УДК 621.357.7

**Электроосаждение сплава золото-медь на электрические контакты горного оборудования**

**Оберкович О.В., студентка; Сербиновская Н.М., доцент, к.т.н.;**

**Балакай В.И., зав. каф., проф., д.т.н.**

*(Южно-Российский государственный технический университет*

*(Новочеркасский политехнический институт), г. Новочеркасск, Россия)*

В настоящее время среди материалов, используемых в новой технике, возросла доля гальванических сплавов. Такие сплавы часто отличаются как по своему фазовому составу, так и по структуре от металлургических сплавов. Наиболее перспективными контактными материалами для слаботочных скользящих контактов (ССК) ответственного назначения считают сплавы золота, особенно ЗлХ и ЗлМ. У них по сравнению с чистым золотом повышается износостойкость и уменьшается избирательный перенос. Необходимо отметить, что единственным недостатком сплавов золота является снижение качества контактирования, который должен устраняться при их упорядочении. Упорядочение – процесс, который необходимо изучать и применять в технике изготовления и применения ССК. Электросопротивление сверхструктуры, как правило, приближается к электросопротивлению чистых металлов, но в то же время для неё растут модули упругости и твердости. Применение сверхструктур дает решение проблемы противоречивости требований к трущимся контактным парам: низкого контактного переходного сопротивления, характерного для чистых мягких металлов, и высокой износостойкости, являющейся обычно следствием больших искажений в кристаллической решетке таких металлов или присущей металлам с высокой температурой плавления и низкими значениями удельной электропроводности.

Плоскости (002) для сверхструктуры AuCu содержат попеременно либо только атомы золота, либо только атомы меди, в результате чего в направлении оси с происходит сжатие, что приводит к образованию тетрагональной гранецентрированной структуры. Полная упорядоченность может быть только при стехиометрическом соотношении компонентов. Степень упорядоченности может быть определена рентгенографически, путем экспериментального измерения отношения интенсивностей сверхструктурной и структурной линий рентгенограмм. Определение надо производить по линиям (224) и (024). Можно измерять параметр кристаллической решетки (в случае отсутствия в ней внутренних напряжений первого рода). Отчасти о величине упорядоченности можно судить по появлению на рентгенограммах диффузного рассеяния рентгеновских лучей, которое возрастает по мере увеличения ближнего порядка. Степень ближнего порядка равна единице в случае полной упорядоченности сплава [1].

К получению подобной структуры следует стремиться для электроосажденных сплавов золото-медь, чтобы получить оптимальные контактные свойства последних. Для осаждения сплава золота с медью типа ЗлМ-750 опробовали роданидные, фосфатные, железистосинеродистые и другие электролиты, причем покрытия стехиометрического состава при комнатной температуре получили из железистосинеродистого электролита. Выбрали оптимальную методику приготовления электролита. Получили светлые матовые покрытия сплавом в интервале катодных плотностей тока 0,1 – 0,3 А/дм2 . Содержание золота в сплаве 70 – 90 масс. %. Оптимальные контактные свойства литых сплавов ЗлМ-750 получают, упорядочивая сплавы с созданием определенной доменной структуры. Это достигается специальным режимом обработки сплава.

При электроосаждении сплава ЗлМ-750 необходимое напряженное состояние сплава может реализоваться уже в процессе нанесения сплава в гальванической ванне из-за высокой неравновесности этого процесса. Однако не только это может отличать электроосажденные сплавы от литых. Превращение в системе золото-медь достигается путем долгого выдерживания литых сплавов стехиометрического состава при температуре ниже критической температуры упорядочения, но выше критической температуры диффузии, при которой может происходить диффузия в твердом состоянии.

Электрохимическое образование металлической фазы на катоде – совершенно особый вид фазовых превращений. Полная потеря гидратной оболочки ионом металла и перенос заряда совершаются только на тех местах, где обеспечивается наибольший выигрыш энергии за счет координации с соседними атомами металла, уже входящими в кристаллическую решетку покрытия. Наибольший выигрыш энергии для сплавов, близких к стехиометрическому составу, при температуре электролита, не превышающей 30 оС, может быть получен только при вхождении адсорбированного иона в место, обеспечивающее создание упорядоченной структуры сплава.

Методом рентгеноструктурного анализа изучен фазовый состав осаждающегося из разработанного электролита сплава ЗлМ-750. Показано, что при нанесении сплава ЗлМ-750 из разработанного электролита при плотности тока 0,1 А/дм2 на катоде возникает упорядоченный твердый раствор AuCuI.

Поскольку покрытия сплавами имеют толщину 3 – 5 мкм, необходимо предотвратить возможность взаимной диффузии подложки и покрытия. В результате проникновения неблагородных металлов через золото на поверхности могут образовываться непроводящие оксиды, что приведет к возрастанию переходного сопротивления. Диффузия одного металла в другой может происходить или путем обычного переноса через кристаллическую решетку (роль этого процесса резко возрастает для покрытой золотом меди при температурах выше 250 оС) или путем продвижения по кристаллографическим дефектам, таким как границы зерен и дислокации. Показано, что к такого рода дефектам можно отнести и пористость электроосажденного золота. Последняя приобретает большое значение, когда контактные поверхности с целью экономии покрывают слоями золота толщиной 0,1 – 0,3 мкм. Даже если для электроосажденной системы не предполагается производить термообработку, атомы меди, достигающие поверхности контакта путем диффузии, образуют оксидные пленки, повышающие сопротивление контакта. Это может привести к разогреву и отказу контакта.

В данной работе вначале использовали в качестве барьерного слоя электроосажденный или нанесенный химическим путем никелевый слой толщиной 2 – 5 мкм. Данные по изучению диффузии золота и никеля свидетельствуют о заметной взаимной диффузии уже при температуре 200 – 400 оС в течение всего 10 мин в атмосфере водорода. При этом образуется твердый раствор никель-золото и цвет золотого покрытия изменяется с желтого до темно серого. Поэтому предложено использовать в качестве разделительного слоя покрытия висмутом. Висмут отличается по типу кристаллической решетки и величине её параметра и от меди, и от золота. Он совершенно не взаимодействует с медью и очень ограниченно – с золотом, образует лишь ограниченные твердые растворы с цинком, основным компонентом латуней, на которые часто наносят контактные покрытия сплавами золота. Никель же, например, с цинком дает при кристаллизации ряд химических соединений и твердые растворы. Растворимость цинка в никеле при 20 оС 26 мас. %.

Сплав толщиной 5 мкм осаждали на латунные образцы с барьерными слоями из электроосажденного висмута и химически осажденного никеля толщиной 2 мкм. Сплав содержит наряду со сверхструктурой AuCuI, возникшей также в процессе электроосаждения, неупорядоченный твердый раствор золота и меди с содержанием золота 22 мас. %. Образцы выдержали 500 ч испытаний при нагрузке 3 г при 100 %-ной надежности контактирования и показали более высокую надежность, чем палладиевые покрытия.

Для точечного контакта значения переходного сопротивления сплава золото-медь при нагрузке 50 г и токе 0,15 мА с доверительной вероятностью 0,95 составляют (1,41 – 1,55)·10–3 Ом. Для чистого золота это значение составляет 14·10–3 Ом. При нагрузке 100 г и токе 0,15 мА значения переходного сопротивления лежат в интервале (1,34 – 1,74)·10–3 Ом. С доверительной вероятностью 0,95 удельное электрическое сопротивление сплава находится в пределах (8 – 9)·10–6 Ом·см. Для чистого золота удельное электрическое сопротивление составляет 3·10–6 Ом·см, для электролитического сплава золото-никель, содержащего 3 мас. % никеля и рекомендованного для электрических контактов на производстве, удельное электрическое сопротивление 15·10–6 м·см. Микротвердость сплава золото-медь изменяется в пределах 230 – 290 кг/мм2. Внутренние напряжения покрытий сплавом золото-медь, полученных в электролите без добавок ПАВ, лежат в пределах 1,56 – 9,26 кг/мм2.

Таким образом, сплав золото-медь удовлетворяет требованиям, предъявляемым к материалам для скользящих электрических контактов.

Перечень ссылок

1. Смолин В.В. Разработка и исследование статистического метода контроля качества контактирования слаботочных скользящих контактов авиационных приборов. Автореф. канд. дисс. – М.: МХТИ, 1976. – 26 с.