

# ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

УДК 621. 629.3; 669.54. 793

*С.К. Тойгамбаев, канд. техн. наук*

Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

## ТЕРМОДИФФУЗИОННЫЕ МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Недостаточное изменение линейных размеров и продолжительность времени восстановления деталей при термодиффузионной металлизации вызвало необходимость поиска новых решений. По своей сути термодиффузионное восстановление деталей позволяет приращивать восстанавливаемые поверхности на достаточно большие размеры на сторону. Одним из недостатков данного метода восстановления поверхностей изношенных деталей является большая продолжительность времени восстановления и энергозатраты на восстановление.

Многие исследователи в этой области исходили из стандартного применения термопечей с различными временными промежутками закалки и отпуска восстанавливаемой поверхности деталей [1].

Некоторые способы увеличения линейных размеров стальных деталей следующие.

*Хромонитридизация* применяется при хонинговании азотированных втулок плунжерных пар топливного насоса НД-21/4, используется запас толщины азотированного слоя. При повторном ремонте уменьшение толщины слоя приводит к понижению твердости втулок, что не обеспечивает в дальнейшем требуемый ресурс, повторное азотирование не позволяет получить исходную твердость, что в свою очередь связано с обеднением поверхностной зоны стали нитрообразующими элементами.

Н.И. Болдиным разработана технология восстановления и упрочнения плунжерных пар топливного насоса УТН-5 газозофазным контактным *бороникелированием* в порошках [2]. Диффузионное насыщение проводится в печах с окислительной атмосферой в контейнерах с плавким затвором при температуре 1000 °С и времени выдержки 4 ч. Увеличение диаметра образцов из стали ХВГ достигает 120 мкм, а толщина диффузионного слоя составляет 110...130 мкм. Поверхностная твердость покрытия находится в пределах 19 000... 21 000 МПа.

В работе Н.А. Бардадына [3] исследовалось газозофазное контактное *бороникелирование* в порошках с целью получения покрытий, сочетающих высокую твердость с относительно низкой хрупкостью. Бороникелирование проводилось в печах с окислительной атмосферой в контейнерах с плавким затвором. Приращение линейных размеров образцов на сталях 25Х5МА, ХВГ, 45 и 65Г при температуре 1050 °С и времени выдержки 4 ч составляет соответственно 45, 65, 70 и 78 мкм. Автором статьи сделан вывод о возможности компенсации износа и припуска на механическую обработку только для сталей 45 и 65Г. Для каждой из сталей разработан отдельный состав порошка с добавлением композита и уточнены режимы бороникелирования.

Метод *термоциклирования* (ТЦО) в основном применяется в машиностроении как способ предва-

рительной обработки заготовки, повышения стойкости штампового и режущего инструмента [4], так как ускоренный нагрев и охлаждение легированных сталей через область температур аустенитно-мартенситного превращения позволяет получить размер зерна 4...6 мкм и соответственно структуру мелкоугольчатого мартенсита с участками аустенита. Это в свою очередь способствует улучшению пластичности и вязкости сталей. Для получения дополнительных структурно-фазовых превращений и напряженного состояния ТЦО совмещают с другими видами термической и химико-термической обработки. Микротвердость карбидохромового слоя при использовании ТЦО не изменяется. На поверхности она составляет 20 000...21 000 МПа, а на глубине 30 мкм — 17 000 МПа. Структура стали после хромирования при температуре 1200 °С имеет величину эвтектоидного зерна, равную 6...7 баллов, а подвергнутая предварительно ТЦО — 4 балла. Инерционность нагрева и охлаждения реакционного пространства не позволяет проводить ТЦО при большой массе контейнеров.

*Электромеханическую обработку (ЭМО)* можно рассматривать как сочетание термического и механического воздействия на поверхностный слой детали с целью изменения физико-механических свойств сталей.

Б.М. Аскинази разработал метод, при котором в процессе обработки деталей через место контакта инструмента с изделием проходит ток большой величины 200...2000 А и низкого напряжения 1,5...10 В, обеспечивающий нагрев поверхности. Малая глубина прогрева изделия позволяет поверхности быстро охлаждаться, в результате чего происходит закалка поверхностного слоя. Основное воздействие ЭМО на поверхностный слой детали заключается в измельчении структуры стали, связанном с дроблением зерен перлита при пластическом деформировании. Пластическое деформирование сопровождается созданием точечных дефектов в виде дополнительных вакансий. В совокупности это приводит, как и в случае с ТЦО, к увеличению протяженности межзеренных границ, что интенсифицирует процесс диффузии [5].

Краткий анализ разработанных и применяемых методов восстановления поверхности деталей показывает, что необходимо более глубокое и детальное изучение сущности физики процессов, происходящих в превращении в металлах. В основном они связаны с черными металлами, хотя данные процессы вполне применимы и при восстановлении деталей из цветных металлов.

Но мало изучены методы и способы восстановления, упрочнения с последующим приращением линейных размеров деталей и увеличением ресурса деталей из цветных сплавов. Имеется достаточно большой спектр порошков из цветных метал-

лов для приращения и восстановления поверхности деталей. Только они имеют узконаправленное значение, т. е. для восстановления конкретных деталей из определенных видов сплавов из цветных металлов.

В этой связи являются актуальными теоретические и экспериментальные исследования, проведенные в области термоциклической диффузионной металлизации, в результате которых предлагается методика (режимы восстановления изношенных бронзовых втулок термоциклической диффузией, позволяющие повысить ресурс сопряжений (втулка—вал) в 1,6...2 раза). Триботехнические исследования показали более плавное распределение диффузионного слоя по его толщине и выравнивание микротвердости по глубине слоя.

Сущность процесса термоциклической диффузионной металлизации состоит в использовании серийно выпускаемой машины точечной сварки МТ-1618-УХЛЧ для циклического нагрева и последующего охлаждения восстанавливаемой втулки. При восстановлении изношенных поверхностей втулок опорных катков экскаваторов ЭО-5111 использовались специально разработанный контейнер, универсальная порошковая смесь, а также определялись температурные и временные параметры, составляющие полный процесс восстановления детали.

Основой контейнера является стальной цилиндр. К нижней части цилиндра приварено дно, в центре которого запрессована медная вставка.

Внутренняя часть цилиндра облицовывается сменными асбестовыми кольцами. Для равномерного нагрева детали используются графитовые диски. Собранный контейнер с восстанавливаемыми деталями и диффузионной смесью зажимается медными электродами сварочной установки.

Использование сварочной установки с охлаждающими медными вставными электродами, которые контактируют с медными вставками контейнера, позволило осуществлять циклический нагрев и охлаждение восстанавливаемых деталей, схема которой приведена на рис. 1.

Из многочисленных публикаций об оптимальных температурах для осуществления диффузионных процессов бронзовых деталей цинковыми смесями с легирующими элементами был установлен интервал данных температур, который колеблется от 700 до 800 °С. Временной процесс линейного приращения диффузионного слоя для различных составов смесей составлял 0,3... 0,5 мм /ч. Теоретическими расчетами определения скоростных параметров различных компонентов (главные из них — хром, никель и их соединения с составляющими материала бронзы) на диффузию в материал детали и на линейное приращение изношенной поверхности установлено, что при прерывании диффузии

онного процесса путем охлаждения поверхности детали на 150...250 °С ниже оптимальной температуры диффузии, некоторой выдержке при пониженной температуре, а затем опять нагрев на оптимальную температуру диффузионного процесса, резко снижается скорость диффузии легирующих компонентов смеси в металл детали и возрастает скорость образования диффузионного слоя на изношенной поверхности. Экспериментами были установлены наиболее оптимальные временные интервалы циклического диффузионного процесса для смесей на цинковой основе с легирующими компонентами из элементов хрома и никеля для повышения твердости и соответственно износостойкости восстановленной поверхности.

Термический цикл диффузионного процесса был следующий: нагрев детали и смеси до 750...780 °С, выдержка 5...6 мин, охлаждение детали до 480...500 °С, выдержка при данной температуре 4...5 мин, вторичный нагрев до 750 °С с выдержкой 20...22 мин, 38...40 мин, 55...60 мин в зависимости от толщины линейного приращения диффузионного слоя, далее охлаждение до номинальной температуры. Для приращения слоя до 0,3 мм рабочий цикл диффузионного процесса составлял 30...35 мин, для приращения слоя до 2,0 мм — 65...70 мин. Общее время процесса восстановления детали с учетом охлаждения до комнатной температуры составляет 120...180 мин. Таким образом, разработанный термоциклический диффузионный процесс восстановления бронзовых деталей с применением цинковых смесей с легирующими компонентами сокращает время на восстановление изношенной поверхности по сравнению с известными аналогичными технологиями в 6...8 раз.

Одной из причин ускорения линейного приращения диффузионного слоя изношенной поверхности бронзовой детали является присутствие в диффузионной смеси хромоникелевого порошка марки ПР-СР2. Добавление данного порошка в диффузионную смесь в пределах 10...15 % от массы смеси позволило получить наращенные поверхности с высокой твердостью независимо от толщины слоя. Одновременно и распределение микротвердости по толщине наращенного слоя происходит более равномерно, чем при использовании других диффузионных смесей. Все это позволило рекомендовать для термодиффузионной металлизации бронзовых деталей следующий состав порошка:

- порошковый цинк ПЦ-4 — 20 %;
- хлористый цинк  $ZnCl_2$  — 8 %;
- композиционный сплав ПР-Х18Н9 — 30 %;
- порошковый сплав ПР-СР2 — 10 %;
- фтористый кальций  $CaF_2$  — 2 %;
- оксид алюминия  $Al_2O_3$  — 30 %.

Использование данного порошка при термоциклическом диффузионном процессе для раз-

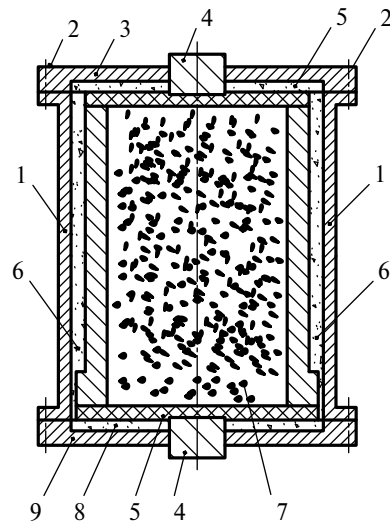


Рис. 1. Приспособление для термоциклической диффузионной металлизации:

- 1 — металлический цилиндр (основа); 2 — крепежные болты; 3 — крышка цилиндра; 4 — медные вставки; 5 — графитовые диски; 6, 8 — асбестовое кольцо; 7 — диффундируемая смесь; 9 — днище цилиндра

личных марок бронзы повышает поверхностную микротвердость на 15...20 %. Это объясняется «трудностью» наращивания диффузионного слоя в «подложке» после термического охлаждения диффузионного слоя до температуры 450...500 °С (рис. 2). Диффундируемые компоненты смеси (порошка) более равномерно распределяются в наращиваемом диффузионном слое, выравнивая микротвердость по глубине слоя. Основным «виновником» такого выравнивания является порошок ПГ-СР2, введенный в предложенную смесь, который увеличил никелевую составляющую диффузионной смеси. Хорошо известно, что при использовании в диффузионном процессе никелевых порошков атомы никеля или соединения на основе никеля стараются занимать место, расположенное в зоне раздела «поверхность детали — диффундируемый процесс». С ростом диффузионного слоя эта зона раздела перемещается в сторону приращения диффузионного слоя, так как порошок ПГ-СР2 содержит большое количество соединения никеля с хромом (хрома в порошке 12...15 %), то за счет более равномерного распределения хромовой составляющей данного порошка происходит выравнивание микротвердости по глубине диффузионного слоя. А также проведенные триботехнические исследования показали более плавное распределение твердости диффузионного слоя по его толщине. Как показывают данные исследований по износостойкости сопрягаемых деталей вала опорного катка экскаватора ЭО-5111 и восстановленной бронзовой втулки, восстановление оловянистых и алюмино-железистых бронзовых втулок приводит к незначительному износу самого вала. Но рас-

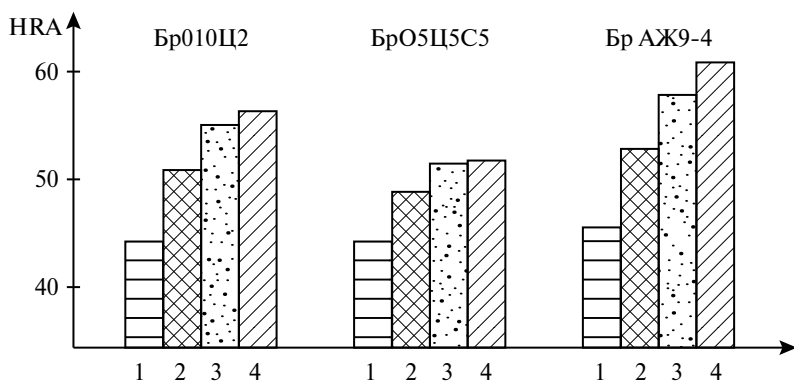


Рис. 2. Изменение поверхностной твердости в зависимости от линейного прироста поверхностного слоя:

1 — до диффузии; 2 — приращение слоя на 0,25...0,3 мм; 3 — приращение слоя на 0,95...1,05 мм; 4 — приращение слоя на 1,8...2,0 мм

четы на долговечность и проведенные испытания показали, что, несмотря на износ вала, применение термоциклической диффузионной металлизации бронзовых втулок в целом повышает долговечность сопрягаемой пары «стальной вал—бронзовая втулка» в 1,6...1,8 раза. Данный метод восстановления бронзовых втулок с применением термоциклической диффузионной металлизации позволяет не только восстановить работоспособность деталей, но и повысить его некоторые физико-механические свойства. При применении предложенного состава порошка поверхностная микротвердость увеличивается на 15...20%, при линейном приращении диффузионного слоя на сторону от 0,05 до 2,5 мм происходит более плавное распределение микротвердости по всей поверхности; износостойкость восстановленных деталей повышается 1,5...2,5 раза.

УДК 631.3-1/-9.004.67

*Н.М. Дегтярёв*

*А.Г. Пастухов, доктор техн. наук*

Белгородская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Я. Горина

## ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ И РЕМОНТЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Свыше 70% парка тракторов, около 50% зерноуборочных комбайнов, 50% автомобилей, 75% станочного оборудования работает за пределами нормативных сроков эксплуатации. Техническая готовность машин к работам ниже 70%, а нагрузка на технику превышает нормативную более чем в два раза. Качественный ремонт такой техники может быть обеспечен за счет применения эффективных способов упрочнения и восстановления.

Анализ условий эксплуатации и характерных дефектов машин и оборудования сельскохозяйственного производства свидетельствует о низком качестве изготавливаемых деталей прежде всего по критериям износостойкости и прочности критических поверхностей. На сельскохозяйственных ремонтных предприятиях широкая номенклатура изготавливаемых и восстанавливаемых деталей не подвергается упрочняющей термообработке изнашиваемых рабочих поверхностей [1]. В этой свя-

## Выводы

Данный метод позволяет с наименьшими затратами времени и материалов восстанавливать поверхность изношенных деталей из цветных сплавов на порядок. На современном этапе развития науки стоят задачи создания более универсальных методов и составов металлических порошков, способных на молекулярном уровне изменять физико-механические и химические свойства металла с минимизированными затратами. Одной из таких областей исследования является исследование в области нанотехнологии.

## Список литературы

1. Казанцев, С.П. Разработка комбинированной технологии получения железоборидных покрытий при восстановлении и упрочнении деталей сельскохозяйственной техники: дис. ... доктора техн. наук / С.П. Казанцев. — М., 2006. — 264 с.
2. Болдин, Н.И. Диффузионное борохромирование как метод восстановления и упрочнения деталей топливной аппаратуры дизелей: дис. ... канд. техн. наук / Н.И. Болдин. — М., 1991. — 244 с.
3. Бардадын, Н.А. Восстановление и упрочнение прецизионных деталей дизельной топливной аппаратуры диффузионным борохромлением: дис. ... канд. техн. наук / Н.А. Бардадын. — М., 1994. — 232 с.
4. Федюкин, В.К. Метод термоциклической обработки металлов и сплавов / В.К. Федюкин. — Л.: ЛГУ, 1984. — 192 с.
5. Аскинази, Б.М. Упрочнение и восстановление деталей машин электромеханической обработкой / Б.М. Аскинази. — Л.: Машиностроение, 1989. — 200 с.