ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Физическая мезомеханика. Материалы с многоуровневой иерархически организованной структурой и интеллектуальные производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.
Томск, Россия

Томск – 2021
Издательство ТГУ

DOI: 10.17223/978-5-907442-03-0-2021-197

КОМПОЗИТЫ Al-Ti, Al-Ti-Si, ПОЛУЧЕННЫЕ ГОРЯЧИМ УПЛОТНЕНИЕМ ПОРОШКОВЫХ СМЕСЕЙ

Фирсина И.А., Прибытков Г.А.
Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

Материалы на основе систем Al-Ti и Al-Ti-Si, полученные методами порошковой металлургии, представляют большой интерес в качестве распыляемых мишеней (катодов) для нанесения ионно-плазменных покрытий на металлорежущий инструмент и ответственные детали машин современной техники. Наиболее перспективными с точки зрения свойств осаждаемых покрытий являются катоды, содержащие 50-67 ат.% алюминия [1-4]. Получить плотные материалы такого состава спеканием порошковых смесей Al и Ti невозможно из-за сильного объемного роста [5]. Высокая пористость катодного материала понижает его теплопроводность, что приводит к перегреву рабочей поверхности катода вакуумной дугой и увеличению содержания капельной фракции в плазменных струях.

Цель настоящей работы – структурные исследования катодных материалов, полученных горячим уплотнением порошковых смесей. Смеси составов (ат. %) Al67Ti33, Al50Ti50 и Al30Ti60Si10 готовили из порошков титана: марок ТПП-8 (<160 мкм) и ПТМ (<40 мкм), алюминия ПА-4 (<40 мкм) и кремния КР-00 (<40 мкм). Смеси прессовали вхолодную, а полученные заготовки нагревали в печи для последующего горячего уплотнения. Согласно предварительно проведенным исследованиям при кратковременном (до 15 минут) нагреве прессовок при температурах до 550 °С исходный фазовый состав смеси не изменяется. Микроструктура материалов, полученных горячим уплотнением заготовок различного элементного состава, приведена на рисунке 1.

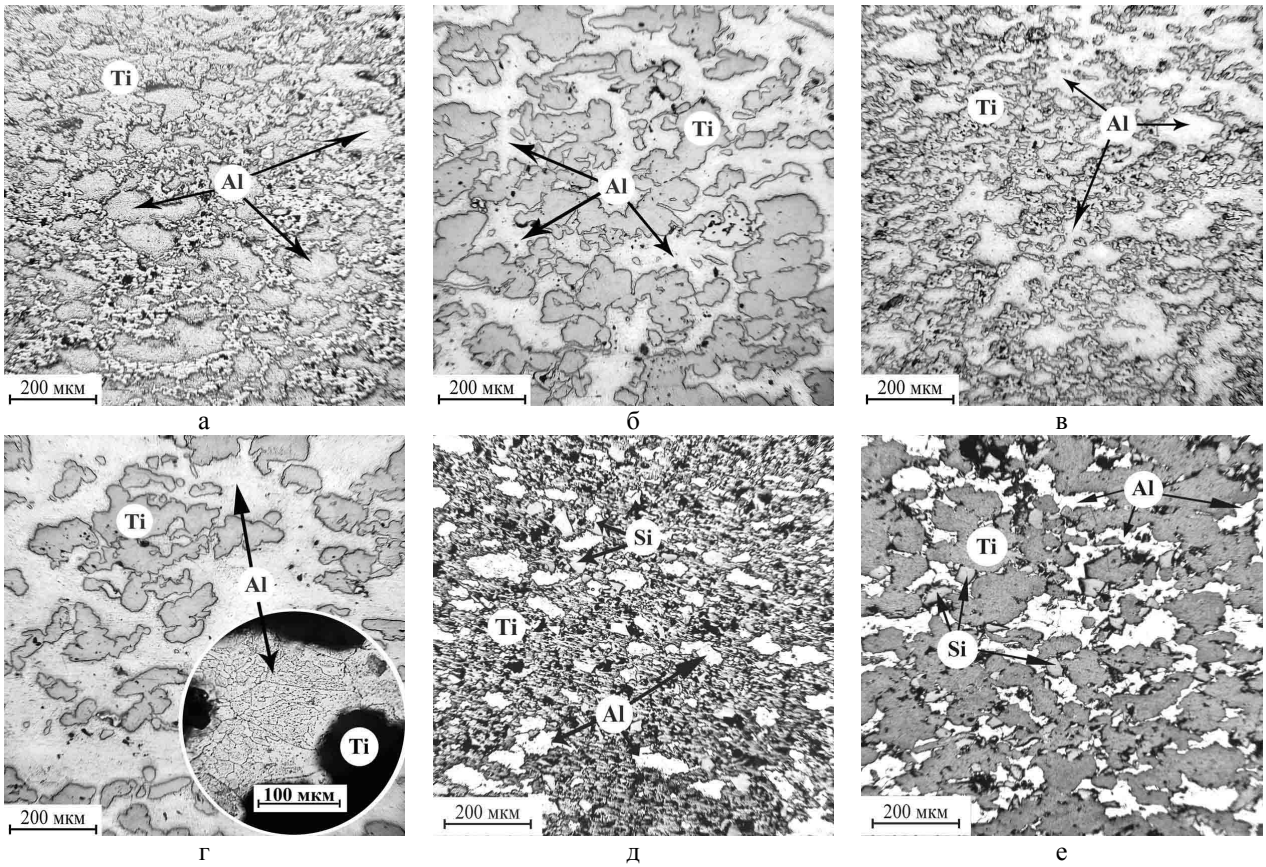

Рис. 1. Микроструктура порошковых композитов различного состава (ат. %) после горячего уплотнения при 550 °С давлением 0,5 ГПа: (а), (б) Al50Ti50; (в), (г) Al67Ti33; (д), (е) – $Al_{30}Ti_{60}Si_{10}$; (а), (в), (д) смеси с титаном ПТМ, (б), (г), (е) смеси с титаном ТПП-8

В микроструктуре композитов с титаном ТПП-8 (рис. 1б, 1г, 1е) видны немногочисленные поры, преимущественно на межфазных границах. В композитах с

титаном ПТМ (рис. 1а, 1в, 1д) количество пор значительно больше, причем бóльшая часть пор находится внутри конгломератов из частиц Ti. Текучесть алюминия при максимальном приложенном давлении горячего уплотнения недостаточна, чтобы заполнить поры внутри конгломератов титановых частиц и обеспечить контакт алюминиевой матрицы со всеми частицами Ti. На уплотнение помимо дисперсности двух использованных порошков титана влияет также их различная твердость. Микротвердость ТПП-8 и ПТМ равна 1490 и 5400 МПа, соответственно. Характер структуры композитов и их пористость определяются объемной долей титана в смесях. При большом содержании алюминия (67 %) он образует матрицу с отдельными включениями титановых частиц или их конгломератов (рис. 1в, 1г). Включения отдельных частиц Ti и их конгломератов оказываются более разреженными, что способствует заполнению промежутков между ними алюминием и, как результат, уменьшению пористости. При минимальном содержании алюминия он локализуется в виде областей различного размера и формы (рис. 1 д, 1е). Остаточная пористость после горячего уплотнения смесей с минимальным содержанием алюминия не превышает 4 %.

Микроструктура алюминиевой матрицы представлена на круглой вставке рисунка 1г. Матрица имеет двухуровневую зеренную структуру, в которой выделяются крупные зерна со сплошными границами. Крупные зерна имеют субструктуру в виде мелких зерен, разделенных более тонкими, местами прерывистыми границами. Судя по размеру, крупные зерна представляют собой исходные частицы алюминиевого порошка, сросшиеся в процессе горячего уплотнения холоднопрессованных заготовок.

Выводы:

1. Горячая допрессовка давлением 0,5 ГПа предварительно нагретых до 550 С холоднопрессованных заготовок из многокомпонентных порошковых смесей на основе Al позволяет получать катодные материалы с остаточной пористостью 3-4 %, которая обеспечивает вакуумную плотность и водонепроницаемость материала.

2. Пористость после горячего уплотнения определяется объемным содержанием алюминия в порошковой смеси и дисперсностью титанового порошка и слабо зависит от давления холодного прессования заготовок.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2021-0005.

1. Sing K., Limaye P.K., Soni N.L., Grover A.K., Agrawal R.G., Suri A.K. Wear studies of (Ti-Al)N coatings deposited by reactive magnetron sputtering // Wear. – 2005. Vol. 258. – P. 1813-1824.

2. Hörling A., Hultman L., Oden M., Sjölén J, Karlsson L. Mechanical properties and machining performance of $Ti_{1-x}Al_x$ N-coated cutting tools // Surface & Coating Technology. – 2005. - Vol. 191. – P. 384-392.

3. Kutschej K., Mayrhofer P.H., Kathrein M., Polcik P., Tessadri R., Mitterer C. Structure, mechanical and tribological properties of sputtered $Ti_{1-x}Al_xN$ coatings with $0,5 \leq x \leq 0,75$ // Surface & Coating Technology. – 2005. – Vol. 200. – P. 2358-2365.

4. Сергеев В.П., Федорищева М.В., Воронов А.В., Сергеев О.В., Яновский В.П., Псахье С.Г. Трибомеханические свойства и структура нанокомпозитных покрытий $Ti_{1-x}Al_xN$ // Изв-ия Том. политех. ун-та. - 2006. - Т. 309, № 2. – С. 149-153.

5. Савицкий А.П. Жидкофазное спекание систем с взаимодействующими компонентами. – Новосиб.: Наука СО, 1991. – 184 с.