

Они состоят из медного или латунного контактодержателя и напаянной на него электроэрозионной контактной пластины.

Проведенные исследования показывают, что электрические контакты, изготавливаемые из серебра с окисью кадмия, могут быть заменены на контакты, полученные из меди. Медная пластина, изготовленная из осажденного порошка в условиях мелкосерийного производства, обойдется примерно в 50 центов.

Предварительно проведенные испытания показали, что при содержании меди в изделии 95 – 97 % срок его работы тоже около 2 месяцев, а сами контакты не уступают стандартно изготовленным из сплава серебра и окиси кадмия. Таким образом, при количестве троллейбусов в ТТУ г. Витебска 88 штук (май 2000 г.), экономический эффект от внедрения за период 2001-2005 г. составит 4000 долларов США. При расширении производства облицовочных пластин и установке их на весь троллейбусный парк Беларуси эффект будет, как минимум, на порядок больше.

Не менее целесообразным оказалось применение полученного порошка меди для изготовления контактодержателей облицовочных пластин и электродов (рис. 1 а.) для контактной сварки. Контактдержатели должны обладать хорошей электропроводностью и достаточной для длительной работы контактной прочностью. К контактодержателям припаиваются облицовочные пластины и получают готовые контакты (рис. 1 б.).

Как показали испытания, для изготовления контактодержателей вполне пригоден медный порошок, полученный из отходов гальванического производства. Если спекание изделий проводится в восстановительной атмосфере, то можно даже не заботиться о предварительном рафинировании и восстановлении осажденной из отходов меди. Физические свойства медных контактодержателей и электродов соответствуют свойствам аналогичных изделий, полученных методом порошковой металлургии из стандартных медных порошков. Это объясняется высоким содержанием меди в осажденном порошке и незначительном влиянии примесей.

Для выяснения эксплуатационных свойств полученные изделия были подвергнуты испытаниям в условиях, максимально приближенных к рабочим. Электроконтакты испытаны на специальном стенде, представляющем собой списанный троллейбус со сравнительно исправной электрической частью.

Испытания проводились до полного износа контактодержателей, каждый из которых выдерживал смену 20 – 40 облицовочных пластин.

Наилучшую стойкость показали пластины из псевдосплава Cu-W. Вызывает интерес также дешевый заменитель литой меди – псевдосплав Cu-C, который показал более высокие результаты, чем литая медь. Вероятно, доработка технологии изготовления облицовочных пластин из этого материала позволит увеличить его стойкость на 20... 30%.

Как показали испытания, контактодержатели, изготовленные из медного проката, показывают стойкость в 1,7 раза большую, чем порошковые изделия. Если учесть, что дешевый материал, извлеченный из отходов производства, дешевле стандартной меди раз в пять, то по соотношению цена/качество предпочтительным представляется использование порошкового материала.

## **ЭЛЕКТРОЛИТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ХРОМИРОВАНИЯ ПОДВИЖНЫХ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА**

**Е.А. Губаревич, С.Г. Ковчур, Ю.А. Нетсев**  
**Научный руководитель – С.Г. Ковчур**  
**УО «Витебский государственный технологический университет»**

Широкое распространение гальванического хромирования объясняется теми качествами, которыми обладает хром при применении его в виде тончайших слоев (доли микрометра). Электrolитические хромовые покрытия отличаются высокой твердостью, износостойкостью, жаростойкостью, высокой и стабильной отражательной способностью. Антифрикционные свойства хромовых покрытий также являются их большим достоинством. Хром коррозионно стоек по отношению ко многим кислотам, щелочам и солям.

Для получения хромовых покрытий в настоящее время применяются исключительно растворы окиси шестивалентного хрома, называемой также трехокисью хрома, хромовый ангидрид или просто хромовая кислота. Все ванны хромирования, без исключения, работают с нераствори-

мыми анодами, вследствие чего весь выделяемый металл забирается из раствора, что вызывает необходимость текущей корректировки электролита путем добавления хромового ангидрида.

Необходимо отметить, что из совершенно чистых растворов хромовой кислоты не происходит выделение металла и что необходимо присутствие незначительных количеств посторонних анионов (так называемых катализаторов), чаще всего сульфатов, фторидов или кремнефторидов. Ввиду того что содержание посторонних анионов очень ограничено (около 1 % от общего содержания хромового ангидрида), а количество их оказывает решающее влияние на работу ванны, необходимо употреблять при составлении ванны совершенно чистый хромовый ангидрид. В том случае, когда в хромовом ангидриде находятся даже очень незначительные количества сульфатов, они должны быть определены и учтены при составлении электролита. Как правило, допустимое содержание сульфата в хромовом ангидриде составляет максимально 0,2%

Концентрация хромового ангидрида в электролитах для хромирования может колебаться в пределах 180—600 г/л. Однако крайние значения пределов и в особенности верхнее, редко применяют на практике. Обычно концентрация хромового ангидрида находится в пределах 200—400 г/л. Принято считать, что разбавленные растворы большей частью дают лучший выход по току, а концентрированные растворы лучше проводят ток, причем при электролизе требуется меньшее напряжение. Концентрированные растворы имеют еще то преимущество, что они менее чувствительны к загрязнениям и колебаниям в составе ванны.

В настоящее время при хромировании широко используются различные катализаторы. Наиболее часто применяют сульфаты, фториды, кремнефториды или их смеси. При отсутствии катализатора и при обычной плотности тока хром на катоде не осаждается. Посторонние анионы могут быть добавлены в электролит в виде свободной кислоты или любой растворимой соли чаще всего соли щелочных или щелочно-земельных металлов. Обычно применяют сульфат, который добавляют в таких количествах, чтобы соотношение  $\text{CrO}_3$  к  $\text{SO}_4^{2-}$  находилось в пределах 120:1 и 80:1. Приводимые в литературных источниках крайние соотношения 50:1 и 250:1 на практике почти не применяют. Чаще всего количество серной кислоты составляет 1 % от употребляемого количества хромового ангидрида. Концентрация посторонних анионов в электролите всегда должна определяться в зависимости от содержания хромового ангидрида.

Вместо сульфата или наряду с ним в ванну добавляют фториды, или кремнефториды, или оба эти соединения. Наиболее благоприятной концентрацией для фторидионов является 1,5—2,5% от общего содержания хромового ангидрида, а для кремнефторидионов 1,2—4%. При добавлении фторидов создается некоторое преимущество при добавлении сульфатов. Например, заметно повышается выход по току, увеличивается твердость хромового покрытия, особенно если хром выделяется из растворов, содержащих только кремнефтористоводородную кислоту. С другой стороны, при таких добавках возникают и существенные недостатки. Прежде всего фторидсодержащие ванны более чувствительны к колебаниям в составе электролита и его загрязнениям, особенно железом. В результате этой чувствительности такие ванны требуют более тщательного корректирования и наблюдения, чем сульфатсодержащие ванны, причем аналитический контроль содержания фторидов соответственно сложнее.

В настоящее время анионы сульфата и кремнефторида добавляют одновременно в виде труднорастворимых солей, например  $\text{SrSO}_4$  и  $\text{K}_2\text{SiF}_6$ . Растворимость этих солей в хромовой кислоте такова, что при насыщенном растворе их получают желаемую концентрацию посторонних анионов. При этом учитывают зависимость растворимости от температуры электролита. Характерной особенностью приготовленных таким образом хромовых ванн является то, что при колебаниях температуры, а также при изменении концентрации хромовой кислоты в ваннах автоматически восстанавливается правильная концентрация анионов.

В качестве одного из новых методов хромирования в промышленности успешно применяется скоростное устойчивое против коррозии износостойкое хромирование в *тетрахроматных* электролитах.

Тетрахроматный электролит отличается от других хромовых электролитов тем, что при составлении тетрахроматного электролита хромовая кислота немедленно нейтрализуется и находится в растворе в виде тетрахромата натрия. В тетрахроматном электролите можно непосредственно покрывать хромом стальные детали и детали из цинковых, алюминиевых и медных сплавов для защиты от коррозии.

Перерывы в подаче электрической энергии, которые в сернокислом хромовом электролите очень вредны и приводят в большинстве случаев к браку, в тетрахроматном электролите безопасны. Недостатки тетрахроматных электролитов — невысокая твердость и серо-матовый цвет покрытия.

В последнее время на практике часто применяется хромирование деталей в ультразвуковом поле. Это связано с рядом преимуществ, так при хромировании в ультразвуковом поле происходит выравнивание концентрации ионов в прикатодном слое и облегчаются условия удаления водорода с поверхности электродов, что отличает этот процесс от обычного хромирования, позволяя получать осадки хрома при повышенных плотностях тока. Кроме того ультразвуковое поле интенсивностью  $1,15-1,25 \text{ Вт/см}^2$  существенно влияет на скорость электроосаждения хрома. При хромировании в стандартном электролите выход хрома по току составляет порядка 23%, против 13 % без ультразвукового поля.

Кроме того, наложение ультразвуковых колебаний способствует получению покрытий с меньшими внутренними напряжениями, например в тетрахроматном электролите при наложении ультразвукового поля напряжения растут в 3-3,5 раза меньше. Электролитическое осаждение хрома в ультразвуковом поле является эффективным технологическим приемом повышения производительности процесса пористого хромирования и улучшения качества первичных покрытий.