

Литература

1. Лопата Л.А., Красота М.В. Совершенствование технологии восстановления деталей типа «вал» электроконтактным припеканием металлических порошков // Теоретические и технологические основы упрочнения и восстановления изделий машиностроения: Сб. научн. трудов / Под ред. С.А. Астапчика, П.А. Витязя. – Мн.: ПГУ, 2001. – С. 300–303.
2. Упрочняющие покрытия дискретной структуры / Б.А. Ляшенко, А.Я. Мовшович, А.И. Долматов // Технологические системы – 2001. – № 4. – С. 17–25.
3. Технологическое обеспечение вакуум-плазменных покрытий дискретной структуры / Е.К. Соловых, Б.А. Ляшенко, А.В. Рутковский и др. // Технологические системы. – 2007. – № 2. – С. 22–27.
4. Оптимизация дискретных структур электроискровых покрытий / Б.А. Ляшенко, В.С. Антонюк, О.Б. Сорока, Л.А. Лопата // Артиллерийское и стрелковое вооружение: Международ. науч.-техн. сб. – К., 2004. – Вып. 4(13). – С. 30–34.
5. Получение износостойких дискретных покрытий электроконтактным припеканием / Л.А. Лопата, Б.А. Ляшенко, В.И. Калиниченко, Ю.В. Волков // Проблемы тертя та зношування: Наук.-техн. зб. – К.: НАУ, 2009. – № 51. – С. 139–148.
6. Волков Ю.В., Ляшенко Б.А., Лопата Л.А. Повышение износостойкости деталей судовых машин и механизмов покрытиями дискретной структуры. Технологическое обеспечение покрытий дискретной структуры электроконтактным припеканием. – Проблемы тертя та зношування. – К.: НАУ, 2015. – № 2(67). – С. 110–126.

Поболь И.Л. Физико-технический институт НАН Беларуси, Минск, Беларусь

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННО-ИОННО- ПЛАЗМЕННЫХ МЕТОДОВ

Электронно-ионно-плазменные методы обработки металлов и сплавов в режимах переплава, поверхностного упрочнения, нанесения покрытий, получения соединений, совмещенных способов воздействия обеспечивают формирование новых структурно-фазовых состояний, упрочнение материалов и придание деталям из металлов и сплавов таких сочетаний свойств, которые сложно или невозможно получить иными методами металлургии, сварки, объемного и поверхностного упрочнения. Их можно использовать с большой эффективностью практически на всех предприятиях машиностроительного профиля. В ФТИ НАН Беларуси проводятся исследования, разрабатываются технологии инженерии поверхности, получения сварных и паяных соединений.

Электронно-лучевые методы. Институт располагает современным комплексом автоматизированного электронно-лучевого (ЭЛ) оборудования с мощностью луча до 15 и 30 кВт и объемом рабочего пространства 3,5 м³ и 40 м³. Кроме оказания услуг предприятиям по сварке деталей, ведется поиск новых применений ЭЛС. Отработаны методы сварки нержавеющей стали с высоким содержанием бора АТАВОР и 04Х14ТЗР1Ф-Ш (ЧС-82). Из них изготавливаются трубы для размещения в бассейнах вы-

держки отработавшего ядерного топлива, которое может безопасно длительное время храниться в стеллажах с уплотненным шагом расположения труб.

С использованием гидроударной штамповки и ЭЛС изготовлена серия одноячеечных сверхпроводящих ниобиевых 1,3 ГГц резонаторов, предназначенных для ускорителей элементарных частиц. Начаты разработка и создание сверхпроводящих резонаторов для ускорительного комплекса NICA/MPD в ОИЯИ.

Поверхностное ЭЛ упрочнение в режиме закали с плотностью энергии 102–104 Вт/см² обеспечивает высокие скорости (103–105 °С/с) нагрева и самоохлаждения материала и приводит к дифференцированному упрочнению материала на глубину 0,1–2 мм, формированию в поверхностном слое новых структурных состояний. Твердость конструкционных, инструментальных и подшипниковых сталей достигает НРС 65-68, микротвердость – 10–11 ГПа.

Комбинированные и совмещенные ЭЛ методы инженерии поверхности связаны с нанесением на основу износ-, коррозионностойкого или антифрикционного материала, что обеспечивает получение комплекса высоких характеристик упрочненного изделия. Исследованы варианты

одно- и многослойной ЭЛ наплавки, ЭЛ обработки различных типов предварительно осажденных покрытий (электродуговых, газотермических, электролитических, детонационных, слоев ХТО и др.) на сталях и титановых сплавах. ЭЛ обработка таких покрытий приводит к благоприятным структурным и фазовым превращениям в покрытии и основе, изменениям в свойствах осажденных слоев, релаксационным процессам в дефектном материале покрытия, формированию переходной диффузионной зоны, градиента свойств по сечению от основы к поверхности, повышению прочности сцепления и плотности покрытий, износо-, жаро- и коррозионной стойкости и других характеристик.

Опыт по формированию одно- и многослойных композиций путем последовательного ЭЛ нагрева и расплавления добавляемых материалов служит основой для создания новых методов аддитивных технологий. На ЭЛ оборудовании отрабатываются варианты послойного выращивания изделий из 3D моделей с использованием исходного материала в виде проволоки.

Технологии и оборудование ионной ХТО. Ионная ХТО (азотирование, цементация, нитроцементация) деталей из сталей, чугунов, титановых сплавов обеспечивают значительное (в 2–3 раза по сравнению с традиционной газовой ХТО) снижение энергозатрат и общей стоимости упрочнения. Независимое управление расходом каждого из компонентов рабочей газовой среды (азота, аргона, метана или ацетилен) и давлением в камере позволяют формировать на изделиях из раз-

ных марок сталей и сплавов титана азотированные слои заданного состава и глубины. Создаваемое в институте оборудование полностью автоматизированное. Особенности технологий - возможность управления химической активностью разряда в зависимости от марки обрабатываемого материала, площади упрочняемой садки и температуры процесса. Это обеспечивает серийную устойчивость технологии ионной ХТО, воспроизводимость результатов обработки независимо от степени загрузки камеры изделиями (садки деталей массой от килограммов до нескольких тонн, бездеформационной обработки деталей длиной до 3200 мм). Наше промышленное оборудование ионной ХТО успешно эксплуатируется на крупнейших предприятиях Беларуси и России.

Технологии и оборудование электролитно-плазменной обработки, электрохимического оксидирования, нанесения упрочняющих покрытий. Однослойные покрытия на деталях машин и инструменте в некоторых случаях исчерпали себя. Накоплен опыт разработки технологий и создания оборудования для осаждения многослойных многокомпонентных композиций, которые стабильно обеспечивают повышение стойкости изделий от 2 до 5 и более раз.

Изготавливаются медицинские имплантаты из сплавов титана с защитно-декоративными покрытиями толщиной 0,05–1,0 мкм, обладающими улучшенными медико-биологическими и эксплуатационными характеристиками.

Работа выполнена в рамках проекта БРФФИ № Т15УК/А-054.

Сенють В.Т. Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, Минск, Беларусь

РАЗРАБОТКА СВЕРХТВЕРДЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОРОШКОВ НИТРИДА БОРА

В промышленном производстве различных изделий постоянно используются материалы с повышенными прочностью, твердостью, износоустойчивостью, что вызывает определенные трудности при их механической обработке [1]. Данное обстоятельство обуславливает необходимость создания эффективных материалов для режущего

инструмента. Существующие композиционные и поликристаллические сверхтвердые материалы (ПСТМ) на основе кубического нитрида бора (сBN) в значительной мере соответствуют требованиям, предъявляемым к современным режущим инструментам. Управление процессами формирования структуры и свойств исходных шихт