М410586

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ СССР

МОСКОВСКОЕ ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ И
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ
УЧИЛИЩЕ ИМЕНИ Н.Э.БАУМАНА

На правах рукописи

ЕВТИФЕЕВ СЕРГЕЙ ЛЕОНИДОВИЧ

УДК 621.793.5

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ДИФФУЗИОННЫХ БОРИДНЫХ ПОКРЫТИЙ НА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЯХ

Специальность 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов.

АВТОРЕФЕРАТ
ДИССЕРТАЦИИ на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 1983 г.

Работа выполнена на кафедре технологии конструкционных материалов и материаловедения Одесского ордена Трудового Красного Знамени политехнического института.

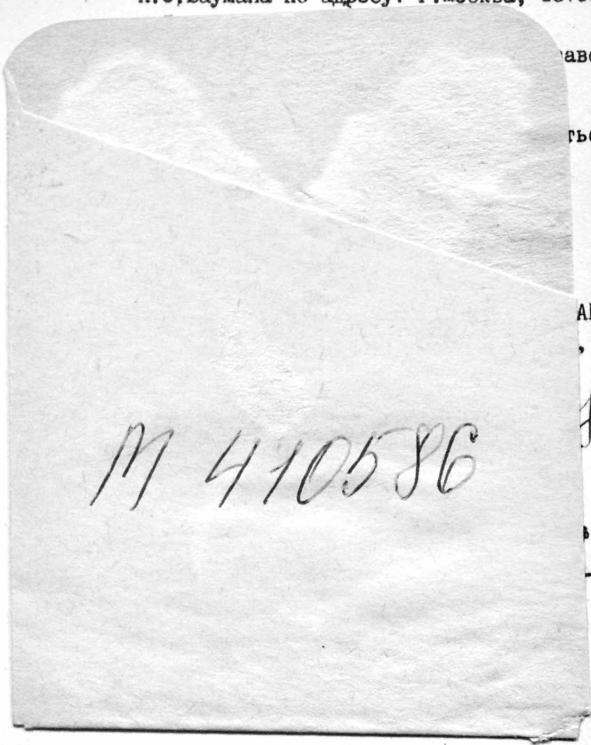
Научный руководитель:
Заслуженный деятель науки УССР, доктор технических наук, профессор ЗЕМСКОВ Г.В.

Официальные оппоненты:
доктор технических наук, профессор Минкевич А.Н.

кандидат технических наук Симонов В.Н.

Ведущее предприятие: завод "Стройгидравлика", г. Одесса

Защита диссертации состоится " " 1983 г. в час. на заседании специализированного Совета К 053.15.13 Московского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени высшего технического училища им. Н.Э.Баумана по адресу: г.Москва, 107005, 2-я Бауманская ул.,



аверенный печатью, просим

ться в библиотеке МВТУ

1983 г.

АННОГО СОВЕТА
, доцент

Г.С.НИКИТИН

П 410586

Л-9990 Объем 1п.л.

Заказ № 1188

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В материалах XXVI съезда КПСС сформулирована задача по дальнейшему развитию материально-технической базы коммунизма. Большая роль принадлежит здесь диффузионному насыщению, как методу увеличения долговечности деталей машин.

Возможности одновременного насыщения несколькими элементами ограничены из-за реакций происходящих в порошковой смеси, последовательное многокомпонентное насыщение малопроизводительно. Разработка способов позволяющих проводить диффузионную обработку, но без объединяющую преимущества как последовательного, так и одновременного многокомпонентного процесса является актуальной задачей. Так-же необходимо разработать и исследовать составы насыщающих смесей и паст, которые обеспечили бы максимальное ускорение процесса насыщения при печном нагреве.

Новое решение актуальной научной задачи многокомпонентного диффузионного насыщения состоит в том, что определно влияние элементов диффуидирующих в поверхность стали (хрома, молибдена и бора) на процесс формирования боридных структур шликерно-порошковым способом.

Цель работы. Разработка покрытий повышающих долговечность деталей. Термодинамический анализ возможных химических реакций при борировании из паст, борохромировании и борохромомолибденировании шликерно-порошковым способом. Определение особенностей строения, фазового состава и распределения легирующих элементов в покрытии. Изучение влияния способа проведения химико-термической обработки и технологических параметров на насыщение сталей бором, бором и хромом, бором и одновременно хромом и молибденом. Определения влияния последующей термической обработки на некоторые свойства покрытий.

Научная новизна. Установлены закономерности формирования боридных структур после борирования из паст в инертной порошковой среде и в смесях содержащих хром и молибден, с различными активаторами. Определено взаимное влияние бора, хрома и молибдена на процесс формирования покрытий. Рассмотрен химизм процесса насыщения. Определены параметры образования эвтектических структур при борировании из паст, борохромировании и борохромомолибденировании шликерно-порошковым способом. Изучено влияние технологических параметров на процесс образования покрытий. Установлено влияние последующей термической обработки. Исследована износостойкость по-

МВТУ
им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

НТБ МГТУ им.Н.Э.Баумана
1410586
Евтифеев С.Л.Разработка и

крытий при трении скольжения по одноименным контртелам и абразивном истирании.

Практическая ценность. Разработаны новые составы базирующих паст, защищенных двумя авторскими свидетельствами, позволяющие интенфицировать процессы насыщения. По результатам выполненных исследований разработана технология диффузионного борирования из паст, борохромирования и борохромомолибденирования шликерно-порошковым способом. Эксплуатационные показатели деталей подвергнутых химико-термической обработке значительно увеличились, износостойкость возросла в 4 - 7 раз по сравнению с серийными деталями. Внедрение диффузионного борохромирования шликерно-порошковым способом позволило заменить высококачественную сталь на более дешевую, а также увеличить износостойкость деталей в 7 раз, что дало экономический эффект более 52 тысяч рублей в год.

Апробация работы. Основные результаты доложены в XIX заседании Всесоюзного семинара по диффузионному насыщению и к покрытиям (г.Львов, 1980 г.), I и III Всесоюзных конференциях по наплавкам и наплавочным материалам (г. Харьков,1978 и 1981 гг.), на научно-технической конференции "В предверии XXVI съезда КПСС - молодые ученые производству" (г.Одесса, 1980 г.), XII - XV конференциях молодых исследователей Одесского политехнического института (1978 - 1980 гг.).

Публикация. Основные положения диссертации изложены в двух авторских свидетельствах, одной научно-технической статье и информационном листке о научно - техническом достижении.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, изложенных на 136 страницах машинописного текста и выводов. В работе содержится 50 рисунков и 14 таблиц. Библиография включает 148 источников.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

I. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.

Рассмотрены составы и способы борирования в пастах, термодинамика процесса. Показана перспективность борирования из паст при печном нагреве. Рассмотрены методы получения многокомпонентных покрытий на основе бора, показаны их преимущества и недостатки. Наилучшими технологическими данными обладает шликерно - порошковый способ диффузионного насыщения. По данным литературы рассмотрено изменение размеров, остаточные напряжения, структура и износостойкость покрытий. Показана недостаточная изученность технологии получения и свойств покрытий после химико - термической обработки.
Сформулированы задачи настоящего исследования:

1. Исследование кинетики насыщения, термодинамических параметров борирования, борохромирования и борохромомолибденирования, определение оптимального режима диффузионного насыщения.

2. Разработка способов и составов для борирования из паст с целью обеспечения максимальной эффективности процессов на промышленных сталях.

3. Изучение процессов борохромирования и борохромомолибденирования шликерно - порошковым способом, определении взаимного влияния элементов на диффузию.

4. Изучение структуры, фазового состава, распределения легирующих элементов, расчет констант диффузии хрома и молибдена, определение условий образования боридной эвтектики.

5. Исследование процессов трения одноименных пар трения при граничной смазке, распределение остаточных напряжений, изменения размеров деталей и абразивной стойкости покрытий.

6. Разработка промышленной технологии многокомпонентного насыщения шликерно - порошковым способом и внедрение результатов исследований.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Для насыщения использовались стали 20, 30, 45, У8, У10, ХВГ. Приведена методика подготовки сталей к насыщению. Описана схема насыщения.

Приводятся методики проведения химико - термической обработки и исследований структуры и свойств покрытий. В работе использованы методы металлографического, микродюраметрического, микрорентгеноспектрального, рентгенофазного и электронномикроскопического анализа.

Рассмотрены методики определения остаточных напряжений, изменения размеров, проведения термической обработки и испытаний износостойкости. Приведена методика математической обработки результатов экспериментов.

3. СОСТАВЫ ПАСТ И СПОСОБЫ БОРИРОВАНИЯ

До настоящего времени в литературе недостаточно данных по обоснованию выбора составов борирующих паст при печном нагреве и способов насыщения. Применялся состав состоящий из карбида бора и буры на связующем - жидком стекле (или БФ-4). Не изучено: соотношение активной составляющей пасты и связки, влияние химического состава связующего, влияние способа введения активатора при диффузионном борировании.

В работе, активной составляющей борирующей пасты служил бор аморфный, который выпускается промышленно, в качестве связующего применялся раствор полиметилметакрилата в дихлорэтане (ацетоне). В качестве активаторов применялись хлористый и фтористый аммоний, борфторат калия. Установлено активирующее действие дихлорэтанового связующего на процесс борирования из паст. Остаточное содержание дихлорэтана в пасте составляет 7 % мас., при нагреве он служит дополнительным активатором.

Выполненные исследования показывают увеличение толщины боридного покрытия при введении активатора в объем инертной засыпки изолированного плавким затвором контейнера, по сравнению с введением того - же количества активатора в пасту. Это объясняется количеством активатора по отношению к объему инертной засыпки.

Исследовано влияние типа активатора на фазовый состав покрытия при борировании. Показано, что с увеличением содержания фтористого активатора растет количество высокобористой фазы - FeB.

Изучен химизм процесса борирования из паст с помощью термодинамического анализа. Во всех случаях на поверхности образуется пленка борного ангидрида – B_2O_3, в которой растворяются соответствующие галогениды бора BCl_3 и BF_3. Транспортировка бора к насыщаемой поверхности, также осуществляется субокислом бора B_2O. Так же, влияние на процесс борирования оказывает галогенный механизм доставки бора к поверхности детали. Наибольшая толщина покрытия наблюдается при использовании активатора KBF_4.

Рассмотрено влияние технологических параметров на процесс борирования. Зависимость толщины покрытия от температуры носит экспоненциальный характер, а от времени – параболический. Увеличение содержания углерода в стали уменьшает толщину боридного покрытия.

Впервые изучено влияние толщины покрытия от толщины борирующей пасты. Показано существенное увеличение толщины покрытия при изменении толщины борирующей пасты от 0,1 до 1,5 мм. Дальнейшее увеличение толщины пасты не приводит к росту покрытия. Аналогичное явление наблюдается при увеличении содержания бора аморфного по отношению к наполнителю связующего, однако толщина покрытия в этом случае увеличивается в меньшей степени. Максимальное содержание бора аморфного в пасте 60 % мас. Установлено потребное количество борирующей пасты для получения покрытий заданной толщины.

Рассчитаны линейные модели математического планирования процесса с целью определения значимости каждого фактора, температуры, времени насыщения, толщины пасты и содержание бора в ней и содержание активатора. Модель составлялась для каждого активатора Показано, что при использовании KBF_4 значимость фактора – толщина пасты возрастает и превышает фактор времени насыщения при заданной температуре.

4. ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ПОКРЫТИЙ ШЛИКЕРНО – ПОРОШКОВЫМ СПОСОБОМ

Шликерно – порошковый способ диффузионного насыщения заключается в нанесении борирующей пасты на поверхность детали с последующим отжигом в порошковой смеси (хромирующей, хромомолибденирующей) по ступенчатому режиму. На первом этапе, при

более низких температурах происходит борирование, на втором этапе нагрева насыщение хромом, хромом и молибденом. При использовании молибденирующей смеси не происходит образование боридного покрытия, что связано с реакциями между молибденом и бором в борирующей пасте и образованием Mo_2B. В этом случае наблюдается также обезуглероживание поверхности стали.

Выполнен термодинамический анализ вероятных химических реакций. Показана возможность протекания реакций между бором и Cr_2, Mo. Взаимодействие между металлами и бором происходит на границе борирующей пасты - порошковая смесь.

Борирование из паст в насыщающих смесях, при температурах когда диффузионная подвижность Cr и Mo мала, показано уменьшение толщины боридного покрытия и количества высокобористой фазы.

Изучено взаимное влияние элементов на диффузию в поверхность сталей. С увеличением толщины борирующей пасты, на втором этапе диффузионного насыщения хромом, хромом и молибденом, уменьшается глубина проникновения диффундирующих металлов и их содержание в покрытии. Это объясняется тем, что не вся борирующая паста расходуется при борировании (первый этап насыщения). Остатки пасты взаимодействуют, при увеличении температуры до 950 - 1100 °С (второй этап насыщения),с хромом и молибденом, и образуют барьерный слой из боридов на поверхности. Дальнейшая диффузия хрома и молибдена затрудняется.

Оптимальной является толщина борирующей пасты от 0,15 до 0,6 мм включительно, при температуре борирования на первом этапе насыщения не более 850 °С. Дальнейшее увеличение температуры борирования приводит к взаимодействию между бором из пасты и хромом и молибденом в насыщающей смеси,что является недопустимым.

При толщине борирующей пасты 0,1 мм не происходит образование боридного покрытия, и в тонком поверхностном слое обнаруживаются сложные карбиды $(Cr, Fe)_{23}C_6$ - борохромирование, $(Cr, Fe, Mo)_{23}C_6$ - борохромомолибденирование. С увеличением толщины борирующей пасты, при температуре борирования происходит образование боридов железа FeB и Fe_2B. При

последующем увеличении температуры до хромирующей и хромомолибденирующей в порошковых смесях высокобористая фаза полностью рассасывается, диффузия хрома и молибдена происходит только в фазе Fe_2B .

Установлены количественные закономерности диффузии в боридное покрытие хрома, хрома и молибдена на стали 45.

При диффузии хрома (борохромирование) получена зависимость:

$$D_{Cr} = 58 \cdot 10^{-4} \exp\left(-\frac{35\,000}{RT}\right)$$

При совместной диффузии хрома и молибдена в (борохромомолибденирование) получены зависимости:

$$D_{Cr} = 40 \cdot 10^{-4} \exp\left(-\frac{589000}{RT}\right)$$

$$D_{Mo} = 96 \cdot 10^{-5} \exp\left(-\frac{979000}{RT}\right)$$

Молибден оказывает влияние на диффузию хрома при совместной диффузии Fe_2B . С увеличением его содержания в покрытии концентрация хрома уменьшается по сравнению с диффузией хрома при борохромировании. Диффузия молибдена требует более высоких температур насыщения, чем хром. Однако, при температуре насыщения 1100 °С образуется жидкая фаза (эвтектика), что является недопустимым. Поэтому, получать концентрацию молибдена в покрытии более 10 % мас. не удалось. Увеличение содержания молибдена приводит к увеличению содержания железа в сложном бориде $(Fe, Cr, Mo)_2B$.

Определены оптимальные условия проведения диффузионного насыщения при борохромировании и борохромомолибденировании (толщина покрытия – 0,15 мм). При борохромировании: температура борирования 800 °С в течение 2 часов, толщина борирующей обмазки 0,2 мм, температура хромирования 1000 °С в течение 4 ч. Борохромомолибденирование: температура борирования 800 °С в течение 3 часов, толщина борирующей обмазки 0,3 мм, температура второго этапа насыщения 1050 °С в течение 4 часов.

Активаторы при многокомпонентном насыщении не влияют на толщину боридного покрытия. Термодинамический анализ показал возможность одновременного протекания химических реакций между продуктами разложения активатора и бором, хромом, молиб –

деном. Использование для насыщения хлористого и фтористого аммония приводит к образованию на поверхности Cr_2N, которое обнаруживается только рентгеноструктурным анализом.

5. СТРУКТУРА И НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ

Борирование из паст позволяет получать как однофазные боридные покрытия состоящие из борида железа Fe_2B, так и двухфазные покрыт , которые состоят из боридов FeB и Fe_2B. Однофазные боридные покрытия образуются при температуре насыщения 800 °С и времени выдержки не более 4 часов. Толщина борирующей пасты в этом случае должна быть не более 0,4 мм.

Борохромирование и борохромомолибденирование не приводит к образованию боридов хрома и молибдена. В покрытии рентгеноструктурным анализом обнаруживается фаза Fe_2B. Содержание хрома и молибдена в покрытии:
после борохромирования от 20 % до 70 % мас. хрома,
после борохромомолибденирования от 15 % до 55 % мас. хрома, а от 3 % до 10 % мас. молибдена, фазовый состав боридного покрытия при борохромировании состоит из сложного борида $(Cr, Fe)_2B$, а при борохромомолибденировании из $(Fe, Cr, Mo)_2B$, т.е. хром и молибден растворяются в Fe_2B.

Микротвердость покрытий составляет: после борирования FeB – $H_{50} = 1650 - 1800$, а Fe_2B – $H_{50} = 1250 - 1400$, после борохромирования микротвердость возрастает до $H_{50} = 2000 - 2100$, после борохромомолибденирования $H_{50} = 2800 - 3100$. /Рис. 1 и 2/.

При температуре борирования и второго этапа насыщения шликерно – порошковым способом 1100 °С на сталях с содержанием углерода не менее 0,45 % наблюдается образование эвтектики. Она образуется на границе раздела боридное покрытие – сталь в системе трех компонентов $B - C - Fe$. Фронт жидкой фазы распространяется к поверхности детали. Фазовый состав эвтектики: Fe_2B – бороцементит – перлит.

Остаточные напряжения в покрытиях определялись методом послойного стравливания. После борирования, борохромирования и борохромомолибденирования возникают остаточные напряжения сжатия, что благоприятно влияет на работоспособность деталей.

Наибольшие остаточные напряжения сжатия возникают после борохромомолибденирования и меньше после борохромирования. Наименьшие остаточные напряжения сжатия возникают после борирования. Последующая термическая обработка значительно влияет на эпюру остаточных напряжений. Наиболее благоприятная эпюра остаточных напряжений сжатия возникает после закалки в жидких средах на структуры сорбит и троостит.

Изменение размеров после насыщения изучалось на полых цилиндрах, с точным измерением диаметров до и после насыщения. Во всех случаях наблюдается увеличение наружных и уменьшение внутренних размеров. Наибольшее изменение размеров после борирования, наименьшее после борохромомолибденирования, что объясняется встречной диффузией элементов. Последующая термическая обработка незначительно уменьшает изменение размеров. Изменение размеров таково, что в случае предельно допустимого износа деталей не более 0,010 – 0,030 мм возможно их восстановление.

Износостойкость покрытий изучалась при трении скольжения на машине трения СМЦ – 2 и при абразивном истирании. При трении скольжения обнаружено, что микротвердость в случае применения одноименных контртел не оказывает влияния на износостойкость. Выявлена прямая корреляция между содержанием бора в покрытии и износостойкостью. Наибольшая износостойкость у образцов с фазой FeB на поверхности трения, наименьшая у образцов с фазой Fe_2B. Пары трения образцов после борохромирования и борохромомолибденирования имеют износостойкость меньшую, чем после двухфазного борирования, но большую, чем после однофазного. Это объясняется тем, что бор который находится в поверхности трения окисляется и образует дополнительную пленку из борного ангидрида на рабочих поверхностях деталей, которая является дополнительной смазкой. Износостойкость одноименных пар трения при трении скольжения выше, чем у широко используемой промышленностью пары азотированная сталь по бронзе.

Абразивная износостойкость покрытий изучалась на станке электродообмазочных автоматов в условиях завода им. Дзержинского г. Одессы. Коническое калибровочное отверстие подвергалось воздействию абразивной массы состоящей из SiO_2,

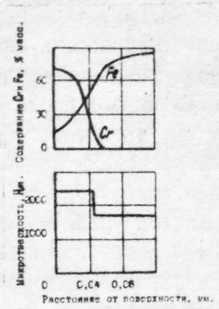


Рис. I. Распределение элементов и микротвердость после борохромирования 800 °С – 2 часа, I050 °С – 4 часа.

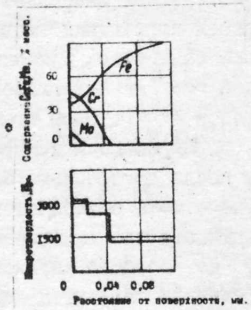


Рис. 2. Распределение элементов и микротвердость после борохромомолибденирования 800 °С – 2 часа, I050 °С – 4 часа.

электрокорунда и мела, которая двигалась со скоростью I м/с. Износостойкость определяется микротвердостью покрытия. Наи - большая износостойкость после борохромомолибденирования.

Таблица

Износостойкость деталей при абразивном износе

Наименование процесса	Марка стали детали	Время работы детали до полного износа, час
Закалка	I8А	I50
Борирование	Сталь 45	480
Борохромирование	Сталь 45	750
Борохромомолиб- денирование	Сталь 45	I040

Внедрение процесса борохромирования шликерно - порошковым способом выполнено на Одесском заводе сопротивлений. Упрочне - нию подвергались калибры различных типоразмеров. Примене - ние диффузионного насыщения позволило заменить сталь У8А (се - ребрянку) на лешевую сталь 45 в прутках. Износостойкость калибров возросла по сравнению с серийным в 7 раз. Экономический эффект от внедрения составил более 52 тысяч рублей в год. Процессы борирования из паст и борохромомолибденирования шликерно - порошковым способом находится на стадии промышленных испытаний и внедрения в промышленное производство.

ВЫВОДЫ

1. Исследованы процессы: борирования из паст в условиях печного нагрева и многокомпонентного диффузионного насыщения шликерно - порошковым способом углеродистых конструкционных и инструментальных сталей B , B и Cr ; B , Cr и Mo .

После борирования из паст формируются двухфазные покрытия состоящие из FeB и Fe_2B , и однофазные покрытия состоящие только из Fe_2B . Условия получения однофазных покрытий: температура 800 °С, время насыщения 2 - 4 часа, толщина обмазки до 0,3 мм, активатор хлористый аммоний.

После борохромирования образуются покрытия состоящие из $(Cr, Fe)_2B$, при толщине борирующей обмазки более 0,3 мм, и $(Cr, Fe)_{23}C_6$, при толщине борирующей обмазки менее 0,3 мм. Температура первого этапа насыщения не более 850 °С, второго этапа насыщения не менее 950 °С.

Аналогичные фазы формируются после борохромомолибденирования, однако температура второго этапа должна быть не ниже 1000 °С.

2. Изучено распределение хрома и молибдена в боридном покрытии. Максимальное содержание хрома после борохромирования шликерно - порошковым способом в покрытии достигает 70 % мас, что аналогично борохромированию последовательным способом. После борохромомолибденирования максимальное содержание хрома до 30 % мас., молибдена до 10 % мас. Снижение содержания хрома объясняется тормозящим влиянием молибдена.

3. Установлены преимущества трехкомпонентного диффузионного насыщения по сравнению с двухкомпонентным и его недостатки. Преимущества трехкомпонентного насыщения заключаются: в большем содержании железа в поверхности, из - за тормозящего действия молибдена на диффузию хрома, меньшая толщина боридной фазы Fe_2B в следствии реакций в насыщающей смеси, более высокие температуры процесса.

4. Исследованы закономерности образования эвтектических структур при получении боридных покрытий. Эвтектика образуется на сталях с содержанием углерода более 0,4 %. Печной нагрев способствует образованию эвтектики на границе раздела борид - ное покрытие - основа стали при температуре 1100°С, с продви-

жением фронта жидкой фазы и поверхности изделия. Борохромирование и борохромомолибденирование способствуют образованию на поверхности сложных боридов, имеющих большую температуру плавления, чем эвтектика и не участвующую в образовании жидкой фазы. Образование эвтектики повышает хрупкость покрытия.

5. Установлено влияние толщины покрытия и фазового состава покрытия на величину, знак и распределение остаточных напряжений в поверхности.

Показано, что увеличение толщины покрытия и получение мартенситной структуры под диффузионным слоем ведет к снижению уровня остаточных напряжений сжатия и переходу их в растягивающие.

Наибольшей величины до I,8 ГПа напряжения сжатия достигают после $B - (Cr + Mo)$, наименьшей после борирования. Изотермическая закалка не снижает уровень напряжения сжатия в случае получения структур в основе - сорбит, перлит, троостит.

6. Исследовано изменение размеров деталей после диффузионного насыщения. При прочих равных условиях, в наибольшей степени размеры увеличиваются после борохромирования. Установлена возможность восстановления изношенных высокоточных деталей с малыми степенями изнашивания до 0,020 мм.

7. Изучена износостойкость боридных покрытий при трении скольжения и абразивном изнашивании.

Износостойкость одноименных пар при трении скольжения показала, что процессы изнашивания при трении связаны с фазовым составом покрытия, а не с твердостью. Наилучшие результаты при трении достигнуты при наличии пары трения FeB и Fe_2B, которая имеет наибольшее содержание бора.

При абразивном изнашивании доминирующее влияние оказывает микротвердость поверхностного слоя. Наилучшие результаты по абразивной стойкости изделий получены после борохромомолибденирования.

8. На основе выполненных исследований разработана и внедрена технология упрочнения калибров-пробок на заводе сопротивлений г. Одессы. Долговечность деталей увеличилась в 7 раз, что дало экономичный эффект от внедрения более 52 тыс. рублей. Детали подвергались борохромированию шликерно-порошковым способом.

Основное содержание диссертации отражено в следующих работах:

I. Евтифеев С.Л., Гущин Л.К., Витченко В.А. Влияние технологических параметров диффузионного борохромирования стали шликерно - порошковым способом на свойства поверхностного слоя. - Одесса, 1980. - 10с. - Рукопись представлена редакцией Технология и организация производства. Деп. в УкрНИИНТИ 13 ноября 1980, № 2070.

2. Востоновлени высокоточных деталей. - Информационный листок/ С.Л.Евтефеев, Н.А.Серяков, Е.А.Шапошников, Е.В.Ермолов. - ОЦНТИ, 1980.

3. А.С. № 749933 (СССР). Паста для борохромирования стальных деталей/ Г.В.Земсков, Л.К.Гущин, В.А.Витченко, А.Я.Бондаренко, С.Л.Евтифеев - Опубл. в Б.И.,1980, № 27.

4. А.с. № 836207 (СССР). Паста для борирования стальных деталей/ Г.В.Земсков, Л.К.Гущин, С.Л.Евтифеев, В.А.Витченко, Р.Л.Коган. - Опубл. в Б.И., 1981, № 21.

МВТУ
им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА