

УДК 621.785.53

ПРИМЕНЕНИЕ БОРИРОВАНИЯ В ПОРОШКОВОЙ СРЕДЕ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ СТАЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В.М. Константинов, В.Г. Дашкевич, А.В. Ковальчук
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь

В работе приведена характеристика и показана перспективность применения синтезированной насыщающей порошковой среды, полученной способом внепечной металлотермии для процесса борирования. Представлены данные о формирующихся компактных боридных слоях на сталях различных марок и их применимости для работы в различных условиях на примере конкретных деталей.

The characteristics and prospects of using synthesized powder saturating mixture obtained by the process out-of-furnace metallothermy for boriding process were shown. The data on the compact formed boride layers on steel of various grades and their applicability for use in a variety of conditions on the example of specific details were presented.

Введение

Технология термодиффузионного поверхностного легирования бором применима во многих отраслях промышленности, где речь идет об абразивном изнашивании поверхностей деталей машин. К ним можно отнести сельское хозяйство, производство строительных материалов, машиностроение и другие. Диффузионные борированные слои, получаемые на конструкционных и инструментальных сталях обладают высокой твердостью и износостойкостью и являются одними из наиболее стойких в условиях граничного трения. В условиях абразивного изнашивания без значительных динамических нагрузок борированные слои на стали могут превосходить по стойкости диффузионные слои, полученные в результате азотирования на 50–70 % [1, 2].

Процесс борирования может осуществляться из порошковых сред, расплавов, обмазок, газовых сред, плазмы тлеющего разряда и других, а свойства получаемых боридных слоев могут изменяться в широком диапазоне [3]. Указанные способы проведения процесса борирования имеют свои преимущества и недостатки для разных условий использования. Выбор способа борирования диктуется не столько стоимостью процесса, сколько его условиями производства и гео-

метрией упрочняемых деталей. При обработке мелких изделий небольшими партиями наиболее применим порошковый метод борирования.

Преимущества борирования в порошковой среде заключаются в возможности получения равномерного борированного слоя по поверхности детали, за исключением участков с криволинейной поверхностью радиусом до 4–5 мм. Борирование в порошковых смесях проводится при печном нагреве в герметичном контейнере с плавким затвором.

Анализ диаграммы состояния Fe–B показывает, что борированные слои на железе могут формироваться достаточно легко и с хорошей воспроизводимостью, так как бор с железом образуют выраженную замкнутую γ -область. Решающим фактором в формировании диффузионного слоя на стали являются фазовые превращения, связанные полиморфным превращением железа. Диаграммы состояния системы Fe–B, построенные различными авторами, имеют практически один вид. Некоторые отличия наблюдаются в определении авторами критических точек и идентифицировании фаз, что обусловлено различиями в методах исследований и их точности, а также представлениями о структурно-фазовом состоянии сплавов систем Fe–B и Fe–C–B.

Эффективная толщина слоя для разных деталей составила от 100 до 360 мкм, микротвердость поверхности варьировалась в пределах 16,0–19,5 ГПа.

Результаты исследования всех режимов борирования показали, что зависимости толщины диффузионного слоя от времени выдержки и температуры нагрева описываются параболическим и экспоненциальным законом, что соответствует классическим представлениям теории диффузии.

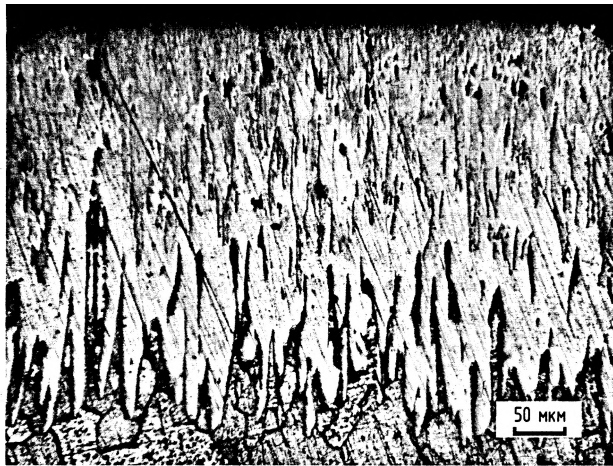


Рис. 2. Микроструктура боридного слоя, полученного из насыщающей среды «besto-bor» толщиной 400 мкм

Разработана технология борирования кернов для пластического прессования пустотелых изделий, которые используются на прессах керамических заводов строительных материалов и ставятся комплектами на специальные мундштуки. Типовой форма кернов использующихся при формовании кирпичной массы представлена на рис. 3, а. Основные требования к упрочнению обусловлены необходимостью высокой абразивной стойкости, прежде всего ребер детали, поскольку в результате движения глиняного бруса при выходе из мундштука они наиболее подвержены износу.

Термодиффузионное борирование обеспечивает повышенную защиту от искрообразования деталям при фрикционном взаимодействии, это активно используется для деталей уплотнительных и газораспределительных систем. В частности, на рис. 3, б представлены втулка и палец, работающие во взрывоопасной среде изобутана [12, 13].

Более высокие требования к процессу термодиффузионного борирования, с точки зрения отсутствия дефектов, коробления, сохранения достаточной прочности основного металла и прочее проявляются при упрочнении прецизионных деталей, в частности, золотников – деталей запорно-регулирующих элементов гидрораспределителя (рис. 3, в).

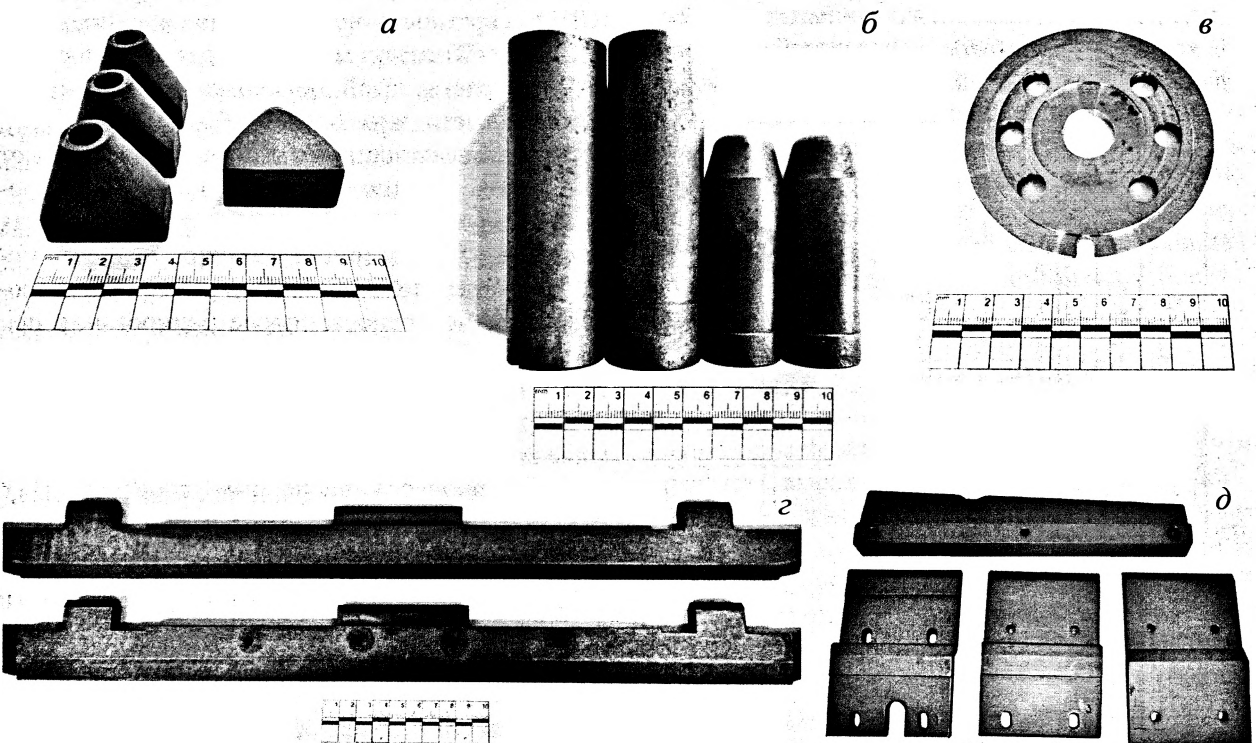


Рис. 3. Внешний вид упрочняемых деталей:

а – керны; б – втулка и палец; в – золотник крышки гидрораспределителя; г – пластины пресс-форм для литья под давлением; д – клинья пресс-форм для литья под давлением

Упрочнению подлежат также многие детали пресс-форм для литья под давлением сложной конфигурации: формообразующие детали, детали системы выталкивания и другие. Проводили борирование упоров, планок (рис. 3, *з*), используемых в системе, обеспечивающей смыкание и размыкание пресс-формы. С целью снижения износа и, как следствие расшатывания, снижения надежности запирания формы – клинья (рис. 3, *д*).

Таким образом, результаты использования борирования для рассмотренных деталей наглядно показали преимущества боридных покрытий, важнейшими показателями которых является высокая микротвердость до 20 ГПа и износостойкость. При этом функциональные возможности покрытий не ограничиваются только микротвердостью и износостойкостью, эффективным также является использование их для деталей искробезопасного назначения [14].

Табл. 1
Результаты термодиффузионного борирования стальных деталей

№	Деталь	Сталь	Защита от насыщения	Тип боридного слоя	Толщина боридного слоя, мкм	Микротвердость, ГПа
1	Керн ОАО «Керамика», (г. Витебск)	Сталь 20	Без защиты	компактный Fe ₂ B + FeV	320–360	18,0–19,5
2	Керн ОАО «Керамика», (г. Витебск)	Ст3	Без защиты	компактный Fe ₂ B + FeV	320–350	18,0–19,5
3	Палец Филиал ЗАО «Атлант» – Баранов. станк. завод	Сталь 40X	Защита от-верстий	компактный Fe ₂ B + FeV	190–220	16,8–18,4
4	Втулка Филиал ЗАО «Атлант» – Баранов. станк. завод	Сталь 40X	Защита от-верстий	компактный Fe ₂ B + FeV	150–200	16,8–18,2
5	Пластины пресс-форм для литья под давл. ЗАО «Атлант»	Сталь 40X	Защита резьбы и отверстий	некомпактный Fe ₂ B + FeV	180–230	16,4–17,8
6	Клинья пресс-форм для литья под давл. ЗАО «Атлант»	Сталь 40X	Без защиты	некомпактный Fe ₂ B + FeV	200–250	16,4–17,2
7	Золотник крышки гидрораспределителя ООО «Салео»	У8А	Без защиты	компактный Fe ₂ B + FeV	120–150	17,6–18,0
8	Золотник блока гидрораспределителя ООО «Салео»	9ХС	Без защиты	компактный Fe ₂ B + FeV	100–140	16,3–18,0

*приведенная микротвердость высокобористой фазы характерна для приповерхностного слоя, лежащего на глубине около 8–10 мкм

Заключение

Подбор состава насыщающей смеси и управление температурно-временными параметрами насыщения позволяют получать высокие физико-механические и эксплуатационные свойства обрабатываемой поверхности, отсутствие скалываемости диффузионного слоя и других дефектов

борированного слоя на деталях различной геометрии из разных марок сталей.

Полученные результаты свидетельствуют об актуальности использования процесса борирования, в частности борирования в порошковых средах, для упрочнения деталей из инструментальных и конструкционных сталей.

Список использованных источников

1. Ворошнин, Л.Г., Борирование стали. / Л.Г. Ворошнин, Л.С. Ляхович. – М.: Металлургия, 1978 – 126 с.
2. Химико-термическая обработка металлов и сплавов: Справочник / Под ред. Л.С. Ляховича. – Москва: Металлургия, 1981 – 424 с.
3. Крукович, М.Г. Разработка теоретических и прикладных аспектов управления структурой и свойствами борированных слоев и их использование при производстве транспортной техники : дисс. ... докт. техн. наук : 05.16.01 / М.Г. Крукович. – Москва, 1995. – 416 л.
4. Крукович, М.Г. Пластичность борированных слоев / М.Г. Крукович, Б.А. Прусаков, И.Г. Сизов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 384 с.
5. Диаграммы состояния двойных и многокомпонентных систем на основе железа: Справочник / Под ред. О.А. Банных, М.Е. Дрица. – М.: Металлургия, 1986. – 440 с.
6. Диаграмма состояния двойных металлургических систем: Справочник: в 3 т.: Т. 1 / Под общ. ред. Н.П. Лякишева. – М.: Машиностроение, 1996. – 992 с.
7. Двойные и тройные системы, содержащие бор; справочн. изд. / ред. Ю.Б. Кузьма, Н.Ф. Чабан. – М.: Металлургия, 1990. – 320 с.
8. Ворошнин, Л.Г. Теория и практика получения защитных покрытий с помощью ХТО / Л.Г. Ворошнин, Ф.И. Пантелеенко, В.М. Константинов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск.: ФТИ; Новополоцк: ПГУ, 2001 – 148 с.
9. Сорокин, Л.М. Упрочнение деталей борированием. / Л.М. Сорокин – М.: Машиностроение, 1972 – 325 с.
10. BESTO (Белорусские среды для термодиффузионной обработки) [Electronic resource] – Mode of access : <http://besto.by/vidy-obrabotok/borirovanie>. – Date of access : 28.04.2015.
- Кухарева, Н.Г. Получение высокобористых диффузионных покрытий на углеродистых сталях / Н.Г. Кухарева, С.Н. Петрович, Г.В. Стасевич // Металлургия : респ. межвед. сб. научн. тр. – Минск: БНТУ, 2013 – Вып. 34, – Ч. 2. – С. 9–15.
11. Дашкевич В.Г. Исследование фрикционной искробезопасности борсодержащих диффузионных и наплавленных покрытий / В. Г. Дашкевич, А.А. Пивоварчик, В. Г. Щербаков // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. - 2013. - № 11. – С. 78-81.
12. Дашкевич, В.Г. Исследование искробезопасности покрытий при фрикционном контакте / В.М. Константинов, В.Г. Дашкевич, А.А. Пивоварчик // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: Сб. научных трудов. В 3 кн. Кн.1. Материаловедение/ редколлегия : С.А. Астапчик (гл. ред.) [и др.]. – Минск : ФТИ НАН Беларусь, 2013. С. 51–57.
13. Дашкевич, В.Г. Эффективные технологии поверхностной обработки изделий из стали / В.Г. Дашкевич, Г.В. Стасевич, А.В. Ковальчук, В.Г. Щербаков, Д.В. Гегеня // Научно-технические инновации : сборник докладов Юбилейной Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. – Ч. 4. – С. 229–233.