

НЕКОТОРЫЕ ПУТИ ИЗМЕНЕНИЯ МОРФОЛОГИИ ТЕРМОДИФфуЗИОННЫХ БОРИДНЫХ СЛОЕВ НА СТАЛЯХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

д.т.н., проф. В.М. Константинов¹, к.т.н., доц. С.Л. Евтифеев²,
к.т.н., доц. В.Г. Данкевич¹

¹Белорусский национальный технический университет, г. Минск

²Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса

E-mail: materialovedenie@tut.by

Аннотация. Статья посвящена вопросам изменения морфологии термодиффузионных боридных слоев на углеродистых сталях с целью снижения их хрупкости и повышения антифрикционных свойства. В работе выполнен анализ двух направлений получения боридных слоев: предварительным меднением перед борированием и последовательным боросульфидированием. Получаемые структуры резко отличаются от традиционных и имеют характерное дискретное строение боридных фаз.

Введение. Борирование, известное с первой половины XX века, нашло определенное применение в различных отраслях промышленности развитых стран. Уникальный комплекс эксплуатационных показателей (высокие твердость, абразивная износостойкость, теплостойкость и др.) предопределил эффективность термодиффузионных боридных слоев. Так, например, для ряда инструментальных сталей проведение борирования повышает стойкость инструмента в 1,5...8 раз [1 - 3]. В настоящее время накоплен огромный научный и практический опыт по применению борирования. Однако, еще наши учителя проф. Ворошнин Л.Г. и проф. Земсков Г.В. отмечали существенную проблему боридных слоев их – повышенную хрупкость. Исследованию хрупкости боридных слоев посвящены многочисленные работы, например, работы М.Г. Круковича [4]. Традиционными путями снижения хрупкости слоя являются следующие: дополнительное легирование слоя, получение однофазных слоев, смягчающая термическая обработка, получение боридных эвтектик и др. Наряду с ними эффективным приемом повышения работоспособности термодиффузионного слоя является научно-обоснованное изменение его морфологии. Управление морфологией боридного слоя, получение дискретного его строения по-прежнему является актуальной задачей.

В работе выполнен анализ двух перспективных направлений получения дискретных боридных слоев:

- предварительное перед борированием меднение для получения слоя меди толщиной 5...20 мкм;
- последовательное боросульфидирование с избирательным удалением фрагментов боридного слоя.

Предварительное химическое (гальваническое) меднение создает специфические условия роста боридного слоя при последующей химико-термической обработке. Основная цель такой обработки, создать условия, чтобы растущие боридные иглы распределялись по стальной матрице не сплошным слоем, а фрагментами. Получить такой слой можно разделив диффузионный поток путем создания пористого (разрыхленного) слоя, который будет являться своего рода полупрозрачной мембраной, пропускающей через себя атомы бора только в местах пор. В результате получаемая боридная фаза будет чередоваться, например, с мягкой ферритной матрицей. Очевидно, что получаемое строение диффузионного слоя будет способствовать снижению хрупкости и склонности к скалыванию диффузионного слоя при высоких контактных давлениях, прежде всего за счет формирования благоприятной эпоры остаточных напряжений в боридном слое, что особенно актуально для углеродистых и сложнелегированных сталей.

Методика исследований. Меднение образцов из стали 10 проводилось электролитическим осаждением в растворе медного купороса, при температуре 20...25 °С и плотности тока 1...1,5 А/дм².

Борирование проводили в порошковых смесях при печном нагреве в герметичном контейнере с плавким затвором, по причине простоты и доступности такого способа насыщения. Режим обработки был выбран традиционный: температура 920 – 950 °С, время 3 – 4 ч. Сульфидирование проводили в расплаве солей при 560 – 580 °С в течение 1 ч.

Результаты исследований. При предварительном меднении и выбранном режиме насыщения сформировался диффузионный слой с двумя характерными зонами (рис.1). На рисунке 1, б верхний участок слоя сплошной, в нижней части сохранилась раздробленность боридных игл. Раздробленность и образование двух зон свидетельствует не только о происходившем разделении диффузионного потока, но также и о существовании периода «работы» медного слоя, который в результате термодиффузионной обработки постепенно разрушался переходя в диффузионный слой и в подборидную фазу (рис. 1, в).

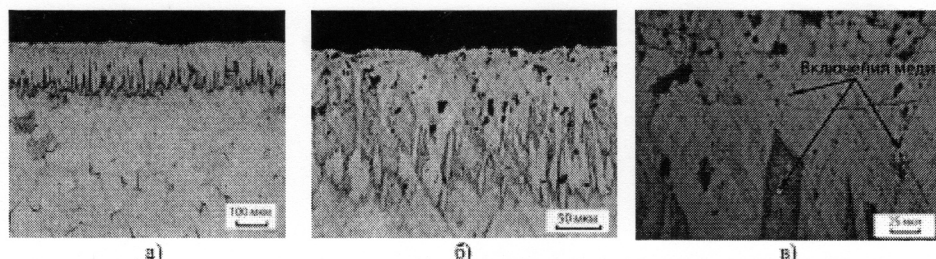


Рис. 1. – Микроструктуры термодиффузионных боридных слоев, полученных при традиционных режимах насыщения (а) и варианте боридного слоя полученный после предварительного меднения (б), имеющий в структуре включения меди (в)

Микротвердость диффузионных слоев (низкобористой фазы) получается несколько выше традиционной и достигает значений 14...16 ГПа. Авторские данные по микротвердости косвенно подтверждаются данными других исследователей, которые получены при боромеднении [1].

Отметим, что полученная нетрадиционная структура может способствовать, улучшению антифрикционных свойств диффузионного слоя. Известно, что растворимость меди в железе и боре при комнатной температуре ничтожно мала, большая часть меди при формировании слоя должна распределяться собственными включениями в структуре. Проведенными экспериментами подтверждается наличие меди в структуре в виде обособленных мельчайших дисперсных включений округлой и продолговатой формы с размерами порядка 1...10 мкм (рис. 1, в). Такая структура достаточно перспективна для деталей работающих в парах трения, в этом случае включения меди могут частично выполнять роль смазки.

Кроме того, с появлением в структуре включений меди, у которой модуль упругости значительно меньше, чем у боридов, предполагается частичное снижение и релаксация внутренних напряжений на межфазной границе и в структуре слоя, что в свою очередь должно привести к снижению хрупкости боридного слоя.

Вариант последовательного боросульфидирования с избирательным удалением фрагментов боридного слоя заключается в следующих технологических операциях (рис. 2) [5]: на поверхности детали механической обработкой создают регулярный, например спираль Архимеда, определенной формы рельеф. Оптимальной формой рельефа является прямоугольная, но, так как, из-за технологических требований, такой рельеф нанести сложно, допустима форма трапеции с углом боковых сторон $\alpha > 20^\circ$. Величины ширины

выступа рельефа и ширины впадины определяются из требуемых по конкретным условиям эксплуатации величин участков боридных и сульфидных зон композиционного покрытия.

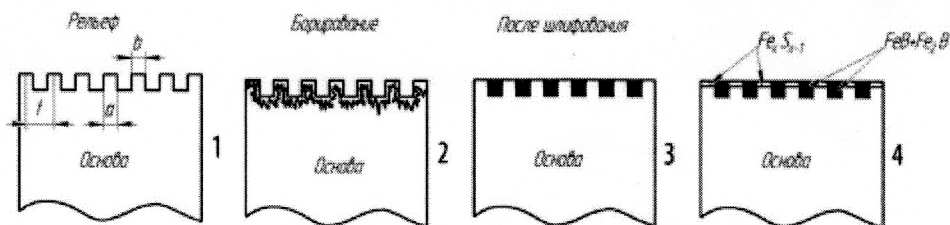


Рис. 2. – Схема технологических операций боросульфидирования с избирательным удалением фрагментов боридного слоя

Диффузионный слой после борирования формируется, как правило, двухфазным, толщина слоя от 80 до 150 мкм для разных сталей. Затем производится сошлифование выступов вместе с покрытием на некоторую глубину и последующее сульфидирование детали в ванне. На поверхности в местах выступов образовывается сульфидированный слой, состоящий из сульфидов железа FeS и Fe_7S_8 , микротвердостью $HV\ 3,8 - 4,3$ ГПа. Содержание серы в тонком поверхностном слое (30 мкм) составляет 6 – 8 %, дальше в глубину понижается и на глубине более 100 мкм соответствует исходному содержанию серы в стали [5]. В результате образуется регулярное боросульфидированное композиционное покрытие, которое обеспечивает более низкий коэффициент трения и прирабатываемость. Скорость приработки у пар трения сталь – боросульфидированные образцы в 2-3 раза выше, чем у пар трения с участием борированных образцов [6].

Изменение морфологии диффузионного слоя, создание бинарных композиционных покрытий на основе бора позволяет значительно расширить функциональные возможности и область применения борсодержащих покрытий. Отмечено, что предварительное меднение не всегда является барьерным слоем для формирования и роста боридов при диффузионных процессах. В определенных условиях такой слой является полупроницаемым, в этом случае он значительно меняет морфологию диффузионного боридного слоя, формируется структура с характерными зонами сплошных и раздробленных боридных игл.

ЛИТЕРАТУРА

1. Химико-термическая обработка металлов и сплавов: справочник: [Текст] / под ред. Л.С. Ляховича. -М.: Металлургия, 1981.
2. Ворошин Л.Г. Борирование стали: [Текст] / Л.Г. Ворошин, Л.С. Ляхович. — М.: Металлургия, 1978. – 240 с.
3. Алиев, А.А. Борирование из паст. Монография / А.А. Алиев, Л.Г. Ворошин // Астрахан. гос. техн. ун-т – Астрахань, Изд-во АГТУ, 2006. – 288 с.
4. Крукович, М.Г. Пластичность борированных слоев / М.Г. Крукович, Б.А. Прусаков, И.Г. Сизов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 384 с.
5. Земсков, Г. В. Регулярные композиционные защитные покрытия / Г. В. Земсков, Л. К. Гуцин, А. С. Потолов, И. П. Сазонов // Защитные покрытия на металлах. – Киев: Наукова думка, 1984. Вып. 18. – С.28-30.
6. Гуцин, Л. К. Структура и износостойкость боросульфидированной стали / Л. К. Гуцин, В.А. Витченко, С.Л. Евтифеев // Защитные покрытия на металлах. – Киев: Наукова думка, 1984. Вып. 18. – С. 31-33.

ВПЛИВ МАГНІТНО-АБРАЗИВНОЇ ОБРОБКИ НА БУДОВУ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ЛОПАТОК ЗІ СПЛАВУ ВТ8

О.М. Соловар, доц. Бобіна М.М., доц. О.І Дудка, студ. А.О. Шумова

¹Національний технічний університет України «КПІ ім. І. Сікорського»,

Інженерно-фізичний факультет, кафедра МТО.....126

КОМПЛЕКСНЕ НАСИЧЕННЯ СПЛАВУ ВТ6 АЗОТОМ, ВУГЛЕЦЕМ ТА КИСНЕМ

Соловар О.М., к.т.н., доц. Бобіна М.М., доц. О.І Дудка, студ. А.А. Бугай¹

¹Національний технічний університет України «КПІ ім. І. Сікорського»,

Інженерно-фізичний факультет, кафедра МТО.....128

ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ У ПРИПОВЕРХНЕВОМУ ШАРІ СТАЛІ У8 ПІД ДІЄЮ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

студент гр. ФТ-71мп О.Д. Храшевський¹, к.т.н., доц. О.І Дудка¹, к.ф.-м.н. М.О. Єфімов²

¹Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», Інженерно – фізичний факультет, кафедра МТО

²Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, м. Київ.....133

ЕЛЕКТРОІСКРОВЕ ЛЕГУВАННЯ СТАЛІ 45 ТИТАНОМ, ЦИРКОНІЕМ, ГРАФІТОМ ВАТМОСФЕРІ АРГОНУ ТА НА ПОВІТРІ

к.т.н., доцент Є.В. Івашенко, к.т.н., ст.викл. Г.Г. Лобачова, пров.інж., асистент Н.А. Шаповалова

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»,

Інженерно-фізичний факультет, кафедра фізики металів.....136

НЕКОТОРЫЕ ПУТИ ИЗМЕНЕНИЯ MORFOЛОГИИ ТЕРМОДИФУЗИОННЫХ БОРИДНЫХ СЛОЕВ НА СТАЛЯХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

д.т.н., проф. В.М. Константинов¹, к.т.н., доц. С.Л. Евтифеев²,

к.т.н., доц. В.Г. Дашкевич¹

¹Белорусский национальный технический университет, г. Минск

²Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса.....138

ФАЗОВИЙ ТА ХІМІЧНИЙ СКЛАД, СТРУКТУРА ПОКРИТТІВ ТИТАНУ, АЛЮМІНІЮ ТА ХРОМУ НА СТАЛІ 9ХС З БАР'ЄРНИМ ШАРОМ ТІН

В.Г. Хижняк¹, д.т.н., проф.Т.В. Лоскутова¹, к.т.н. доц. Г.Ю. Калашніков¹, О.В. Савчук¹,

¹Національний технічний університет України «КПІ» ім.І. Сікорського, Київ.....141

КОМПЛЕКСНА ПОВЕРХНЕВА ЕЛЕКТРОІСКРОВА ТА ІОННО-ПЛАЗМОВА ОБРОБКА СТАЛЕЙ

к.т.н., доц. Є.В. Івашенко, к.т.н., ст. викл. Г.Г. Лобачова, студ. В.Ю. Боринкевич, студ. І.Р. Мельниченко

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»,

Інженерно-фізичний факультет, кафедра фізики металів.....144

PHASE FORMATION IN SURFACE LAYERS OF DEFORMED IRON-ALLOYS UNDER NITROGEN AND CARBON SATURATION

PhD, Ass. Prof. L.D. Demchenko¹, PhD, Senior Researcher A.M. Titenko²,

PhD, Prof. T.-Zh. Ren³

¹National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kiev Polytechnic Institute", Kiev, Ukraine

²Institute of Magnetism, National Academy of Sciences and Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, Ukraine

³Hebei University of Technology, School of Chemical Engineering, Tianjin, China.....145

Організаційний комітет
міжнародної науково-технічної конференції
“МАТЕРІАЛИ ДЛЯ РОБОТИ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ-7”
ІНЖЕНЕРНО-ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ НТУУ «КПІ»
30 Листопада – 2 грудня 2017 р.

Голова оргкомітету - П.І. Лобода, декан інженерно-фізичного факультету Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”, д.т.н., професор, член-кор. НАН України.

Вчений секретар - С.М. Чернега, д.т.н., професор.

Технічний секретар - Д.М. Горелкін.

ЧЛЕНИ ОРГКОМІТЕТУ:

- Член-кор. НАН України, д.т.н., проф. С.І. Сидоренко, *Україна*
- д.т.н., проф. Мартін Хельмаер, *Німеччина*
- д.т.н., проф. В.М. Константинов, *Білорусь*
- д. фіз.-мат. н., проф. Я.В. Заулічний, *Україна*
- д.т.н. проф., С.Г. Грищенко, *Україна*
- д.т.н. проф., О.П. Чейлях, *Україна*
- д.т.н. проф., С.В. Максимова, ІЕЗ ім. С.О.Патона НАН України
- д. фіз.-мат., проф. А.Д.Рудь, ІМФ ім. Г.В. Курдюмова НАН України
- к.т.н., доц. Гриненко К.М., *Україна*
- к.т.н., проф., Степанчук А.Н., *Україна*
- к.т.н., доц. М.М.Ямшинский, *Україна*
- к.т.н., доц. Іващенко Є.В., *Україна*

Місце проведення конференції - **НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
УКРАЇНИ “КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”**

В збірнику представлені матеріали міжнародної конференції, що відбувалася в м. Києві 30 листопада-02 грудня 2017 року з досліджень фізичних явищ і процесів під час одержання металів, сплавів та композиційних матеріалів із порошків, кристалізацією із розплавів та нанесенню поліфункціональних покриттів.

Збірник може бути корисним для наукових, інженерно-технічних працівників, аспірантів, і студентів, що працюють над створенням нових технологій і матеріалів для роботи в екстремальних умовах експлуатації.

Відповідальний за випуск Лобода П.І. д.т.н., професор
Матеріали доповідей публікуються в оригіналах наданих авторами.
Орґкомітет не несе відповідальності за зміст цих матеріалів.