

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИПЕРЗВУКОВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ  
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА ПОЛИМЕРНЫЕ ДЕТАЛИ**

**Белоцерковский М.А., Сосновский А.В., Таран И.И., Мосейчук О.О.**

*Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, Минск, Беларусь  
БНТУ, г. Минск, Беларусь, E-mail: mbelotser@gmail.com*

Для защиты полимерных изделий, достижения специального оптического эффекта, идентификации или для придания им особых потребительских свойств (например – электропроводности), поверхности полимеров могут быть покрыты металлами. Наибольшее распространение в промышленном производстве получили только два метода металлизации полимерных изделий – напыление в высоком вакууме и гальванизация. Процесс вакуумного напыления производителен, однако толщина покрытия при этом составляет от 0,5 до 5 мкм. Гальванические технологии позволяют осаждать на полимерах металлические слои до 40 мкм, однако при этом возникают определенные экологические проблемы. Кроме того, адгезия электрохимических покрытий на полимерах составляет 1,2 – 2,0 МПа.

Весьма перспективным направлением для аэрокосмической промышленности представляется замена металлических деталей на полимерные с металлическими покрытиями, что позволит значительно снизить массу изделия. При этом необходима разработка таких приемов формирования покрытий, которые бы обеспечили их толщину 0,2 – 0,5 мм при адгезии не ниже 4 МПа, т.е. позволили бы сохранить определенную механическую прочность.

Целью проведенных исследований, результаты которых изложены в данной статье, явилась оценка возможности использования технологии гиперзвуковой металлизации для нанесения металлических покрытий на полимерные подложки.

Разработанное в Объединенном институте машиностроения НАН Беларуси оборудование для нанесения металлических покрытий методом гиперзвуковой металлизации (ГМ) позволяет наносить на детали износостойкие и коррозионностойкие покрытия с повышенной прочностью сцепления, выдерживающие высокие контактные нагрузки при ударном нагружении. Отличительной особенностью металлизатора является наличие камеры сгорания пропано-воздушной смеси, оснащенной соплом Лавала. Продукты сгорания образуют на выходе из сопла струю (температура около 2200 К и скорость свыше 1400 м/с), которая диспергирует материал проволочных электродов, расплавленных в электрической дуге. При этом размер распыленных частиц составляет от 0,5 до 20 мкм, что в несколько раз меньше, чем при традиционной электродуговой металлизации (ЭДМ). Именно это обстоятельство позволило предположить, что метод ГМ может быть использован для нанесения металлических покрытий на полимерах, поскольку деструкция полимера при контакте с небольшой каплей расплава относительно легкоплавкого металла будет незначительна.

Экспериментальные исследования выполнялись на плоских образцах из полиамида ПА 66. Для подготовки поверхности подложки применяли струйно-абразивную обработку порошком колотого чугуна с размером частиц 0,8 – 1,5 мм. Диаметр выходного сопла струйно-абразивного пистолета 6,5 – 7,5 мм, расход воздуха составлял около 40 м<sup>3</sup>/ч. Для нанесения покрытий использовали установку ГМ модели АДМ-10. Наносили покрытия распылением проволок диаметром 1,8 – 2,0 мм из цинка, алюминия и никеля при следующих режимах: напряжение 28 В, скорость подачи электродной проволоки 3,2 м/с, дистанция напыления 70 – 100 мм, расход воздуха 1,5 м<sup>3</sup>/мин при давлении в 0,6 МПа, расход пропана 0,30 м<sup>3</sup>/час при давлении в 0,45 МПа.

В первой серии экспериментов наносили слой цинка, на который затем напыляли слой алюминия. Исследование микроструктуры полученных покрытий (рисунок 1а) показало, что, несмотря на их относительно небольшую толщину, они достаточно плотные, отсутствуют видимые следы деструкции полимера.

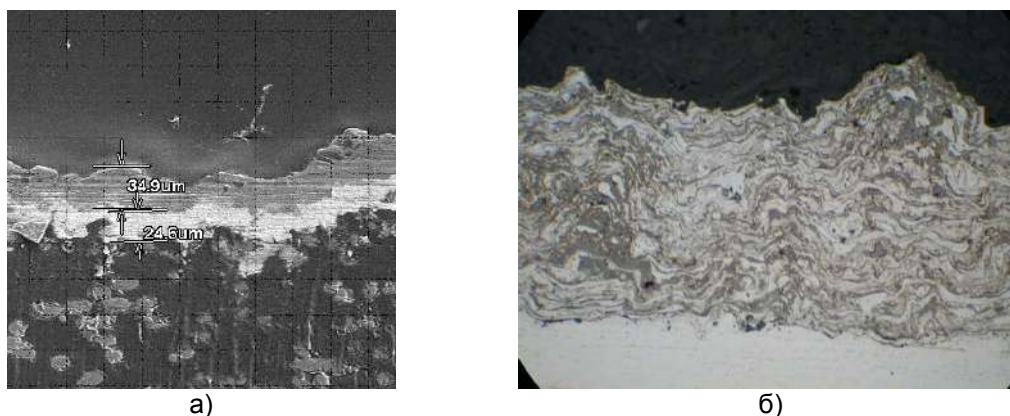


Рисунок 1 – Поперечный срез слоев цинка и алюминия на полиамиде (а) и микроструктура алюминиевого покрытия на полиамиде (б)

На следующем этапе исследований, используя возможность управления размером частиц за счет изменения режимов процесса, были нанесены на полиамид слои из алюминия толщиной 150 – 180 мкм (рисунок 1 б), а затем и слои никеля.

Для определения прочности сцепления металлических покрытий с полимерной подложкой использовался адгезиметр PosiTest, позволяющий измерять прочность сцепления покрытий к металлу, древесине, бетону и другим материалам с усилием до  $20 \pm 0,01$  МПа.

Испытаний показали, что для покрытий Al и Ni прочность сцепления составляет 8,24 и 7,30 МПа соответственно.

Были выполнены сравнительные испытания адгезии алюминиевых покрытий, полученных методом ГМ, традиционной электродуговой металлизации (установка «EuTronicArcSpray 4» фирмы «MESSEREutecticCastolin») и гальванического осаждения (по технологии фирмы «LGElectronic»). Испытания осуществлялись с использованием адгезиметра «Defelsko». За единицу были приняты значения адгезии гальванических покрытий. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты сравнительных испытаний адгезии покрытий

Метод нанесения	ГМ	ЭДМ	Гальваника
Относительная адгезия	2,15	1.37	1,0

### Вывод

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что метод гиперзвуковой металлизации может быть успешно применен для формирования металлических покрытий на термопластичных полимерах, при этом обеспечиваются достаточно высокие значения прочности сцепления наносимых слоев, не достижимые другими технологиями.