

**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

ИСКЛЮЧЕНИЕ НЕПЕРЕНОСИМОСТИ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПЛАЗМЕННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

П.А. Тополянский^{1*}, С.А. Ермаков¹, А.П. Тополянский¹

¹ ООО «Плазмацентр», Санкт-Петербург, Россия

Рассмотрен безвакуумный и бескамерный плазмоструйный процесс осаждения тонкоплёночного покрытия на основе соединений кремния из газовой фазы. Для реализации этого процесса используется малогабаритный плазмохимический реактор. Одновременно с нанесением покрытия осуществляется плазменная стерилизация поверхности. Приведены основные характеристики установки TesisDent-118 для плазмохимического осаждения из газовой фазы кремнийсодержащих покрытий. Отличительными характеристиками разработанного оборудования является отсутствие применения вакуумных камер, малогабаритность, низкая энергоёмкость и простота обслуживания.

Для изготовления несъёмных зубных протезов и коронок применяются металлические конструкции. В дальнейшем они могут облицовываться керамическими или полимерными материалами. Искусственные коронки и протезы испытывают механические нагрузки при жевательных движениях, химическое и биологическое воздействие в ротовой среде под влиянием слюны, пищи, лекарств, а также постоянных изменений температуры и влажности. В этих условиях одной из частых проблем пациентов, которые используют облицованные коронки и зубные протезы, является образование трещин и сколов облицовок в условиях экстремальных напряжений сдвига и нормальных нагрузок. Основной причиной этой проблемы является частичное или полное ослабление фиксации облицовки, за счёт её низкой адгезионной прочности к металлической поверхности. Кроме этого наличие любых металлических конструкций в полости рта может приводить к гальванозу, появлению аллергических реакций и привкуса металла, колонизации микроорганизмов и образованию биоплёнок, переходу токсичных элементов из металлов в организм, сдвигу pH среды ротовой полости.

Простое смачивание адгезивными системами на основе силанов в виде жидкостей для создания химической связи с металлами вызывает много вопросов. С материаловедческих позиций модификация металлических поверхностей может осуществляться либо за счёт диффузионного процесса и, соответственно,

изменения химического состава поверхностного слоя, либо процесса формирования покрытия с четкой границей раздела. **Для надежной фиксации облицовок из полимера или керамики металлическую поверхность коронок и зубных протезов целесообразно модифицировать путем нанесения покрытия с взаимным диффузионным проникновением элементов покрытия и металла. При этом в химическом составе покрытия и материала облицовок должны быть одноименные элементы.** Важно отметить, что создание таких покрытий на металлической поверхности возможно только в условиях повышенной температуры в контакте покрытие - подложка и увеличенного давления потока осаждаемых ионизированных частиц. Также определяющим фактором является общее время воздействия этих параметров на металл.

С учетом этих требований применительно к коронкам и зубным протезам разработан процесс и установка TesisDent-118 (рис. 1) для химического осаждения из паровой фазы многослойного тонкопленочного кремнийсодержащего покрытия PateksDent. Данная технология относится к безвакуумным и бескамерным процессам плазмоструйного осаждения тонкопленочных покрытий из газовой фазы при использовании малогабаритного плазмохимического реактора и температуре нагрева деталей, не превышающей 100-150°C. Процесс осуществляется с одновременной плазменной активацией реакционного газового потока и локальной зоны детали, на которое наносится покрытие. Для осаждения покрытия используются жидкие прекурсоры на основе элементоорганических и неорганических жидкостей. Покрытие PateksDent является аморфным, благодаря использованию прекурсоров с элементами аморфизаторами, а также в связи с высокими скоростями охлаждения, равными (10^{10} – 10^{12}) К/с, характеризуется химической инертностью, коррозионностойкостью, является прозрачным и обеспечивает повышенные гидрофильные и электроизоляционные свойства поверхности. Технические характеристики установки TesisDent-118: напряжение питания 220 В, потребляемая мощность, не более 5 кВт, расход аргона, не более 5 л/мин, расход жидких технологических реагентов, не более 0,5 г/ч, занимаемая площадь, не более 0,5 м², масса, не более 40 кг.

Данный технологический процесс нанесения кремнийсодержащего покрытия PateksDent на коронки и протезы состоит из их обезжиривания в ультразвуковой ванне, промывке дистиллированной водой, сушке при температуре порядка 100°C и установке на вращающееся планетарное устройство (возможно индивидуальное нанесение покрытия). При вращении планетарного устройства каждая позиция с коронкой или протезом оказывается в

зоне воздействия атмосферной плазменной струи, которая омывая изделие, наносит кремнийсодержащее покрытие толщиной порядка 0,3-1 мкм. Заданная толщина покрытия обеспечивает его сплошность, равномерность и бездефектность. Длительность нанесения покрытия составляет от долей до нескольких минут. Для повышения эффективности фиксации коронок и протезов на культе зуба покрытие PateksDent наносится и на все внутренние поверхности.



а

б

в

Рисунок 1. Установка для нанесения тонкопленочных кремнийсодержащих покрытий TesisDent-18 (а), процесс индивидуального нанесения покрытия PateksDent на коронку из стали 12X18H10T (б) и вид полосы покрытия на образце-свидетеле (в)

Разработанная технология обеспечивает повышенные адгезионные и когезионные характеристики наносимого покрытия в условиях испытаний методом Scratch Testing по ISO 20502:2005, ASTM C1624-05 (2015). Исследования технологических остаточных напряжений в зоне перехода покрытие - подложка показали образование остаточных напряжений сжатия, способствующих залечиванию микродефектов поверхности и повышению работоспособности в условиях циклических нагрузок. Данные условия обеспечиваются циклическостью процесса осаждения покрытия, поддержанием и контролем заданной температуры и скорости вращения. Оптимальные рабочие параметры процесса осаждения для минимизации напряжений зависят от свойств материала коронок и протезов (химического состава, шероховатости, теплопроводности и др.), конкретной их конструкции, условий осаждения.

Наносимое покрытие отвечает требованиям бездефектности, характеризуется диффузионным проникновением элементов подложки в покрытие, обеспечивающее надежную адгезионную

связь с металлом. Химический состав покрытия PateksDent показывает близость к химическому составу покрытий, наносимых газопламенным осаждением и методом CVD, для которых была доказана повышенная адгезионная прочность облицовочных материалов.

Таким образом, технология создания облицованной коронки или зубного протеза состоит из нанесения покрытия PateksDent на металлическую основу, смачивания раствором силановой адгезивной системы методом протирки, окунания или распыления. В качестве силанового связующего слоя используются различные адгезивные системы с органосилановыми агентами. И окончательного нанесения полимерных или керамических облицовочных материалов на поверхность путем традиционного изготовления.

Разработанное оборудование является простым и экономичным и может наносить покрытия на коронки и зубные протезы при атмосферном давлении, как на наружную, так и внутреннюю поверхность.

При использовании кремнийсодержащего покрытия PateksDent можно отказаться от применения других технологий фиксации облицовок за счет механического зацепления. Покрытие PateksDent можно также наносить на внутренние поверхности коронок и протезов, что позволит обеспечить образование химических связей со связующим материалом непосредственно при креплении коронки на культю зуба.

Разработанное оборудование может найти применение в стоматологических клиниках и лабораториях для изготовления коронок и зубных протезов, а также в научно-исследовательских лабораториях и кафедрах медицинских университетов. При этом разработанные покрытия могут использоваться не только для коронок и зубных протезов, но и для нанесения покрытий на различные детали имплантационного назначения для ортопедии и травматологии.

* topoljansky@mail.ru