

14; фильтрующие перегородки, изготовленные из титана, позволяют очищать химически агрессивные среды и выдерживают регенерацию кислотами и щелочами) высокая термическая стойкость (металлокерамические фильтры работают при температурах до 350°C, а фильтрующие перегородки, изготовленные из пористой коррозионностойкой стали, выдерживают температуру рабочей среды до 600°C и термообработку в вакууме при температуре до 900°C).

Фильтрующие элементы из листовых прокатных металлокерамических материалов имеют конструкцию, аналогичную сетчатым фильтрующим элементам, т.е. могут быть плоскими, цилиндрическими, коническими, дисковыми и пр. По тонкости фильтрования фильтрующие перегородки из металлокерамики превосходят сетчатые, однако фильтрующие элементы на их основе имеют большую массу по сравнению с сетчатыми той же конструкции.

На практике чаще всего встречаются плоские фильтрующие элементы в виде одиночного диска или чечевицеобразные дисковые элементы. В ряде случаев нашли применение цилиндрические фильтрующие элементы из металлокерамики с гладкой поверхностью. Также как и в сетчатых фильтрах для увеличения прочности в металлокерамических фильтрах устанавливается опорная сетка или каркас. Гофрированные металлокерамические фильтрующие элементы используются крайне редко, хотя материал легко выдерживается операцию гофрирования, выдерживая при этом до 20 сгибов с радиусом 5 – 10 мм.

УДК 621.791.36

Проблемы получения качественного соединения сплавов на основе алюминия способом лазерной пайки

Магистрантка Щавелева О.А.

Научный руководитель – Голубцова Е.С.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Применение пайки является одним из перспективных путей развития современного машиностроения. Это обусловлено широким внедрением трудносвариваемых конструкционных материалов, при сварке которых в непосредственной близости от шва наблюдается зона с оплавленными границами зерен. Из-за наличия таких зон сварные соединения отличаются низкой пластичностью и легко разрушаются при небольшой деформации и ударах. Последующей термообработкой не удастся исправить структуру металла в зоне оплавления, и поэтому свойства сварного соединения остаются низкими, а сами соединения ненадежными в эксплуатации. Отсутствие уверенности в получении соединений с гарантируемыми свойствами заставляет отказаться от применения сварных конструкций из материалов такого рода.

Решение данной проблемы возможно с заменой сварных соединений на паяные в условиях, где это допустимо, т.к. паяные соединения являются преимущественно связующими, а не силовыми, то соединение получается путем заполнения зазора расплавленным припоем, а не путем расплавления - в процессе пайки основной металл остается твердым, что дает возможность получить бездефектное соединение.

Целью нашего исследования является получение качественного соединения лазерной пайкой, а задачей - подбор оптимальных режимов для технологии создания качественного соединения и разработка предложений по совершенствованию существующих технологий. Основным методом исследования в данной работе является научный эксперимент. Процедура эксперимента представляет собой предварительную подготовку и подбор материалов, настройку режимов, проведение эксперимента непосредственно и фиксирование полученных результатов, на основании которых делаются выводы.

Алюминий, обладает большим сродством к кислороду, поэтому на его поверхности образуется стойкий оксид Al_2O_3 , находящийся на его поверхности в виде пленки. Наличие ок-

сидной пленки на поверхности алюминия и его сплавов затрудняет процесс пайки. Обладая очень высокой температурой плавления (2050 °С), окисная пленка не расплавляется в процессе пайки и покрывает металл, затрудняя образование качественного паяного соединения. Вследствие высокой адсорбционной способности к газам и парам воды окисная пленка является источником газов, растворяющихся в металле, и косвенной причиной возникновения в нем различного рода дефектов.

Для осуществления пайки должны быть приняты меры по разрушению и удалению пленки и защите металла от повторного окисления. Предварительное удаление окисной пленки перед пайкой не может дать положительных результатов, поскольку пленка мгновенно образуется на воздухе вновь. Вследствие большой химической прочности соединения Al_2O_3 восстановление алюминия из его оксида в условиях пайки практически невозможно. Точно также невозможно связать Al_2O_3 в прочее соединение сильной кислотой и основанием. Поэтому действие флюсов для пайки алюминия основано на процессах растворения и смывания окисной пленки.

Основу флюсов, как правило, составляют легкоплавкие смеси хлористый солей щелочных и щелочноземельных элементов с добавлением в них небольшого количества фтористых соединений, активизирующих действия флюса, которое основано на растворении пленки фторидами. Однако исследования показали, что растворимость окиси алюминия фторидами невелика и содержание их во флюсах недостаточно. Так, например, в чистых расплавленных хлористый солях натрия и калия, часто являющихся основой флюсов, окись алюминия практически не растворяется.

В технологии лазерной пайки большое значение имеют характеристики оборудования, позволяющие устанавливать необходимые режимы. Лазерная установка, используемая в наших исследованиях, обладает мощностью 1 кВт. Изменяя координаты и скорость перемещения лазерной головки, диаметр лазерного пятна, в представляемом эксперименте возможно регулировалось количество вводимого тепла, а тем самым температуру пайки, хотя только косвенно, что является некоторым недостатком процесса.

В процессе исследования применялись разные способы подготовки поверхности, вспомогательные (флюс) и технологические (припой) материалы, а также вносились изменения в режимы пайки (скорость перемещения лазерного пучка и диаметр пятна). В качестве основного материала использовали пластины из алюминиевых сплавов марки Д16, АМц, АК7 разных толщин. В качестве технологического материала были выбраны припои марок *Castolin*, *HTS-2000* диаметром 2 мм, а также изготовлен порошковый «самофлюсующийся» припой из алюминиевой пудры ПАП-2 и смешанный с «литиевым» флюсом, приготовленным экспериментально. В качестве вспомогательного материала был изготовлен флюс с химическим составом близким к составу флюса 34А в жидком (на спирту -1Э) и в твердом состоянии (на воде, выпаренный-2Э). Для обработки поверхностей использовались либо соляная (*HCl*), либо плавиковая кислота (*HF*).

Эксперимент 1. Параметры эксперимента: флюс - 1Э, 2Э; припои - *HTS-2000*, *Castolin*; основного металл: пластина Д16 толщиной 8 мм; пластина АК5 толщиной 5 мм. Подготовка поверхности - травление в плавиковой кислоте (*HF*). Режимы: скорость перемещения лазерного пучка $v=70-400$ мм/мин; диаметр лазерного пятна $d=0,5-1,0$ мм.

Припой, предварительно протравленный в плавиковой кислоте, размещали в прорезанных на пластине канавках. Пайка велась по двум режимам. Для припоя *HTS* применялись скорости 200 и 100 мм/мин, для припоя *Castolin* 200 и 400 мм/мин. Изначально оба припоя пропаяли со скоростью перемещения лазерного пятна 200 мм/мин, после этого оценили полученные результаты и изменили скорости. Припой *Castolin* закипел и свернулся в шарик, скорость 200 мм/мин оказалась для него слишком малой, припой быстро разогревается, поэтому увеличили скорость до 400 мм/мин. Припой *HTS* при скорости 200 мм/мин почти не расплавился - скорость уменьшили до 100 мм/мин. При пайке припоя *HTS* обработанного флюсом (Э1) на малых скоростях был получен удовлетворительный результат: припой под

действием излучения разогрелся и начал расплавляться, заполняя канавку, однако после охлаждения и механического воздействия необходимой связи не образовалось. Сцепление произошло за счет флюса, кристаллы которого удерживали припой в канавке.

Эксперимент 2. Параметры эксперимента: припой – пастообразный «самофлюсующийся» припой из алюминиевой пудры ПАП-2, смешанной с «литиевым» флюсом, приготовленным экспериментально; основной металл: пластина Д16 толщиной 8 мм; пластина АК5 толщиной 5 мм. Подготовка поверхности – зачистка поверхности пластин наждачной бумагой, протирка спиртом, травление соляной кислотой (*HCl*). Режимы: скорость перемещения лазерного пучка $V=100 - 200$ мм/мин; диаметр лазерного пятна $d=4$ мм. На подготовленных пластинах были протравлены «дорожки» соляной кислотой, для нанесения на них экспериментального самофлюсующегося припоя с разным содержанием алюминиевой пудры (5 – 50%). Пайку вели на скоростях перемещения лазерного пучка 100 и 200 мм/мин. На участках пластины, где были нанесены припои с процентным содержанием 10-15 % *Al*, были отмечены положительные результаты.

Полученные образцы были отправлены в лабораторию для изучения структуры полученных соединений. После проведения металлографического исследования можно будет сделать выводы о возможности путей получения качественного паяного соединения с помощью вышеописанных технологий и необходимости совершенствования и доработки процессов в том или ином направлении.

УДК 666.3:661.55

Влияние технологических факторов на микроструктуру и фазовый состав керамики на основе реакционносвязанного нитрида кремния

Студент гр. 104611 Чукашев П.С.
Научный руководитель – Жук А.Е.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Повышение температуры предварительной обработки кремниевых прессовок, как и температуры азотирования, активизирует процессы массопереноса и приводит к сокращению индукционного периода и ускорению реакции. Более высокие скорости азотирования при повышенных температурах обуславливают большую степень превращения, причем зависимость эта очень чувствительная. Она может проявляться даже при небольшом градиенте температур в горячей зоне печи. Если в процессе реакционного спекания температура превысит точку появления жидкой фазы, то произойдет качественное изменение реакции. Взаимодействие в жидкой фазе идет очень интенсивно, но при этом формируется более грубая микроструктура нитрида.

Жидкая фаза способствует ускоренному росту зерен β - Si_3N_4 . Поэтому высокие температуры азотирования вызывают уменьшение отношения α/β . Реакция азотирования кремния сильно экзотермична. Если не контролировать тепловой режим реакции, то возможен сильный перегрев кремниевой заготовки. Опасность перегрева является наибольшей для массивных изделий. С целью контроля теплового режима применяются специальные командные системы, обеспечивающие управление экзотермической реакцией. Азотирование в таких системах начинается при 1050-1150°C. Температура повышается ступенчато до 1380%. На практике обычно используются режимы, при которых максимальная температура не превышает 1400 %. Добавки водорода в азот увеличивают скорость реакции азотирования, в особенности в начальный период, а также способствуют получению материалов с улучшенными свойствами.

Для объяснения возможных функций водорода внутри азотируемой прессовки предложена двухзонная модель азотирования. Согласно модели, вокруг азотируемой прессовки об-