

ОСОБЕННОСТИ КИНЕТИКИ ДИФфуЗИОННОГО НАСЫЩЕНИЯ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ БОРОМ И ХРОМОМ

**С. Г. Иванов, А. М. Гурьев, Н. Г. Бильтриков, Е. А. Кошелева,
Т. Г. Иванова, А. А. Левченко**

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

Проведен эксперимент по выявлению влияния основных технологических факторов процесса одновременного диффузионного борохромирования на эволюцию системы «насыщающая среда – изделие».

В качестве изучаемых факторов исследованы время насыщения при изотермической выдержке и температуре 950 °С. Время насыщения было выбрано 1, 3, 5, 10, 30 и далее через 30 минут до 180 минут. Образцы, упакованные в самозащитную насыщающую порошковую смесь в фарфоровых тиглях загружались в предварительно разогретую до 950 °С печь и выдерживались там определенное в соответствии с планом эксперимента время. До процесса упаковки осуществляли взвешивание самих насыщаемых образцов из стали Ст3, насыщающей смеси и тиглей с упакованными образцами. После окончания выдержки тигли остужали на воздухе до комнатной температуры, далее повторно взвешивали. Затем насыщающую смесь с образцами извлекали из тиглей и взвешивали, после чего взвешивали насыщенные образцы.

По результатам взвешивания оценивали потери насыщающей среды на угар и образование диффузионного слоя, а также по результатам взвешивания оценивали массу продиффундировавших элементов (бора и хрома). Полученные данные были интерпретированы по отношению к единице площади: потеря насыщающей среды на угар определялась по параметру «масса на m^2 свободной поверхности» насыщающей среды, контактирующей с кислородом воздуха. Прибыль массы образцов в результате диффузии также оценивалась применительно к $1 m^2$ поверхности образца, контактирующей с насыщающей смесью.

После упрочненные образцы подвергали резке на прецизионном отрезном станке, далее приготавливали поперечные микрошлифы

для изучения толщины диффузионного слоя. Данные изучения толщины диффузионного слоя в зависимости от времени выдержки приведены на рисунке 1. Как видно на приведенном рисунке, заметное формирование диффузионного начинается при выдержке 30 минут – слой уже имеет характерное игольчатое строение и достигает толщины 18 мкм. Наиболее интенсивное формирование диффузионного слоя происходит в интервале выдержек от 60 до 150 минут (1 – 2,5 ч). Далее скорость формирования диффузионного слоя снижается и, кроме того, происходит формирование на поверхности слоя высокобористой фазы, имеющей более высокие показатели твердости и хрупкости, а также создающей растягивающие напряжения, которые приводят к растрескиванию упрочняющего покрытия и снижению его ресурса. Таким образом, оптимальное время выдержки при изотермическом борохромировании в порошковых смесях на основе карбида бора находится в интервале от 120 до 150 минут (2 – 2,5 ч). Так как при длительности выдержки в этом временном интервале формируется рабочий диффузионный слой достаточной толщины (до 350 мкм – максимальная длина боридных игл и толщина сплошного диффузионного слоя – до 150 мкм), не имеющий на своей поверхности высокохрупкой, а потому вредной высокобористой фазы.

Аналогичную картину можно наблюдать и на рисунке 2, демонстрирующем прибыль массы на $1 m^2$ насыщаемой поверхности образца в зависимости от времени выдержки. Как видно из рисунка, наибольшая скорость прироста массы приходится на временной интервал выдержки от 90 до 150 минут, после чего значительно уменьшается.

На рисунке 3 показана зависимость потери массы насыщающей смеси в результате поверхностного окисления и угара при различной выдержке.

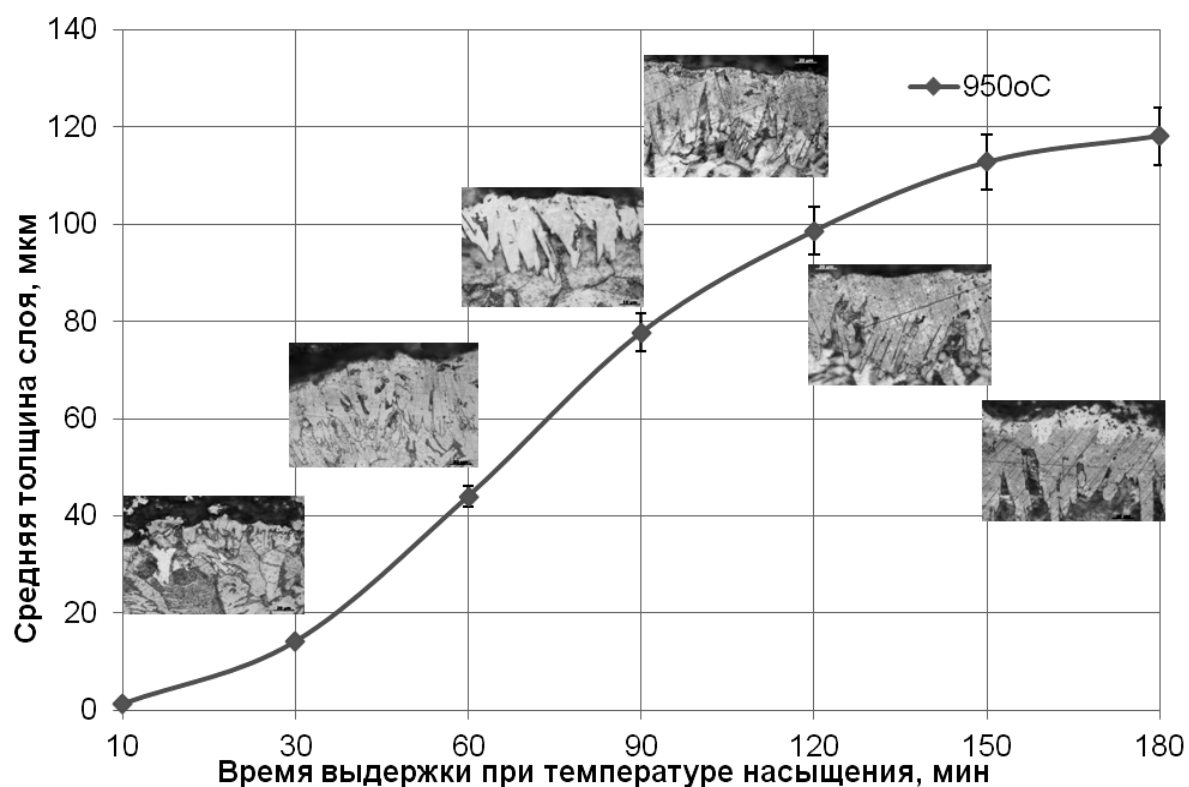


Рисунок 1 – Эволюция боридного слоя при одновременном борохромировании

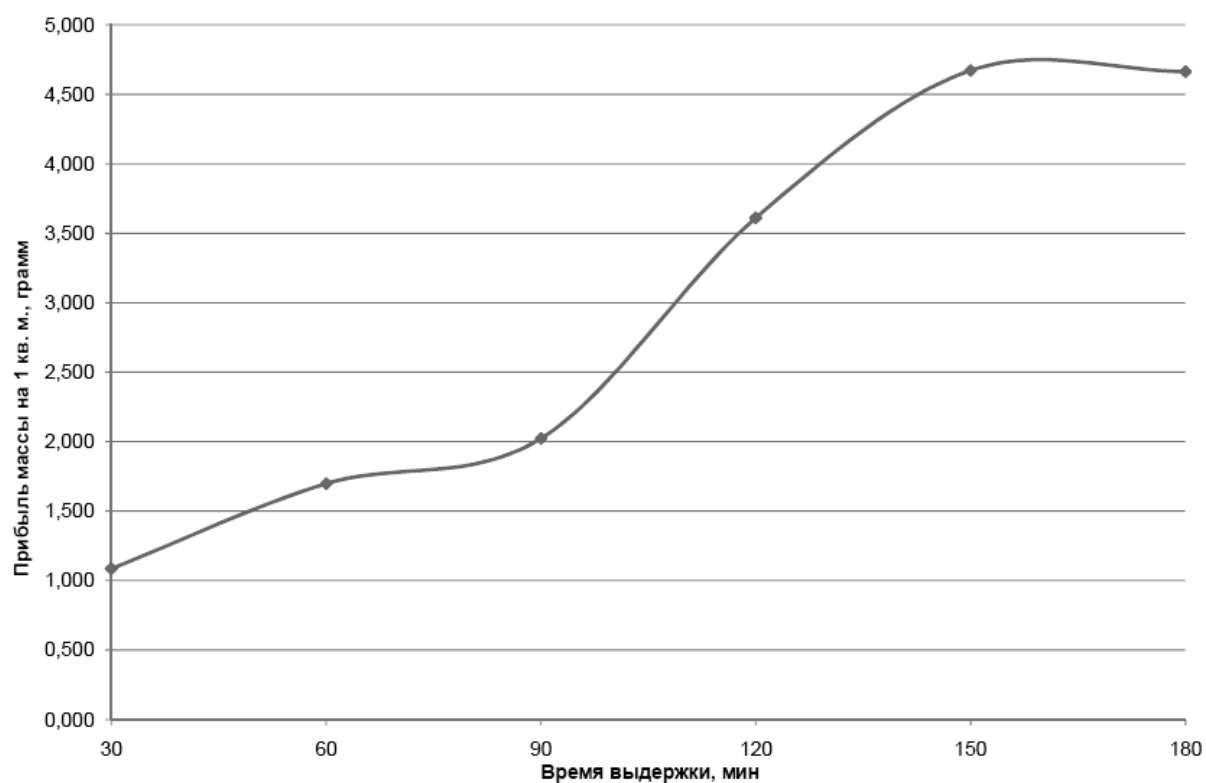


Рисунок 2 – Скорость прироста массы при одновременном борохромировании

ОСОБЕННОСТИ КИНЕТИКИ ДИФфуЗИОННОГО НАСЫЩЕНИЯ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ БОРОМ И ХРОМОМ

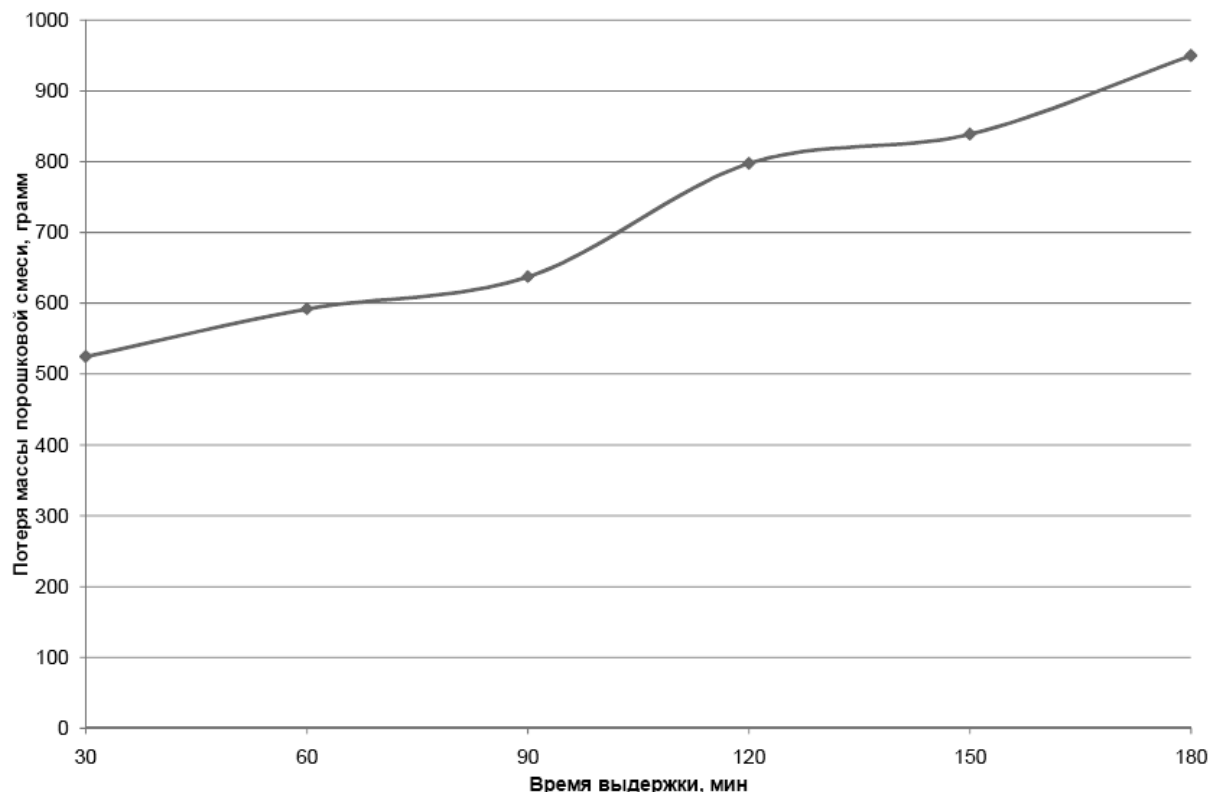


Рисунок 3 – Потери насыщающей смеси на угар

Исходя из представленных графиков, при температуре 950 °С наибольшая скорость формирования диффузионного слоя наблюдается во временном интервале от 60 до 150 минут. В целом кривая роста толщины диффузионного покрытия, согласно металлографическим исследованиям, имеет экспоненциальный вид. Аналогичная картина наблюдается и на графике прироста массы образцов в результате диффузии. Но в этом случае наибольшая скорость формирования диффузионного слоя наблюдается в интервале 90 – 150 минут. Исследование угара насыщающей смеси показало, что в целом, угар смеси имеет линейный характер, с небольшими колебаниями, которые можно объяснить тем, что в моменты наибольшего угара происходит преимущественно испарение насыщающих компонентов, по большей части бора в виде оксидов бора, с периодическими периодами «наработки» защитной стеклообразной пленки в результате окисления.

Список литературы:

1. Гурьев А.М., Козлов Э.В., Игнатенко Л.Н., Попова Н.А. Физические основы термоциклического борирования сталей. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2000. – 216 с.

2. Гурьев А.М., Козлов Э.В., Попова Н.А. и др. Изменение фазового состава и механизм формирования структуры переходной зоны при термоциклическом борировании феррито-перлитной стали // Изв. Вузов. Физика. № 2.- 2001.- С. 58 – 63.

3. A.M.Guriev, E.V.Kozlov, A.M.Kirienko, N.A.Popova Phase composition transformation and transition zone structure formation mechanism in the process of thermocyclic ferrite-perlite steel borating // Book of Abstracts 7th international symposium on advanced materials (ISAM-2001).-17-21 September 2001, Islamabad, Pakistan.-p. 122.

4. Гурьев А.М., Лыгденов Б.Д., Гурьева О.А. и др. Особенности формирования структуры диффузионного слоя на литой стали при химико-термической обработке // Фундаментальные проблемы современного материаловедения, №1.- 2005.- С. 39-41.

5. Лыгденов Б.Д., Гурьев А.М., Гармаева И.А. и др. Особенности формирования структуры диффузионного слоя и разработка технологии упрочнения литых инструментальных сталей с учетом дендритной ликвации // Фундаментальные проблемы современного материаловедения- №3.- 2006. -С. 84 – 86.

6. Гурьев А.М., Власова О.А., Лыгденов Б.Д. и др. Повышение прочности инструментальных сталей методом термоциклического борирования // XVII Петербургские чтения по проблемам прочности. Санкт-Петербург, 10-12 апреля 2007 г.: сборник материалов. – Ч. 1.- СПб., 2007.- С. 196 – 198.
7. Самсонов Г.В., Винницкий И.М. Тугоплавкие соединения (справочник). – М.: Металлургия, 1976. – 500с.
8. Гурьев А.М., Куркина Л.А., Иванова Т.Г., Левченко А.А. Математическое моделирование процесса диффузионного борирования углеродистых сталей // Современные наукоемкие технологии. №10.- 2012.- С48-49.
9. Иванов С.Г., Куркина Л.А., Грешилов А.Д., Гурьев А.М. Исследование зависимости морфологии диффузионных боридных покрытий на углеродистых сталях от состава и фракции насыщающей смеси // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. Том 9 №4, 2012, С. 556-559.
10. Diffusion saturation of steels from coats / A. M. Guriev, S. G. Ivanov, B. D. Ligdenov, O. A. Vlasova, E. A. Kocheleva, I. A. Garmaeva, A. C. Mijitov // VIII Miedzynarodowa konferencja naukowa „Nowe technologie i osiagniecia w metalurgii i inzynierii materialowej” / Politechnica Czestochowska. – Czestochowa, 2007. – P. 179-183.
11. Гармаева, И. А. Структура и свойства инструментальной стали 5ХНВ после борирования / И. А. Гармаева, Б. Д. Лыгденов, А. М. Гурьев // Ползуновский альманах. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2008. – № 3. – С. 197-198.
12. Гармаева, И. А. Исследование влияния различных факторов при борировании на механические свойства стали и определение ее математической модели / Гармаева, И. А., Б. Д. Лыгденов, А. М. Гурьев, О. А. Власова // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2008. – № 10. – С. 30-32.
13. Фазовый состав и механизм образования диффузионного слоя при борировании сталей в условиях циклического теплового воздействия / А. М. Гурьев, Б.Д. Лыгденов, Э. В. Козлов, И. А. Гармаева, О. А. Власова, С. Г. Иванов // Упрочняющие технологии и покрытия. – № 1. – 2008. – С. 20 – 27.
14. Влияние параметров борохромирования на структуру стали и физико-механические свойства диффузионного слоя / Гурьев А.М., Иванов С.Г., Лыгденов Б.Д., Власова О.А., Кошелева Е.А., Гурьев М.А., Гармаева И.А. // Ползуновский вестник. 2007. № 3. С. 28-34.
15. Диффузионное термоциклическое упрочнение поверхности стальных изделий бором, титаном и хромом / Гурьев А.М., Лыгденов Б.Д., Иванов С.Г., Власова О.А., Кошелева Е.А., Гармаева И.А., Гурьев М.А. // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. 2007. Т. 4. № 1. С. 30-35.
16. Многокомпонентное диффузионное упрочнение поверхности деталей машин и инструмента из смесей на основе карбида бора / Гурьев А.М., Грешилов А.Д., Кошелева Е.А., Иванов С.Г., Гурьев М.А., Иванов А.Г., Долгоров А.А. // Обработка металлов: технология, оборудование, инструменты. 2010. № 2. С. 19-23.
17. 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.
18. Термоциклическое и химико-термоциклическое упрочнение инструментальных 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. С. 36.
19. Особенности формирования структуры диффузионного слоя на литой стали при химико-термической обработке / Гурьев А.М., Лыгденов Б.Д., Махаров Д.М., Мосоров В.И., Черных Е.В., Гурьева О.А., Иванов С.Г. // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. 2005. Т. 2. № 1. С. 39-41.
20. 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.
21. 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.
22. 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.
23. Особенности диффузии атомов бора и хрома при двухкомпонентном насыщении поверхности стали ст3 / Иванов С.Г., Гармаева И.А., Гурьев А.М. // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. 2012. Т. 9. № 1. С. 86-88.