

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ХОДОВОЙ ЧАСТИ ГУСЕНИЧНЫХ ТРАКТОРОВ НАПЛАВКОЙ ДИФфуЗИОННО-ЛЕГИРОВАННЫМИ СПЛАВАМИ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ

Константинов В.М., Дашкевич В.Г.

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
Полоцкий государственный университет, г. Новополоцк*

Введение. В настоящее время для восстановления деталей машин широко используется электродуговая наплавка. В качестве износостойких сплавов при этом используются различные наплавочные материалы в виде проволоки [1].

Для изношенных деталей ходовой части тракторов наиболее распространенный способ восстановления - полуавтоматическая наплавка в среде защитных газов, причем в большинстве случаев не отвечающими требованиями к восстанавливаемой поверхности наплавочными материалами.

Широкому применению в качестве наплавочного материала проволоки с диффузионным легированием в основном препятствует:

- трудоемкость и энергозатратность дополнительных операций на подготовку и проведение диффузионного легирования;
- повышенное выгорание легирующих элементов с поверхности проволоки;
- снижение электропроводности;
- хрупкость, способствующая сколу диффузионного слоя с поверхности при перегибе или значительных контактных давлениях.

Кроме того, традиционно применяемые в наплавочных технологиях сплавы, как правило, не предусматривают последующей упрочняющей термической обработки. На практике из термической обработки применяется лишь отпуск от температур наплавки для уменьшения внутренних напряжений, а также предварительный и сопутствующий подогревы.

Существуют объективные и субъективные причины ограниченного использования термообработки:

- существующие схемы легирования наплавочных сплавов, направленные на увеличение абразивной износостойкости, обеспечивают образование литой структуры с большим количеством избыточных карбидов, боридов и др.;
- различные теплофизические свойства наплавляемого и основного металла;
- значительные энергозатраты, снижающие экономическую эффективность операций;
- необходимость высокой квалификации для проведения термической обработки.

Цель и задачи. Исследование особенностей дополнительного диффузионного легирования стальной углеродистой проволоки Сталь 70 (У7) ГОСТ-93898-75 для получения наплавочного сплава. Определение структуры и взаимосвязи элементов технологического процесса восстановления диффузионно-легированными сплавами деталей ходовой части гусеничных тракторов. Изучение особенностей термической обработки наплавленной детали как биметаллического изделия.

Результаты исследований. Созданными научными основами диффузионного легирования и накопленный экспериментальный материал позволяют получать наплавочный материал со спрогнозированным химическим составом [2-4].

Применение такого материала в технологическом процессе восстановления с упрочнением имеет две характерные операции: процесс наплавки диффузионно-легированной проволокой и последующая термическая обработка наплавленной детали (рис. 1).

Структура поперечного сечения проволоки после диффузионного легирования, как правило, имеет четко выраженные границы слоя, толщина слоя варьируется от 10 до 150 мкм в зависимости от насыщающих элементов и необходимой степени легирования (рис. 1, а). Микротвердость различна, например для борохромированных слоев она может достигать 20000 МПа, в этом случае диффузионные слои хрупкие и скалываются.

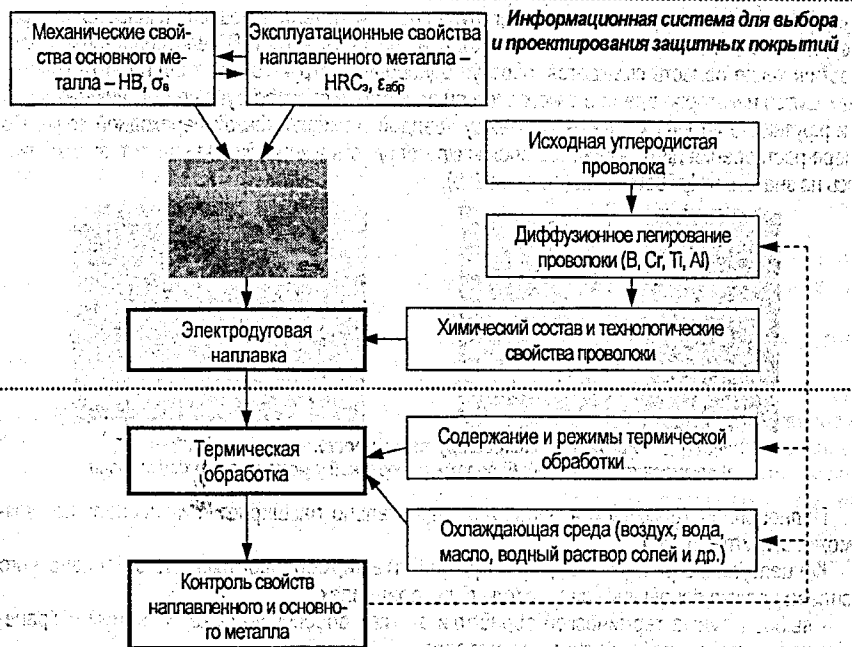


Рисунок 1. Блок-схема технологического процесса восстановления деталей ходовой части гусеничных тракторов диффузионно-легированной проволокой

Для реализации технологического процесса наплавки необходимо обеспечить повышенную защиту диффузионно-легированной наплавочной проволоки от воздействия окружающей среды (флюсующее воздействие). На свойства наплавки и образующиеся структуры наплавленного слоя большое влияние оказывает перемешивание основного и присадочного металла. В связи с различным выгоранием легирующих элементов состав наплавленного металла значительно отличается от состава присадочного металла (табл. 1).

Таблица 1. Значения коэффициентов перехода ($K_{ус}$) легирующих элементов в сварочный валик при электродуговой наплавке диффузионно-легированной проволоки Сталь 70 в среде защитных газов

Легирующий элемент	Толщина диффузионного слоя, мкм	($K_{ус}$) при поверхностном насыщении	Ориентировочный фазовый состав диффузионного слоя
Алюминий (Al), Титан (Ti)	80	Al - 0,4...0,3 Ti - 0,5...0,6	α -фаза, Fe_2Al_5 , TiAl
Бор (B), Хром (Cr)	100	B - 0,4...0,3 Cr - 0,5...0,6	$(Fe)_2B$, $(Fe,Cr)B$

Процессы, происходящие в процессе наплавки, имеют ряд отличительных особенностей. Наиболее важное отличие - происходящее растворение диффузионного слоя в столбе дуги.

На рисунке 2б, представлен фрагмент борохромированной проволоки, охлажденной в момент зарождения капли. Сформированный процессом химико-термической обработки диффузионный слой растворяется, легируя основной металл. Процесс начинается с переходной зоны, постепенно толщина переходной зоны возрастает. В непосредственной близости к капле область сужается, образуя однородную структуру. Металл на этом участке находится некоторое время в таком состоянии, которое способствует протеканию активной диффузии легирующих элементов между твердой и жидкой фазой переходной зоны. По мере растворения диффузионного слоя микротвердость в зоне «клина» растет, выравниваясь на значении $H_v = 8500$ МПа (рисунок 2, б).

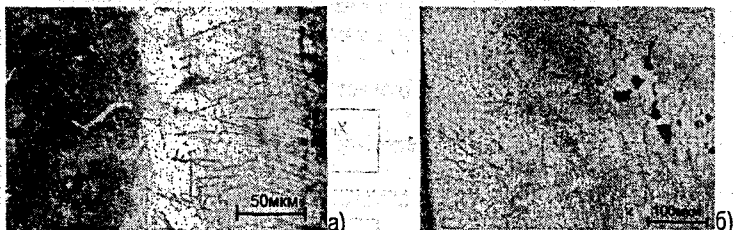


Рисунок 2. Микроструктура проволоки Сталь 70:

а) алюминититанированной; б) борохромированной в момент зарождения капли

Полноценная термическая обработка значительно расширяет функциональные возможности материалов.

Концептуально решение задачи по разработке термообрабатываемого наплавочного сплава должно основываться на следующих принципах:

- выбор режима термической обработки должен обеспечивать как минимум сохранение прочностных свойств основного металла;
- состав наплавочного сплава должен быть экономно-легированным;
- количество и длительность операций термической обработки должно быть минимальным.

Необходимо отметить, что для конструкционных легированных сталей образование закалочной структуры мартенсита или нижнего бейнита может привести к растрескиванию и значительному короблению детали. Ограничением также является склонность ряда сталей к проявлению отпускной хрупкости. Режимы нагрева под закалку следует выбирать, ориентируясь в большинстве случаев на температуры растворения карбидов, а не на критическую температуру аллотропических превращений.

Особо следует отметить функциональное назначение легирующих элементов, которое не ограничивается в традиционном обеспечении высокой износостойкости за счет первичного образования твердых фаз, а дополняется влиянием легирующих элементов на кинетику распада аустенита. Количество легирующих элементов в таком сплаве, очевидно, значительно меньше. В дополнение легирующие элементы должны обладать малой склонностью к коагуляции при отпуске и достаточной растворимостью в аустените.

В последнее время в машиностроении активно используются программные пакеты со встроенными базами данных для решения вопросов проектирования технологических процессов и конструкций деталей машин.

С целью ускорения реализации технологических процессов с использованием диффузионно-легированных сплавов создана информационная система для выбора и проектирования защитных покрытий при восстановлении [5].

Система может использоваться для двух режимов: режима справочно-информационного, режима проектирования. Возможности системы для справочно-информационного режима определяются объемом информации. Выбор в этом режиме материала для наплавки его свойства и фазовый состав определяется главным образом физико-механическими параметрами трущихся поверхностей и условиями работы детали. Поэтому в этом режиме база представляет пользователю возможность просмотра информации о деталях (информации об основном виде изнашивания, твердости и т. д., давлении, скорости). Также система предоставляет пользователю информацию о некоторых наиболее применяемых наплавочных сплавах (раздел покрытия), их области применения.

Прогнозирование механических свойств и структуры наплавленной детали после термической обработки выполняется:

- моделированием процесса термообработки, которое учитывает при анализе тепловых полей фазовые превращения и химический состав материала (программные комплексы ANSYS, MSC. MARC; DEFORM-3D, ThermoSim);

- графическим наложением термокинетических (изотермических) диаграмм распада аустенита основного и наплавленного металла вместе с кривыми охлаждения.

Полученные данные при исследовании прокаливаемости различных наплавочных по общепринятой методике оценки твердости полумартенситной зоны согласуются с известными представлениями о влиянии карбидообразующих элементов, а также бора на прокаливаемость. Весьма важным являются значительно более высокая прокаливаемость разработанных наплавочных по сравнению с металлом основы. Это позволяет подобрать согласованный режим термической обработки, при которой мартенситная структура будет формироваться только в наплавленном слое, а основной металл будет иметь более вязкую сорбитную или перлитную структуру.

Высокая микротвердость избыточных фаз и дисперсность матрицы обуславливают существенное повышение твердости (табл. 2). Особо следует отметить мелкодисперсность избыточных фаз и их равномерное распределение в наплавке.

Таблица 2. Твердость наплавленных слоев из диффузионно-легированной проволоки, МПа

Наплавляемая проволока	Вид термической обработки наплавленного слоя		
	без термической обработки	закалка+низкий отпуск	отжиг
Исходная Сталь 70	2750±380	3410±230	1750±130
Сталь 70, легированная В+Cr, диффузионный слой 150мкм	3600±300	5150±450	2520±150
Сталь 70, легированная Al+Ti, диффузионный слой 100 мкм	3120±350	4670±380	2400±140

В результате термической обработки сопротивление абразивному изнашиванию поднимается до уровня и выше, соответствующего сталям в литом состоянии, за счет измельчения и более равномерного распределения мелкодисперсных карбидов.

Выводы. Способ диффузионного легирования низколегированной углеродистой проволоки оправдан в качестве получения наплавочного сплава при условии низкой степени легирования (3-5% масс.) В совокупности с термической обработкой эффективность применения наплавочного сплава значительно выше.

Для выбора режима термической обработки наплавленной детали как биметаллического изделия предложено использовать графическую оптимизацию термокинетических диаграмм распада аустенита.

Разработка специальных сплавов для восстановления и упрочнения, совершенствование технологии путем термической обработки наплавленных деталей, имеет большую перспективу благодаря использованию наплавочных сплавов с низким содержанием легирующих элементов, возможностью управления структурой как наплавленного, так и основного металла.

Литература

1. Восстановление деталей машин: Справочник / Ф. И. Пантелеенко [и др.]; под общ. ред. В.П. Иванова. - М.: Машиностроение, 2003. - 672 с.
2. Химико-термическая обработки металлов и сплавов. Справочник/ Г.В. Борисенко, Л.А. Васильев, Л.Г. Ворошнин [и др.]. - М.: Металлургия, 1981. - 424 с.
3. Ворошнин, Л.Г. Теория и практика получения защитных покрытий с помощью ХТО/ Ф.И. Пантелеенко, В.М.Константинов.-2-е изд. - Минск: ФТИ; Новополоцк: ПГУ, 2001. - 148 с.
4. Семенченко М.В., Красиков В.Л., Дашкевич В.Г. Электрохимико-термическая обработка проволоки для напыления и наплавки/ М.В. Семенченко, В.Л. Красиков, В.Г. Дашкевич // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Прикладные науки. Материаловедение. - 2004. - С.12-17.
5. Константинов В.М., Войтехович О.А. Анализ и создание компьютерной системы проектирования защитных покрытий из специальных сплавов/ В.М. Константинов, О.А. Войтехович// Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Прикладные науки. Материаловедение. - 2005. - №6. - С.53-58.

УДК 621.983

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКОЙ И ВОЗДЕЙСТВИЕМ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Девоино О.Г., Кардаполова М.А., Яцкевич О.К., Дубовик А.М., Федорук Г.Ф.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

В связи с тем, что единичные способы упрочнения поверхностей не всегда могут обеспечить заданный комплекс технологических свойств, все чаще применяются комбинированные методы упрочнения. Ступенчатые методы обработки позволяют варьировать комплекс физико-механических и эксплуатационных характеристик деталей машин и инструмента, работающих в особо тяжелых условиях, и получать слоистые износостойкие поверхности.

Электроискровая обработка обеспечивает создание износостойких покрытий с высоким уровнем физико-механических свойств на рабочих поверхностях деталей. Однако существует ряд проблем, касающихся возможности управления свойствами, составом и структурой получаемых слоев в широких пределах.

Перспективным для поверхностей, работающих в условиях динамического нагружения, может быть комбинация электроискрового легирования и лазерной обработки.

Сочетание указанных методов позволит объединить их достоинства, избежав недостатков каждого из них. Лазерная обработка электроискровых покрытий позволит направленно модифицировать их свойства. В то же время известно, что предварительная подготовка поверхности в значительной степени влияет на результат электроискровой обработки. Однако для успешного внедрения комбинированных технологий необходимо изучение закономерностей формирования свойств на всех стадиях технологического процесса.