

активирующих добавок или совсем без них. Этот метод позволяет получать высокоплотные материалы с сохранением нанокристаллических размеров частиц в структуре спеченных композитов. В качестве исходных компонентов использовались субмикронные порошки нитрида кремния, нитрида титана, оксиды алюминия и иттрия, наноразмерные и субмикронные порошки кубического нитрида бора. Оксиды алюминия и иттрия использовались как добавки, активирующие процесс спекания разрабатываемого композиционного материала. Образцы из шихты на основе данных компонентов в различных процентных соотношениях спекались в диапазоне температур от 1300 °С до 1900 °С. Давление в матрице горячего прессования составляло 4 ГПа. Анализ микроструктуры образцов проводился по микрофотографиям, полученным с использованием детектора обратно отраженных электронов сканирующего электронного микроскопа. Использование детектора обратно отраженных электронов позволило по изменению цвета фаз, в зависимости от атомного номера входящих в фазу химических элементов, идентифицировать присутствующие в исследуемых образцах фазы и оценить характер их распределения. Фазы  $Al_2O_3$  и  $Y_2O_3$  располагаются в виде тонких включений по границам частиц  $BN$ ,  $TiN$  и  $Si_3N_4$ . При высоких температурах спекания (более 1600 °С) в структуре керамических композитов начинают появляться отдельные области, содержащие оксиды кремния, образовавшиеся при распаде (окислении) нитрида кремния.

Использование шихты ( $\alpha-Si_3N_4 - TiN - Y_2O_3 - Al_2O_3$ ) + 30-50% кубического нитрида бора позволило создать методом горячего прессования высокоплотный композит с пористостью не более 2-3% с равномерным распределением входящих в шихту фаз.

УДК 621.79

### **Разработка и исследование процессов электролитно-плазменной обработки титановых и циркониевых сплавов**

Алексеев Ю.Г., Королёв А.Ю., Григорьев С.В.  
Белорусский национальный технический университет

Одним из прогрессивных методов повышения качества поверхности металлических изделий является электролитно-плазменная обработка (ЭПО), которая широко используется в процессах полирования, удаления заусенцев и очистки изделий медицинского назначения, декоративных изделий, деталей машин и приборов. Однако массовое использование технологии ЭПО ограничивается тем, что в промышленных масштабах к настоящему времени освоены процессы ЭПО только небольшого перечня

материалов: низкоуглеродистые и коррозионностойкие стали, алюминиевые сплавы, бронзы и латуни. В то же время существует и ряд других распространённых материалов включая титановые и циркониевые сплавы, широко применяемые при производстве ответственных изделий, технология изготовления которых предусматривает выполнение качественной финишной обработки. К таким изделиям относятся, зубные и костные имплантаты, имплантаты для травматологии, фиксаторы позвоночника и другие изделия из титановых сплавов; турбинные лопатки двигателей из титановых сплавов; листы; детали тепловыделяющих и теплообменных элементов ядерно-энергетических систем из циркониевых сплавов. Как правило, такие детали имеют сложную геометрическую форму, поэтому при полировании их механическими методами возникают значительные трудности. Для электрохимических технологий указанные материалы являются труднообрабатываемыми, а процессы их полирования требуют применения токсичных электролитов. Для решения указанных проблем разработана технология электролитно-плазменного полирования и очистки изделий из титановых, и циркониевых сплавов. Технология обладает высокой экологической безопасностью по сравнению с классическим электрохимическим полированием за счёт применения безвредных электролитов. Технология обеспечивает снижение шероховатости поверхности с  $Ra = 1,25-0,8$  мкм до  $Ra = 0,2-0,04$  мкм. Продолжительность обработки составляет в среднем 5 мин. Новый метод электролитно-плазменной обработки реализуется в электролитах на основе водных растворов солей общей концентрацией не более 5 %. Для сравнения, традиционное полирование, например, титановых сплавов выполняется в электролитах с температурой 80 °С, содержащих помимо серной и азотной кислот, токсичную плавиковую кислоту концентрацией 20–25 %.

УДК 621.9.047.7

### **Импульсное биполярное электрохимическое полирование изделий из алюминиевых сплавов**

Нисс В.С., Паршутю А.Э., Головач С.И.  
Белорусский национальный технический университет

Электрохимическое полирование поверхности металлов и сплавов в настоящее время является одним из наиболее прогрессивных технологических процессов повышения качества поверхности, не смотря на то, что используется в промышленности на протяжении многих десятилетий. Однако ЭХП в его классическом виде имеет ряд существенных недостатков. Одним из них является зависимость режимов