

УДК 621.791.3

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ПАЙКА КОМПОЗИЦИОННЫМИ ПРИПОЯМИ

Растовцев П. А., Потехина Е. А.

**Научный руководитель — канд.техн.наук. Казаков В. С.
Сибирский федеральный университет, г. Красноярск**

Низкотемпературная пайка - это процесс получения неразъемного соединения материалов путём их автономного расплавления при смачивании, температуре ниже 450°C , растекании и заполнении зазора между ними с последующей его кристаллизацией.

За граничную температуру принята температура 450°C . Целесообразность такого деления обусловлена тем, что технологические, вспомогательные материалы и оснащение для низкотемпературной и высокотемпературной пайки обычно существенно отличаются.

Для получения соединений без изменения физико-химических свойств материалов необходимо, чтобы процесс соединения происходил при температурах ниже температуры изменения свойств материала (оптимально ниже температуры рекристаллизации), а зона шва должна по свойствам максимально приближаться к свойствам паяемых материалов.

Одним из способов, позволяющих получить такие соединения, является пайка с использованием композиционных припоев.

Отличительная особенность композитных припоев состоит в том, что совместная работа разнородных материалов, входящих в его состав, дает эффект, равносильный созданию нового материала, свойства которого отличаются от свойств каждого из его составляющих.

Композиционный припой состоит из матрицы — более легкоплавкого материала, обеспечивающего смачивание, и наполнителя — более тугоплавкого материала, ответственного за основные физико-химические, в частности, прочностные свойства соединения. Наполнитель может быть использован в виде порошка, дисперсных частиц, волокон, нитей и т. д.

Наибольшее распространение получили дисперсные частицы и волокна. В случае армирования волокнами имеет место наибольшая прочность и стабильность структуры при повышенных температурах по сравнению с металлами, упрочненными частицами, поскольку для волокна отношение площади поверхности к объему и, следовательно, поверхностная свободная энергия меньше. Сплавы, упрочненные мелкодисперсными частицами, наименее устойчивы вследствие склонности к перестарению.

Для создания высокопрочной композиции необходимо выполнение ряда условий. Наполнитель, в частности волоконный, должен иметь высокие значения модулей упругости, прочности при повышенных температурах, обладать низкой склонностью к ползучести и т. д. Отношение модуля упругости к плотности, являющееся одним из основных критериев эффективности композиции, для пайки, по-видимому, вследствие малых размеров шва не является существенным. Наполнитель должен быть также химически инертным по отношению к матрице при повышенных температурах и ориентирован по отношению к нагрузке.

Преимущество волокон как упрочнителя заключается в ином механизме упрочнения по сравнению с дисперсными частицами, и эффективность упрочнения в основном будет зависеть от свойств волокон, а матрица действует как среда, передающая напряжения. Таким образом, при создании композиционных припоев в качестве матрицы в этом случае может быть использован широкий спектр металлов и основные требова-

ния к матрице будут сводиться к обеспечению качественного смачивания наполнителя и паяемых материалов.

В простейшем случае композиционный припой изготавливают и используют в виде фольги. Обычно предварительно спеченный каркас из наполнителя в виде порошков, сеток, волокон (диаметром 0,013—0,25 мм) и т. д. пропитывают расплавом и прокатывают до требуемой толщины. Волокнистую массу для получения требуемой пористости уплотняют как до, так и после спекания. Регулируя режим пропитки, можно в процессе жидкофазного спекания дополнительно регулировать структуру припоя. В качестве наполнителей наиболее широко используют порошки Fe, Ni, Co, окислы и гидриды Ti, Zr, стальные волокна и т. д. В качестве расплава (матрицы) применяют сплавы систем на основе Ga, Ag—Cu; Ag—Pb; Pb—Sn и т. д. Использование такого материала в виде ленты или листов перспективно при соединении с большими зазорами и особенно при восстановительном ремонте. При наложении ленты на сквозное отверстие и нагреве выше температуры плавления матрицы сетка из волокна удерживает припой.

Вторая разновидность композиционной пайки состоит в том, что сетку, волокна, порошок и т. д. из тугоплавких материалов помещают в зазор с последующей операцией частичного спекания или без нее. Более легкоплавкий материал (матрицу) укладывают около зазора. Этот способ перспективен при пайке с большими зазорами (1 мм и более), а также при запаивании небольших отверстий. В качестве порошков применяют W, Fe, Co, Ag и их смеси.

Композиционный припой может состоять из смеси порошков с различной температурой плавления. При использовании паст в качестве связующих используют как металлические расплавы, так и неметаллические, в частности, флюсующие вещества. Использование смеси тугоплавких и легкоплавких порошков позволяет выполнять соединение по большим площадям в широком диапазоне зазоров.

Порошки могут быть подобраны так, что они образуют расплав в процессе контактного плавления между отдельными частицами различных материалов, составляющих припой, например, смеси порошков Ag с Cu; Si с Al; Ti с Ni, Cu и других с различного типа тугоплавкими наполнителями. В отличие от ранее рассмотренных систем использованием покрытий и дозированного количества частиц, вступающих в реакцию, можно с высокой точностью регулировать объем жидкой фазы и, следовательно, улучшить качество и надежность получаемых соединений. Широкие перспективы открываются также при использовании этого типа припоев для соединения пористых материалов.

Образование композиционного материала в зазоре может происходить в процессе диспергирования соединяемых металлов под действием расплава. Исследования показали, что при взаимодействии материалов с расплавами для систем, обладающих исчезающе малой взаимной растворимостью, наблюдается эффект квазисамопроизвольного диспергирования основного материала.

Таким образом, наибольшее влияние на упрочнение оказывает размер дисперсных частиц, когерентно связанных с матрицей.

Низкотемпературная пайка композиционными припоями применяется в основном при изготовлении полупроводниковых приборов и микросхем, а также для соединения деталей внешней арматуры электровакуумных приборов и соединения разнородных материалов.

Полученные соединения выгодно отличаются более высокими технологическими и эксплуатационными свойствами.