

РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ И ПЛАКИРОВАННЫХ МЕДНЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ КРИТИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

М.А. Леванцевич¹, В.К. Шелез², Е.В. Пилипчук²

¹Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси

²Белорусский национальный технический университет

Summary. Results of comparison tests of the copper coverings created by galvanic sedimentation and the deformation cladding by the flexible tool (DCFT) are given. Delamination tests have shown that the plated coverings do not exfoliate from basis material even at breakdown of experimental samples while electroplated coatings exfoliated on 0,5 cycles of a bend. Tribotechnical tests have shown that the copper coverings created by both technologies reduce friction coefficient of sliding, in comparison by samples without covering. However at critical loads electroplated coatings have smaller friction coefficient of sliding, than plated.

Key words: copper coverings, galvanic sedimentation, deformation cladding, the flexible tool, the rotating brush, friction, wear, friction coefficient of sliding.

Сокращения: БП-без покрытия; ПМП-плакированное медное покрытие; ГМП-гальваническое медное покрытие.

Введение. В современном машиностроения для формирования медных покрытий широко используют методы гальванического осаждения [1, 2]. Однако подобные методы экологически небезопасны, достаточно энерго-трудоемки, и, в ряде случаев, предопределяют необходимость задействования больших производственных площадей для установки гальванических ванн. В этой связи задача изыскания новых способов формирования покрытий, альтернативных гальваническим, является весьма актуальной.

В последние годы, для формирования различных функциональных покрытий все более широкое применение получает способ деформационного плакирования гибким инструментом (ДПГИ), где в качестве гибкого инструмента используется вращающаяся металлическая щетка (ВМЩ) с проволочным ворсом, а покрытие на поверхности обрабатываемой детали формируется за счет переноса ворсом щетки частиц дополнительно контактирующего с ней компактированного металлического или полимерного материала (донора) [3]. Способ отличается малой энергоемкостью и экологической чистотой. Однако, сопоставимых данных о работоспособности медных покрытий, сформированных методами гальванического осаждения и ДПГИ, в литературных источниках не приводится.

Цель исследований: сопоставление критериев работоспособности медных покрытий, сформированных методами гальванического осаждения и деформационного плакированием гибким инструментом.

Методика исследований. Для проведения испытаний использовались образцы в виде прямоугольных пластин, изготовленных из стали 08 кп, размером 20×70×1 мм и диски из стали 45, с твердостью поверхности HRC 20 и HRC 50, и твердого сплава ВК8 (HRC 70), диаметром 70 и толщиной 6 мм, с шероховатостью поверхности $Ra = 0,63$ мкм. На плоских поверхностях пластин и дисков формировали медные покрытия толщиной 6-7 мкм двумя методами. При гальваническом осаждении образцы предварительно подвергались ультразвуковому обезжириванию и кислотному травлению, после чего в кислой гальванической ванне меднения осаждалась медь. При формировании покрытия методом ДПГИ использовали цилиндрическую щетку с проволочным ворсом (200×10×22 мм), с диаметром и вылетом ворса соответственно 0,2 и 60 мм. Линейная скорость вращения щетки варьировалась от 20 до 35 м/с, натяг ворса щетки - 1,2...4,0 мм, число проходов – 5...12.

Пластины подвергали циклическому поперечному знакопеременному изгибу на угол 70°, фиксируя число циклов до момента отслоения покрытия и поломки образца.

Диски испытывали на трение и износ на машине трения одностороннего вращения реализующей трение сферического индентора по плоской поверхности диска. Радиусы сфер инденторов, изготовленных из стали 40X (HRC 43...45), составляли 1000, 500 и 25 мм. Испытания проводили в режиме «сухого трения» при удельных нагрузках от 8 до 93 МПа. Скорость скольжения индентора по диску составляла (0,011...0,019) м/сек, путь трения 45 м. В качестве критериев работоспособности приняты количество циклов поперечного изгиба до возникновения отслаивания медного покрытия и поломки образца, коэффициент трения скольжения (f_{mp}) и износ образцов, определяемый весовым методом.

Результаты и обсуждение. Испытания пластин на отслоение покрытия и излом (таблица 1) показали, что плакированные образцы не имели отслоений и вздутия покрытия даже при поломке образца (рис. 1), в то время как у образцов с гальваническим покрытием отслоение покрытия наблюдалось уже на 0,5 цикла изгиба.

Таблица 1. Среднее количество циклов поперечного знакопеременного изгиба пластин до отслоения покрытия и поломки образцов.

| А) Без покрытия | В) Без покрытия, обработан щеткой | С) С плакированным покрытием | | Д) С гальваническим покрытием | |
|-----------------|-----------------------------------|------------------------------|---------------|-------------------------------|---------------|
| кол-во циклов | кол-во циклов | отслоение | кол-во циклов | отслоение | кол-во циклов |
| 18,25 | 17,25 | нет | 15,25 | 0,5 | 14,75 |



Рисунок 1. Вид поверхности пластин после испытаний на циклический знакопеременный изгиб: 1 – с гальваническим покрытием, 2 – с плакированным покрытием



Рисунок 2. Процесс нанесения медного подслоя на рабочую поверхность штока гидроцилиндра.

Триботехнических испытания показали, что медные покрытия, сформированные на образцах дисков с использованием обеих технологий, способствуют снижению коэффициента трения скольжения по сравнению с образцами без покрытия.

Однако при повышении удельных нагрузок, гальванические покрытия обеспечивают меньший коэффициент трения, чем плакированные. Результаты проведенных исследований послужили основой для разработки технологии восстановления штоков гидроцилиндров, включающей предварительное нанесение медного подслоя толщиной 5...8 мкм методом ДПГИ (рисунок 2) и последующее гальваническое осаждение слоя хрома.

Выводы: С позиций трения и изнашивания ГМП, при увеличении нагрузки более 8 МПа, не зависимо от твердости поверхности основы, в большей степени способствуют снижению коэффициента трения скольжения, чем ПМП.

С позиций устойчивости к отслоению покрытия и поломке образцов при циклических нагрузках, ПМП более устойчивы к нагрузкам, возникающим при циклическом знакопеременном изгибе. В отличие от ГМП они не отслаиваются даже при поломке образца.

Литература

1. Ямпольский А.М. Меднение и никелирование.- Изд. 4-е, доп. и перераб. Ленинград : "Машиностроение", 1977.- С57. М. Л. Лобанов, Н. И.
2. Н.И. Кардолина, Н.Г. Россина, А.С. Юровских. Защитные покрытия. Екатеринбург : Урал. ун-та, 2014. С.
3. Белевский Л.С. Пластическое деформирование поверхностного слоя и формирование покрытия при нанесении гибким инструментом. – Магнитогорск: Лицей РАН, 1996.- 231 с.