

Рекомендации

по применению технологии и оборудования «ДИМЕТ»
для газодинамического напыления покрытий

В данном разделе приведены практические рекомендации по применению технологии и оборудования для газодинамического напыления покрытий на деталях и узлах приборного назначения из алюминиевых, титановых и медных сплавов с целью

- защиты от коррозии;
- пайки низкотемпературными припоями;
- герметизации паяных высокотемпературными припоями швов;
- создания герметичных объемов в соединении «корпус – крышка».

Технология и оборудование «ДИМЕТ».

Порошковые материалы и режимы напыления покрытий.

Технология «ДИМЕТ», известная также как газодинамическое напыление при низких давлениях, характеризуется тем, что для создания покрытий используются смеси металлических порошков с керамическими порошками. Обнинский Центр Порошкового Напыления (ОЦПН), являющийся разработчиком технологии «ДИМЕТ» и портативного оборудования для газодинамического напыления серии «ДИМЕТ», в настоящее время выпускает спектр порошковых материалов для нанесения функциональных покрытий, в частности для защиты от коррозии, пайки низкотемпературными припоями, герметизации металлических объектов.

Порошковые материалы, разработанные и производимые ОЦПН, являются оптимизированными смесями металлических и керамических порошков, разработанными для решения различных прикладных задач.

Основными параметрами, регулирующими процесс нанесения покрытий портативным оборудованием «ДИМЕТ», являются давление торможения и температура торможения ускоряющего газа, а также величина расхода порошкового материала. Величина расхода порошкового материала в процессе напыления портативным оборудованием «ДИМЕТ» всегда устанавливается около 0,3 – 0,5 граммов в секунду.

Минимальное значение давления торможения, допустимое для напыления покрытий портативным оборудованием «ДИМЕТ» составляет 0,5 МПа (5 атм) при измерении манометром, штатно установленным на устройстве. Максимальное давление, обеспечивающее корректный процесс напыления покрытия, составляет 0,75 МПа (7,5 атм). Рекомендуемое при выполнении всех работ по напылению покрытий давление торможения составляет 0,55 – 0,70 МПа (5,5 – 7,0 атм).

Нанесение покрытий для защиты от коррозии.

Для защиты материалов от коррозии могут выбираться либо покрытия, препятствующие контакту коррозионной среды с защищаемой поверхностью, либо покрытия, обеспечивающие протекторную защиту поверхности вследствие более высокого электрохимического потенциала материала покрытия.

В зависимости от коррозионной среды выбор материала покрытия может быть различен. Для ситуации защиты от атмосферной коррозии покрытия могут наноситься материалами на основе никеля (N3-00-02), цинка (Z-00-11), алюминия (A-20-01), смесей алюминия и цинка (A-80-13 или A-20-11), олова (T2-00-05), свинца (P1-00-01) или сплава олова со свинцом ПОС-63 (TP-63-25).

Для антикоррозионной защиты наносятся покрытия толщиной 20 – 50 микрон. Технология «ДИМЕТ» обеспечивает нанесение покрытий такой толщины без какой-либо подготовки поверхности. Рекомендуемые режимы напыления для тонких покрытий, толщиной не более 50 микрон приведены в Таблице 1.

Таблица 1.

Порошковый материал	Режим напыления	Дистанция напыления, мм
N3-00-02	4, 5	8 - 10
Z-00-11	3, 4	8 – 10
A-20-01	2, 3	8 – 10
A-80-13	3, 4	8 – 10
A-20-11	3, 4	8 - 10
T2-00-05	3, 4	10 - 20
P1-00-01	0, 1, 2	10 - 30
TP-63-25	3, 4	10 - 20

После предварительной абразивной обработки поверхности корундом К-00-04-16 допускается нанесение антикоррозионных покрытий любой толщины. При этом для порошкового материала Z-00-11 возможно использование режима «5», а для порошковых материалов T2-00-05 и TP-63-25 дистанцию следует увеличить до 60 – 80 мм. Обработка поверхности корундом К-00-04-16 производится в режимах «0» - «3» при дистанции 10 - 20 мм.

Нанесение покрытий для пайки низкотемпературными припоями.

Для пайки низкотемпературными припоями необходимо обеспечить смачиваемость поверхности расплавом припоя. Припои на основе олова хорошо смачивают поверхность меди, а поверхность алюминия и титана без применения специальных флюсов смачивается неудовлетворительно. Для улучшения смачиваемости расплавом припоя на поверхности деталей из алюминия или титана может быть нанесено тонкое медное покрытие, пайка к которому аналогична пайке к меди.

Медное покрытие наносится порошковым материалом С-01-01. На поверхность алюминиевых деталей тонкое медное покрытие по технологии «ДИМЕТ» наносится без подготовки поверхности. На поверхность титановых деталей тонкое медное покрытие для пайки следует наносить после абразивной обработки поверхности корундом К-00-04-16. Предварительная абразивная обработка поверхности титановых деталей позволяет обеспечить адгезию покрытия к поверхности титана соизмеримую с адгезией к поверхности алюминия. Обработка поверхности корундом К-00-04-16 производится в режимах «0» - «3» при дистанции 10 - 20 мм.

С целью повышения прочности паяного соединения медное покрытие следует наносить толщиной не более 50 микрон. При больших толщинах медного покрытия прочность соединения будет определяться не величиной адгезии покрытия к основе, а когезионной прочностью покрытия (прочностью на разрыв), составляющей 40 – 60 МПа.

Для пайки больших участков поверхности целесообразно нанесение на медное покрытие слоя покрытия из олова или сплава олова со свинцом ПОС-63. Толщина этого слоя должна быть достаточна для плотного прижатия спаиваемых поверхностей по всей площади контакта при нагреве до температуры пайки.

При нанесении тонких покрытий меди порошковым материалом С-01-01 рекомендуется применять режим «2» или режим «1». Дистанция напыления 8 – 10 мм.

При нанесении на слой меди покрытия олова или сплава олова со свинцом ПОС-63 порошковыми материалами Т2-00-05 и ТР-63-25 рекомендуется применять режим «4» и дистанцию напыления 60 – 80 мм.

Герметизации паяных высокотемпературными припоями швов.

При сварке или пайке высокотемпературными припоями в швах сварных и паяных соединений возможно возникновение микропор, приводящих к негерметичности соединения. К микропорам относятся сквозные отверстия размером не более 50 микрон. Обеспечить герметичность соединения без воздействия на свойства сварного или паяного шва можно посредством нанесения герметизирующего покрытия по технологии «ДИМЕТ».

Для герметизации в этом случае могут быть использованы порошковые материалы на основе алюминия (А-20-01, А-30-01), цинка (Z-00-11) и смесей алюминия и цинка (А-20-11, А-80-13).

Порошковые материалы на основе алюминия А-20-01 и А-30-01 применяются в случаях, когда наличие цинка в соединении недопустимо по каким-либо требованиям, например коррозионной стойкости или глубокого вакууммирования. Если специальные требования отсутствуют, то удобно применять порошковый материал А-20-11, позволяющий обеспечивать герметизацию не только микропор, но и дефектов размером до 0,5 мм и более.

Открытая пористость в покрытиях, нанесенных указанными порошковыми материалами, отсутствует при выполнении нанесения в режимах «1» - «3» и подаче порошкового материала с расходом не более 0,3 грамма в секунду. Величина закрытой пористости снижается от величины 3 % при использовании режима «3» до значений менее 1 % при нанесении в режиме «1».

Возможно выполнение герметизации порошковым материалом на основе свинца (Р1-00-01).

Перед нанесением герметизирующего покрытия поверхность сварного или паяного высокотемпературным припоем шва следует обработать корундом К-00-04-16. Абразивная обработка поверхности шва позволяет удалить окалину, остатки флюсов и иные загрязнения и обеспечить адгезию покрытия к поверхности не менее 45 МПа. Обработка поверхности корундом К-00-04-16 производится в режимах «0» - «3» при дистанции 10 - 20 мм.

Рекомендуемые режимы напыления покрытий для герметизации паяных высокотемпературными припоями швов приведены в Таблице 2.

Таблица 2.

Порошковый материал	Режим напыления	Дистанция напыления, мм
А-30-01	1, 2	8 – 10
А-20-01	1, 2	8 – 10
Z-00-11	1, 2, 3	8 – 10
А-80-13	1, 2, 3	8 – 10
А-20-11	1, 2, 3	8 - 10
Р1-00-01	0, 1, 2	10 - 30

После нанесения герметизирующего покрытия следует удалить избытки толщины слоя шабером, фрезой или иным режущим инструментом.

Создание герметичных объемов в соединении «корпус – крышка».

Для создания герметичных объемов в соединении деталей необходимо обеспечить прочность механического соединения любым способом, а покрытия использовать только для обеспечения герметичности и придания окончательной формы. Такое требование связано с низкой величиной относительного удлинения материала покрытия, нанесенного газодинамическим способом. Низкое значение величины относительного удлинения обусловлено порошковой структурой материала покрытия и его значительным наклепом. Увеличение значения относительного удлинения материала покрытия возможно только путем его последующей термической обработки.

Обеспечение прочности механического соединения деталей может быть осуществлено либо резьбовым соединением деталей, либо сваркой или пайкой деталей на нескольких участках, либо болтовым или клепаным соединением. При любом типе механического соединения желательно обеспечить минимальные зазоры между соединенными деталями.

Если при соединении деталей обеспечена величина зазоров не более 50 микрометров, то герметизация соединения производится в соответствии с рекомендациями предыдущего раздела *«Герметизации паяных высокотемпературными припоями швов»*.

При размере зазоров между деталями более 50 микрометров для перекрытия и герметизации зазора следует применять порошковые материалы на основе смеси алюминия и цинка А-20-11 или на основе меди и цинка С-01-11. Эти материалы обеспечивают перекрытие отверстий размером менее 0,5 – 0,8 мм.

При размере зазоров более 0,5 – 0,8 мм следует применить металлические заглушки, с помощью которых размер зазора будет уменьшен до допустимой величины.

Открытая пористость в покрытиях, нанесенных указанными порошковыми материалами, отсутствует при выполнении нанесения в режимах «1» - «3» и подаче порошкового материала с расходом не более 0,3 грамма в секунду. Однако в режимах «1» и «2» перекрытие отверстий размером 0,5 - 0,8 мм весьма трудоемко. Даже в режиме «3» перекрытие таких отверстий может занимать длительное время. Для облегчения и ускорения процесса рекомендуется выполнять герметизацию зазоров в несколько стадий.

Первая стадия – абразивная подготовка поверхности, выполняемая материалом К-00-04-16 в режиме «0» - «3».

Вторая стадия – перекрытие отверстий порошковым материалом А-20-11 или С-01-11 в режиме «4».

Третья стадия – механическая обработка нанесенного покрытия с удалением избытка нанесенного материала.

Четвертая стадия – нанесение слоя покрытия толщиной 0,5 – 0,6 мм порошковым материалом А-20-11 или С-01-11 в режиме «1» - «3».

Слой покрытия толщиной 0,5 – 0,6 мм, нанесенный в режиме «1» - «3», обеспечивает полную герметизацию микропор, которые могут возникать в покрытии, нанесенном на режимах «4» и «5».

Если наличие цинка на поверхности деталей недопустимо по каким-либо требованиям, например коррозионной стойкости или глубокого вакууммирования, то на четвертой стадии покрытие наносится иными порошковыми материалами в соответствии с рекомендациями предыдущего раздела *«Герметизации паяных высокотемпературными припоями швов»*.