

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 ацетилена) 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

на основе различных фаз BN позволяет создавать ПСТМ с требуемыми сочетаниями свойств [2, 3].

Известно, что высокий уровень механических свойств ПСТМ на основе cBN определяется дисперсностью их структуры [4]. По аналогии с тугоплавкими материалами, которые приобретают пластические свойства в нанодисперсном состоянии [5], сверхтвердые материалы, полученные на основе композиций, содержащих нано-, субмикро-, микропорошки cBN, модифицированных тугоплавкими соединениями, также должны обладать улучшенными физико-механическими характеристиками. Поэтому разработка методов получения таких композиций на основе модифицированных порошков BN различного фазового состава является актуальной практической задачей.

Синтез исходных порошков для получения композитов. В качестве основы композиционных материалов и ПСТМ были использованы субмикро- и микропорошки cBN, полученные в Объединенном институте машиностроения НАН Беларуси. Исходные порошки синтезированы из гексагонального нитрида бора (hBN) с использованием различных активаторов и катализаторов фазового превращения последнего в кубическую модификацию. Так, микропорошок cBN размером 4–10 мкм получен в системе BN-Mg; микропорошки cBN с размером основной фракции 2–4 мкм, синтезированы в системе BN-Na₃N; субмикропорошки cBN были получены в системах Mg-Al-BN и Al-BN. В последнем случае количество вводимой добавки алюминия не превышает 5 мас.%, что позволяет повысить качество и термостойкость порошка.

Модифицирование порошков различных фаз BN с помощью механоактивации. Механоактивация порошков cBN способствует наведению в них дефектной структуры, образованию сколов и «свежих» поверхностей, что положительно сказывается на их спекании и взаимодействии со связующими при термобарической обработке.

Предварительная механоактивация порошков hBN позволила получить наноструктурный многофазный порошок на его основе, в котором наря-

ду с hBN отмечено присутствие фаз BN высокого давления в сильно разупорядоченном состоянии. Последующее спекание активированного порошка BN в условиях высоких давлений и температур позволило получить наноструктурный поликристаллический материал на основе cBN с иерархической структурой.

Химико-термическое модифицирование порошков BN. Высокие дисперсность и удельная поверхность субмикро- и нанопорошков вюрцитного (wBN) и кубического BN предполагают значительное влияние химсостава поверхности таких порошков на процессы их спекания в условиях высоких давлений и температур. В работе проведено модифицирование поверхности порошков wBN и cBN методом химико-термического осаждения, что позволило получать композиционные порошки плотных фаз BN различной дисперсности с необходимым набором свойств.

Так, были получены порошки cBN, модифицированные вольфрамом (W), бором (B), титаном (Ti), алюминием (Al), хромом (Cr), кремнием (Si) и др., а также порошки cBN, модифицированные последовательно двумя элементами—W-B, Ti-B, Al-B. Композиционные порошки wBN и cBN использовали для получения ПСТМ методом термобарического спекания.

Изучены процессы получения субмикро- и микропорошков cBN с использованием различных катализаторов, что позволило варьировать зернистость синтезируемых порошков cBN в широких пределах. Разработаны технологические процессы модифицирования порошков на основе различных фаз BN методами механоактивации и химико-термического осаждения.

Методом термобарического спекания композиционных наноструктурных и микропорошков wBN и cBN получены ПСТМ для полустойкой и чистой обработки закаленных сталей, высокопрочных чугунов и других труднообрабатываемых материалов. Показана перспективность применения полученных материалов для магнитно-абразивной обработки изделий общего и точного машиностроения.

Литература

1. Твердосплавные инструменты в процессах механической обработки / Под ред. Н.В. Новикова, С.А. Клименко. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля, 2014. – 318 с.
2. Технологии производства инструментов с пластинами из наноструктурных сверхтвердых материалов / П.А. Витязь, В.Т. Сенють, И.В. Валькович, М.Л. Хейфец // Процеси механічної обробки в машинобудованні. Зб. наук. праць. – Житомир: ЖДТУ, 2011. – Вип. 10. – С. 88–98.
3. Витязь П.А., Сенють В.Т. Синтез и применение наноструктурных сверхтвердых материалов инструментального назначения // Известия НАН Беларуси. Сер. физ.-техн. наук. – 2015. – № 3. – С. 60–76.
4. Инструменты из сверхтвердых материалов / Под ред. Н.В. Новикова, С.А. Клименко. – М.: Машиностроение, 2014. – 608 с.
5. Трефилов В.И., Мильман Ю.В., Фирстов С.А. Физические основы прочности тугоплавких металлов. – К.: Наукова думка, 1975. – 315 с.