

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ ИЗДЕЛИЯ ТИПА «КОЛЛЕКТОР» ПУТЕМ ЗАМЕНЫ ПАЯНОГО СОЕДИНЕНИЯ КЛЕЕВЫМ

Н.А. Алимов

nik.alimov96@mail.ru

SPIN-код: 4455-7369

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Рассмотрена возможность замены паяного соединения клеевым при сборке коллектора топливной системы самолетов. Проведен расчет необходимой прочности на сдвиг клеевого соединения. Проанализированы клеевые составы зарубежных и отечественных производителей. На основании расчета и анализа продукции выбран наилучший для рассмотренного случая клеевой состав. Представлен укрупненный расчет средств, необходимых для проведения научно-исследовательской работы. Выполнена качественная оценка экономической эффективности данного решения. Детально рассмотрены текущий и предлагаемый по результатам научно-исследовательской работы технологические процессы. Сделаны выводы по замене паяного соединения сборки изделия типа «Коллектор» на клеевое.

Ключевые слова

Паяное соединение, клеевое соединение, прочность на сдвиг, алгоритм сборки, себестоимость сборочных работ, коллектор, технологический процесс сборки, годовой экономический эффект

Поступила в редакцию 04.06.2020

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020

Введение. Прогресс не стоит на месте, и сегодня клеевые соединения получили широкое применение во многих отраслях машиностроения благодаря появлению клеящих материалов на основе синтетических полимеров, которые обеспечивают склеивание практически всех материалов промышленного значения. Клеевые швы не ослабляют металл, как при сварке или сверлении отверстий под болты, они не подвержены коррозии и часто герметичны без дополнительного уплотнения [1].

В данной работе рассмотрена возможность замены паяного соединения клеевым в целях усовершенствования технологического процесса на примере изделия «Коллектор».

Конструкция коллектора. Коллектор является сборочной единицей, предназначенной для распределения топлива между всеми двадцатью восемью форсунками в равном количестве. Он состоит из двух каскадов (малый и большой). При нормальной работе двигателя топливо поступает по малому каскаду и попадает через малые отверстия в форсунки, при форсаже самолета увеличивают подачу топлива, и оно идет по большому и малому каскадам, в дальнейшем расплываясь [2]. Конструкция коллектора показана на рис. 1.

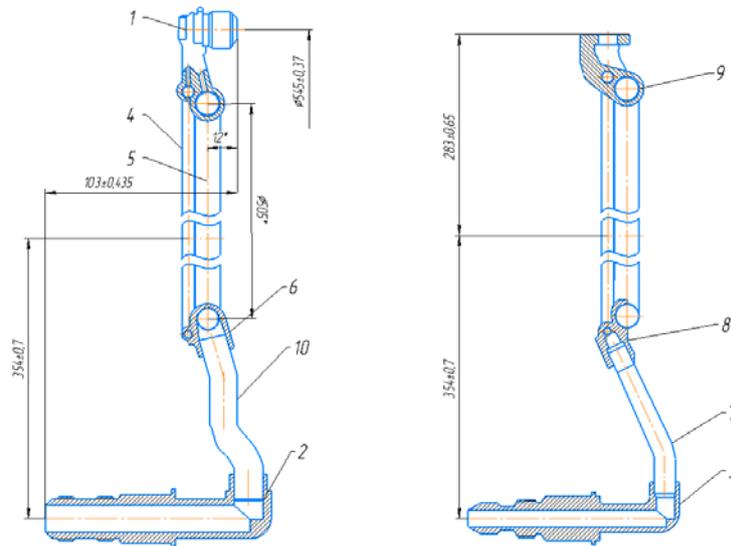


Рис. 1. Коллектор

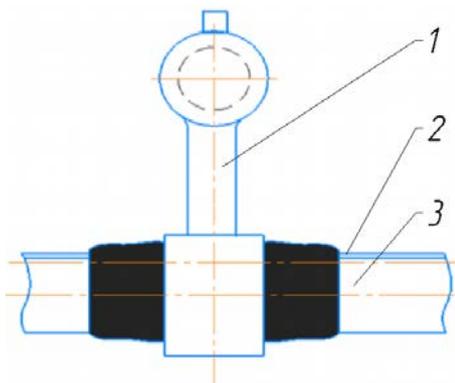


Рис. 2. Эскиз паяного соединения форсунок и колец:

- 1 — форсунка; 2 — малое кольцо каскада;
3 — большое кольцо каскада

Коллектор состоит из двадцати восьми форсунок 1, припаянных к каскадам 4, 5 и соединенных между собой. Топливо подводится к коллектору по трубкам 7 и 10 соединёнными через переходники 2 и 3 с топливоподводящими элементами. Трубки и кольца соединяются тройниками 6 и 8. Крепление к каркасу осуществляется через семь кронштейнов 9, равномерно распределённых по кольцам. Эскиз паяного соединения форсунок и колец каскада представлен на рис. 2.

Обоснование замены паяного соединения клеевым. Изделие, рассмат-

риваемое в данной работе, выпускается в условиях серийного производства и используется в самолетостроении. Рабочий диапазон температур изделия — 20...+350 °С.

Основными преимуществами пайки в контейнерах с инертным газом и вакуумных печах являются:

- а) минимальная деформация изделий;
- б) отсутствие окисления;
- в) возможность получения соединения в труднодоступных местах.

Однако также имеется ряд недостатков:

- а) невозможность объективного контроля пайки;
- б) малая производительность;

- в) потребность в дорогом оборудовании;
- г) необходимость повторять весь процесс с самого начала в случае брака;
- д) пагубное влияние излучения печей на здоровье человека.

В целях повышения производительности, упрощения технологического процесса и снижения затрат на оборудование стоит рассмотреть вариант замены сварного соединения клеевым.

Требования, предъявляемые к клеевому составу. Чтобы подобрать подходящий для данного конкретного случая клеевой состав, нужно выдвинуть ряд требований, которым он должен удовлетворять:

- а) обладать термостойкостью, выдерживать перепады температур;
- б) иметь минимально возможное время затвердевания, чтобы не давать проигрыш в производительности пайки;
- в) обеспечивать требуемую прочность соединения для сохранения целостности изделия.

Требуемая прочность, обеспечиваемая клеевым соединением. Смоделируем ситуацию с наибольшей нагрузкой на клеевое соединение буртиком [3], изображенное на рис. 3.

Цель оптимальной конструкцией клеевого соединения заключается в достижении равномерного распределения нагрузки [4]. Следовательно, наша задача заключается в четком представлении о распределении нагрузки, которому подвержено соединение. Наибольшие нагрузки возникают при посадке самолета (горизонтальная скорость 55...60 м/с, вертикальная скорость 0,5...2,0 м/с). Модель с распределенной нагрузкой созданная в SolidWorks 2016, представлена на рис. 4.

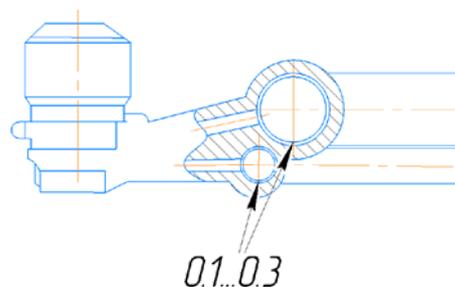


Рис. 3. Схема соединения

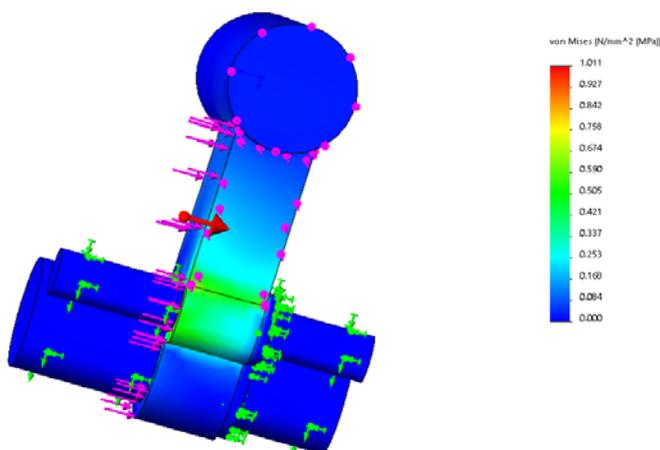


Рис. 4. Распределение напряжений

На рис. 4 показано распределение напряжений в самом неблагоприятном случае, наибольшая нагрузка возникает при сдвиге (сила тяжести + 1,5 Н) и не превышает 2,5 МПа. В рассматриваемом нами случае нет нагрузок, направленных на расщепление и отслаивание, поэтому доработок конструкции не требуется.

Рассмотрение возможных вариантов среди продукции различных марок.

Клеевые составы марки Loctite. Рассмотрим несколько вариантов клеевых составов марки Loctite. Для этого воспользуемся онлайн-каталогом. Онлайн-сервис предоставляет возможность пользователю ввести требования к клеевому составу (склеиваемые материалы, требуемая прочность, влагоустойчивость и т. д.). На основе этих требований система предлагает возможные варианты продукции:

а) Loctite 510 является однокомпонентным, тиксотропным анаэробным герметиком средней прочности с повышенной температурной стойкостью;

б) Loctite 5920 представляет собой силиконовый клей, однокомпонентный, безусадочный, полимеризующийся при комнатной температуре. Продукт специально создан для работы при температуре до 350 °С.

в) Loctite 5203 — однокомпонентный анаэробный тиксотропный герметик малой прочности. Продукт быстро полимеризуется при отсутствии воздуха.

Основной характеристикой данных клеев служит удельная прочность на сдвиг после полного затвердевания состава при повышенных температурах. Для Loctite 510 это значение составляет 1,2 Н/мм², для Loctite 5920 — 1,5 Н/мм², Loctite 5203 — 1,2 Н/мм². Как видно на рис. 4 требуемая удельная прочность составляет 0,7 Н/мм².

Клеевые составы производства ФГУП «ВИАМ». Помимо зарубежных производителей, продукции которых обычно трудно найти на территории России, существуют отечественные производители клеевых составов.

Обратимся к клеям, разработанным во ФГУП «ВИАМ» специально для авиационной, и космической техники и выберем наиболее подходящие.

а) ВК-49 — карборансодержащий клей с уникальными свойствами; соединения, выполненные им, обеспечивают длительную работоспособность при температуре до 500 °С и может выдерживать давление до 9 МПа в среде СО₂;

б) ВК-38 — однокомпонентный низковязкий клей, не содержащий наполнителей, обладает способностью работать при температурах до 400 °С.

Сравним клеевые составы производства ФГУП «ВИАМ» по требуемым критериям.

Соединение с помощью выбранных клеевых составов приобретает необходимую прочность после полного затвердевания при повышенной температуре. Для ВК-49 значение удельной прочности составляет 3,0 Н/мм², для ВК-38 — 1,47 Н/мм², требуемое значение — 0,7 Н/мм².

Сравнение диапазона рабочих температур. Производитель указывает диапазон рабочих температур клеевых составов в сопроводительной документации. Так, клей Loctite 5920 имеет диапазон рабочих температур –50...+370 °С, клей Loctite 5203 — –60...+320 °С, Loctite 510 — –50...+320 °С, отечественные марки ВК-49 — –60...+500 °С и ВК-38 — –60...+400 °С. Клеевые составы марки Loctite имеют универсальные диапазоны. Если от изделия не зависит жизнь человека, выбор стоит остановить на них. Представленные клеевые составы отечествен-

ного производителя специально созданы для военной промышленности, их характеристики превышают требуемые.

Окончательный выбор клеевого состава. Были рассмотрены наиболее подходящие клеевые составы марки Loctite и отечественного производства. Всем необходимым параметрам удовлетворяют клеи марки Loctite, однако с учетом ответственности изделия возникает потребность в перестраховке, поэтому выберем марку ФГУП «ВИАМ», чьи характеристики клеевых составов превышают требуемые.

В заключение следует сравнить два клеевых состава отечественного производства. Учитывая их характеристики, отдадим предпочтение ВК-49, так как данный состав проигрывает ВК-38 только во времени затвердевания.

Итак, для замены сварного соединения в конструкции выберем клеевой состав ВК-49, обладающий требуемыми свойствами:

а) теплостойкостью (выдерживает температурное воздействие в заданном диапазоне температур $-60...+500$ °С без потери прочности ниже требуемых значений);

б) временем затвердевания («ручная» твердость клеевого состава достигается меньше чем через 1 ч; полное отверждение клея наступает через 1 день при температуре 22 °С);

в) прочностью (требуемая прочность соединения при повышенных температурах составляет $0,7$ Н/мм², клеевой состав ВК-49 обладает прочностью 3 Н/мм²).

Экономическая составляющая. Определим, сколько финансовых средств потребуется для проведения научно-исследовательской работы (НИР). Если выполнять НИР в условиях опытного производства, цена заметно снизится за счет применения уже имеющихся установочных приспособлений и вспомогательных материалов [5]. Сметная калькуляция содержит следующий перечень статей затрат:

- 1) материалы;
- 2) спецоборудование для научных работ;
- 3) основная заработная плата;
- 4) косвенные расходы.

Расчет затрат по каждой статье зависит от имеющейся информационно-нормативной базы.

1. Расчет затрат на материалы и комплектующие изделия осуществляется на основе действующих прейскурантов. Материалы и цены на них представлены в табл. 1.

Таблица 1

Перечень материалов

Наименование материалов и других ресурсов	Единицы измерения	Количество	Цена единицы, руб.	Сумма, руб.
Комплект деталей коллектора	шт.	5	—	—
Упаковка клея	шт. (500 мл)	5	2 322	11 610
Обезжириватель	л	1	120	120
Пневмопистолет	шт.	1	30 868	30 868
Вспомогательные материалы	—	—	—	2 500
<i>Итого</i>	—	—	—	45 098

2. Спецоборудование для проведения экспериментальных работ уже имеется на заводе-изготовителе, поэтому расходами на его закупку пренебрегаем.

3. К основной заработной плате при выполнении НИР относится заработная плата научных, инженерных и технических работников, рабочих научно-исследовательских и научно-технических отделов, лабораторий [6]. Калькуляцию выполним на основе данных, полученных на заводе-изготовителе, и установленных норм. В качестве исполнителей научно исследовательской работы будут задействованы рабочие производства, знакомые с изделием. Расчет заработной платы и необходимое число рабочих представлены в табл. 2.

Таблица 2

Расчет заработной платы

Этап работы	Число исполнителей, чел.	Количество дней, подлежащих отработке	Средняя зарплата в день, руб.	Сумма основной зарплаты, руб.
Сборка	1	5	1 500	7 500
Склеивание	1	5	1 000	5 000
Контроль	1	5	2 000	10 000
<i>Итого</i>	—	—	—	22 500

4. Косвенные расходы, относящиеся к затратам, связанным с выделением и обслуживанием рабочих мест, не учитываем.

Итого при укрупненном расчете видно, что на проведение НИР будет затрачено 67 598 руб.

Подсчитаем годовой экономический эффект \mathcal{E}_r [6]. Если результатом НИР является новый технологический процесс, то справедлива формула

$$\mathcal{E}_r = [(S_{\text{спп}} - S_{\text{снп}}) - E_n (K_{\text{квд}} - K_{\text{квп}})] N_r,$$

где $S_{\text{спп}}$, $S_{\text{снп}}$ — себестоимость единицы производимой продукции до и после внедрения результатов НИР, руб./шт.; E_n — нормативный коэффициент ($E_n = 0,15$); $K_{\text{квд}}$, $K_{\text{квп}}$ — удельные капитальные вложения в производство продукции до и после проведения НИР, рубли в год на единицы продукции.; N_r — годовой объем производства продукции после внедрения результатов НИР, шт./год.

Рассчитаем себестоимость единицы производимой продукции и удельные капитальные вложения (УКВ) до и после внедрения результатов НИР.

На сегодняшний день при сборке используется пайка. На каждое изделие приходится 150...200 г припоя ПСр45. С учетом объема планируемого производства 357 шт./год всего потребуется 71,400 кг припоя. Все необходимые материалы с учетом их себестоимости на изделие представлены в табл. 3, капитальные вложения (КВ) с учетом закупки на 5 лет — в табл. 4.

Таблица 3

Себестоимость изделия до принятия НИР

Наименование материала (затрат)	Необходимое количество	Цена единицы, руб.	Сумма в год, руб.	Затраты на единицу, руб.
Припой (ПСр45)	72 кг	25 498	1 835 856	5142,5
Обезжириватель	50 л	153	7650	21,42
Прочие материалы	—	—	40 000	8
Зарплата рабочего (оклад + сдельно)	12	60 000	720 000	2 016,8
<i>Итого</i>	—	—	—	7 187,9

Таблица 4

Капитальные вложения до принятия НИР

Наименование	Необходимое количество	Цена единицы, руб.	Сумма КВ, руб.	КВ в год, руб.	УКВ, руб./шт. в год
Индукционная печь	1 шт.	2 500 000	2 500 000	500 000	1400,5
Вакуумный насос	1 шт.	253 000	253 000	50 600	141,7
Спецоснастка	1 шт.	80 000	80 000	16 000	44,8
Ионно-дуговой пистолет	1 шт.	23 800	23 800	4 760	13,3
<i>Итого</i>	—	—	2 856 800	571 360	1 600,4

При новом технологическом процессе необходимо обработать, очистить, обезжирить и склеить 35 поверхностей. Для каждой поверхности используется 6...10 мл клея, следовательно, на одно изделие в среднем тратится 280 мл. С учетом объема планируемого производства 357 шт./год всего потребуется 99 960 мл клея. Все необходимые материалы с учетом их себестоимости на изделие представлены в табл. 5, капитальные вложения с учетом закупки на год представлены в табл. 6, для нового технологического процесса взамен дорогостоящему оборудованию понадобится лишь пневмопистолет [7].

Таблица 5

Себестоимость изделия после принятия НИР

Наименование материала (затрат)	Необходимое количество	Цена единицы, руб.	Сумма, руб.	Затраты на единицу, руб.
Упаковка клея (ВК-49)	200	2322	464 400	1 300,8
Обезжириватель	50 л	153	7 650	21,42
Прочие материалы	—	—	40 000	8
Зарплата рабочего (оклад + сдельно)	12	45 000	540 000	1 512,6
<i>Итого</i>	—	—	—	2 842,02

Капитальные вложения после принятия НИР

Наименование	Необходимое количество	Цена единицы, руб.	Сумма КВ, руб.	КВ в год, руб.	УКВ, руб./шт. в год
Пневмопистолет	2	30 170	60 340	60 340	169,1

Подставим полученные данные в формулу:

$$\mathcal{E}_r = [(7\,187,9 - 2\,842,02) - 0,15 \cdot (169,1 - 1\,600,4)] \cdot 357 = 1\,806\,967 \text{ руб.}$$

Итак, годовой экономический эффект при укрупненном расчете составляет 1 806 967 руб.

Сравнение технологических процессов сборки. Проводимая научно-исследовательская работа направлена на усовершенствование технологического процесса (ТП), а именно на замену паяного соединения клеевым. Ниже представлены маршруты сборки текущего и планируемого нового ТП.

Маршрут сборки текущего ТП

Операция 005 Комплектовочная

Операция 010 Промывка

Оборудование: ванна

Операция 015 Сушка

Операция 020 Обезжиривание

Оборудование: ванна с бензином, тряпка

Операция 025 Сборка

Оборудование: сборочное приспособление

(На данной операции осуществляется полная сборка изделия «Коллектор», все детали устанавливаются и закрепляются на своих позиции вручную.)

Операция 030 Пайка

Оборудование: сборочное приспособление, ионно-дуговой пистолет

(На эту операцию изделие поступает вместе с приспособлением, рабочий накладывает припой ПСр45 с помощью ионно-дугового пистолета.)

Операция 035 Сборка

Оборудование: сборочное приспособление, контейнер, вакуумный насос, сварочное оборудование

(Изделие вместе со сборочным приспособлением опускаются в контейнер, который впоследствии заваривается. С помощью насоса в контейнере создается вакуумная среда.)

Операция 040 Пайка индукционная

Оборудование: индукционная печь, контейнер

(Контейнер помещается в индукционную печь.)

Операция 045 Демонтаж

Оборудование: угловая шлифовальная машина (УШМ)

(На данной операции вскрывается контейнер с помощью УШМ, коллектор демонтируется из сборочного приспособления.)

Операция 050 Контрольная

Новый ТП предполагает замену операций пайки операциями склеивания.

Новый маршрут сборки:

Операции с 005 по 025 аналогичны

Операция 030 Склеивание

Оборудование: пневмопистолет

(На данной операции с помощью пневмопистолета происходит нанесение клеевого состава на изделие.)

Операция 035 Демонтаж

(Коллектор демонтируется из сборочного приспособления.)

Операция 040 Контрольная

Затраты времени на операции [8] сборки коллектора указаны в табл. 7.

Таблица 7

Затраты времени на операции

Номер операции	Текущий ТП	Время, мин	Новый ТП	Время, мин
005	Комплектовочная	6	Комплектовочная	6
010	Промывка	20	Промывка	20
015	Сушка	15	Сушка	15
020	Обезжиривание	10	Обезжиривание	10
025	Сборка	35	Сборка	35
030	Пайка	55	Склеивание	25
035	Сборка	30	Демонтаж	4
040	Пайка индукционная	40	Контрольная	15
045	Демонтаж	12		
050	Контрольная	15		
Суммарное время		238	130	

В результате сравнения двух технологических процессов видно, что в новом процессе уменьшено количество операций и время на операции. При использовании нового ТП на сборку изделия «Коллектор» затрачивается в 2 раза меньше времени, чем раньше. Усовершенствование процесса позволяет отказаться от дорогостоящего оборудования и упростить сборочные операции.

Выводы. На основе проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

1) для рассмотренного в работе случая рекомендуемым продуктом будет одноконтурный состав ВК-49;

2) помимо основного показателя — прочности клея на сдвиг — необходимо также рассматривать такие факторы, как время отверждения, влияющее на производительность процесса сборки, и изменение характеристик клеевого соединения при работе механизма в различных условиях;

3) замена паяного соединения клеевым в данном случае экономически и технологически оправдана, поскольку положительно сказывается на себестоимости изделия за счет снижения затрат на применяемое при сборке оборудование и упрощения технологического процесса изготовления соединяемых деталей.

Литература

- [1] Винокурова М.Э. Сборка регулируемых цилиндрических клеевых соединений. Дисс. ... канд. тех. наук. М., МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017.
- [2] Шамбан М.А., Фетисов М.В., Широкова Е.А. Топливный коллектор с форсунками газотурбинного двигателя. Патент РФ 2362030. Заявл. 25.12.2007, опубл. 20.07.2009.
- [3] Игнатов А.В., Винокурова М.Э. Способ соединения деталей склеиванием. Патент РФ 2652487. Заявл. 18.05.2017, опубл. 26.04.2018.
- [4] Винокурова М.Э., Коновалов Д.П. Замена посадки с натягом клеевым соединением в технологическом процессе сборки редуктора. *Главный механик*, 2018, № 12, с. 40–46.
- [5] Кондаков А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. М., Кнорус, 2012.
- [6] Смирнов С.В., ред. Учебное пособие по выполнению организационно-экономической части дипломных проектов исследовательского профиля. М., Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003.
- [7] Игнатов А.В., Винокурова М.Э. Исследование технологического способа повышения качества сборки регулируемых цилиндрических клеевых соединений. *Наука и образование: научное издание*, 2017, № 6. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_30585838_49164559.pdf
- [8] Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных многоцелевых станках с числовым программным управлением. Ч.1 Нормативы времени. М., Экономика, 1990.

Алимов Никита Алишерович — студент кафедры «Технологии машиностроения», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Научный руководитель — Захарова Маргарита Эдуардовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии машиностроения», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Алимов Н.А. Усовершенствование технологического процесса сборки изделия типа «коллектор» путем замены паяного соединения клеевым. *Политехнический молодежный журнал*, 2020, № 06(47). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2020-06-623>

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF ASSEMBLY OF THE MANIFOLD TYPE PRODUCT BY REPLACING THE BRAZE JOINT WITH AN ADHESIVE ONE

N.A. Alimov

nik.alimov96@mail.ru

SPIN-code: 4455-7369

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

The article discusses the possibility of replacing the braze joint with an adhesive one when assembling an aircraft fuel system manifold. The calculation of the required shear strength of the adhesive joint was carried out. The authors analyzed the adhesives of foreign and domestic manufacturers. Based on the calculation and analysis of the products, the best adhesive composition for the considered case was selected. The paper also presents an enlarged calculation of the funds required for research work. A qualitative assessment of the economic efficiency of this solution is carried out. The current and proposed technological processes are considered in detail. Conclusions are drawn on replacing the braze connection of the manifold type assembly with an adhesive one.

Keywords

Braze joint, adhesive joint, shear strength, assembly algorithm, assembly cost, manifold, assembly process, annual economic effect

Received 04.06.2020

© Bauman Moscow State Technical University, 2020

References

- [1] Vinokurova M.E. Sborka reguliruemyyh cilindricheskikh kleevyh soedinenij. Diss. kand. tekhn. nauk [Assembling of adjustable adhesive cylindrical joints. Cand. tech. sci. diss.]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2017 (in Russ.).
- [2] Shamban M.A., Fetisov M.V., Shirokova E.A. Toplivnyj kollektor s forsunkami gazoturbinnogo dvigatelya [Fuel manifold with gas-turbine engine injector]. Patent RU 2362030. Appl. 25.12.2007, publ. 20.07.2009 (in Russ.).
- [3] Ignatov A.V., Vinokurova M.E. Sposob soedineniya detalej skleivaniem [Joint assembly by adhesion]. Patent RU 2652487. Appl. 18.05.2018, publ. 26.04.2018 (in Russ.).
- [4] Vinokurova M.E., Konovalov D.P. Replacing the interference fit with the adhesive joint in the process of gearbox assembly. *Glavnyj mekhanik* [Chief Mechanical Engineer], 2018, no. 12, pp. 40–46.
- [5] Kondakov A.I. Kursovoe proektirovanie po tekhnologii mashinostroeniya [Course engineering on mechanical engineering technology]. Moscow, Knorus Publ., 2012 (in Russ.).
- [6] Smirnov S.V., ed. Uchebnoe posobie po vypolneniyu organizacionno-ekonomicheskoy chasti diplomnyh proektov issledovatel'skogo profilya [Study guide on implementing of research graduation project and its business part]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2003 (in Russ.).
- [7] Ignatov A.V., Vinokurova M.E. Research of the processing method to improve joining quality of adjustable cylindrical adhesive joints. *Nauka i obrazovanie: nauchnoe izdanie* [Science and Education: Scientific Publication], 2017, no. 6. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_30585838_49164559.pdf (in Russ.).

- [8] Obshchemashinostroitel'nye normativy vremeni i rezhimov rezaniya dlya normirovaniya rabot, vypolnyaemyh na universal'nyh mnogocelevyh stankah s chislovym programmym upravleniem. Ch. 1 Normativy vremeni [General mechanical engineering standards of time and cutting regimes for job standardization at universal multiprocess machines with numeric control. Part 1. Time standards]. Moscow, Ekonomika Publ., 1990 (in Russ.).

Alimov N.A. — Student, Department of Engineering Technologies, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Scientific advisor — Zakharova M.E., Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Professor, Department of Engineering Technologies, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Please cite this article in English as:

Alimov N.A. Improvement of the technological process of assembly of the manifold type product by replacing the braze joint with an adhesive one. *Politekhnicheskiy molodezhnyy zhurnal* [Politechnical student journal], 2020, no. 06(47). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2020-06-623.html> (in Russ.).