

конкретным типам изделий. Возможно совмещение диффузионного насыщения с традиционными процессами отпуска (450–600 °С) стальных деталей.

В работе показана возможность использования двух направлений процессов диффузионного упрочнения – высокотемпературного и низкотемпературного. Например: процесс боросилицирования проводится при температурах 850–1000 °С и на углеродистых и низколегированных сталях формируются диффузионные слои с повышенной твердостью (свыше 13 ГПа) вследствие чего износостойкость при определенных параметрах испытаний возрастает более чем в 6 раз. Процесс борокарбонитрирования проводится при температурах 450–600 °С. При этом на инструментальных сталях типа Х, 9ХС, ХВГ формируются диффузионные слои с микротвердостью до 8–8,5 ГПа, а на сталях типа Р6М5, Х12М, 3Х3МЗФ, 4Х5МФС – более 12 ГПа.

Положительные результаты: за счет диффузионного насыщения металлической поверхности различными химическими элементами обеспечивается увеличение твердости, износостойкости, теплостойкости, разгаростойкости, коррозионной стойкости поверхностных слоев деталей и как результат повышение их долговечности. При определенных параметрах возможно восстановление изношенных поверхностей за счет их диффузионного наращивания, а также диффузионное «залечивание» мелких трещин, толщиной до 10 мкм.

Принципиальные преимущества: повышение стойкости в 2–10 раз в зависимости от вида изделий, совмещение с традиционными процессами закалки или отпуска, сохранение неизменной шероховатости поверхности. Возможна замена дорогостоящих легированных сталей на углеродистые, прошедшие химико–термическую обработку.

УДК 669.018:621.793

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ В ПРОЦЕССЕ ИОННОГО ОСАЖДЕНИЯ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

А.С. Калиниченко, д-р техн. наук,
В.А. Калиниченко, канд. техн. наук, Д.В. Воробьев
Белорусский национальный технический университет
(г. Минск, Республика Беларусь)

Введение. Создание рабочих слоев различной толщины и структуры является важной задачей повышения надежности и ресурса работы машин и деталей, поскольку именно износ поверхности лимитирует как передаваемые нагрузки, так и срок службы узлов. Существует много методов восстановления изношенных поверхностей или придания им особых свойств. Одним из таких методов является управляемое ионное осаждение из водных растворов, характеризующееся невысокой энергоемкостью и отсутствием в электролите сильных кислот. Применяя методы ионного осаждения из водных растворов, можно

проводить как восстановление изношенных рабочих поверхностей подшипников скольжения, поверхностей валов (с гладкой поверхностью и шлицевыми соединениями); восстановление втулок под рычаги рулевых тяг, демпфирующих подвесок, крестовин карданов, так и создание новых рабочих поверхностей с заранее заданной структурой, включая композиционные.

Эксперимент. Исследования проводились на установке, изготовленной в НИИЛ ПТФ БНТУ. При работе варьировались такие параметры, как плотность тока, состав электролита, дополнительное внешнее воздействие (применение магнитных полей, механическое перемешивание). В качестве материала подложки применялись сплавы на основе железа, на которых создавались покрытия из никеля, кобальта, а также композиционные структуры. При выборе электролита одним из обязательных условий является минимизация его компонентов, поэтому для испытаний были выбраны слабокислотные трехкомпонентные электролиты на базе солей Fe, Mn и Zn, растворённые в дистиллированной воде.

Результаты. Установлено, что при осаждении гомогенного металлического слоя получается равномерная мелкодисперсная структура без слоистости. Любое включение, на макроуровне, представляет собой концентратор напряжений. Как результат, при высокой объемной концентрации упрочняющей фазы наблюдается расслаивание осаждаемого покрытия, и образование трещин около упрочняющих частиц.

Эксперименты показали, что при получении композиционных структур размер частиц упрочняющей фазы играет значительную роль на качество покрытий. В то время как мелкие частицы равномерно распределяются по объему, крупные включения создают искажения тока нагрузки и приводят к дефектам слоистости. Как результат в районе малоразмерных частиц образуется слой металла с мелкозернистой структурой и можно обеспечить содержание упрочняющей фазы до 30 об.%. При использовании крупных частиц упрочняющей фазы (более 50 мкм), ввиду искажения металлической матрицы, их объемное содержание не должно превышать 10–15 %.

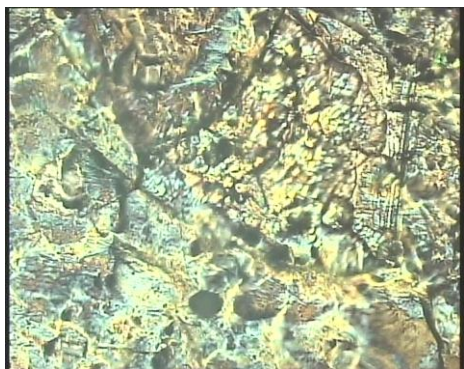


Рисунок 1 – Структура слоя покрытия из сплава железо-кобальт на стальной матрице (×200)

Как показали микроструктурные исследования, при осаждении сплава системы Fe–Co и никеля высокие токовые нагрузки (выше 8 A/cm^2) повышают размер зерна нанесённого покрытия в 2–3 раза, что ведёт к снижению износостойкости слоя. Снижение плотности токовой нагрузки в 2 раза при поддержании кислотности электролита в узком интервале позволило получить покрытия, содержащие значительное объемное содержание упрочняющей фазы, а также интерметаллидных соединений (рисунок 1).

Установлено, что скорость механического перемешивания электролита наиболее заметно проявляется при электрокристаллизации таких металлов как титан, вольфрам и сплавов на их основе, в частности, титан–алюминий, Вольфрам–кобальт, вольфрам–железо, вольфрам–хром, а также сплавов железо–молибден, молибден–кобальт, железо–никель–хром из водных растворов простых солей.

По результатам проведённых исследований установлено, что при осаждении композиционных покрытий на железоуглеродистых сплавах необходимо обеспечить оптимальное сочетание параметров процесса, которое определяется составом формируемого слоя. В этом случае возможно обеспечить эффективное упрочнение поверхности изделий при восстановлении изношенных деталей и достичь микротвердости порядка 15–18 ГПа.

621.79

УЗЕЛ КОЛЬЦЕВОГО ВВОДА ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПОТОК ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЫ

В.И. Кузьмин¹, А.А. Михальченко¹, Е.В. Картаев¹, Н.А. Руденская²

¹Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича
СО РАН, г. Новосибирск, Российская Федерация

²Научно–технологический парк БНТУ «Политехник»
г. Минск, Республика Беларусь

Основным способом подачи обрабатываемых дисперсных материалов в поток термической плазмы является точечный поперечный ввод [1,2]. Указанный способ транспортировки порошков вносит существенные возмущения в несущий поток. Возникающая при этом неоднородность полей температуры и скорости в струе плазмы приводит к появлению в её сечениях частиц, имеющих существенные отличия по тепловой и кинетической энергии и даже находящихся в различных агрегатных состояниях. А это значительно снижает качество покрытий при плазменном напылении. Кроме того, локальный точечный ввод характеризуется предельно низким к.п.д. использования энергии плазменной струи, который обычно не превышает 6% [3].

На наш, взгляд для получения осесимметричного высокотемпературного гетерогенного потока перспективным является использование узла кольцевого ввода обрабатываемого порошкового материала. В этом случае осесимметричный радиально–сходящийся поток частиц непосредственно за зоной анодной привязки дугового разряда позволит существенно увеличить эффективность взаимодействия потока плазмы с обрабатываемым материалом. Как показывают теоретические расчёты [4], использование узла кольцевого ввода позволяет