

КАТОД-ИСПАРИТЕЛЬ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ

*И.Н. Гатауллов, 5 курс, специальность
190601.65 «Автомобили автомобильное хозяйство»
Научный руководитель: А.В. Чихранов, к.т.н., доцент
Технологический институт – филиал ФГОУ ВПО «Ульяновская
государственная сельскохозяйственная академия»*

Для упрочнения рабочих поверхностей режущего инструмента в настоящее время широкое применение нашли износостойкие наноструктурные ионно-плазменные покрытия, наносимые методом конденсации вещества с ионной бомбардировкой (КИБ). Среди таких покрытий чаще всего используются одно- и многослойные покрытия на основе нитридов и карбонитридов титана, циркония, молибдена, хрома, железа, алюминия и кремния и их сложных соединений. В работах Верещаки А.С., Табакова В.П. показана эффективность применения таких покрытий.

Среди нитридообразующих элементов в настоящее время большой интерес представляет кремний. В чистом виде его нитрид Si_3N_4 обладает высокой твердостью, тепло- и износостойкостью и используется для изготовления минералокерамического режущего инструмента. В износостойких покрытиях сложного состава кремний выступает сильным упрочнителем, значительно повышая их твердость и износостойкость. Однако широкое применение кремния в качестве элемента износостойких ионно-плазменных покрытий сдерживают его полупроводниковые свойства.

При нанесении износостойких покрытий методом КИБ для генерации паров нитридообразующего элемента используется сильноточный низковольтный разряд. При этом для устойчивого горения электрической дуги кремний должен обладать высокой электропроводностью. В то же время технически чистый (металлургический) кремний обладает высоким удельным электросопротивлением. Известно, что на электрофизические свойства кристаллического кремния большое влияние оказывают содержащиеся в нем примеси. Для повышения электропроводности в него вводят добавки элементов III-й группы (бора, алюминия, галлия и индия) или V-й группы (фосфора, мышьяка и сурьмы). Таким образом, наиболее подходящим легирующим элементом для кремния является алюминий.

Диаграмма состояния системы «алюминий – кремний» является диаграммой эвтектического типа. Выше температуры $578^{\circ}C$ (линия солидус) за исключением областей α - и β -твердых растворов сплав имеет в своем составе жидкую фазу, содержание которой увеличивается с повышением температуры.

Для расплавления исходной шихты с любым заданным процентным содержанием компонентов необходимо обеспечить температуру выше температуры плавления кремния ($1430^{\circ}C$) на $30...50^{\circ}C$, т.е. около $1500^{\circ}C$. В то же время для получения гомогенного сплава необходимо достаточное время выдержки при этой температуре. Время выдержки можно значительно сократить при измельчении компонентов шихты (кремния и алюминия). Однако при этом резко увеличивается поверхность измельченных частиц, на которых образуются пленки оксидов Al_2O_3 и SiO_2 с температурами плавления $2050^{\circ}C$ и $1750^{\circ}C$ соот-

ветственно. Такие оксидные пленки значительно затрудняют сплавление компонентов, создавая дополнительное поверхностное натяжение в мелкодисперсных частицах. В результате возникает непростой выбор: либо увеличивать время выдержки сплава при повышенных температурах для его гомогенизации при использовании в качестве компонентов шихты крупных частиц (кусков) алюминия и кремния, либо еще больше увеличивать рабочую температуру для преодоления сил поверхностного натяжения оксидных пленок в мелкодисперсных частицах алюминия и кремния. Кроме того, повышение рабочей температуры требует применения высокотемпературных печей с рабочими температурами выше 1500...1600°C.

Для решения этого вопроса предлагается способ двойного переplава. В качестве компонентов шихты используются порошок кремния, полученный механическим измельчением кусков кристаллического (металлургического) кремния, и алюминиевая фольга. Порошок кремния тонким слоем равномерно насыпался на алюминиевую фольгу, которая потом сворачивалась в цилиндрические стержни диаметром 5...8 мм. Полученные заготовки подвергались первичной переplавке с использованием дуговой сварки постоянным током неплавящимся (вольфрамовым) электродом в защитном газе (аргоне).

Далее полученные слитки сплава подвергались последующей вторичной переplавке в муфельной печи. Рабочая температура выбиралась в интервале от 900°C до 1400°C в зависимости от содержания кремния в сплаве.

Полученный расплав далее разливался в стальную форму с последующей доливкой верхнего слоя жидкого алюминия. Диаметр формы выбирался на 5...8 мм больше диаметра готового катода-испарителя, используемого в установках для нанесения ионно-плазменных покрытий. Полученная после кристаллизации заготовка подвергалась дальнейшей механической обработке для обеспечения необходимых размеров – диаметра и размеров крепежной части катода-испарителя.

Химический состав сплавов определяли методом количественного рентгеноспектрального анализа на установке MAP-4. Для учета матричных эффектов применяли метод ZAF-поправок. Анализ химического состава показал, что в различных частях отливки наблюдается его постоянство. Это свидетельствует о гомогенности полученного сплава.

В результате проведенного эксперимента максимальное содержание кремния в сплаве достигало 95,8%. Во всех случаях полученные сплавы обладали высокой электропроводностью, что позволяет их использовать в качестве материалов катодов-испарителей для нанесения ионно-плазменных покрытий.