V. Прикладные метрологические исследования

УДК 53.082

РАЗРАБОТКА КРЕПЛЕНИЯ АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫХ ДАТЧИКОВ НА ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ГЕРМЕТИЧНОГО КОРПУСА РОССИЙСКОГО СЕГМЕНТА МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

М.А. Максимкин

ФГУП «ВНИИФТРИ», Менделеево, Московская обл.
mma@vniiftri.ru

Предложены варианты крепления акустико-эмиссионных датчиков и определены их достоинства и недостатки. Данные крепления входят в состав научной аппаратуры АКЭМИД для обеспечения равномерного прижима датчиков и прохождения волны Лэмба.

The variants for fastening the acoustic emission sensors are proposed and their advantages and disadvantages are identified. These fasteners are part of the scientific equipment AKEMID to ensure uniform clamping of the sensors and the passing the Lamb wave.

Ключевые слова: акустико-эмиссионные датчики, Международная космическая станция, язвенная коррозия.

Key words: acoustic emission sensors, International Space Station, pit corrosion.

В ходе эксплуатации Международной космической станции на внутренней поверхности гермокорпуса российского сегмента были обнаружены пятна коррозии, которые в данный момент развиваются.

На рисунке 1 показаны фрагменты гермокорпуса с образованием язвенной коррозии.

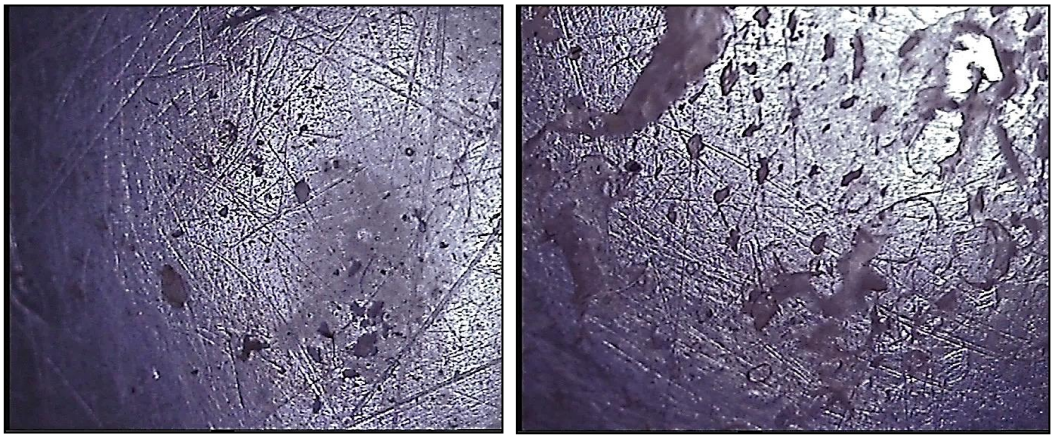

Рис. 1

Установлено, что коррозия вызвана бактериями земного происхождения, присутствующими в полярных морях северного и южного полюсов.

Для оценки влияния деятельности микроорганизмов на конструкционные свойства модулей российского сегмента Международной космической станции (РС МКС) был спланирован космический эксперимент «Исследования средств и методов контроля процесса микродеструкции материала гермокорпуса РС МКС, вызванного развитием локального процесса язвенной коррозии».

Одним из способов регистрации микродеструкции является применение акустико-эмиссионных датчиков, которые регистрируют распространение волн Лэмба по материалу корпуса.

В выполняемой работе исследуется возможность использования различных типов датчиков для обнаружения процесса развития микродеструкции.

Моделирование оболочки гермокорпуса, его коррозии и способов регистрации деструктивных изменений показало, что для обеспечения оптимальной чувствительности датчиков необходимо обеспечить их надёжное крепление с силой прижатия не менее 15 Н. Результаты экспериментальных исследований зависимости чувствительности датчиков от силы прижатия к исследуемой поверхности представлены в таблице 1.

Таблица 1

Тип датчика	**S1**	**S2**	**S3**	**S4**
Сила прижатия	8 Н	15 Н	25 Н	28 Н
CO-A (4)	–20	2.2	2.3	1.7
CO-T (2)	–21	–2.2	–2.3	–2.3
GT-200	–50	–20.7	–21.5	–21.8
GT-205	–48	–18.8	–19.5	–20
LN1501I	–51	–21.1	–20.9	–21.8

Испытания проводились в диапазоне частот 50–250 кГц.

Поскольку инструментарий и способы крепления датчиков к корпусу МКС ограничены в силу невозможности применения сварочного и паяльного оборудования, а также невозможно просверлить отверстие и создать винтовое соединение, то важной и актуальной научно-технической и инженерной задачей является разработка конструкции крепления датчиков к корпусу МКС.

При разработке конструкции следует учитывать следующие особенности:

- внешняя оболочка гермокорпуса МКС имеет ячеистую структуру со стороной ячейки 70×70 мм;
- установка комплекта датчиков проводится последовательно в нескольких местах;

– доступ к гермокорпусу ограничен различными навесными панелями с оборудованием, кабельными сборками, конструкционными элементами;
– габаритные размеры и масса крепления ограничены, поскольку стоимость доставки килограмма полезной нагрузки, выводимой на низкую опорную орбиту, составляет от $3000 до $60000.

Были предложены несколько вариантов крепления акустико-эмиссионных датчиков.

Механизм крепления датчика с прижимной пружиной

На рисунке 2 изображён механизм крепления датчика с прижимной пружиной.

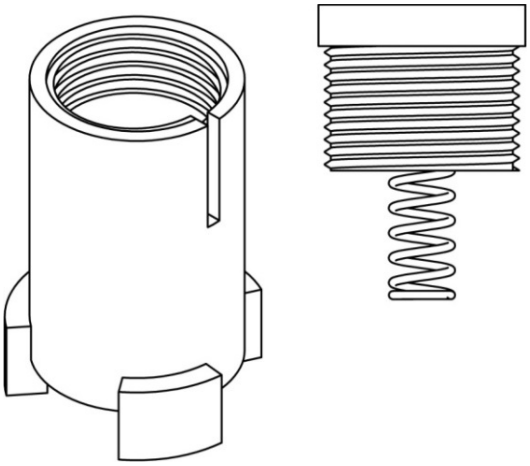

Рис. 2. Механизм крепления датчика с прижимной пружиной

Данное крепление клеится на поверхность гермокорпуса РС МКС с внутренней стороны специальным клеем.

Три ножки крепления обеспечивают прохождения волны Лэмба, фиксируемой датчиком, а также устойчивость конструкции. Площадь крепления рассчитывается исходя из требуемого усилия прижима датчика и прочности клеевого соединения на разрыв.

Датчик устанавливается в отверстие корпуса, коаксиальный кабель проводится в специальную прорезь. Датчик прижимается крышкой с калиброванной пружиной жёсткостью 2 Н/мм. Данная пружина имеет начальную длину 22,5 мм. Для обеспечения необходимой силы прижатия пружина в данных условиях сжимается на 9 мм, обеспечивая равномерное распределение усилия. Сила прижатия при необходимости может регулироваться путём закручивания и откручивания крышки датчика, установкой прокладок между датчиком и крышкой.

Плюсы:

1) возможность демонтажа датчика;

2) регулирование силы прижатия;

3) обеспечение равномерного прижима.

Минусы:

1) создание клеевого слоя;

2) высота конструкции.

Рассчитаем минимальную площадь ножек, необходимую для крепления датчиков.

Используемый на МКС специальный клей имеет прочность на разрыв 37 Н/см^2. Рассчитываем значение площади ножки по формуле:

$$S = S_R - S_r,$$

где $S_R = \pi R^2 \dfrac{a}{360}$, $S_r = \pi r^2 \dfrac{a}{360}$.

Получили площадь одной ножки равную 58 мм^2. Значит, общая площадь равна 174 мм^2, следовательно, прочность на разрыв данной конструкции составляет 64 Н (см. рис. 3).

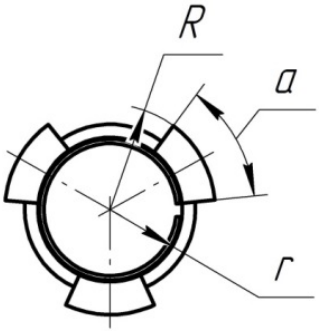

Рис. 3. Крепёжные ножки: R = 16 мм; r = 11 мм; a = 47°

Данная конструкция будет изготовлена из PLA пластика для того, чтобы добиться меньшей массы и создать прохождение волны Лэмба.

Клеящийся прижим датчика с двумя прижимными пружинами

На рисунке 4 изображён механизм крепления датчика с двумя прижимными пружинами.

Данное крепление клеится на поверхность гермокорпуса РС МКС с внутренней стороны специально разработанным клеем на три ножки для обеспечения прохождения волны Лэмба. Датчик погружается в отверстие корпуса, коаксиальный кабель без труда проникает в расстояние между крышкой и нижним клеящимся приспособлением и прижимается крышкой с двумя рав-

ными калиброванными пружинами жёсткостью 2 Н/мм. Данные пружины имеют начальную длину 6 мм.

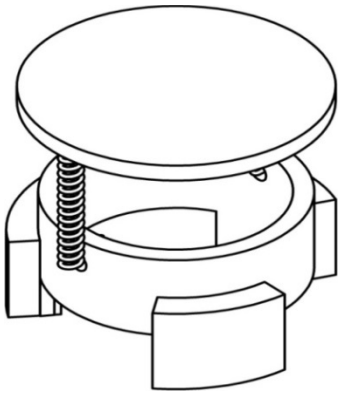

Рис. 4. Механизм крепления датчика с двумя прижимными пружинами

Плюсы:
1) возможность демонтажа датчика;
2) высота конструкции;
3) обеспечение равномерного прижима.
Минусы:
1) создание клеевого слоя;
2) сложность конструкции;
3) нерегулирование силы прижима.

Прижим на двух присосках

На рисунке 5 изображён механизм крепления датчика на двух присосках.

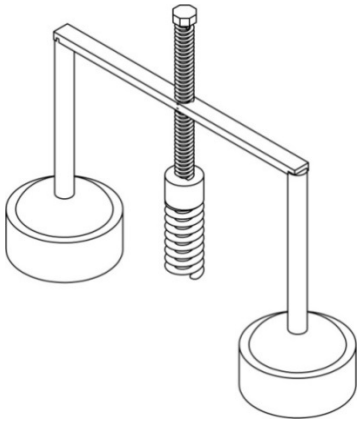

Рис. 5. Механизм крепления датчика на двух присосках

Данная конструкция состоит из двух присосок, которые присасываются к поверхности гермокорпуса, поперечной пластины с двумя ножками, которые прикрепляются к присоскам. В поперечной пластине сделано отверстие с резьбой под винт М2×70. На винт накручивается конструкция, состоящая из калибровочной пружины с размерами 22.5 и жёсткостью 2 Н/мм и цилиндра размером 20×20 мм.

Плюсы:

1) крепление к поверхности без клея;
2) обеспечение равномерного прижима;
3) не оставляет следов после демонтажа.

Минусы:

1) необходимость создания гладкой поверхности;
2) высота конструкции;
3) сложность конструкции;
4) сложность установки.

Заключение

Таким образом, разработанные конструкции позволяют обеспечить прижатие датчиков с необходимой силой прижатия и обеспечить акустический контакт между поверхностью гермокорпуса и датчиком.

Решение о том, какое крепление окажется наиболее оптимальным при эксплуатации научной аппаратуры АКЭМИД, будет принято по результатам испытаний аппаратуры в целом на последующих этапах работы.

Литература

1. Баранов В.М., Гриценко А.И., Карасевич А.М. и др. Акустическая диагностика и контроль на предприятиях топливно-энергетического комплекса. М.: Наука, 1998. 304 с.
2. Бигус Г.А., Даниев Ю.Ф., Быстрова Н.А., Галкин Д.И. Диагностика технических устройств. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014.
3. Бигус Г.А., Попков Ю.С. Перспективы применения метода акустической эмиссии для слежения за развитием коррозионных повреждений // Технология машиностроения. 2008. № 8. С. 40–43.
4. ГОСТ Р 52727-2007. Акустико-эмиссионная диагностика. Общие требования.
5. Ультразвуковые преобразователи для неразрушающего контроля / под общ. ред. И.Н. Ермолова. М.: Машиностроение, 1986.