

УТВЕРЖДАЮ

Директор
ИКТИ РАН

_____ С.А. Шептунов
М.П.

«28» декабря 2020 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

на выполнение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ по теме «Разработка исследовательской установки по нанесению многокомпонентных нанокompозитных покрытий»

1. ЦЕЛЬ ВЫПОЛНЕНИЯ НИОКТР

Разработка исследовательской установки по нанесению многокомпонентных нанокompозитных покрытий для ассистирующего осаждения защитных многокомпонентных нанокompозитных покрытий на рабочую (нагруженную) поверхность ответственных элементов, подбора компонентов защитного покрытия и отработки технологического процесса нанесения.

2. ЭТАПЫ РАБОТ И СРОКИ ИХ ВЫПОЛНЕНИЯ

2.1 Этапы работ

1 Этап – Разработка Технического проекта (ТП) на исследовательскую установку по нанесению многокомпонентных нанокompозитных покрытий

2 Этап – Разработка рабочей конструкторской документации на исследовательскую установку по нанесению многокомпонентных нанокompозитных покрытий. Разработка технологической документации на изготовление исследовательской установки по нанесению многокомпонентных нанокompозитных покрытий. Разработка эксплуатационной документации на исследовательскую установку по нанесению многокомпонентных нанокompозитных покрытий.

2.2 Сроки выполнения работ по этапам установлены Календарным планом.

3. НАИМЕНОВАНИЕ И НАЗНАЧЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ

Исследовательская установка по нанесению многокомпонентных нанокompозитных покрытий (далее – установка) предназначена для нанесения упрочняющих одно- и многослойных покрытий способом конденсации вещества катодно-вакуумно-дуговым осаждением с фильтрацией микрокапельной фазы.

Установка предназначена для эксплуатации в районах с умеренным климатом в следующих условиях (согласно ГОСТ 15150-69):

- атмосферное давление от 960 до 1040 ГПа;
- температура окружающей среды от +10 до +35°C;
- влажность окружающей среды (при максимальной температуре) от 30% до 80%;
- среда, окружающая установку, не является взрывоопасной, не содержит пыль, в том числе токопроводящую, способную повлиять на работоспособность установки, а также агрессивные газы и пары в концентрациях, разрушающих металлы и изоляционные компоненты;
- установка должна эксплуатироваться в стационарных условиях в производственных помещениях, отвечающих требованиям актуальных санитарных правил и норм.

4. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

4.1 Состав изделия

Установка состоит из следующих основных узлов:

- корпус;
- электродуговые испарители;
- система водяного охлаждения;
- вакуумная система;
- механизм вращения;
- основание;
- электрическая часть.
- система управления

4.2 Основные функции

Исследовательская установка предназначена для нанесения многокомпонентных нанокompозитных покрытий на основе различных соединений тугоплавких металлов при конденсации в вакууме высокоскоростных потоков газометаллической плазмы. Установка также может использоваться при нанесении многослойных, в том числе и композиционных покрытий с нанослойной структурой. Принцип действия установки основан на использовании метода парофизического осаждения материала на подложку в вакууме.

Установка должна осуществлять следующие процессы:

- производить электронное термоактивирование поверхности изделия;
- производить ионную очистку газовой, газо-металлической или металлической плазмой;
- синтезировать покрытия монослойного, многослойного, композиционного, многослойно-композиционного типов при использовании ионных потоков с фильтрацией микрокапельной фазы, формировать износостойкие комплексы, с управляемым составом, структурой и свойствами.

Корпус должен иметь посадочные места для подключения вакуумной системы, установки не менее трех электродуговых испарителей. На нижней поверхности корпуса должно быть герметизируемое отверстие для оси поворотного стола. Выполняется с двойными стенками, образующими полость водоохлаждения (или подогрева при откачке камеры). Корпус с дверцей образует вакуумную камеру, необходимую для протекания физического процесса нанесения многокомпонентных нанокompозитных покрытий. Дверца должна иметь двойные стенки, которые образуют полость водоохлаждения. Корпус в сборе с вакуумной системой, поворотным столом и электродуговыми испарителями должен обеспечивать достаточную герметичность для создания давления 10^{-4} Па.

Электродуговой испаритель должен состоять из корпуса и держателя, которые электрически изолированы друг от друга, и защитного кожуха.

Исполнения электродугового испарителя:

– с криволинейным плазмоводом с образованием продольного, непрерывного и равномерного по всей длине плазмовода между катодом и анодом магнитного поля и электрического поля (исполнение 1);

– испаритель с пульсирующим магнитным полем, позволяющим удерживать катодные пятна на рабочей поверхности катода и управлять траекторией движения катодных пятен (исполнение 2).

Система водоохлаждения должна состоять из панели водораспределительной и трубопроводов. Предназначается для охлаждения рабочего объема напылительной камеры.

Вакуумная система предназначена для создания в рабочей камере необходимого рабочего давления. Регулирование остаточного давления должно выполняться с помощью автоматического регулятора напуска рабочего газа. Вакуумная система должна обеспечивать создание в камере установки давления до 10^{-4} Па.

Механизм вращения должен иметь электромеханический привод, состоящий из электродвигателя постоянного тока и редуктора. Электродвигатель позволяет изменять число оборотов заготовок и направление вращения.

Основание предназначается для монтажа на нем камеры, вакуумной системы, системы водоохлаждения и подогрева. В тумбе основания расположен механизм вращения поворотного стола и блоки поджига дуги.

Электрическая часть служит для электроснабжения установки и управления технологическим процессом. Электроснабжение производится от трехфазной сети напряжением 380 В/220 В.

4.3 Нормы и качественные показатели

4.3.1 Технические характеристики (параметры)

– Габариты установки в сборе (ДхШхВ), мм, не более– 4000х3750х2200;

- Высота рабочей камеры, мм, не более – 700;
- Максимально допустимые размеры заготовок (диаметр описанной окружности, высота), мм – 220, 250;
- Количество электродов токопроводящих (испарителей), не менее, шт. – 3;
- Максимальная допустимая нагрузка на ось вращения планетарного механизма, кг – до 15;
- Диапазон плавного регулирования частоты вращения стола (в обе стороны), об/мин – от 0,25 до 15;
- Скорость осаждения покрытия, мкм/час – до 10;
- Номинальный ток высоковольтного источника питания подложки, А – 20;
- Диапазон плавного регулирования величины напряжения высоковольтного источника питания подложки, В – от 100 до 1500;
- Диапазон плавного регулирования величины напряжения низковольтного источника питания подложки, В – от 0 до 280;
- Потребляемая мощность, кВт – не более 65;
- Напряжение питающей сети, В – 380/220;
- Частота тока, Гц – 50;
- Остаточное давление в камере, Па – от $6,5 \cdot 10^{-3}$ до $6,7 \cdot 10^{-1}$;
- Расход охлаждения, куб.м/час – 2;
- Масса установки, т – не более 4,2.

Требования к электродуговому испарителю:

- Скорость нанесения, мкм/ч – до 10;
- Максимальный диаметр катода, мм не более – 60 мм.

Исполнение 1:

Конструкция электродугового испарителя с криволинейным плазмодом должна обеспечивать фильтрацию капельной составляющей

плазменного потока за счет создаваемого между катодом и анодом магнитного поля и электрического поля

Исполнение 2:

Испаритель с пульсирующим магнитным полем должен удерживать катодные пятна на рабочей поверхности катода и управлять траекторией движения катодных пятен для снижения выхода капельной фракции в плазменный поток.

4.4 Эксплуатационные требования к изделию

4.4.1 Требования надежности

4.4.1.1 Надежность разрабатываемой установки должна обеспечивать достижение заданных показателей качества выпускаемой продукции в течение всего расчетного срока эксплуатации изделия.

4.4.1.2 Надежность установки обеспечивается применением комплектующих изделий, с гарантийными сроками и характеристиками по надежности соответствующими требованиям к установке. Разрабатываемая установка должна отвечать следующим требованиям надежности и долговечности:

- технический ресурс работы изделия 10 лет;
- ресурс механизма вращения изделий до первого ремонта (кроме подшипниковых узлов) не менее 3000 часов;
- технический ресурс функционирования электротехнической системы не менее 5000 часов.

4.4.1.3 Ресурс между соседними ремонтами не регламентируется.

4.4.1.4 Отказом разрабатываемой установки считают выход из строя любого из элементов изделия

4.4.2 Требования безопасности

4.4.2.1 Процесс производства, транспортно-монтажные операции, а также процесс эксплуатации и демонтажа установки должны соответствовать нормам безопасной организации труда.

4.4.2.2 Лица, осуществляющие обслуживание и управление установкой, должны иметь допуск к обслуживанию сосудов, работающих под давлением.

4.4.2.3 Приборная панель электрического шкафа должна быть оснащена кнопкой экстренного выключения установки.

4.4.2.4 Использование средств аварийного прекращения производственного цикла должно обеспечивать безопасность нахождения в рабочей области оператора установки.

4.4.2.5 Для обеспечения безаварийно и безопасной работы на установке должны быть предусмотрены следующие блокировки:

- При прекращении подачи воды в линиях вакуумного насоса должна быть звуковая сигнализация и сниматься напряжение питания (высокое, опорное);
- При отключении высоковакуумного насоса автоматически закрывается затвор камеры установки.

4.4.3 Конструктивные требования

4.4.3.1 Установка должна иметь следующие органы управления технологическим процессом:

- регулировку давления в рабочей камере установки;
- регулировку напора воды в системе охлаждения рабочей камеры;
- регулировку величины напряжения низковольтного источника питания подложки;
- регулировку величины напряжения высоковольтного источника питания подложки;
- регулировку скорости и направления вращения поворотного агрегата;
- индикаторы вакуума в рабочей области вакуумной системы;
- индикаторы наличия неисправности на шкафах и элементах электрической части;
- индикаторы наличия напряжения на источниках дуги;
- средства контроля давления в рабочей камере.

4.4.3.2 Исполнительные элементы установки, органы управления, а также узлы соединения со штатными коммуникациями здания должны иметь доступное расположение.

4.4.3.3 Доступ к рабочей камере, средствам управления технологическим процессом, а также блоку управления электросетью внутри рабочего помещения должен быть осуществлен согласно установленным санитарным нормам предприятия-заказчика.

4.4.3.4 Размещение и монтаж установки, шкафа и источника питания должны обеспечивать наиболее удобную эксплуатацию изделия пользователем.

4.4.3.5 Элементы управления электрической части должны быть расположены на консолях управления таким образом, чтобы соблюдалась функциональная цель каждого из органов управления.

4.4.3.6 Узлы, подлежащие обслуживанию, ремонту или замене, должны быть легкодоступны или требовать незначительных демонтажных процедур для обеспечения доступа.

4.4.3.7 Конструкция установки должна предполагать возможную замену элементов в процессе эксплуатации изделия.

4.4.3.8 Элементы электропитания должны быть конструктивно изолированы от источников влаги.

4.4.3.9 Элементы установки, сопряженные с вероятным воздействием температурных факторов, попаданием жидкостей или возникновением прочих неблагоприятных условий эксплуатации, необходимо конструктивно изолировать от случайного приближения и физического контакта пользователя.

4.4.3.10 Установка должна предполагать наличие средств, предохраняющих от короткого замыкания, а также наличие контакта заземления.

4.4.3.11 Устройства, входящие в состав каждой из систем установки должны быть в максимальной мере оснащены современными разъемами и присоединительными средствами, обеспечивающими надежный контакт узлов и наибольшее удобство использования.

4.4.4 Требования к электропитанию

4.4.4.1 Электропитание разрабатываемой установки должно осуществляться от сети 380 В (3ф) и 220 В 50Гц.

4.4.5 Требования к комплектности поставки установки

4.4.5.1 Компоненты, входящие в состав изделия, являются элементами штатной комплектации установки, отвечающей требованиям технического задания на проектирование.

4.4.5.2 Конструкция разрабатываемой установки должна предполагать возможную замену узлов в процессе эксплуатации.

4.4.5.3 Элементы узлов установки, предназначенные для соединения с покупными агрегатами, входящими в состав установки, должны иметь стандартизированные контактные- и присоединительные размеры.

4.4.5.4 Покупные изделия, входящие в состав настоящей установки, должны быть легкодоступны для приобретения, а также отвечать действующим нормативным техническим документам.

4.4.6 Требования технологичности

4.4.6.1 Конструкции составных частей изделия должны разрабатываться с учётом использования отработанных и перспективных конструктивных решений, и освоенных конструкционных материалов, возможности унификации элементов и использования готовых покупных и заимствованных изделий.

4.4.6.2 Элементы конструкции, этапы технологического процесса производства изделия, а также комплектация изделия могут изменяться с целью повышения технологичности изготовления изделия при предварительном согласовании настоящих изменений с заказчиком.

4.4.6.3 Набор технических характеристик готового изделия, а также комплексный показатель качества изготовления каждого из изделий должен оставаться неизменным и отвечать требованиям, указанным в задании на проектирование вне зависимости от применимого технологического процесса производства изделия.

4.4.6.4 Информация об особенностях изготовления, контроля и проверки изделия и его составных компонентов должна заноситься в комплект сопроводительной документации.

4.4.7 Требования к эксплуатационным показателям

4.4.7.1 Требования к составу и квалификации эксплуатационного и обслуживающего персонала установки.

Эксплуатационный и обслуживающий персонал должен быть обучен работе на установке и правилам техники безопасности при эксплуатации установки.

4.4.7.2 Требования к эксплуатационным режимам установки:

- основной – технологическое оборудование действует в полном объеме, с параметрами, установленными технологическим регламентом;
- частичного обслуживания – на нуждающихся в кратковременном обслуживании периферийных участках установки технологический процесс может быть на некоторое время остановлен без остановки работы основных участков.

4.4.7.3 Требования к времени непрерывной или циклической работы установки.

Должна обеспечиваться непрерывная работа с остановками на техническое обслуживание не чаще 1 раза в смену.

4.4.7.4 Требования по условиям эксплуатации в аварийных ситуациях

Должна быть обеспечена аварийная остановка установки при нажатии кнопки на панели управления. Аварийная остановка установки не должна:

- создавать опасности для работающего персонала;
- создавать опасности для окружающей среды;
- приводить к выходу из строя технологического оборудования.

4.4.8 Требования по ремонтпригодности

4.4.8.1 В аварийных ситуациях установка должна быть выключена и обесточена.

4.4.8.2 Требования к эксплуатационным показателям

- Разрабатываемая установка должна обслуживаться согласно штатному расписанию – 2 чел.

– Разрабатываемая установка должна функционировать в следующих режимах:

1 основной – полное функционирование установки;

2 аварийный – безопасная остановка функционирования.

– Разрабатываемая установка должна обеспечивать непрерывную работу с остановкой на обслуживание не менее чем через каждые 8 ч.

– Периодическое техническое обслуживание разрабатываемой установки должно проводиться не реже одного раза в год.

– Периодическое техническое обслуживание должно включать в себя обслуживание всех модулей установки.

– К обслуживанию комплекса должны допускаться лица, имеющие квалификационную группу по технике безопасности не ниже третьей и имеющие допуск к работе с электроустановками напряжением до 1000 В.

4.4.9 Требования к документации

4.4.9.1 Вся разработанная документация на изделие должна быть выполнена в соответствии с требованиями ЕСКД.

4.4.9.2 Разработанная документация на изделие должна максимально детально отражать особенности конструкции установки, порядок и методики ее использования, информацию о возможных неисправностях и методах их устранения, сведения об особенностях изготовления конкретного экземпляра установки, предоставленные предприятием-изготовителем.

4.4.10 Требования к консервации, хранению и транспортированию

Транспортирование и хранение любым способом, обеспечивающим сохранность и работоспособность установки.

5. Требования к метрологическому обеспечению

5.1 Метрологическое обеспечение разрабатываемой установки должно включать в себя совокупность организационных мероприятий, технических средств, требований, положений, правил, норм и методик, необходимых для обеспечения единства измерений и требуемой точности измерений и вычислений.

5.2 Методики выполнения измерений, применяемые для контроля параметров разрабатываемой установки при испытаниях и эксплуатации, должны соответствовать требованиям нормативной документации.

6. Требования к разрабатываемой документации

6.1 В результате выполнения работ должна быть разработана следующая документация:

- 1) Информационно-удостоверяющие листы электронных моделей исследовательской установки по нанесению многокомпонентных нанокompозитных покрытий;
- 2) Пояснительная записка с обоснованием принятых конструктивных решений, содержащих результаты имитационного моделирования критических случаев нагружения исследовательской установки по нанесению многокомпонентных нанокompозитных покрытий, ее узлов, агрегатов и составных частей;
- 3) Чертеж общего вида исследовательской установки по нанесению многокомпонентных нанокompозитных покрытий;
- 4) Комплект рабочей конструкторской документации на исследовательскую установку по нанесению многокомпонентных нанокompозитных покрытий;
- 5) Комплект технологической документации на изготовление исследовательской установки по нанесению многокомпонентных нанокompозитных покрытий;
- 6) Комплект эксплуатационной документации на исследовательскую установку по нанесению многокомпонентных нанокompозитных покрытий

6.2 Разрабатываемый комплект рабочей конструкторской документации должен состоять из:

1. Габаритный чертеж;
2. Монтажный чертеж;

3. Сборочный чертеж;
4. Спецификация;
5. Чертеж детали.

6.3 Разрабатываемый комплект технологической документации должен состоять из:

1. Маршрутная карта (МК);
2. Ведомость технологических документов (ВТД).

6.4 Комплект рабочей конструкторской и технологической документации должен соответствовать требованиям ЕСКД.

6.5 Основной текст отчетных материалов оформляется на русском языке, печатным (машинным) способом с использованием персонального компьютера (ПЭВМ). Набор текста в отчетных материалах производится в текстовом редакторе Microsoft Office Word в файловых форматах doc или docx. Страницы в отчетных материалах должны соответствовать стандартному формату А4 (210 × 297 мм). В обоснованных случаях допускается использовать другой формат А3 (297 × 420 мм), при этом листы должны быть укомплектованы в едином документе (формате).

6.6 Схемы, графические материалы оформляются с использованием графического редактора. Все отчетные материалы должны быть продублированы в формате Adobe Reader (pdf) в цветном виде.

6.7 Текст должен быть кратким, точным, не допускающим различных толкований, логически последовательным. Ошибки, опечатки, графические неточности, помарки, повреждения листов не допускаются. Вносить в текст отчетных материалов отдельные слова, формулы, знаки, буквы, символы, графики, рисунки рукописным способом не допускается.

6.8 Для наглядности и удобства изложения применяют таблицы, графический материал, схемы, формулы.

6.9 В документации должны применяться общепринятые условные обозначения, единицы величин, символы и сокращения.

6.10 В тексте наравне с русским, допускается использовать латинский и греческий алфавит, для обозначения сокращения, формул, величин, символов и т.п.

6.11 Результаты работ (отчетные материалы) на бумажных носителях представляются в виде оформленных сшитых томов. На титульном листе должны быть оригинальные печати организации разработчика и подлинные подписи руководителя организации. На следующей странице должны быть подписи руководителя работ и основных исполнителей.

6.12 Результаты работ в электронном виде представляются на CD (DVD) или USB-накопителе.