

Определение прочности паяного соединения (припой СТЕМЕТ 1301А) на сдвиг в комбинации с различными материалами

Астрединов В.М., Нечаева О.А., Щетинин Ю.А.

ОАО КБХА, г. Воронеж

Ключевым вопросом при создании жидкостных ракетных двигателей является обеспечение работоспособности сопел. К конструкционным материалам для их изготовления предъявляются следующие требования: высокие прочностные характеристики, технологичность (в частности, свариваемость с бронзой), пластичность, теплопроводность, жаропрочность и жаростойкость. Указанным требованиям отвечают следующие комбинации материалов: для стенки внутренней сплав на основе никеля ХН55МБЮ (спл. ЭП666), а так же стали типа 12Х18Н10Т, 07Х25Н16АГ6Ф (ЭП750); для стенки наружной сталь типа 12Х21Н5Т (ЭИ811).

Целью работы является подбор оптимальной комбинации материалов для изготовления сопел.

При проведении экспериментальных работ изготавливались паяные образцы V типа по ГОСТ 28830-90. После пайки проводились механические испытания на сдвиг вдоль паяного шва при разных температурах (4 образца каждого типа – при $T = 20^{\circ}\text{C}$, 4 образца каждого типа – при $T = 250^{\circ}\text{C}$).

Проведённые исследования изломов показали, что в зависимости от температуры испытаний и комбинации материалов разрушение проходило по разным участкам паяного соединения.

Фрактографический анализ изломов показал, что разрушение образцов проходило по механизму слияния микропор. Внутризеренное вязкое разрушение путём разделения металла проходило вследствие слияния микропустот, зарождение и рост которых происходит в процессе пластического течения металла. Следует отметить, что ямки, образовавшиеся под воздействием сдвиговых напряжений в образцах, испытываемых при комнатной температуре, имеют более вытянутую форму, чем в образцах испытанных при 250°C . Более равноосная форма ямок указывает на то, что для разрушения образца требовалось меньшее напряжение сдвига.

Электроннофрактографическим и энергодисперсионным анализом установлено, что очагами зарождения микропор в образцах ст. ЭП750 + СТЕМЕТ1301А + ст. ЭИ811 являются включения карбидов металлов и нитридов бора.

Проведённые испытания показали, что максимальную прочность на сдвиг ($\tau_{\text{сдв}}$) имеет паяное соединение спл. ЭП666 + ст. ЭИ811, а минимальную - паяное соединение ст. ЭП750 + ст. ЭИ811.

Паяное соединение спл. ЭП 666 + ст. ЭИ 811 с припоем СТЕМЕТ 1301А является наиболее оптимальным для создания сопел жидкостных ракетных двигателей.