

ПРИМЕНЕНИЕ ГИПЕРЗВУКОВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ Ti–TiN НА ПОЛИМЕРНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

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

Разработана технология получения износостойкого покрытия на основе нитрида титана на полимерные заготовки. Представлены исследования адгезионных свойств покрытий Ti–TiN, нанесённых на полимер РЕЕК методом гиперзвуковой металлизации. Приведены результаты внедрение технологии на производстве.

Введение. Технология металлизации пластмасс очень широко используется в современной промышленности. Она позволяет увеличить теплопроводность поверхности полимера или обеспечить его электропроводность, даёт возможность отражать электромагнитное излучение, а также снизить газопроницаемость, повысить прочность и износостойкость полимерного материала, улучшить внешний вид и поверхностные свойства изделий. Нанесение износостойкого покрытия на полимерные изделия является наиболее сложной задачей, так как износостойкие материалы обладают повышенной температурой плавления, что может вызвать интенсивную деструкцию материала подложки и, как следствие, отслоение покрытия. Особенно это явление ярко выражено при нанесении покрытий, толщина которых превышает 10 – 15 мкм. В то же время, для обеспечения повышенной износостойкости изделия необходимо наносить покрытия толщиной более 100 мкм. При этом, чем больше толщина покрытия, тем выше износостойкость изделия [2].

Наиболее перспективным способом нанесения толстостенных металлических покрытий является технология гиперзвуковой металлизации (ГМ) [2]. Технология ГМ даёт возможность наносить металлические покрытия толщиной более 100 мкм с высокой прочностью сцепления (2 – 2,5 МПа) на полимерные детали, что позволяет использовать полезные свойства обоих материалов для достижения необходимых характеристик. В связи с этим в ОИМ НАН Беларуси были проведены исследования по разработке технологии нанесения износостойких покрытий толщиной более 100 мкм на полимерные изделия методом ГМ.

В результате исследований была разработана технология получения покрытия Ti–TiN, с содержанием нитрида титана более 50 %, микротвёрдость которого составляет 1600-1800 HV_{0,025}. В то же время данная технология позволяет наносить покрытия из данного сплава до 1 мм и больше, что невозможно каким-либо другим способом [3]. Анализируя полученные результаты, была предложена технология нанесения износостойкого покрытия Ti–TiN на полимерную подложку из РЕЕК.

Нанесение газотермических покрытий. При нанесении покрытия из Ti-TiN толщиной 0,4 мм также использовали подслоя толщиной 50 мкм. На основании проведенных экспериментальных исследований в качестве подслоя использовали сварочную медь CuSi₃.

Напыление образцов осуществлялось с помощью установки гиперзвуковой металлизации АДМ-10 на опытном производстве Объединённого института машиностроения НАН Беларуси.

Для получения статистически обрабатываемых результатов испытаний напыление газотермических покрытий проводили одновременно на партию из трех образцов. Подготовку подложки под напыление осуществляли с помощью пескоструйного аппарата СД-6, в качестве абразива использовали корунд марки 25А и грануляцией 250 мкм. Напыление осуществлялось по следующим режимам: напряжение металлизации – 30 В; дистанция напыления – 150 мкм; давление воздуха – 0,2 – 0,35 МПа; давление горючего газа (пропан-бутана) – 0,25 – 0,37 МПа.

Результаты исследований. Испытания на прочность сцепления (адгезию) газотермических покрытий с полимерными материалами проводили с использованием адгезиметра покрытий ELCOMETER 506 (производство Elcometer Ltd, Великобритания), который предназначен для измерения адгезии покрытия к основанию материала.

В результате исследований было установлено, что наибольшая прочность сцепления покрытия с основой (5 – 6 МПа) получается при давлении воздуха 0,3 МПа и давлении пропан-бутана 0,32 МПа. Минимальные значения адгезии составляет 3,5–4 МПа.

Полученные результаты были использованы для изготовления рабочих элементов пневмоперепутывателя PolyJet-TG TopAir Oerlicon Group (Германия), применяемого в оборудовании для получения синтетических нитей. Изготавливаемая запчасть состоит из двух пластин, через которые проходят нити. В оригинале данная запчасть изготавливается из керамики и поставляется из-за рубежа.

В связи с этим, для замены импортной детали, было предложено изготовить изделие из пластика и нанести износостойкое покрытие на рабочие поверхности. Аналог изделия был изготовлен из полимера РЕЕК на 3D принтере собственного производства в компании 3D LIFE (Россия, г. Волжский).

По разработанной технологии, на пластиковые рабочие элементы пневмоперепутывателя было нанесено покрытие Ti-TiN толщиной 0,3 мм. При этом, в качестве исходного материала для напыления использовали проволоку титанового сплава ОТ-4. Для нанесения подслоя толщиной 50 мкм использовали проволоку CuSi₃. После напыления, покрытие было обработано методом алмазной полировки для обеспечения минимальной шероховатости. Полученное изделие было установлено на пневмоперепутыватель, используемый в технологическом цикле при изготовлении капроновых нитей для проведения эксплуатационных испытаний.

Выводы. В результате проведенных исследований была разработана технология нанесения износостойких покрытий из Ti-TiN на подложку из

пластика РЕЕК. Прочность сцепления полученного покрытия с основой составляет 5-6 МПа.

Разработанная технология использовалась для изготовления рабочих элементов пневмоперепутывателя PolyJet-TG TopAir Oerlicon Group (Германия).

Исходя из проведенных исследований, можно сделать вывод, что разработанная технология является перспективным направлением для повышения физико-механических свойств деталей, работающих в условиях интенсивного изнашивания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Применение полимеров в машиностроении [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://mplast.by/encyklopedia/primenenie-polimerov-v-mashinostroenii/> – Дата доступа: 20.03.2023.

2. Пантелеенко Ф.И., Карпец М.Н., Белоцерковский М.А., Сосновский А.В. Определение адгезионной и когезионной прочности металлических покрытий, нанесенных гиперзвуковой металлизацией. НАУКА и ТЕХНИКА. 2021;20(6): с.459-464.

3. Aleksandr Grigorchik, Vladimir Kukareko, Marat Belotserkovsky, Aleksey Sosnovsky. Obtaining Wear-Resistant Coatings Based on Titanium Nitride by the Method of Hypersonic Metallization. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2045537/v1>

4. Белоцерковский М.А., Сосновский А.В., Кот П.И. Защита полимерных изделий металлическими покрытиями, получаемыми гиперзвуковой металлизацией Актуальные вопросы машиноведения. – 2022. – Вып. 11. – С. 266-269.