

МИКРОСТРУКТУРА ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИДОВ НИКЕЛЯ, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО НАПЫЛЕНИЯ СБОРНЫХ МИШЕНЕЙ

А.В. ГИРЦ, Т.С. ОГНЕВА

Новосибирский государственный технический университет

E-mail: pandorra.06@mail.ru

В настоящее время алюминиды никеля известны как эффективные материалы для защитных покрытий металлов и сплавов, использующиеся в таких областях промышленного производства как авиа- и ракетостроение, микроэлектроника, химическая и нефтяная промышленность. Это обусловлено благоприятным сочетанием их свойств, а именно, высоким уровнем жаропрочности, стойкостью к окислению (в том числе при повышенных температурах) и стойкостью к изнашиванию в совокупности с повышенными прочностными свойствами. Отмеченные преимущества позволяют использовать интерметаллиды в качестве защитных жаростойких и износостойких покрытий.

Одним из немногих способов, позволяющих наносить тонкие интерметаллидные покрытия на подложки различной природы (металлические, керамические и полимерные) является магнетронное напыление. Достоинствами метода магнетронного напыления при получении тонких покрытий являются высокая плотность микро- или нанокристаллической структуры, полное отсутствие капельной фазы, возможность нанесения покрытий на термочувствительные материалы при низких температурах, а также высокая скорость осаждения.

Согласно литературным данным, для получения интерметаллидов методом магнетронного распыления в большинстве случаев используется последующий отжиг напыленных материалов [1–4]. В данной работе рассматривается возможность формирования интерметаллидных покрытий непосредственно в процессе магнетронного распыления путем использования единой сборной мишени, состоящей из секторов никеля и алюминия.

Цель работы заключалась в установлении возможности синтеза интерметаллидных соединений непосредственно в процессе распыления, а также в исследовании влияния длительности магнетронного распыления сборных мишеней на структурные особенности получаемых покрытий.

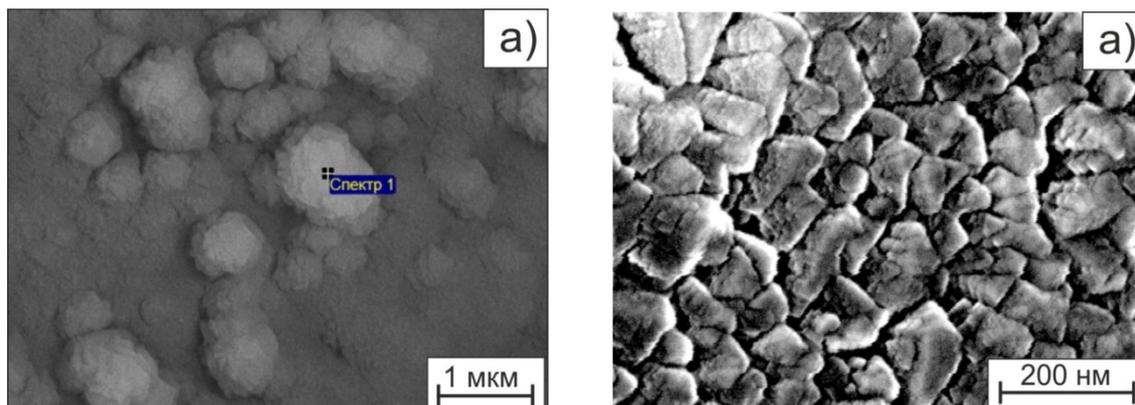


Рисунок 1 – Растровая электронная микроскопия напыленного покрытия, полученного в результате магнетронного распыления в течение 20 минут: а) глобулярная структура; б) наноразмерное зеренное строение

Эксперименты по напылению проводилось на магнетронной распылительной системе VSE-PVD-DESK-PRO. Мишень диаметром 75 мм и толщиной 4 мм состояла из

двух полукруглых частей технически чистых никеля и алюминия. В качестве подложек использовалась пластины оксида алюминия (Al_2O_3) и меди. Мощность тока находилась на уровне 700 Вт, напряжение составляло 550 В. Давление в процессе распыления было равно $5,4 \times 10^{-5}$ гПа. Длительность распыления для разных образцов варьировалась от 2 до 40 минут.

Для изучения структуры напыленных покрытий использовался растровый электронный микроскоп Carl Zeiss Merlin, оснащенный приставкой для микрорентгеноспектрального анализа. Идентификация фаз в напыленных покрытиях осуществлялась путем расшифровки дифрактограмм, снятых на рентгеновском дифрактометре ARL X'TRA.

Методом микрорентгеноспектрального анализа было установлено, что в процессе распыления формируется покрытия, содержащие ~ 54 % Al и ~ 46 % Ni (спектр на рисунке 1 а). Различия в содержании элементов в формирующихся покрытиях может быть связано с различной скоростью распыления элементов. Изменение количественного состава алюминия и никеля в зависимости от мощности тока не наблюдалось.

В ходе исследований методом растровой электронной микроскопии материала была выявлена зеренная структура покрытий. В некоторых участках на поверхности напыленного слоя наблюдались типичные для магнетронного напыления глобуляры. Следует отметить, что наблюдался рост размера зерна с увеличением длительности напыления. Так, в образцах, напыляемых в течение 2 минут, размер зерна колеблется в диапазоне 10...30 нм, в образцах с длительностью напыления равной 20 минутам – 70...150 нм, 100...200 нм. Наноструктура покрытия, полученного в результате напыления в течение 20 минут, представлена на рисунке 1 б.

Согласно данным рентгенофазового анализа в напыленных слоях были обнаружены интерметаллидные фазы NiAl и Ni_2Al_3 . Таким образом, можно сделать вывод, что с применением сборных мишеней возможен синтез интерметаллидных покрытий непосредственно в процессе магнетронного напыления без последующего отжига.

Список литературы

1. Espinoza Torres C., Condo A.M., Haberkorn N. etc. Structures in textured Cu–Al–Ni shape memory thin films grown by sputtering // *Materials Characterization*. – № 96. – 2014. – P. 256–262.
2. Wu Q., Li Sh., Ma Yu., Gong Sh. Study on behavior of NiAl coating with different Ni/Al ratios // *Vacuum*. – 93. – 2013. – P. 37-44.
3. Liu K.T., Duh J.G. Hardness evolution of NiTi and NiTiAl thin films under various annealing temperatures // *Surface & Coatings Technology*. – 202. – 2008. – P. 2737–2742.
4. Li P.Y., Lu H.M., Tang S.C., Meng X.K. An in-situ TEM investigation on microstructure evolution of Ni-25 at.% Al thin films // *Journal of Alloys and Compounds*. – 478. – 2009. – P. 240–245.