

СВОЙСТВА ПЛЕНОК, ПОЛУЧЕННЫХ МАГНЕТРОННЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА

Шагинян Л.Р., Горбань В.Ф., Крапивко Н.А., Копылов И.Ф., Верещака В.М., Карпец М.В., Даниленко Н.И.

Институт Проблем Материаловедения НАН Украины 03680, Киев – 142, ул. Кржижановского 3, lrshag@ipms.kiev.ua

Высокоэнтروпийные сплавы сравнительно новый класс соединений, основными отличиями которых от известных сплавов являются: (1) многокомпонентность – в их состав должно входить не менее пяти элементов, (2) концентрация элементов n в соединении должна находиться в пределах $35 > n > 5$ ат.%. Предполагается, что означенные особенности этих соединений придадут им необычные механические, тепло- и электрофизические свойства, что обеспечит им широкое применение в различных областях техники.

Важнейшей формой любого материала, используемого во всех областях современной промышленности, являются покрытия и тонкие твердотельные пленки. В современном производстве таких материалов в основном используются высокоскоростные ионно-плазменные методы, к которым относятся и магнетронное распыление (МР). Характерной особенностью этого метода является способность переносить в пленку состав распыляемого материала без заметного отклонения от исходного. Поскольку требование к составу для высокоэнтропийных соединений достаточно жестко, МР представляется оптимальным методом для создания пленок таких соединений.

Для получения пленок подобного класса соединений нами выбран химический состав (Fe-Co-Ni-Cr-Al-Cu-V) сплава, который бы обеспечивал ее структурную однофазность. Из этих элементов с помощью аргоно-дугового разряда в предварительно вакуумированной камере была выплавлена мишень для МР. Распыление мишени осуществляли в среде аргона и иногда в смеси с азотом (10:8) при давлении ~ 0.3 Па. Подложками служили пластины монокристаллического кремния, диски из нержавеющей стали X18H9 и жаростойкой стали ЖС-36. В процессе осаждения растущий конденсат подвергался ионной бомбардировке с энергией ионов

~ 60 эВ. Температура подложек, предварительно подвергавшихся в течение 10 мин жесткой ионной бомбардировке ($E \sim 600$ эВ, $j \sim 1-1.5$ А, см²) с целью их финишной очистки и нагрева, достигала $210-220^{\circ}$ С. Средняя толщина конденсатов, осаждаемых со скоростью $\sim 0,8-1,2$ нм/с, составляла 3-5 мкм.

Состав полученных конденсатов, исследованный с помощью анализа интенсивности спектров характеристического рентгеновского излучения, соответствовал 11Fe-16,5Co-19,7Ni-13Cr-11Al-16,2Cu-13V, что показывает, что материал пленки соответствует требованиям, предъявляемым к высокоэнтропийным сплавам

Структура пленок, исследованная рентгенографически, всегда была текстурированной. В ряде случаев это была одна ОЦК-фаза с параметром $a=2,955$ Å, в других случаях двухфазной с параметрами $a=2,919$ Å (ОЦК) и $a=3,663$ Å (ГЦК) фаз с массовым соотношением фаз 67% и 33% соответственно. Размер ОКР по данным просвечивающей электронной микроскопии составлял 30-50 нм, что свидетельствует об их нанокристаллической природе.

Микротвердость конденсатов, измеренная с помощью микроиндентирования, лежала в пределах 12-15 ГПа, с модулем Юнга 143-190 ГПа. Особенностью наших пленок является высокие значения H/E^* - на уровне 0.07–0.08, тогда как для пленок обычных однофазных металлов эта величина в 1.5–2 раза ниже. Отметим, что твердость подложки, из высокопрочной жаростойкой стали ЖС-36, измеренной в тех же условиях, что и пленок, составила 5.9 ГПа.

В заключение, методом МР нами были получены структурно однофазные нанокристаллические пленки высокоэнтропийного сплава сложного состава с повышенными механическими свойствами