

СОЗДАНИЕ МЕДЬ-АЛЮМИНИЕВЫХ ПОКРЫТИЙ ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Н.Р. Нафигин, А.А. Сивков, А.С. Сайгаи, А.С. Ивашутенко

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, Томск

Основными материалами для токопроводящих элементов в системах электроснабжения являются медь и алюминий, ввиду высокой удельной проводимости и относительно низкой их стоимости. Одной из основных проблем в электроэнергетике, возникающей при подключении электрических соединений, является совмещение контактной пары медь-алюминий. Решение этой проблемы является актуальной задачей. Основные методы решения этой проблемы – использование биметаллических прокладок, применение токопроводящих смазок, нанесение покрытий.

Анализ литературных данных [1-3] показывает, что совмещение контактной пары медь-алюминий существующими методами, возможно, но не достаточно эффективно.

В связи с этим является актуальным нахождение способа, который бы позволил не только совместить контактную пару медь-алюминий, но и уменьшил переходное контактное сопротивление. Данная задача может быть решена путем воздействия на алюминиевую контактную поверхность высокоскоростной импульсной струи медной электроэрозионной плазмы, генерируемой сильноточным коаксиальным магнитоплазменным ускорителем (КМПУ) эрозионного типа с медными электродами и ускорительным каналом (УК)

Процесс данного метода реализуется в кратковременном ($10^{-4} \div 10^{-3}$ с) цикле работы ускорителя и поэтому является прямым и относительно простым.

Ранее в работе [4] была показана высокая эффективность работы КМПУ. В данной работе представлены новые экспериментальные результаты по данному направлению и связанные с реализацией многоимпульсного режима нанесения покрытия.

Импульсное электропитание КМПУ осуществляется от емкостного секционированного накопителя энергии суммарной емкостью $C=28,8$ мФ и зарядным напряжением $U_{зар}$ до 3,0 кВ. Ускоритель состоит из двух основных узлов: коаксиального Z-пинч ускорителя и внешней индукционной системы (рис. 1).

Для инициирования плазмы в канале формирования плазменной структуры (КФПС) помещаются медные проволочки - проводники диаметром 0,15мм.

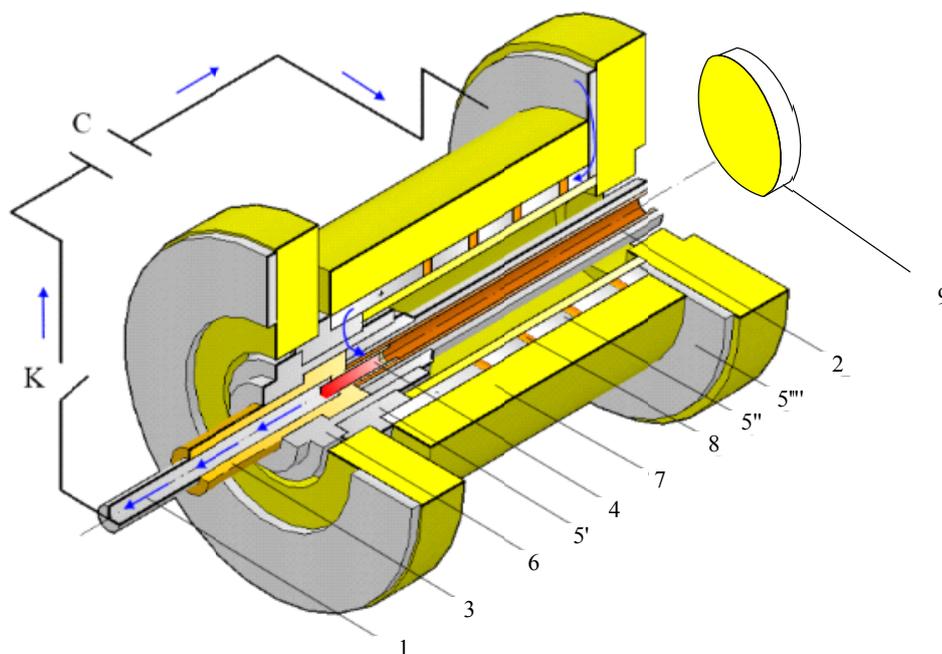


Рис. 1. Устройство коаксиального магнитоплазменного ускорителя:

1 – центральный электрод; 2 – электрод-ствол (медь); 3 – изолятор центрального электрода; 4 – вставка из меди; 5 – индуктор, 5' – контактный цилиндр, 5'' – соленоид, 5''' – контактный фланец; 6 – заглушка; 7 – корпус; 8 – изоляция; 9 – мишень

При протекании тока через индуктор медные проводники взрываются, создавая первичную плазму, которая ускоряется магнитным полем, созданным самим индуктором. В тоже время плазма, проходя медный ствол, вызывает эрозию его поверхности, которая также ускоряется магнитным полем. Фотограмма истечения плазмы, полученная с использованием высокоскоростной камеры PhotronSA1.1, представлена на рис.2.

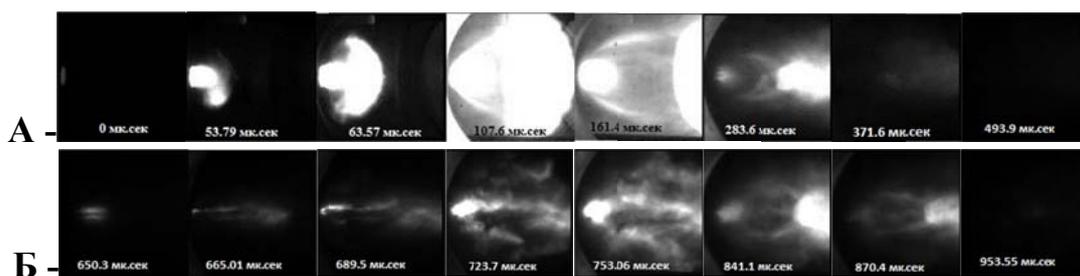
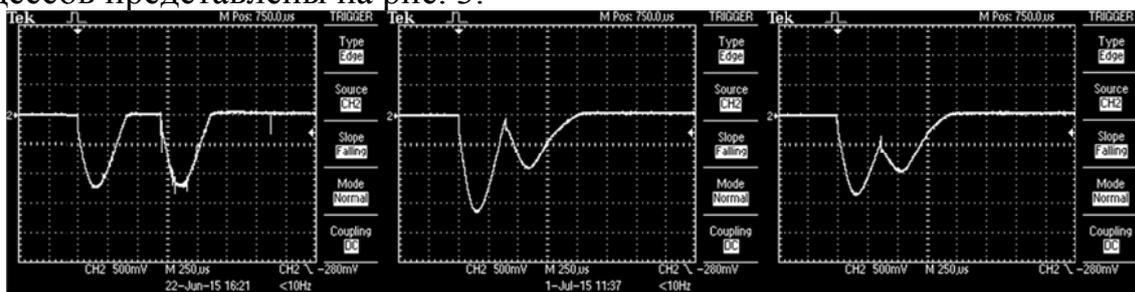


Рис. 2. Фотограмма истечения плазмы:
А – первый импульс; Б – второй импульс

Из анализа фотограммы рис. 2 скорость течения плазмы составляет от среза ствола 2,54 км/с и находится внутри самого ствола 110 мкс.

Как было сказано ранее, в данной работе реализован многоимпульсный режим нанесения покрытия. В работе были проведены ряд исследований связанных с поиском оптимального времени между импульсами с целью эффективного нанесения покрытия. В общем, эксперименты можно разделить на 3 типа: 1) реализация второго импульса после полного прохождения первого

2) реализация второго импульса на спаде первого и 3) реализация второго импульса во время прохождения первого. Соответствующие осциллограммы процессов представлены на рис. 3.



1) 700 мкс

2) 400 мкс

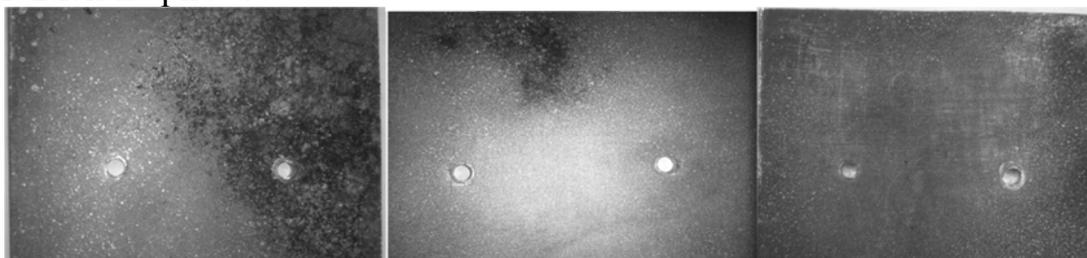
3) 350 мкс

Рис. 3. Осциллограммы многоимпульсных режимов работы КМПУ:

1) после основного импульса 2) на спаде основного импульса

3) во время основного импульса

Результат нанесения покрытий с учетом проделанных экспериментов представлен на рис. 4.



1) 700 мкс

2) 400 мкс

3) 350 мкс

Рис. 4. Общий вид покрытий при многоимпульсном режиме работы КМПУ:

1) после основного импульса 2) на спаде основного импульса

3) во время основного импульса

На основании представленных данных можно заключить, что для сохранения целостности детали, (подложки) и нанесения более ровного покрытия меди, при многоимпульсном режиме - интервал между импульсами необходим делать коротким.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. К. К. Палеха, А. П. Эпик. Физико-химические основы нанесения покрытий. – К.: НМК ВО. – 1992.

2. Зенин Б.С. Современные технологии модифицирования поверхности и нанесения покрытий. Учебное пособие. – Зенин Б.С., Овечкин Б.Б.. – Томск. – 2008. – 75 с.

3. Методы создания износостойких покрытий. Уч. пособие / О.Ю. Елагина. – М.: “Издательский дом Недра”. – 2010. – 570 с.

4. Сивков А.А. Нанесение медного покрытия на алюминиевые контактные поверхности с помощью магнитоплазменного ускорителя / Сивков А.А., Корольков Л. В., Сайгаш А. С. – Электротехника 2003. – № 8. – С. 41 – 46.