

**ВЫБОР МАТЕРИАЛА ПОДСЛОЯ
ПРИ МЕТАЛЛИЗАЦИИ ПОЛИМЕРНЫХ ДЕТАЛЕЙ**

М.А. БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ, А.В. СОСНОВСКИЙ
*Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь*

П.И. КОТ
*Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

Приведены результаты исследований по выбору материала подслоя при нанесении методом гиперзвуковой металлизации металлических покрытий на поверхность полимеров.

Одним из наиболее перспективных направлений в технике газотермического напыления является разработка технологий формирования металлических покрытий относительно больших толщин на полимерных подложках, что позволяет значительно снизить массогабаритные характеристики изделий. При этом необходима разработка таких приемов напыления покрытий на полимерах, которые бы обеспечили их толщину 0,2 – 1,5 мм при адгезии не ниже 4 МПа, т.е. позволили бы сохранить определенную механическую прочность. Технологии формирования металлов на полимерах могут быть использованы для защиты полимерных корпусов радиоэлектронной аппаратуры, установленной на беспилотных транспортных средствах, от воздействия мощных низкочастотных электромагнитных импульсов и пылевых потоков; в автотракторной и станкостроительной промышленности для разработки узлов трения с высокими триботехническими показателями.

Авторами данной работы было предложено использовать метод гиперзвуковой металлизации для формирования металлических покрытий на полимерах [1, 2]. Целью исследований, результаты которых приведены в настоящей публикации, явился выбор материала подслоя, обеспечивающего повышенную прочность сцепления металлических покрытий с полимерными подложками.

Оценка величины прочности сцепления металлических покрытий к полимерной поверхности осуществлялась на адгезиметре PosiTest, позволяющем измерять прочность сцепления покрытий к металлу, древесине, бетону и другим материалам с удельной нагрузкой до $20 \pm 0,01$ МПа. В качестве материала подложек использовались пластины толщиной 4 – 5 мм из полистирола ПСМ – 115 (ГОСТ 20282-86) и полиамида ПА-6 (ОСТ-6-06-09-93). Для нанесения покрытий использовались проволоки из никеля марки НП2 (ГОСТ

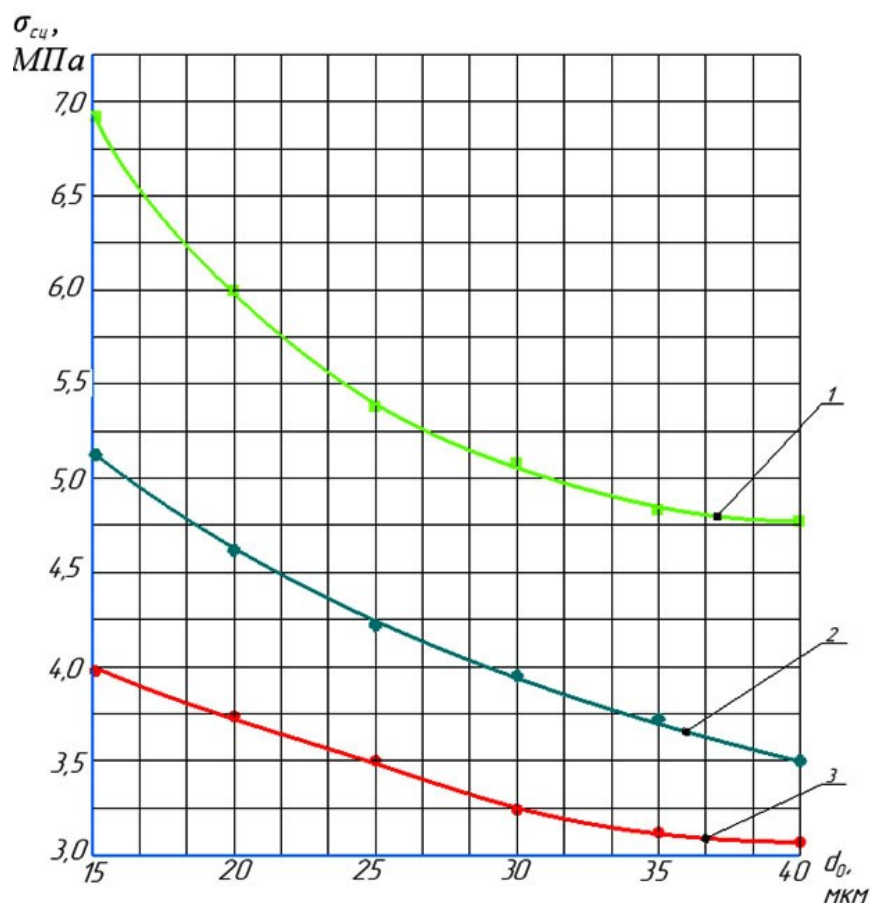
2179-75), цинкоалюминия марки AERIS 1435 (ZnAl 15), цинка марки Ц1 (ГОСТ 13073-77), алюминия марки СВА-95, меди марки М1 (ГОСТ 16130-90), латуни марки Л80 (ГОСТ 1066-2015), стали марки Св08Г2С (ГОСТ 2246-70), бронзы марки БрАЖ9-4 (ГОСТ 18175-78), нихрома марки Х20Н80 (ГОСТ 12766.1-90). Нанесение покрытий толщиной 0,20 – 0,25 мм осуществлялось на установке гиперзвуковой металлизации модели ГМ-4. Изменение (уменьшение или увеличение) размера распыляемых частиц алюминия осуществлялось изменением давления в камере сгорания пропановоздушной смеси установки ГМ-4 и применением инверторного источника «ESAB Variator 503», обеспечивающего пульсирующий характер тока дуги. Размер частиц оценивали по стандартной методике (распыление в воду и последующей замер). Результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Результаты оценки прочности сцепления покрытий с полимерной основой

Материал покрытия	Средний размер распыленных частиц, мкм	Средние значения прочности сцепления покрытий (МПа) с полимером	
		полистирол	полиамид
Никель	15	6,3	6,9
	40	4,4	4,7
Цинкоалюминий	10	3,6	3,7
	30	3,3	3,5
Цинк	10	3,5	3,6
	30	3,6	3,6
Алюминий	10	3,7	3,4
	40	3,3	3,3
Медь	15	4,0	4,1
	40	3,2	3,3
Латунь	15	3,9	4,0
	40	3,2	3,2
Сталь	15	1,9	1,8
	40	отслоение	отслоение
Бронза	15	2,8	3,0
	40	1,9	1,9
Нихром	15	2,5	2,3
	40	отслоение	отслоение

Анализ полученных результатов показал, что наибольшая величина адгезии достигается при распылении проволоки из никеля НП2. При этом увеличение размера частиц приводит к снижению адгезии.

С целью оценки зависимости прочности сцепления никелевых покрытий от состава распыляемых никелевых сплавов и размера распыленных частиц были проведены исследования, в которых использовались сплавы с различным содержанием никеля (рисунок 1). В качестве основы использовали пластины из полиамида ПА-6 (ОСТ-6-06-09-93).



1 – никель НР2; 2 – сплав НХ9; 3 – сплав Х20Н80

Рисунок 1. – Влияние среднего размера частиц распыленных проволок на прочность сцепления покрытий с полиамидом ПА-6

Анализ полученных результатов показывает, что наибольшую прочность сцепления с полимерной основой имеют покрытия, полученные распылением проволок из никелевых сплавов, содержащих не менее 96 об.% никеля. Таким образом, при напылении на полимерные детали покрытий из сталей или сплавов на основе меди и алюминия целесообразно в качестве подслоя напылять никель, причем размер распыленных частиц не должен превышать 20 мкм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоцерковский, М.А. Формирование металлических покрытий на полимерных подложках методом гиперзвуковой металлизации. Теоретическое обоснование и экспериментальные исследования / М.А. Белоцерковский, А.В. Сосновский, П.И. Кот // Упрочняющие технологии и покрытия. - т.18.- № 2 (206). - 2022. – С. 69 – 77.
2. Белоцерковский, М.А. Защита полимерных изделий металлическими покрытиями, получаемыми гиперзвуковой металлизацией / М.А. Белоцерковский, А.В. Сосновский, П.И. Кот // Актуальные вопросы машиноведения. – 2022. – Вып. 11. – С. 266-269.