

**GDP  
NANO  
2020**

I ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С  
МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ «ГАЗОРАЗРЯДНАЯ  
ПЛАЗМА И СИНТЕЗ НАНОСТРУКТУР»

I ALL-RUSSIAN CONFERENCE WITH INTERNATIONAL  
PARTICIPATION «GAS DISCHARGE PLASMA AND  
SYNTHESIS OF NANOSTRUCTURES»

РОССИЯ. КАЗАНЬ. КНИТУ-КАИ  
RUSSIA. KAZAN. KNRTU-KAI  
02.12.2020-05.12.2020

**СБОРНИК ТРУДОВ**

## ПЛАЗМЕННЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ОБЛИЦОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**П.А. Тополянский<sup>1\*</sup>, С.А. Ермаков<sup>1\*</sup>, А.П. Тополянский<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup> ООО «Плазмацентр», Санкт-Петербург, Россия

Описан процесс создания ретенционных покрытий микроплазменным напылением из порошковых материалов, а также плазменно-импульсным осаждением с использованием прутковых или проволоочных материалов. Приведены основные характеристики новых установок для микроплазменного напыления УПНН-170 и плазменно-импульсного осаждения РPD-АТОМ-106. Отличительными характеристиками разработанного оборудования является малогабаритность, низкая энергоемкость и простота обслуживания.

В настоящее время проблемы сколов облицовок из-за низкой адгезионной прочности к металлу коронок и зубных протезов [1] продолжают встречаться довольно часто. Поэтому поиск и усовершенствование новых процессов, увеличивающих адгезионную прочность облицовок с дентальными металлическими поверхностями и обеспечивающих защиту от негативных последствий использования металла в полости рта, является актуальной задачей.

Для улучшения адгезионных характеристик облицовок из полимеров и керамики к штампованным и литым протезам широко используются разрешенные к применению ретенционные покрытия, наносимые микроплазменным напылением (МПН) [2-4], а также методом плазменно-импульсного осаждения (ПИО) [5]. Проведенные исследования свойств образцов с данными покрытиями по сравнению с образцами без покрытий, показали более плотное прилегание облицовочных материалов к напыленным поверхностям за счет высоконадежного механического зацепления с развитой поверхностью. Прочность сцепления при нормальном отрыве материала облицовки в случае использования напыленного покрытия по сравнению с традиционными методами предварительной обработки повышается в 3-5 раз. При этом зубные протезы и несъемные коронки имеют более высокую устойчивость к разрушающим нагрузкам.

Сущность МПН состоит в нанесении покрытий из отдельных частиц порошкового материала, нагретого и ускоренного с помощью

аргоновой плазменной струи при температуре нагрева изделий не более 100-150°C. В отличие от мощных плазменных установок микроплазменные процессы используются для нанесения покрытий на тонкостенные и малогабаритные детали для исключения их перегрева и деформаций. Процесс характеризуется минимальными шумовыми характеристиками. В качестве порошковых материалов для МПН применяются титановые сплавы или сплавы на кобальтовой основе, аналогичные или близкие по химическому составу к каркасу протеза. Фракционный состав порошка - +45 -100 мкм. Основные свойства наносимых покрытий: толщина 100-150 мкм, пористость 10-15%, адгезионная прочность 20-60 МПа, параметр шероховатости  $R_a$  20-25 мкм (для сравнения, после пескоструйной обработки параметр шероховатости  $R_a$  составляет 2,5-10 мкм).

Для нанесения порошковых материалов разработана установка микроплазменного напыления УПНН-170 (рис. 1) и порошковый дозатор ПД-170 (рис. 2), основанный на эжекционно - импульсном принципе подачи порошка. Технические характеристики разработанной установки: потребляемая мощность 2,5 кВт, номинальный ток 40-60 А, номинальное рабочее напряжение 42 В, расход аргона 5 л/мин, занимаемая площадь, не более 0,5 м<sup>2</sup>, масса, не более 40 кг.



**Рисунок 1.** Установка для МПН УПНН-170 и вид плазменной струи в режиме МПН

ПИО покрытий относится к процессам электрофизической обработки, в которых покрытие формируется за счет расплавления электрода (анода) и оплавления локальной зоны детали (катода) при подаче на них импульсов тока обратной полярности и генерирования плазменного потока. Покрытие осаждается при воздействии плазмы газового разряда и межэлектродной среды в

условиях неподвижно закрепленного держателя с вращающимся электродом и перемещения относительно него коронки или протеза. Для ПИО покрытий используются прутковые или проволоочные присадочные материалы из титановых или кобальтовых сплавов. Образующее покрытие характеризуется повышенной адгезионной прочностью по сравнению с покрытиями, нанесенными МПН. Толщина наносимых покрытий - 50-100 мкм. Параметр шероховатости поверхности покрытий  $R_a$  - 10-20 мкм.



**Рисунок 2.** Порошковый дозатор ПД-170



**Рисунок 3.** Установка для ПИО PPD-ATOM-106



**а**



**б**

**Рисунок 4.** Вид коронок с нанесенным адгезивным покрытием: а - методом ПИО; б - методом МПН

Для ПИО разработана установка PPD-ATOM-106 (рис. 3) с техническими характеристиками: потребляемая мощность 1,5 кВт, рабочее напряжение 20-100 В, расход газа до 10 л/мин, частота импульсов 50-500 Гц, длительность импульсов 20-100 мс, диаметр электрода 1,0-3,2 мм, длина электрода 100 мм, скорость вращения электрода до 1800 об/мин, занимаемая площадь, не более 0,5 м<sup>2</sup>, масса, не более 25 кг.

Изготовление облицованных коронок и зубных протезов при использовании рассмотренных выше процессов (рис. 4) предполагает выполнение следующих этапов: штамповку или литье металлических коронок и зубных протезов, обезжиривание, абразивно-струйная обработка наружной поверхности, нанесение покрытия методом МПН или ПИО, обработка поверхностей адгезивными системами, окончательное нанесение облицовок из

полимера или керамики по традиционным технологиям. При использовании ПИО абразивно-струйная обработка не используется.

За счет увеличения площади контакта при образовании шероховатой и пористой поверхности адгезия облицовки с каркасом повышается, а также уменьшается просвечивание металла через облицовку.

Плазменные ретенционные покрытия могут наноситься также на корневую и коронковую части штифтовых вкладок.

### **Литература**

[1] Restorative Dentistry. By: Italian Academy of Restorative Dentistry. 2012. - 688 p.

[2] Alontseva D., Borisov Y., Voinarovych S., Kyslytsia A., Kolesnikova T., Prokhorenkova N., Kadyroldina A. Development of technology of microplasma spraying for the application of biocompatible coatings in the manufacture of medical implants. *Przeglad Elektrotechniczny*. 2018. № 7. - pp. 94-97

[3] Lugscheider E., Bobzin K., Zhao L., Zwick J. Assessment of the Microplasma Spraying Process for Coating Application. *Advanced engineering materials*. 2006. № 7. - pp. 635-639

[4] Besov A.V., Maslyuk V.A., Stepanchuk A.N., Napara-Volgina S.G., Orlova L.N. Theory, production technology, and properties of powders and fibers cobalt-chromium powder alloys and retention coatings made from them for orthopaedic stomatology. *Powder Metallurgy and Metal Ceramics*. 2005. Vol. 44 (5). - pp. 207-210

[5] Jiao Z., Peterkin S., Felix L., Liang R., Oliveira J.P., Schell N., Scotchmer N., Toyserkani E., Zhou Y. Surface Modification of 304 Stainless Steel by Electro-Spark Deposition. *Journal of Materials Engineering and Performance*. JMEPEG ASM International. <https://doi.org/10.1007/s11665-018-3579-0>

\* topoljansky@mail.ru