

НАЦИОНАЛЬНАЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ УКРАИНЫ

ДЬЯЧЕНКО ЮРИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ

УДК 621.787.5

ВЛИЯНИЕ ХИМИКО–ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ В ПОРОШКОВЫХ
СМЕСЯХ НА СТРУКТУРУ И ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ УГЛЕРОДИСТЫХ
СТАЛЕЙ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ НАСЫЩЕНИИ БОРОМ, ХРОМОМ И
АЛЮМИНИЕМ

Специальность 05.16.01

“Металловедение и термическая обработка металлов”

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск – 2009

Диссертацией является рукопись.

Работа выполнена в Донбасской государственной машиностроительной академии Министерства образования и науки Украины.

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор ЗАБЛОЦКИЙ Владимир Кириллович, Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск, профессор кафедры “Металловедения, технологии и термической обработки металлов”.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор СПИРИДОНОВА Ирина Михайловна, Днепропетровский национальный университет, г. Днепропетровск, профессор кафедры металлофизики;

кандидат технических наук, доцент БАЧУРИН Анатолий Павлович, Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск, доцент кафедры материаловедения.

Защита состоится “20” октября 2009 г. в 12.30 на заседании специализированного ученого совета Д 08.084.02 Национальной металлургической академии Украины по адресу: 49600, г. Днепропетровск, пр. Гагарина, 4

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Национальной металлургической академии Украины по адресу: 49600, г. Днепропетровск, пр. Гагарина, 4

Автореферат разослан “09” сентября 2009 г.

Ученый секретарь
специализированного ученого совета

А. М. Должанский

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

В связи с ускоренным развитием техники крайне важными стали вопросы повышения надежности и долговечности деталей машин, инструмента, технологической оснастки, повышение их качества и эффективности работы, а также вопросы экономии металлов, борьбы с изнашиванием деталей машин. Решение этих проблем, прежде всего, связано с упрочнением поверхностных слоев изделий.

Актуальность темы. Высокая износостойкость изделий, изготовленных из углеродистых сталей, которые работают в условиях абразивных сред, прежде всего, зависит от структуры поверхностного слоя металла. Эффективным средством реализации химико-термической обработки сталей, в частности углеродистых, является обработка в порошковой смеси, которая содержит легирующие элементы. До настоящего времени не было получено достаточных данных о закономерностях структурообразования, об активаторах порошковой насыщающей смеси, которые влияют на формирование типов структур в поверхностных слоях металлоизделий из углеродистых сталей, которые формируются при комплексном насыщении металла В, Сг и Аl в процессе химико-термической обработки, и связанное с ними повышение показателей износостойкости. Как свидетельствует мировая практика, структура металлоизделий, в состав которой входит боридная фаза, обеспечивает высокие показатели износостойкости изделиям из углеродистых сталей. Комплексное насыщение металлоизделий бором, хромом и алюминием (борохромоалитирование) применяют для защиты стальных изделий, которые работают в условиях трения, коррозионных сред, повышенных температур. Процессы комплексного насыщения изделий при химико-термической обработке в последнее время находят все большее применение в промышленности по сравнению с однокомпонентными процессами. Вызвано это тем, что при однокомпонентном насыщении на поверхности металлоизделий формируются структуры, которые обеспечивают узкий диапазон свойств в изделии. Проведение комплексного легирующего насыщения путем последовательного многократного однокомпонентного насыщения, например, бором, а затем хромом и алюминием, значительно увеличивает энергозатраты. При этом применение легированных, высокоуглеродистых сталей, а также альтернативных многоцикловых процессов химико-термической и последующей термической обработки, таких как цементация, с последующей закалкой и отпуском низкоуглеродистых сталей, снижает рентабельность производства.

Факторами, которые усложняют решение поставленных задач, являются: неопределенный температурный режим процесса, типы структур поверхностных слоев, которые обеспечивают высокие показатели износостойкости слоя на изделиях из углеродистых сталей, отсутствие информации о применении состава и оптимального активатора для интенсификации порошковой смеси, возможность применения упрочняющей термической обработки после процесса борохромоалитирования. Вследствие этого усложняется получение качественных борохромоалитированных поверхностных слоев для обеспечения износостойкости углеродистым сталям.

Известно, что порошковые борохромоалитированные поверхностные слои, обеспечивают углеродистым сталям наиболее высокие показатели износостойкости, чем при однокомпонентном борировании или двухкомпонентном борохромировании. При этом очень важными характеристиками, которые влияют на формирование износостойких борохромоалитированных поверхностных слоев, является состав насыщающей смеси, температурный режим процесса, применение поставщика хрома определенного химического состава. Однако данных о формировании комплексных диффузионных борохромоалитированных слоев недостаточно.

Поэтому работа, которая направлена на установление закономерностей структурообразования в поверхностных слоях при одновременном комплексном борохромоалитировании в процессе химико-термической обработки на изделиях с низко- и среднеуглеродистых сталей с целью обеспечения им износостойкости, является актуальной задачей.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Работа выполнялась согласно плану научно-исследовательских работ кафедры Металловедения, технологии и термической обработки металлов Донбасской государственной машиностроительной академии ГР № 0104U004408, госдоговорной работы ГР № 0100U005277, госбюджетной работы ГР № 0107U001308, выполненной в соответствии с приказом МОНУ от 24.10.2006 г. № 732. Соискатель принимал участие в перечисленных работах в качестве исполнителя.

Цель и задачи исследования. Целью диссертационной работы является установление закономерностей структурообразования в поверхностных слоях деталей машин, инструмента и технологической оснастки, которые работают в условиях изнашивания, при комплексном насыщении металла В, Cr, Al в процессе химико-термической обработки оптимальными составами поверхностных слоев и технологиями их получения.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие **задачи**:

- выяснить, на основании анализа литературных данных, основные причины выхода из строя изделий разного назначения, а потом, на основании известных теоретических закономерностей структурообразования при однокомпонентном и комплексном насыщении В, Cr и Al в процессе химико-термической обработки, запланировать пути совершенствования технологии комплексного насыщения указанными элементами для получения износостойких изделий в широком диапазоне абразивных сред при нормальных температурах;

- установить закономерности процессов структурообразования при комплексном насыщении В, Cr и Al в процессе химико-термической обработки относительно повышения износостойкости углеродистых сталей;

- установить влияние температуры нагрева на структуру и фазовый состав борохромоалитированных слоев, которые формируются в процессе химико-термической обработки, для обеспечения изделиям из углеродистых сталей гарантированной износостойкости;

- выявить структуры, которые оказывают влияние на повышение износостойкости поверхностных слоев на изделиях из углеродистых сталей после комплексного насыщения бором, хромом и алюминием в процессе химико-

термической обработки, в зависимости от состава насыщающей смеси и типа активатора;

- установить типы структур поверхностных слоев, которые образуются в процессе химико-термической обработки и обеспечивают высокие показатели износостойкости борохромоалитированному слою на изделиях из углеродистых сталей;

- установить влияние упрочняющей термической обработки на качество поверхностного борохромоалитированного слоя, который образуется в процессе химико-термической обработки, и структуру изделий из углеродистых сталей, которая обеспечивает металлоизделиям высокую износостойкость и твердость основного металла;

- применить результаты диссертации в промышленности и внедрить их в производство при изготовлении изделий повышенной износостойкости из углеродистых сталей, а также в учебном процессе при чтении лекций по дисциплине металлосведение, теория и технология металлообработки.

Объект исследования. Технологический химико-термический процесс борохромоалитирования углеродистых сталей в порошковых смесях для получения износостойких поверхностных слоев на изделиях из углеродистых сталей.

Предмет исследования. Закономерности структурообразования при борохромоалитировании изделий из углеродистых сталей в порошковых смесях при разных температурах, выдержках, процентном содержании насыщающей смеси при последующей термической обработке для проверки износостойких свойств поверхностных слоев.

Методы исследования. Поставленные в работе задачи решены с помощью микроанализа с использованием металлографического метода исследований после химического и теплового травления, метода рентгеноструктурного анализа, метода растровой электронной микроскопии, метода измерения микротвердости, метода испытания на износостойкость при трении по закрепленным абразивным частицам. В работе использовано симплексное планирование эксперимента при усовершенствовании режимов борохромоалитирования. Обработка результатов исследования и математическое планирование эксперимента обеспечивались с использованием современных компьютерных программ.

Научная новизна полученных результатов. Научная новизна работы определяется следующими результатами.

1. Впервые установлена закономерность структурообразования в поверхностном слое за счет одновременного комплексного насыщения металла В, Cr, Al при химико-термической обработке стальных изделий. Исследование в этом направлении для борохромоалитированных поверхностных слоев до этого времени не проводилось. Разработка отличается закономерностью структурообразования в поверхностном слое за счет одновременного комплексного насыщения металла В, Cr, Al при химико-термической обработке стальных изделий при наличии активаторов, которые содержат Al и F, благодаря чему на поверхности стали образуются структуры повышенной износостойкости.

2. Впервые выяснено влияние температуры нагрева металлоизделий в порошковой смеси в процессе химико-термической обработки на структурообразование поверхностного слоя при борохромоалитировании

углеродистых цементованных сталей, в частности установленный факт зарождения боридов в аустените при нагреве углеродистой стали выше A_{c1} . Разработка отличается использованием в исследованиях цементованных углеродистых сталей. Полученный результат позволил обеспечить необходимые условия химико-термической обработки углеродистым сталям и обеспечить износостойкость металлоизделий.

3. Получила развитие зависимость влияния состава порошковой смеси на фазовый состав борохромоалитированных слоев, которые образуются в процессе химико-термической обработки на углеродистых сталях для обеспечения изделиям износостойкости. Исследование закономерностей структурообразования борохромоалитированных слоев отличаются от других использованием поставщиков хрома и активатора насыщающей порошковой смеси, которые применяются на практике. Полученный результат позволил обеспечить повышение уровня износостойкости изделий из углеродистых сталей.

4. Получила развитие зависимость между структурой поверхностного слоя, полученного комплексным насыщением бором, хромом и алюминием в процессе химико-термической обработки, и степенью абразивного изнашивания металлоизделий из углеродистых сталей. Разработка отличается составом насыщающей порошковой смеси, которая формирует при химико-термической обработке борохромоалитированный слой на углеродистых сталях. Полученный результат позволил определить целесообразный состав порошковой смеси (40% B_4C , 10% $FeCr$, 43% Al_2O_3 7% Na_3Al_6), который обеспечивает наибольшую износостойкость углеродистой Стали У7 после ее химико-термической обработки.

5. Впервые установлено влияние упрочняющей термической обработки на структуру борохромоалитированных поверхностных слоёв, которые формируются в процессе химико-термической обработки углеродистых сталей и обеспечивают металлоизделиям высокую износостойкость и твердость основного металла. Исследование влияния термической обработки на борохромоалитированные поверхностные слои до этого времени не проводились. Полученный результат позволил обеспечить металлоизделиям из углеродистых сталей, которые имеют борохромоалитированный поверхностный слой целесообразного состава и структуры, формирующийся в процессе химико-термической обработки, высокую износостойкость и твердость основного металла.

Практическое значение полученных результатов. Целесообразность приведенных в работе решений доказана на примере эффективного использования борохромоалитированных планок зернового барабана маслопресса ЕТР–20.1, который используется при производстве подсолнечного масла на ЗАО „Славянсколия”, что подтверждено соответствующим актом использования и внедрения результатов исследований. Замена закаленной цементованной Стали 20Х на Сталь СтЗсп после борохромоалитирования обеспечивает необходимые свойства и продлевает срок эксплуатации планок в 4 раза (акт от 8 декабря 2006 года). Применение борохромоалитирования и последующей упрочняющей термической обработки для продления срока эксплуатации пресс-матрицы пресса П-250, изготовленной из Стали 45 для опрессовки оконцевателей на полимерные линейные изоляторы ЛК70-35 на ГП „Научно-исследовательский

институт высоких напряжений”, что подтверждено соответствующим актом использования и внедрения результатов исследования. Процесс борохромоалитирования обеспечивает необходимые свойства и продлевает срок эксплуатации пресс-матрицы прессы в 3 раза (акт от 7 марта 2008 года). Это обуславливает целесообразность применения борохромоалитированного поверхностного слоя для упрочнения деталей механизмов, машин и инструмента. Результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс кафедры “Технологии оборудования литейного производства” при чтении курса „Металловедение, теория и технология металлообработки” Государственного высшего учебного заведения „Донбасская государственная машиностроительная академия” (акт от 5 июня 2007 года).

Личный вклад соискателя. По результатам работы соискателем опубликованы статьи и тезисы докладов в соавторстве с научным руководителем. Автор непосредственно принимал участие в планировании, организации, проведении экспериментов и анализе результатов при выполнении научно-исследовательских работ. При выполнении исследований в диссертации не использованы идеи, принадлежащие другим сотрудникам. Приведенные в диссертации металлографические исследования, методики проведения исследований, проведение экспериментальных исследований и обработка их результатов выполнены самостоятельно. Соискателем взято участие в осуществлении рентгеноструктурных исследований и в выявлении особенностей структурообразования борохромоалитированных поверхностных слоев на углеродистых сталях.

Личный вклад соискателя в работах, опубликованных в соавторстве, заключается в следующем: [1, 2, 3] – анализ литературных источников; определение условий формирования одно- и двухкомпонентных поверхностных слоев на основе бора, хрома и алюминия; [4, 5, 6] – исследование особенностей структурообразования поверхностных слоев при комплексном борохромоалитировании с помощью метода симплексных решеток; [7, 8] – исследование влияния типа активатора на структурообразование при борохромоалитировании углеродистой стали; [9] – поиск и анализ литературных источников; проведение экспериментальных исследований влияния температуры нагрева металлоизделий на структурообразование поверхностного слоя борохромоалитированных углеродистых цементованных сталей; [10] – исследование особенностей получения износостойких борохромоалитированных слоев на металлоизделиях из углеродистых сталей; [11] – исследование структуры и износостойкости борохромоалитированной углеродистой стали после цементации; [12] – установление зависимости между структурой борохромоалитированного поверхностного слоя и степенью абразивного износа металлоизделий из углеродистой стали; [13] – практическое применение борохромоалитированных поверхностных слоев в условиях износа; анализ полученных результатов.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на таких конференциях: 2-4 Международные научно-технические конференции „Тяжелое машиностроение, проблемы и перспективы развития” (г. Краматорск, 2004 - 2006 г.); 6 Уральска школа-семинар

молодых ученых (г. Екатеринбург, 2004 г.); Республиканская научно-методическая конференция „Современные проблемы сваривания, наплавки и материаловедения” (г. Мариуполь, 2005 г.); Научно-практическая конференция „Технологии ремонта, восстановление и обновление машин, механизмов, оборудования и металлоконструкций” (г. Запорожье, 2005 г.); 6-ой Международный научно-технический семинар „Современные проблемы подготовки производства, заготовительного производства, обработки и сборки в машиностроении и приборостроении” (г. Свалява, 2006 г.); Первая Международная научно-техническая конференция молодых специалистов „Азовмаш 2006” (г. Мариуполь, 2006 г.); II Международная научно-практическая конференция „Научный прогресс на рубеже тысячелетий - 2007” (г. Днепропетровск, 2007 г.); Международная научно-техническая конференция „Перспективные технологии, материалы и оборудования в литейном производстве” (г. Краматорск, 2008 г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 13 печатных работ, из которых 6 статей в научных журналах и сборниках, которые входят в перечни ВАК Украины, и тезисы 7 докладов на научно-технических конференциях и семинарах.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 6 разделов, общих выводов, перечня использованных источников литературы из 143 наименований, 5 приложений. Общий объем диссертации составляет 160 страниц, в том числе 76 рисунков, 9 таблиц. Основная часть диссертации составляет 150 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, сформулирована цель работы, изложены научная новизна и практическая ценность полученных результатов, а также представлены данные относительно апробации результатов диссертационной работы.

В первом разделе проанализирована опубликованная информация из методов и способов упрочнения углеродистых сталей. На основании литературных источников (Кухарев Б. С., Соколовский Э. И., и др.) установлено, что среди большого количества методов получения поверхностных слоев, перспективным является метод получения диффузионных слоев в порошковых смесях. Преимуществами метода является простота и доступность применения оснастки, т.е. применение контейнера с плавким затвором, который ограничивает выбросы в атмосферу, а также экономическая оправданность, так как исключается применение специального оборудования.

На основании анализа литературных данных (Борисенок Г. В., Минкевич А. Н., и др.) установлено, что структуры поверхностных слоев, которые формируются на металлоизделиях из углеродистых сталей при однокомпонентном насыщении после борирования, имеют низкую жаростойкость и коррозионную стойкость, небольшую глубину и слабое сцепление с основным металлом после хромирования, низкую износостойкость после алитирования. Этот факт ограничивает применение структур поверхностных слоев, которые образуются после однокомпонентного насыщения металлоизделий, в производстве. Более перспективными являются

структуры поверхностных слоев состоящие из двух компонентов: бора и хрома. Однако этого недостаточно, так как структуры поверхностных слоев, которые образуются в процессе борохромирования на металлоизделиях из углеродистых сталей в процессе химико-термической обработки, имеют низкую жаростойкость, которая исключает эксплуатацию при высоких температурах. Структуры поверхностных слоев после хромоалитирования обеспечивают высокие показатели окалино- и эрозионной стойкости изделий, которые работают в агрессивных средах. Однако абразивная износостойкость остается низкой. Структура поверхностного слоя, полученного после бороалитирования, обеспечивает жаростойкость изделиям, но не защищает углеродистые стали от коррозии в водных растворах солей, щелочей и кислот. Поэтому структуры поверхностных слоев, которые образуются благодаря двухкомпонентному насыщению металлоизделий из углеродистых сталей, находят ограниченное применение в промышленности. Проведение комплексного легирующего насыщения путем последовательного многоцветного однокомпонентного насыщения, значительно увеличивает энергозатраты. В работе (Косс Э. В., Шевченко И. М., Андрищенко И. И.) показано, что наиболее перспективным есть процесс одновременного комплексного насыщения бором, хромом и алюминием в процессе химико-термической обработки, когда есть возможность получить структуры на поверхности металлоизделий из углеродистых сталей, которые обеспечивают высокие показатели износостойкости, а также до минимума сократить энергозатраты на проведение процесса и получить максимальный эффект от улучшения качества изделий. Однако известные результаты по борохромоалитированию недостаточно обоснованы теоретически и практически для широкого внедрения в промышленность. На основе литературного обзора сформулированы задачи исследования.

Во втором разделе описаны материалы и методика экспериментов. В качестве материала для исследования использовали Сталь 10, Ст3сп, цементованную сталь Ст3сп, Сталь 45, У7 и У13. В качестве составляющих насыщающих смесей применяли порошки карбида бора B_4C , алюминия Al , карбида хрома Cr_3C_2 , феррохрома $FeCr$, окиси алюминия Al_2O_3 , хлористого натрия $NaCl$, криолита Na_3AlF_6 , флюорита CaF_2 , хлористого аммония NH_4Cl .

Для насыщения образцов в порошковой смеси использовали алитированный металлический контейнер, изготовленный из Стали Ст3сп, с плавким затвором. Температура процесса варьировалась от 750 до 1000°C через 50°C, выдержка – 5 ч, затем следовало охлаждение контейнера вместе с печью.

Для достижения цели и поставленных в работе задач были проведены исследования структуры, фазового и химического состава поверхностных борохромоалитированных слоев, исследование абразивной износостойкости полученных борохромоалитированных слоев, исследование влияния закалки на состояние поверхностных слоев и основного металла, усовершенствование режимов борохромоалитирования.

Для исследования микроструктуры диффузионных поверхностных слоев применяли металлографический метод исследования с помощью микроскопа МИМ-8М и выявления микроструктур с использованием химического травления в 4%-ном растворе азотной кислоты HNO_3 в этиловом спирте, а так же теплового

травления путем нагрева полированного микрошлифа в камерной печи при 400°C на протяжении 30 мин и охлаждение на воздухе.

Свойства поверхностного слоя исследовали путем измерения микротвердости с помощью прибора ПМТ-3 с использованием нагрузки на индентор 1Н и 0,2Н. Для определения фазового состава поверхностных слоев использовали как металлографический анализ с применением теплового травления, так и рентгеноструктурный анализ с помощью дифрактометра ДРОН-3М. Для определения химического состава фаз поверхностных слоев использовали растровый электронный микроскоп JSM 6360LA, оснащенный системой рентгеноспектрального дисперсного микроанализа JED 2200.

Износостойкость поверхностных слоев определяли при трении образцов об закрепленный абразив. В качестве абразивного материала применяли электрокорундовое полотно КК18ХВ 25Н под действием нагрузки 0,44 Н/см². Критерием износостойкости принимали относительное изнашивание образцов. Массу образца определяли через каждые 15 мин испытаний путем взвешивания изношенных образцов на аналитических весах с точностью до 0,01 г.

Для определения влияния состава насыщающих смесей на структурообразование поверхностных слоев при комплексном борохромоалитировании углеродистых сталей использовали метод симплексных решеток. В качестве фактора эксперимента использовали компоненты насыщающей смеси в разных соотношениях. В качестве модели использовали полином четвертой степени.

В третьем разделе для определения влияния состава насыщающих смесей на структурообразование поверхностных слоев при комплексном борохромоалитировании углеродистых сталей использовали метод симплексных решеток, разработанный для изучения свойств и совершенствования состава многокомпонентных смесей. Установлено, что процесс борохромоалитирования, в зависимости от концентрации элементов в составе смесей, формирует на

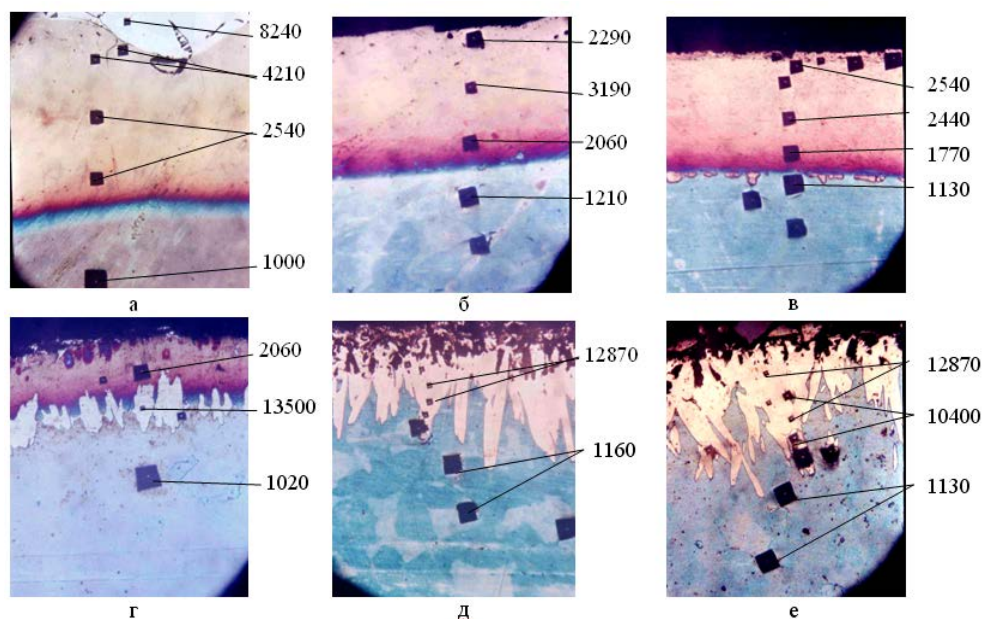


Рис. 1. Характерные структуры поверхностных слоев, полученные при насыщении бором, хромом и алюминием, $\times 100$ (Микротвердость указана в МПа, при нагрузке - 1Н)

поверхности углеродистой стали слои трех типов: первый - боридный (боридная фаза, рис. 1д, 1е); второй - твердый раствор (фаза твердого раствора, рис. 1а, 1б); третий - бориды, расположенные в твердом растворе (рис. 1в, 1г). Каждый слой имеет особые свойства, которые при эксплуатации борохромоалитированных изделий будут отвечать определенным требованиям.

Для изучения закономерностей изменения структуры и глубины поверхностных слоев в зависимости от состава смеси был использован количественный металлографический анализ структуры составляющих, результаты которого были формализованы в математическую модель. При построении математической модели на базе исследований методом симплексного планирования как критерии совершенствования были использованы относительные плоскости, занятые боридами и твердым раствором, а также глубина поверхностных слоев. Графическая зависимость боридной фазы от состава насыщающей смеси показана на рис. 2.

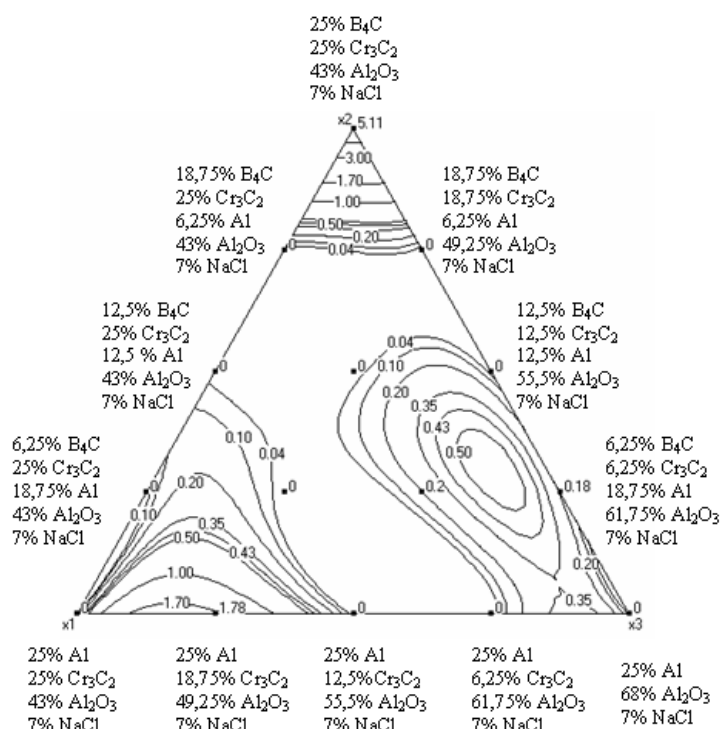


Рис. 2. Закономерности изменения боридной фазы (%) в поверхностном слое в зависимости от состава насыщающей смеси при борохромоалитировании

Установлено, что повышение концентрации алюминия от 18,7% до 25%, который входит в состав насыщающей смеси, при борохромоалитировании приводит к увеличению глубины поверхностного слоя и образованию фазы твердого раствора. Уменьшение концентрации алюминия от 25% до 18,7% в борохромоалитированных смесях способствует образованию боридов, легированных хромом.

В четвертом разделе исследовано влияние типа активатора на структурообразование при борохромоалитировании углеродистой Стали 10 в порошковых смесях. Установлено влияние разных активаторов на структурообразование поверхностных слоев при борохромоалитировании. Использование $NaCl$ в качестве активатора смеси при борохромоалитировании менее эффективно, так как он снижает активность бора. Активаторы NH_4Cl и CaF_2

удобно использовать в тех случаях, когда свойства изделий формируются за счет внутренней зоны боридов Fe_2B . Активатор Na_3AlF_6 наиболее приемлемо использовать при формировании комбинированных поверхностных слоев.

Для определения фазового состава борохромоалитированного слоя, полученного на образцах, изготовленных из Стали СтЗсп после насыщения в порошковой смеси, которая содержит 41% B_4C , 3% $FeAl$, 6% Cr_3C_2 , 43% Al_2O_3 , 7% Na_3AlF_6 , проводили исследование с помощью рентгеноструктурного анализа.

Согласно полученным данным на поверхности стали СтЗсп после диффузионного борохромоалитирования формируется структура, которая состоит из четырех зон (рис. 3). Первая зона (поверхность образца) характеризуется твердым раствором бора, хрома и алюминия в Fe_α , в котором располагаются бориды Fe . Вторая зона (глубина слоя 0,05 мм) характеризуется наличием

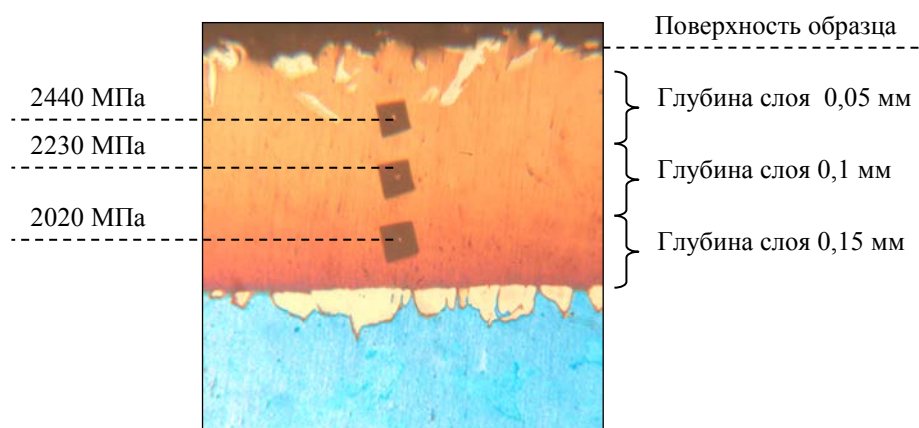
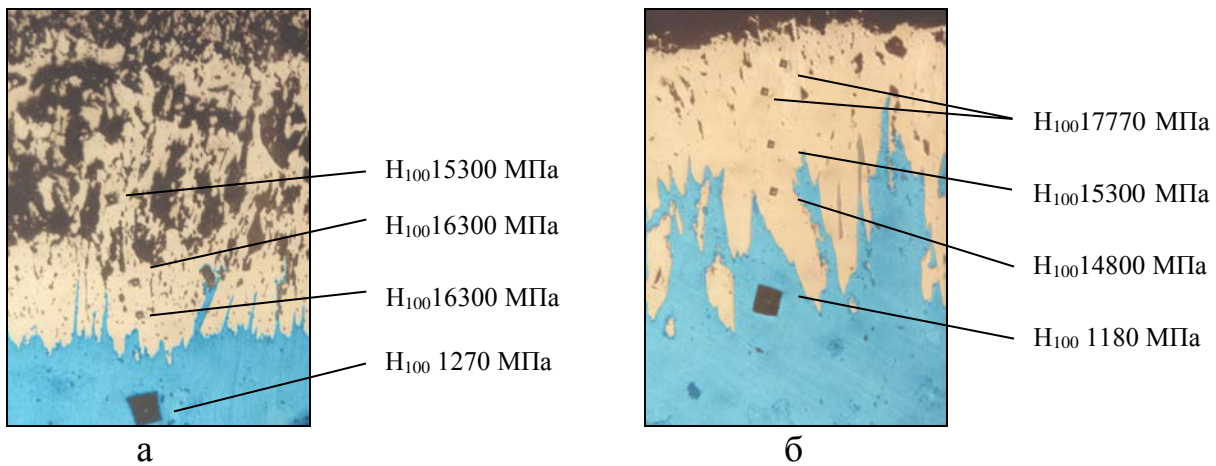


Рис. 3. Микроструктура поверхностного слоя Стали СтЗсп после диффузионного комплексного насыщения бором, хромом и алюминием в порошковой смеси, $\times 200$

твердого раствора бора, хрома и алюминия в Fe_α , в котором располагаются бориды хрома Cr_2B . Третья зона (глубина слоя 0,1 мм) характеризуется в основном твердым раствором бора, хрома и алюминия в Fe_α , в котором снижается концентрация хрома, судя по цвету, который изменяется от желто-оранжевого до темно-желто-оранжевого. Четвертая зона (глубина слоя 0,15 мм) представляет собой твердый раствор бора, хрома и алюминия в Fe_α темно-оранжевых цветов и боридов железа Fe и Fe_2B .

Исследовано влияние типа активатора (NH_4Cl и Na_3AlF_6) и содержания углерода на формирование износостойкости борохромоалитированных поверхностных слоев на углеродистой стали (рис. 4).

Установлено, что применение в качестве активатора хлористого аммония в составе насыщающей смеси, способствует образованию пористых слоев (рис. 4а). Варьируя процентным содержанием компонентов смеси, можно получать слои разной пористости при достаточной глубине поверхностного слоя. Однако такие слои имеют низкую прочность (частые сколы при измерении микротвердости) по сравнению со сплошными, и их использование в условиях сухого трения с целью упрочнения нецелесообразно. Используя в качестве активатора криолит (Na_3AlF_6), возможно получить беспористые слои (рис. 4б), которые имеют высокую твердость и износостойкость. Алюминий, который входит в состав криолита, может дополнительно легировать бориды, повышая их жаростойкость. Поэтому



а – Сталь 10, состав смеси: 40% B_4C , 10% FeCr, 48% Al_2O_3 , 2% NH_4Cl ;
 б – Сталь 10, состав смеси: 40% B_4C , 10% FeCr, 43% Al_2O_3 , 7% Na_3Al_6 .

Рис. 4. Микроструктура поверхностного слоя Стали 10 после комплексного насыщения бором и хромом (а), бором, хромом и алюминием (б) в порошковой смеси, $\times 100$

применение криолита в качестве активатора при борохромоалитировании с целью упрочнения деталей машин и инструмента является более целесообразным, чем применение хлористого аммония.

Исследование абразивной износостойкости проводили на образцах, изготовленных из Сталей 10, 45, У13, предварительно борированных, борохромированных и борохромоалитированных. Установлено, что пористость на поверхности слоев резко снижает их абразивную износостойкость (рис. 5).

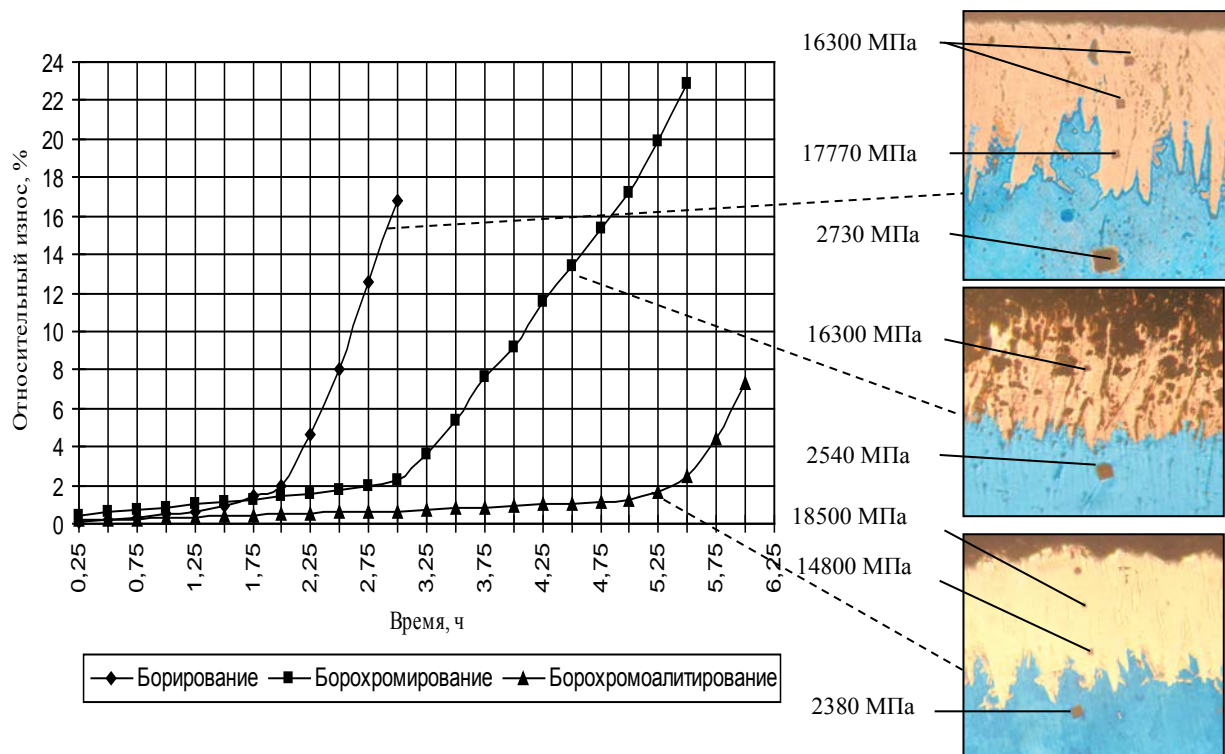


Рис. 5. Влияние продолжительности испытаний на относительное изнашивание Стали 45 после диффузионного борирования, борохромирования, борохромоалитирования (микротвердость определена при нагрузке 1Н)

Увеличение содержания углерода в сталях повышает износостойкость борированного слоя. Наибольшую износостойкость имеет борохромоалитированный слой на Стали 45, в котором бориды отделены друг от друга прослойками твердого раствора.

Приведены данные исследований относительно влияния содержания углерода борохромоалитированных сталей на показатели износостойкости. Материалом для исследования были взяты образцы, изготовленные из Сталей Ст3сп, 45, У7 и У13, подвергнутые борохромоалитированию. В результате установлено, что наибольшей износостойкостью обладает Сталь У7 с содержанием углерода в пределах 0,7%. Однако износостойкость стали, которая содержит углерод в пределах 1,3% (Сталь У13), существенно снижается по сравнению со сталью, у которой содержание углерода равно 0,45 и 0,7%.

С помощью растровой электронной микроскопии установлен химический состав фаз, которые формируются на поверхности Стали У7 в процессе борохромоалитирования в порошковой смеси, которая состоит из 40% B_4C , 10% $FeCr$, 43% Al_2O_3 7% Na_3AlF_6 . Полученные данные свидетельствуют о том, что содержание бора в поверхности слоя борохромоалитированной стали выше, чем в средней и переходной частях, которые граничат с основным металлом. Таким образом, на поверхности борохромоалитированной стали образуются бориды железа FeB , а ближе к основному металлу – Fe_2B . Твердый раствор, расположенный в средней части слоя, содержит алюминий и кремний в Fe_a . Именно такое расположение химических составляющих поверхностного слоя обеспечивает высокие показатели износостойкости Стали У7 (рис. 6).

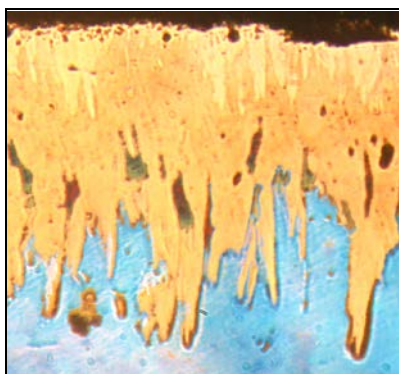


Рис. 6. Микроструктура поверхностного слоя Стали У7 после комплексного насыщения бором, хромом и алюминием в порошковой смеси, $\times 200$

Для исследования структурно-фазовых превращений при борохромоалитировании использовали низкоуглеродистую Сталь 10 и в качестве высокоуглеродистой стали цементованную Сталь Ст3сп, которые подвергали насыщению в порошковых смесях, содержащих 25% B_4C , 25% Cr_3C_2 , 43% Al_2O_3 , 7% Na_3AlF_6 (смесь 1) и 40% B_4C , 10% $FeCr$, 43% Al_2O_3 , 7% Na_3AlF_6 (смесь 2). Установлено, что вначале боридные слои образуются в зернах аустенита, а потом, по мере роста зерен, происходит укрупнение боридов. При содержании в смеси хромосодержащих компонентов образуются также бориды, обогащенные хромом, которые тоже имеют игольчатую форму и располагаются внутри боридов железа. Этот процесс происходит при борохромоалитировании выше $900^\circ C$. Применение смеси, которая содержит B_4C и Cr_3C_2 , интенсифицирует процесс борирования и

позволяет получать необходимые слои при более низких температурах нагрева. Назначенное после цементации борохромоалитирование обеспечивает получение плотного слоя боридов по всей глубине, что должно благоприятно влиять на износостойкость изделий.

В пятом разделе исследовано влияние термической обработки диффузионного слоя, который образуется в процессе хромирования, хромоалитирования, борохромирования и борохромоалитирования углеродистых сталей, на структуру и свойства поверхностных слоев.

Установлено, что закалка диффузионного слоя, который образуется в процессе хромирования на углеродистых Сталях 45, У8 и У13, незначительно снижает твердость карбидного слоя и не препятствует закалке сердцевины металла, что является благоприятным для поверхностных слоев. Введение поставщика алюминия в хромосодержащую порошковую смесь (25% FeCr, 25% FeAl, 48% Al₂O₃ и 2% NH₄Cl - хромоалитирование) при комплексном насыщении образца из Стали 45 показывает, что на поверхности образца образуется диффузионный слой твердого раствора хрома и алюминия в Fe_α, который при закалке в воде не растрескивается. Это можно объяснить тем, что при резком температурном изменении объема металла в нем не возникают значительные напряжения. Высокая твердость основного металла, которая образуется после закалки хромоалитированного образца изготовленного из стали 45, свидетельствует об эффективности применения термической обработки для слоев, в составе которых присутствует хром и алюминий.

Установлено, что на поверхности образца, подвергнутого борохромоалитированию, трещин значительно меньше по сравнению с борохромированным образцом. Это можно объяснить наличием в слое кроме боридной фазы, еще фазы твердого раствора алюминия и кремния в железе, которые препятствует появлению трещин при изменении объемов при термических воздействиях, являясь мягкой составляющей.

Исследовано влияние термической обработки на закалку основного металла сталей, подвергнутых борированию, борохромированию и борохромоалитированию, изучена микроструктура и микротвердость основного металла Стали 45. Установлено, что во всех трех случаях основной металл имеет практически одинаковую микротвердость, которая составляет в пределах Н₁₀₀ 4710...4840 МПа. Таким образом, микроструктура поверхностного слоя положительно влияет на формирование структуры и свойств основного металла в результате влияния упрочняющей термической обработки.

В шестом разделе рассмотрено применение борохромоалитированных поверхностных слоев в условиях абразивно-жидкостного трения с незакрепленными абразивными частицами.

Объектом для промышленного внедрения технологии борохромоалитирования были взяты планки зеерного барабана маслопресса ЕТР-20.1, которые используются при производстве подсолнечного масла. По существующей технологии эти планки изготавливают из стали 20Х и подвергают цементации на глубину 1,5-2 мм с последующей закалкой и низким отпуском на твердость 56-62 HRC. Установлено, что в условиях абразивно-жидкостного трения с незакрепленными абразивными частицами борохромоалитированный слой, полученный на Стали СтЗсп, имеет стойкость выше в 4 раза по сравнению

со стойкостью слоя, полученного после цементации и закалки с низким отпуском (акт от 8 декабря 2006 года).

Для проверки на работоспособность борохромоалитированного слоя в условиях ударно-механического изнашивания была выбрана пресс-матрица изготовленная из Стали 45, предназначенная для опрессовки оконцевателей полимерных линейных изоляторов ЛК70-35 (рис. 7).

Внутреннее отверстие (рабочая часть) пресс-матрицы подвергалось борохромоалитированию в смеси, состоящей из 40% B_4C , 10% $FeCr$, 43% Al_2O_3 , 7% Na_3AlF_6 при температуре $1000^{\circ}C$ на протяжении 5 ч, а затем следовало охлаждение контейнера с печью. После борохромоалитирования формообразующие детали пресс-матрицы подвергались нагреву до $850^{\circ}C$, выдерживались при этой температуре в течение 1 ч, а затем закаливались в масле, после чего отпускались при $200^{\circ}C$ на протяжении 3 ч, охлаждались после отпуска на воздухе.

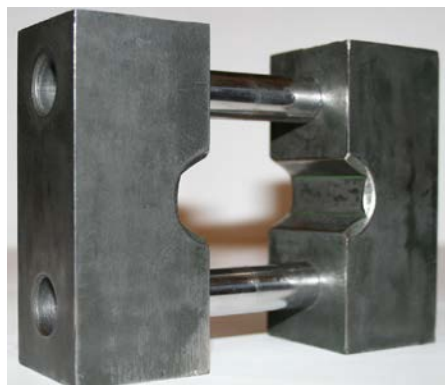


Рис. 7. Общий вид пресс-матрицы для опрессовки оконцевателей полимерных линейных изоляторов ЛК70-35

Установлено, что в результате эксплуатации пресс-матрицы с борохромоалитированным слоем, ее стойкость превысила стойкость пресс-матрицы, изготовленной по обычной технологии с применением закалки и отпуска, в 3 раза. Реальный экономический эффект составил 5549,24 грн (акт от 7 марта 2008 года). Доля соискателя составляет 60%.

ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

В диссертационной работе представлено теоретическое обоснование и предложено новое решение актуальной научно-технической задачи относительно установления закономерностей структурообразования в поверхностных слоях деталей машин, инструмента и технологического оснащения, которые работают в условиях абразивного изнашивания, при комплексном одновременном насыщении металла B , Cr , Al в процессе химико-термической обработки, совершенствование составов поверхностных слоев и параметров технологий их получения. Это позволило определить рациональные режимы диффузионного насыщения поверхности углеродистых сталей B , Cr и Al в процессе химико-термической обработки, установить взаимосвязь между структурой и свойствами поверхностных слоев с целью обеспечения износостойкости изделий из углеродистых сталей для повышения надежности и долговечности деталей машин, инструмента и технологической оснастки.

На основании полученных результатов сформулированы следующие выводы.

1. Анализ литературных источников свидетельствует о том, что исследование структуры и свойств борохромоалитированных слоев, которые формируются на поверхности углеродистых сталей в процессе химико-термической обработки в порошковых смесях, является актуальной задачей. В частности, научный интерес представляет установление основных причин выхода из строя изделий различного назначения, рабочая поверхность которых содержит В, Сг и Аl, определение теоретических закономерностей структурообразования при раздельном и комплексном насыщении В, Сг и Аl, выявление путей совершенствования технологии комплексного насыщения указанными элементами для получения износостойких изделий в широком диапазоне абразивных сред при нормальных температурах.

2. Установлены процессы структурообразования и получены новые данные о формировании и свойствах слоев при комплексном насыщении В, Сг и Аl углеродистых сталей в процессе химико-термической обработки. В результате систематических исследований (по методу симплексных решеток) боридные слои в составе слоя формируются при насыщении в смеси, содержащей не менее 25% V_4C и Cr_3C_2 в пределах 6,25-12,5% при отсутствии Аl. Установлено, что при содержании в указанной смеси 12,5% Cr_3C_2 бориды железа содержат бориды хрома и близко к поверхности имеют пористую структуру. При содержании в смеси 6,25% Cr_3C_2 бориды формируются в части слоя, который контактирует с основным металлом.

При комплексном насыщении в смеси, которая содержит порошки V_4C , Cr_3C_2 , Аl, на поверхности слоя формируется слой интерметаллида низкой микротвердости (H_{100} 2060...2800МПа), за которым по всей глубине располагается твердый раствор В, Сг, Аl в Fe_α , с микротвердостью в пределах H_{100} 2500...3900МПа.

Получены диаграммы зависимости глубины борохромоалитированного слоя, процентного содержания в структуре слоя боридной фазы и фазы твердого раствора от составов насыщающих смесей, которые содержат разное количество V_4C , Cr_3C_2 , Аl и позволяют усовершенствовать процесс борохромоалитирования для получения высокой абразивной и ударно-абразивной износостойкости изделий из углеродистых сталей.

3. Установлено влияние температуры нагрева в интервале от 750 до 1000°C (выдержка 5 часов) на структуру и фазовый состав борохромоалитированных слоев Стали 10 и цементованной Стали СтЗсп, получены новые данные о формировании и свойствах слоев. Показано, что при насыщении в порошковой смеси, содержащей 25% V_4C , 25% Cr_3C_2 , 43% Al_2O_3 , 7% Na_3AlF_6 , заметное расхождение в структуре сталей наблюдается после насыщения при 800°C. Сталь 10 получает в поверхностном слое редкорасположенные мелкоигльчатые бориды, тогда как цементованная Сталь СтЗсп, при тех же условиях насыщения, получает слой плотнорасположенных боридов овальной формы. В стали 10 сплошной слой боридов наблюдается после насыщения при 900°C.

При насыщении в порошковой смеси, которая содержит 40% V_4C , 10% FeCr, 43% Al_2O_3 , 7% Na_3AlF_6 , характер изменения структуры боридов по мере повышения температуры насыщения для двух сталей аналогичный

насыщению в смеси, которая содержит 25% B_4C , 25% Cr_3C_2 , 43% Al_2O_3 , 7% Na_3AlF_6 , отличие заключается в образовании между боридными участками твердых растворов, а для цементованной Стали СтЗсп, кроме того, наличие карбоборидов на границе между боридными и основным металлом.

Полученные данные позволяют впервые установить, что бориды зарождаются в аустените при нагреве стали выше A_{c1} . Поэтому борохромоалитирование обеспечивает получение плотных слоев боридов в высокоуглеродистой цементованной стали СтЗсп при более низких температурах процесса 800 – 850°C, чем в стали 10, при 900 – 950°C.

4. Выявлены структуры поверхностных слоев после комплексного насыщения бором, хромом и алюминием в зависимости от состава насыщающей смеси и типа активатора. Показано, что при насыщении в смеси, которая содержит 10-40% B_4C , 40-10% $FeCr$, 48% Al_2O_3 , 2% NH_4Cl , Сталь 10 при наличии в смеси 10% B_4C и 40% $FeCr$ получает пористый слой низкой микротвердости (H_{100} 1000 МПа) и износостойкости, тогда как при тех же условиях насыщения Сталь У13 получает боридный слой высокой микротвердости (H_{100} 17700...15300 МПа) и износостойкости. Установлено, что в стали 10 слой высокой твердости образуется при содержании 20% B_4C ;

5. Установлены закономерности структурообразования поверхностных слоев, которые обеспечивают высокие показатели износостойкости слоя на изделиях из углеродистых сталей. Показано, что при насыщении в смеси, содержащая 10-40% B_4C , 40-10% $FeCr$, 43% Al_2O_3 , 7% Na_3AlF_6 , сталь 10 и У13 после борохромоалитирования получает слой высокой микротвердости (H_{100} 17400...15500 МПа) и износостойкости. Установлено, что при применении в порошковой смеси криолита как активатора, структура поверхностных слоев отличается наиболее плотным слоем, чем при применении других активаторов. Поэтому криолит является лучшим активатором для получения плотных диффузионных слоев при борохромоалитировании.

6. Установлено, что борохромоалитированные поверхностные слои не окисляются при нагреве Стали 45 в воздушной среде при 850°C в течении 30-60 мин и при последующей закалке в воде, предназначенной для упрочнения сердцевины, обеспечивают металлоизделиям из углеродистых сталей высокую износостойкость и твердость основного металла. Причина этого расположение боридов железа среди твердого раствора.

7. Разработан режим борохромоалитирования (нагрев в смеси, содержащей B_4C 40%, $FeCr$ 10%, Al_2O_3 43%, Na_3AlF_6 7% при температуре 900°C и выдержке в течение 5 ч), который внедрен в производство на ОАО „НПП ОСНАСТКА” (г. Краматорск) при изготовлении планок зернового барабана маслопресса, используемого при производстве подсолнечного масла на ЗАО „Славянсколия”, г. Славянск (акт от 8 декабря 2006 года), и пресс-матриц, используемых при производстве полимерных линейных изоляторов ЛК70–35 на ГП „Научно–исследовательский институт высоких напряжений”. Стойкость указанных изделий повысилась в 3-4 раза (акт от 7 марта 2008 года).

Научные результаты исследований внедрены в учебный процесс кафедры “Технологии, оборудование литейного производства” при чтении курса „Металловедение, теория и технология металлообработки” Государственного

высшего учебного заведения „Донбасская государственная машиностроительная академия” (акт от 5 июня 2007 года).

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Заблоцкий В. К. Влияние диффузионного хромирования на твердость и микроструктуру режущей кромки инструмента из углеродистых сталей. / В. К. Заблоцкий, **Ю. Г. Дьяченко** // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: Зб. наук. праць. – Краматорськ. – 2005. – № 17. – С. 241–245.

2. Заблоцкий В. К. Влияние процесса борохромирования порошковым методом на абразивную износостойкость стали / В. К. Заблоцкий, **Ю. Г. Дьяченко** // Азовмаш 2006: I междунар. науч.-техн. конф. молодых специалистов, 10 июня 2006 г.: тезисы докл. – Мариуполь, 2006. – С. 61–62.

3. Заблоцкий В. К. Хромоалитирование как способ повышения стойкости режущего инструмента / В. К. Заблоцкий, **Ю. Г. Дьяченко** // Важке машинобудування, проблеми та перспективи розвитку: III междунар. науч.-техн. конф., 2005 г.: тезисы докл. – Краматорськ, 2005. – С. 32.

4. Заблоцкий В. К. Борохромоалитированные покрытия для изделий, работающих при высоких температурах в условиях окисления и абразивного износа / В. К. Заблоцкий, **Ю. Г. Дьяченко** // Современные проблемы подготовки производства, заготовительного производства, обработки и сборки в машиностроении и приборостроении: сб. материалов 6-го междунар. науч.-техн. сем., 21–23 февраля 2006 г.: тезисы докл. – Свалява, 2006. – Т. 1. – С. 59–60.

5. Особенности формирования структуры поверхностного слоя при борохромоалитировании / **Ю. Г. Дьяченко** // 6 Уральская школа–семинар металлосведов – молодых ученых, 2–4 ноября 2004 г. – Екатеринбург, – 2004. – С. 54.

6. Заблоцкий В. К. Оптимизация процессов комплексного борохромоалитирования углеродистых сталей в порошковых смесях / В. К. Заблоцкий, **Ю. Г. Дьяченко** // Научный прогресс на рубеже тысячелетий – 2007: II междунар. науч.-техн. конф., 01–15 июня 2007 г.: тезисы докл. – Днепропетровск, 2007. – Т. 14 – С. 31–34.

7. Заблоцкий В. К. Влияние активатора на формирование износостойких борохромированных покрытий на инструментальных углеродистых сталях / В. К. Заблоцкий, **Ю. Г. Дьяченко** // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: Зб. наук. праць. – Краматорськ, 2006. – № 19. – С. 191–195.

8. Заблоцкий В. К. Влияние типа активатора на структурообразование при борохромоалитировании углеродистой стали 10 в порошковых смесях / В. К. Заблоцкий, **Ю. Г. Дьяченко** // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. – Краматорськ. – 2006. – № 3/5. – С. 67–70.

9. Заблоцкий В. К. Влияние исходной структуры углеродистых сталей на строение поверхностного слоя после борохромоалитирования в порошковых смесях / В. К. Заблоцкий, **Ю. Г. Дьяченко** // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2007. – № 3/1(27). – С. 79–84.

10. Заблоцкий В. К. Износостойкие покрытия на поверхности режущего инструмента при насыщении В, Cr и Al / В. К. Заблоцкий, **Ю. Г. Дьяченко**

// Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: Зб. наук. праць. – Краматорськ. – 2004. – № 16. – С. 66–70.

11. Заблоцкий В. К. Структурные превращения при борохромоалитировании углеродистых сталей в порошковых смесях / В. К. Заблоцкий, Ю. Г. Дьяченко // Научный прогресс на рубеже тысячелетий–2007: II междунар. науч.-техн. конф., 01-15 июня 2007 г.: тезисы докл. – Днепропетровск, 2007. – Т. 15 – С. 5–7.

12. Заблоцкий В. К. Особенности абразивного износа комплексных В–Cr–Al покрытий на углеродистых сталях / В. К. Заблоцкий, Ю. Г. Дьяченко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2006. – № 4/1(22). – С.59–62.

13. Заблоцкий В. К. Борохромоалитированные покрытия в условиях абразивно-жидкостного трения с незакрепленными частицами / В. К. Заблоцкий, Ю. Г. Дьяченко // Перспективные технологии, материалы и оборудование в литейном производстве: междунар. науч.-техн. конф., 09–12 сент. 2008 г.: тезисы докл. – Краматорск, 2008. – С. 81–82.

АННОТАЦИЯ

Дьяченко Ю.Г. Влияние химико–термической обработки в порошковых смесях на структуру и износостойкость углеродистых сталей при комплексном насыщении бором, хромом и алюминием. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – “Металловедение и термическая обработка металлов”. – Государственное высшее учебное заведение “Донбасская государственная машиностроительная академия”. – Краматорск, 2009.

Решена актуальная научно-техническая задача по установлению закономерностей формирования комплексных слоев В, Cr, Al и разработке оптимальных составов и технологий получения комплексных поверхностных слоев для деталей машин, инструмента и технологического оснащения, которые работают в условиях абразивного износа.

В работе были проведены исследования структуры и фазового состава поверхностных борохромоалитированных слоев, исследования абразивной износостойкости полученных борохромоалитированных слоев, исследования влияния закалки на состояние поверхностных слоев и основного металла, исследования совершенствования режимов борохромоалитирования.

Исследовано влияние комплексного насыщения Стали 10 в порошковых смесях, содержащих 0 – 25% Al, 0 – 25% Cr₃C₂, 0 – 25% В₄С, 7% NaCl, остальное Al₂O₃ с помощью метода симплексных решеток. Получены диаграммы зависимости глубины борохромоалитированного слоя, процентного содержания в структуре слоя боридной фазы и фазы твердого раствора от составов насыщающих смесей, содержащих различное количество В₄С, Cr₃C₂, Al, которые позволили усовершенствовать процесс борохромоалитирования для получения высокой абразивной износостойкости изделий из углеродистых сталей.

Впервые показано влияние типа активатора в порошковой смеси и содержания углерода в Сталях 10 и У13 при температуре 1000°С. При насыщении в смеси, содержащей 10 – 40% В₄С, 40 – 10% FeCr, 43% Al₂O₃, 7% Na₃AlF₆, стали 10 и У13 после борохромоалитирования получают слой высокой твердости (Н₁₀₀ 17400...15500 МПа) и износостойкости. Установлено, что при применении в

порошковой смеси криолита в качестве активатора, пористость в поверхностных слоях практически не наблюдается.

Исследовано влияния температуры нагрева в интервале от 750 до 1000°C (5 ч) на структуру и фазовый состав борохромоалитированных слоев стали 10 и цементованной Стали СтЗсп при насыщении в порошковой смеси, содержащей 40% B_4C , 10% $FeCr$, 43% Al_2O_3 , 7% Na_3AlF_6 . Установлено, что характер изменения структуры боридов, по мере повышения температуры насыщения для обеих сталей, аналогичный насыщению в смеси, содержащей 25% B_4C , 25% Cr_3C_2 , 43% Al_2O_3 , 7% Na_3AlF_6 , различие заключается в образовании между боридами участков твердых растворов, а для цементованной Стали СтЗсп, кроме того, наличие карбоборидов на границе между боридами и основным металлом. Впервые установлено, что бориды зарождаются в аустените при нагреве стали выше A_{c1} . Поэтому борохромоалитирование обеспечивает получение плотных слоев боридов в высокоуглеродистой цементованной стали СтЗсп при более низких температурах процесса 800 – 850°C, чем в стали 10 при 900 – 950°C.

Исследовано влияние закалки с низким отпуском на борохромоалитированные поверхностные слои. Установлено, что борохромоалитированные слои не окисляются при нагреве Стали 45 в воздушной среде при 850°C в течение 30 – 60 мин и не растрескиваются при последующей закалке в воде, назначаемой для упрочнения сердцевины. Причиной этому является расположение боридов железа среди твердого раствора.

Разработан режим борохромоалитирования (нагрев в смеси, содержащей B_4C 40%, $FeCr$ 10%, Al_2O_3 43%, Na_3AlF_6 7% при температуре 900°C и выдержке в течение 5 ч), который внедрен в производство на ОАО „НПП Оснастка” (г. Краматорск) при изготовлении планок зернового барабана маслопресса, используемого при производстве подсолнечного масла на ЗАО „Славянсколия” (г. Славянск) (акт от 8 декабря 2006 года), и пресс-матриц, используемых при изготовлении полимерных линейных изоляторов ЛК70–35 на ГП „Научно-исследовательский институт высоких напряжений”. Стойкость указанных изделий повысилась в 3–4 раза (акт от 7 марта 2008 года).

Ключевые слова: структура, фазовый состав, химико-термическая обработка, износостойкость, комплексное насыщение, бор, хром, алюминий.

АНОТАЦІЯ

Дьяченко Ю.Г. Вплив хіміко–термічної обробки у порошкових сумішах на структуру та зносостійкість вуглецевих сталей при комплексному насиченні бором, хромом та алюмінієм. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.16.01 – “Металознавство та термічна обробка металів”. – Державний вищий навчальний заклад “Донбаська державна машинобудівна академія”. – Краматорськ, 2009.

Вирішено актуальне науково-технічне завдання по встановленню закономірностей структуроутворення в поверхневих шарах деталей машин, інструмента та технологічного оснащення, що працюють в умовах зношування, при комплексному насиченні металу В, Сг, Аl у процесі хіміко-термічної обробки, удосконаленню складів поверхневих шарів і параметрів технологій їх одержання. Досліджено вплив комплексного насичення Сталі 10 у порошкових сумішах, що

містять 0 – 25% Al, 0 – 25% Cr₃C₂, 0 – 25% B₄C, 7% NaCl, інше – Al₂O₃ за допомогою методу симплексних ґрат.

Уперше показаний вплив типу активатора в порошковій суміші та вмісту вуглецю в сталях 10 та У13 при температурі 1000°C.

Досліджено вплив гартування з низьким відпуском на борохромоалітовані поверхневі шари.

Розроблено режим борохромоалітування (нагрівання в суміші, що містить B₄C 40%, FeCr 10%, Al₂O₃ 43%, Na₃AlF₆ 7% при температурі 900°C і витримці протягом 5 год), що впроваджений у виробництво на ВАТ „НВП Оснащення” (м. Краматорськ) при виготовленні планок зерного барабану маслопреса, використаного при виробництві соняшникової олії на ЗАТ „Слов’янськолія” (м. Слов’янськ) (акт від 8 грудня 2006 року), і прес-матриць, використаних при виробництві полімерних лінійних ізоляторів ЛК70–35 на ДП „Науково-дослідницький інститут високих напруг”. Стійкість зазначених виробів підвищилася в 3–4 рази (акт від 7 березня 2008 року).

Ключові слова: структура, фазовий склад, хіміко-термічна обробка, зносостійкість, комплексне насичення, бор, хром, алюміній.

SUMMARY

Dyachenko Yu. G. Influence of chemical and thermal treatment of powder mixtures on the structure and durability of carbon steel with complex saturation by boron, chromium and aluminum. - Manuscript.

The dissertation for competition of scientific degree of a candidate of technical sciences on speciality 05.16.01 – Physical metallurgy and heat treatment of metal. – State higher educational establishment “Donbas State Engineering Academy”. – Kramatorsk, 2009.

Urgent scientific and technical problem of regular occurrences of shaping complex coverage B, Cr, Al assignment and development of optimal compositions and techniques of complex coverage obtainment is solved.

The influence of complex saturation of steel 10 in powder mixtures containing 0 – 25 % Al, 0 – 25 % Cr₃C₂, 0 – 25 % B₄C, 7 % NaCl, the remainder Al₂O₃ by means of simplex lattices method is examined. For the first time the influence of the catalyst type in powder mixture and carbon contents in steel 10 and steel У13 is displayed at the temperature of 1000°C (oven dwelling time – 5 hours).

The influence of low tempering annealing on borated, chromed, aluminized coatings is examined.

Operation of borating, chromizing, aluminizing (heating in the mixture containing B₄C 40 %, FeCr 10 %, Al₂O₃ 43 %, Na₃AlF₆ 7 % at the temperature of 900°C and 5 hours’ dwelling time) is developed, which is introduced at the Open Joint-Stock company „The research-and-production enterprise Osnastka” (Kramatorsk) in the production of bars for grain cylinder used for sunflower-seed oil production at the Closed Joint-Stock company „Slovyanskolia” (Slavyansk) (the from December 8, th 2006), and a former block press used in production of polymeric linear insulators ЛК70–35 at the State enterprise „Scientific research institute of high voltages”. Mechanical article resistance was raised 3–4 times (the from mach 7, th 2008).

Keywords: structure, chemical and thermal treatment, durability, saturation of the integrated, complex saturation, boron, chromium, aluminum.

Підп. до друку 07.04.09. Формат 60x84/16.
Папір офсетний. Ум. друк. арк. Обл.-вид. арк.
Тираж 30 прим. Зам. №

Видавець і виготівник
«Донбаська державна машинобудівна академія»
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72.
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру
серія ДК №1633 від 24.12.2003 р.