие технологии. - 2008. - № 3. - С. 33.
27. Иванов, С.Г. Оценка скорости диффузии бора и хрома при различных режимах диффузионного упрочнения поверхности стали Ст3 / Иванов С.Г., Гармаева И.А., Гурьев А.М. // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. - 2012. - Т. 9. - № 2. - С. 248-251.
28. Иванов, С.Г. Влияние добавок легирующих элементов в обмазку на процессы комплексного многокомпонентного диффузионного насыщения стали / Иванов С.Г., Гурьев М.А., Иванов А.Г., Гурьев А.М. // Современные наукоемкие технологии. - 2010. - № 7. - С. 170-172.
29. Гурьев, А.М. Теория и практика получения литого инструмента / Гурьев А.М., Хараев Ю.П. Барнаул, 2005. – 220 с.
30. Гармаева, И.А. Исследование влияния различных факторов при борировании на механические свойства стали с применением математической модели / Гармаева И.А., Лыгденов Б.Д., Гурьев А.М., Власова О.А. // Упрочняющие технологии и покрытия. - 2008. - № 10. - С. 30-32.
31. Бутуханов, В.А. Исследование процесса диффузионного насыщения в смеси, содержащей оксид ванадия и алюминий / Бутуханов В.А., Грешилов А.Д., Лыгденов Б.Д., Отхонсо Г. // Ползуновский вестник. - 2012. - № 1-1. - С. 51-55.
32. Гурьев, М.А. Анализ влияния природы легирующих элементов в высоколегированных сталях на процессы комплексного многокомпонентного диффузионного борирования / Гурьев М.А., Гурьев А.М., Иванов А.Г., Иванов С.Г. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2010. № 5. С. 155-157.
33. Гурьев, А.М. Изменение фазового состава и механизм формирования структуры переходной зоны при термоциклическом борировании феррито-перлитной стали / Гурьев А.М., Козлов Э.В., Жданов А.Н., Игнатенко Л.Н., Попова Н.А. // Известия высших учебных заведений. - Физика. - 2001. - № 2. - С. 58.
34. Гурьев, А.М. Совершенствование технологии химико-термической обработки инструментальных сталей / Гурьев А.М., Лыгденов Б.Д., Власова О.А. // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). - 2009. - № 1. - С. 14-15.
35. Кошелева, Е.А. Повышение прочности инструментальных сталей / Кошелева Е.А. // Ползуновский альманах. - 2015. - Т. 2. - С. 133-134.
36. Лыгденов, Б.Д. Интенсификация процессов формирования структуры диффузионного слоя при химико-термической обработке сталей / Лыгденов Б.Д. // дисс. на соиск. уч. степ. доктора техн. наук / ГОУ ВПО "Алтайский государственный технический университет". - Барнаул, 2009.
37. Гурьев, А.М. Механизм образования боридных игл при диффузионном комплексном борохромировании из насыщающих обмазок. Гурьев А.М., Иванов С.Г., Грешилов А.Д., Земляков С.А. Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2011. № 3. С. 34-40.
38. Гурьев, М.А. Перспективные методы получения упрочняющих покрытий / Гурьев М.А., Кошелева Е.А., Гурьев А.М., Лыгденов Б.Д., Галаа О. - Барнаул, 2016. - 182 с.: ил.
39. Гурьев, М.А. Технология нанесения многокомпонентных упрочняющих покрытий на стальные детали / Гурьев М.А., Фильчаков Д.С., Гармаева И.А., Иванов С.Г., Гурьев А.М., Околович Г.А. // Ползуновский вестник. - 2012. - № 1-1. - С. 73-78.

ОДНОВРЕМЕННОЕ НАСЫЩЕНИЕ БОРОМ, ХРОМОМ И ТИТАНОМ УГЛЕРОДИСТЫХ И ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

40. Guriev, A.M. Transition zone forming by different diffusion techniques in borating process of ferrite-pearlite steels under the thermocyclic conditions / Guriev A.M., Kozlov E.V., Lygdenov B.D., Kirienko A.M., Chernyh E.V. // *Фундаментальные проблемы современного материаловедения*. - 2004. - Т. 1. - № 2. - С. 54-60.

41. Кошелева, Е.А. Диффузионное термоциклическое упрочнение поверхности сталей бором и хромом / Кошелева Е.А., Гурьев А.М., Иванов С.Г. // В сб.: Проблемы повышения эффективности металлообработки в промышленности на современном этапе.: Материалы 11-ой Всероссийской научно-практической конференции. - Новосибирский государственный технический университет. - 2013. - С. 307-310.

42. Власова, О.А. Оптимизация многокомпонентной химико-термической обработки стали 30Х / Власова О.А., Иванов С.Г., Гурьев А.М., Кошелева Е.А., Чех С.А. // *Современные наукоемкие технологии*. - 2008. - № 3. - С. 32.

43. Мосоров, В.И. Исследование фазового состава и дислокационной структуры борированной стали 55Л / Мосоров В.И., Грешилов А.Д., Лыгденов Б.Д. // *Ползуновский вестник*. - 2012. - № 1-1. - С. 206-208.

Гармаева Ирина Анатольевна³ – к. т. н., доцент
Гурьев Алексей Михайлович^{1,2} – д. т. н., профессор

Иванов Сергей Геннадьевич – к. т. н.

Гурьев Михаил Алексеевич¹ – к. т. н.

Кошелева Елена Алексеевна¹ – к. т. н., доцент
Мэй Шунчи² – профессор

¹ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (АлтГТУ), г. Барнаул, Россия

²Уханьский текстильный университет, г. Ухань, КНР

³ФГБОУ ВПО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления (ВСГУТУ)», г. Улан-Удэ, Россия