

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПАЙКИ НА ПРОЧНОСТЬ ПАЯНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

© 2018 А.Б. Аминов, К.Е. Дубровский, А.М.Полянский

АО «НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко», г. Химки

THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF BRAZING ON THE STRENGTH LRE BRAZE ASSEMBLIES

Aminov A.B., Dubrovskii K.E., Polyanskii A.M. (AO "NPO Energomash named after academician V.P. Glushko", Khimki, Russian Federation)

Article describes some questions of the braze technological parameters influence on the quality and strength LRE assemblies.

Как показала практика высокотемпературной пайки конструкций ЖРД в НПО Энергомаш, большое влияние на качество паяного соединения и прочность паяной конструкции оказывают следующие технологические параметры пайки:

- среда в сборочной единице (вакуум или защитный газ);
- давление газовой среды в полости печи;
- скорость изменения температуры при нагреве и охлаждении;
- переход от одной скорости изменения температуры к другой.

Пайка в вакууме предотвращает паяемую деталь от окисления, и тем самым обеспечивает получение качественного паяного соединения, без использования флюса, как этого требует газовая среда. Пайка в вакууме также позволяет предупредить охрупчивание нержавеющей сталей и жаропрочных сплавов, и, как показали экспериментальные исследования, проведённые на одном из элементов конструкции двигателя – фланце узла качания ЖРД, гомогенизирующий отжиг в вакууме способствует усилению этого эффекта.

Пайка в вакууме, кроме того, позволяет путём создания повышенного давления защитного газа в полости печи для пайки обеспечить необходимое для паяного соединения усилие контакта между паяемыми деталями. Это было показано на том же фланце узла качания двигателя, а также на другом узле – сфере статора ТНА.

На скорость изменения температуры было обращено внимание при пайке бустерного ротора ЖРД после ряда случаев неспаев

лопаток ротора с бандажом. Проведённый анализ показал, что неспаи связаны с характерной особенностью материала паяемых деталей – стали ВНС-25. При изменении температуры в ней происходят структурные превращения, определяющие существенно немонокотонную зависимость коэффициента теплового расширения α с образованием термомодеформационной «ямы». Это приводит к тому, что в процессе пайки при разнице в температуре паяемых деталей ротора есть опасность встречной термической деформации паяемых деталей, что может привести к пластической деформации бандаж с последующим недопустимым увеличением паяного зазора.

Для получения качественного паяного соединения деталей из такого материала требуется обеспечение между ними разности температуры, не превышающей некоторой предельно допустимой величины.

На основании результатов теоретического анализа теплового взаимодействия бандаж – ротор был сделан вывод о безусловной необходимости обеспечения медленного темпа начального нагрева ротора,

Последующие успешные стабильные пайки ротора подтвердили правильность представления теплофизической картины взаимодействия бандаж – ротор при пайке.

Следующим узлом ЖРД, в котором возникла необходимость снижения скорости изменения температуры при пайке стал направляющий аппарат насоса ТНА, в корпусе которого периодически наблюдалось трещинообразование.

С целью выявления причины образования трещин было проведено расчётно-

теоретическое рассмотрение нестационарного распределения температуры в элементах конструкции при пайке.

Варьировалась скорость нагрева и толщина стенки в диапазоне, соответствующем практике пайки.

Полученные расчётные данные дали возможность подбирать оптимальные режимы пайки и находить конструктивные решения для снижения вероятности разрушения конструкции от термических напряжений из-за значительных перепадов температуры.

При решении проблемы трещинообразования при пайке направляющего аппарата насоса ТНА было обращено внимание на выдержки по температуре при нагреве и охлаждении. Такие выдержки предусматриваются для выравнивания температуры между паяемыми деталями, различающимися по массе. Однако, выдержка по температуре предполагает сравнительно резкий переход от заданной технологией

пайки скорости нагрева к нулевой скорости (постоянной температуре). При этом элемент конструкции с меньшей массой перед выдержкой нагревается быстрее, а при выдержке он начинает сближаться по температуре с элементом большей массы и, таким образом, происходит скачкообразное превышение температуры элемента с меньшей массой над элементом с большей массой.

Для экспериментального выявления разности температуры в элементах конструкции на нескольких сборочных единицах были установлены, помимо штатных термпар, дополнительные термпары, с помощью которых действительно удалось зафиксировать в температурных диапазонах выдержек скачкообразную разность температуры. Последующее исключение выдержек по температуре в процессе нагрева и охлаждения дало положительный результат: образование трещин в направляющем аппарате больше не наблюдалось.

УДК 62-762

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И СБОРКИ ТНА НА ЗАЗОРЫ В УПЛОТНЕНИЯХ

© 2018 А.В. Иванов

АО «НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко», г. Химки

SOME ASPECTS OF MANUFACTURING AND TPA ASSEMBLING TECHNOLOGIES INFLUENCE TO SEAL CLEARANCES

Ivanov A.V. (AO "NPO Energomash named after academician V.P. Glushko", Khimki, Russian Federation)

Article describes some questions of turbopump parts manufacturing and assembling influence to flow path seals clearances. This aspects are misalignment, wedging, nonsquareness, bearings gap.

На величину монтажных смещений – смещений осей уплотнительных поверхностей относительно геометрической оси, которые имеются в любом собранном агрегате перед его запуском, влияют три группы факторов: конструктивная схема агрегата, особенности технологического процесса изготовления составных частей и фактические погрешности изготовления деталей, технологические процессы сборки и контроля её.

Конструктивная схема агрегата определяет количество и взаимное расположение деталей, которые могут привести к смещению роторной и статорной частей уплотнения. Смещение определяется приведёнными ниже погрешностями изготовления этих деталей:

- несоосностью посадочных и уплотнительных диаметров по ротору и статору;
- непараллельностью упорных торцев;
- неперпендикулярностью упорных торцев относительно посадочных диаметров;
- зазорами в подшипниках и по посадкам роторных и статорных элементов.

В конструкторской документации максимальные значения этих погрешностей задаются допусками расположения поверхностей.

При сборке агрегата на величину смещения влияют смещения деталей ротора и статора в пределах монтажных зазоров, разворот деталей ротора друг относительно друга, усилия затяжки крепежных гаек и стяжных винтов ротора, а также способ взаимно-