

УДК 621.9.048.4

**В. В. ЗЕМЛЯНАЯ<sup>1</sup>, Д. В. БОРИСОВ<sup>1</sup>, А. К. ФЕДЮЧУК<sup>1</sup>, А. В. ШУЛИК<sup>2</sup>,  
И. А. МАЛЮТОВА<sup>2</sup>, П. В. САМОЙЛОВ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> ГП «ПО Южный машиностроительный завод им. А. М. Макарова»,  
Днепропетровск, Украина

<sup>2</sup> ГП КБ «Южное», Днепропетровск, Украина

## ОСОБЕННОСТИ СБОРКИ ПОД ПАЙКУ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ СМЕСИТЕЛЬНОЙ ГОЛОВКИ

*В статье изложены недостатки в технологии механической обработки конических сопел ячеистого огневого днища смесительной головки генератора в ракетном двигателе РД861К, что и повлияло на смену технологии их выполнения. Изложена технология выполнения конических сопел ячеистого огневого днища смесительной головки генератора в ракетном двигателе РД861К путем электроэрозионной обработки, позволившей выявить непропаи в паяных швах форсунок с днищем. В форме таблицы представлена характеристика дефектов паяных соединений. Частично высветлена технология пайки форсунок с днищами смесительной головки. Также представлены результаты изучения влияния формы припойных деталей из припоя ПЖК-35, и способы их изготовления, на качество паяных швов огневого днища смесительной головки с форсунками. В статье предложено применение закладной детали из припоя ПЖК – 35 для устранения непропаев и повышение чистоты конических поверхностей смесительной головки. Сделаны выводы о применении закладной детали из припоя ПЖК – 35.*

**Ключевые слова:** смесительная головка, форсунка, днище, припой, электроэрозионная обработка.

### Введение

Двигатель РД861К предназначен для создания тяги и управления вектором тяги третьей ступени ракеты-носителя "Циклон-4", разработан на базе высоконадежного серийного двигателя РД861 третьей ступени ракеты-носителя "Циклон-3". Однокамерный двигатель РД861К многократного включения, с турбонасосной системой подачи самовоспламеняющихся компонентов топлива (гептил и амил), выполнен по схеме без дожигания генераторного газа.

Объектом исследования является смесительная головка генератора. Смесительная головка генератора представляет собой узел, состоящий из форсунок и днищ, соединенных между собой пайкой. Форсунок и днища изготавливаются из стали 12Х18Н10Т.

Для пайки форсунок с днищами используется кислотостойкий припой ПЖК-35 системы Ni – Cr – Mn, изготавливаемый в виде лент и фольги толщиной от 0,1 мм, и полос толщиной от 0,75 мм. Кольца припоя обычно изготавливают в виде плоских шайб и цилиндрических колец с разрезом. Штампованные или вырезанные из полосы кольца припоя в процессе изготовления не должны искривляться, чтобы обеспечивать хороший контакт с паяемыми поверхностями. [1]

На цилиндрической поверхности форсунок, контактирующей с паяемой поверхностью днищ,

предусмотрены специальные кольцевые канавки и проточки для закладки соответствующих колец припоя.

На рисунке 1 представлен внешний вид паяных соединений.

### 1. Выявление непропаев в паяных соединениях

В камере сгорания генератора двигателя РД861К используется ячеистая смесительная головка с сотовым расположением форсунок. Угол раскрытия конических сопел ячеистого днища составляет  $70^{\circ} \pm 30'$ . Первоначально данные конические сопла выполняли при помощи механической обработки, однако этот способ имеет ряд существенных недостатков:

– необходимость наличия большого числа режущего инструмента: конические сверла, развертки, четыре вида зенкеров;

– необходимость заливки смесительной головки ксилитом для предотвращения засорения форсунок при механической обработке;

– сложность вымывания ксилита после выполнения механической обработки;

– так как механическая обработка выполнялась на обычных сверлильных станках, не обеспечивалась требуемая соосность сопел форсунок и конических сопел;

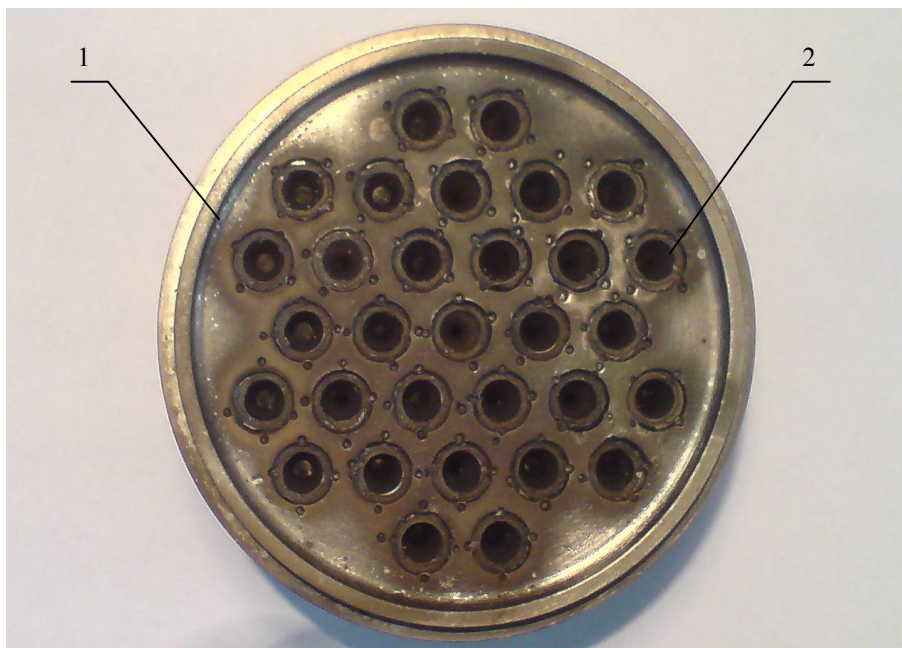


Рис. 1. Внешний вид паяных соединений:  
1 – днище; 2 – форсунка

—для обеспечения заданной по КД шероховатости после механической обработки требовалась дополнительная шлифовка конических сопел.

С целью исключения упомянутых недостатков, повышения качества изготовления и упрощения технологии изготовления смесительной головки было принято решение о выполнении конических сопел методом электроэрозионной обработки.

Электроэрозионная обработка выполняется на электроэрозионном прошивном станке AGIETRON «HYPERSPARK-3» медным электродом с углом заточки  $70^{\circ} \pm 10'$  с полным погружением в ванну с рабочей жидкостью EDM fluid 108 MP-S.

Однако после выполнения электроэрозионной обработки на внутренней конической поверхности сопел, даже при наличии сплошной галтели между соплом форсунки и днищем (Рис. 1), были выявлены непропаи длиной от 1,5 до 12 мм (рис. 2).

Введением технологии электроэрозионной обработки:

1. Повышается качество обрабатываемой поверхности. После зенковки шероховатость поверхности  $Ra$  1,25 мкм, а после электроэрозионной обработки -  $Ra$  0,8 мкм [2].

2. Выполняется дополнительный контроль качества пайки, который выявляет дефект непропаев. Подобные дефекты при выполнении конических сопел механическим способом не выявлялись.

Смесительные головки с такими дефектами были проверены на герметичность топливом Т-1. Испытания подтвердили соответствие паяных соединений требованиям технических условий. Все соединения герметичны.

## 2. Устранение непропаев и повышение чистоты конических поверхностей

Одной из основных причин наличия непропаев в паяных швах форсунок с днищами является наличие эксцентриситета сопрягаемых деталей. [3]

На рисунке 3 представлена микроструктура паяного шва.

Для устранения непропаев в паяных швах и повышения чистоты конических поверхностей предложено применение дополнительной закладной детали – диска из припоя ПЖК-35 (рис.4).

Изготовление закладных деталей из припоя ПЖК-35 осуществляется электроэрозионным методом обработки на электроэрозионном вырезном станке AGIECUT «Progress-2» латунной проволокой Prima Cut  $\varnothing 0,25$  мм. В качестве диэлектрика использовалась дистиллированная вода. Режимы обработки:  $I = 20$  А,  $P = 15$  Дж,  $A_w = 195$  мм/с,  $F_w = 17$  Н. Получаемая шероховатость поверхности после электроэрозионной вырезки  $Ra$  2,3 мкм.

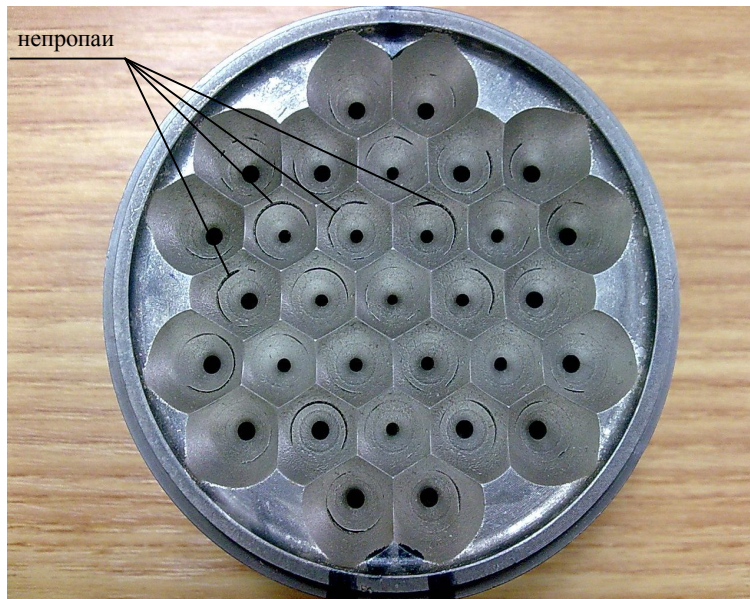


Рис. 2. Внешний вид паяных соединений после электроэрозионной обработки

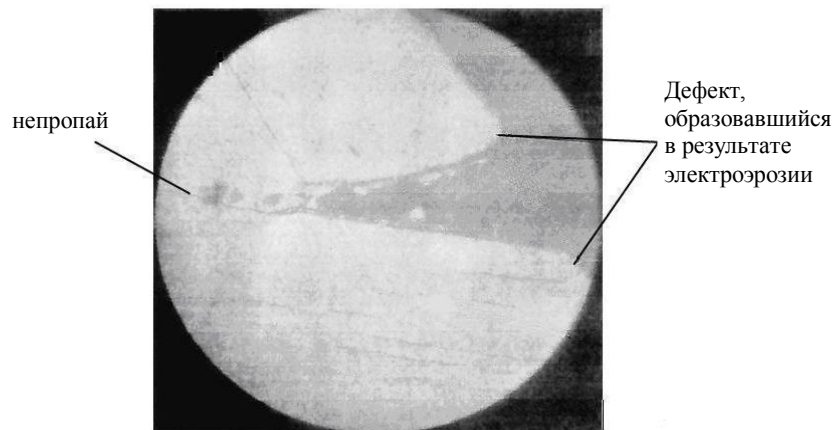


Рис. 3. Микроструктура паяного шва

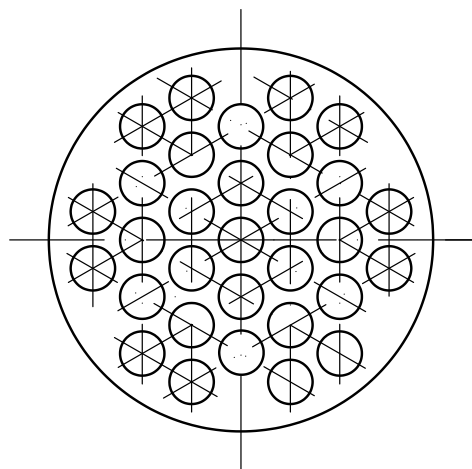


Рис. 4. Схема расположения отверстий в закладной детали из припоя ПЖК-35 (без размеров)

Предварительная подготовка предполагает резку заготовок размером  $60 \times 60 \times 0,3$  и  $60 \times 60 \times 0,15$ , сборку – сварку в технологический пакет и выполнение заходных отверстий. Заходные отверстия выполняли на электроэрозионном прошивном станке AGIEDRILL при режимах  $I = 18 - 20$  А,  $U = 30 - 35$  В. В качестве электрода используется одноканальный латунный электрод  $\varnothing 1$  мм [4].

На заключительной стадии сборки смесительной головки под пайку на внутреннюю поверхность дна устанавливали диск, прихватывали точечной конденсаторной сваркой, обеспечивая коаксиальное расположение отверстий диска относительно ранее установленных форсунок и плотное его прижатие к поверхности дна.

Узлы паяли по штатной технологии. Результаты электроэрозионной обработки после пайки с использованием закладной детали из припоя ПЖК-35 приведены в таблице 1 и на рис 5.

Таблица 1

Характеристика дефектов паяных соединений (результаты пайки)

| Испытания (№ п/п) | Дефекты паяных соединений |            | Кол-во припоя  |
|-------------------|---------------------------|------------|--|
|                   | Кол-во, %                 | Размер, мм |  |
| 1                 | до 95                     | 6 - 12     | без закладной детали   |
| 2                 | 40                        | 2 - 8      | с одной закладной деталью толщиной $\delta = 0,3$ мм               |
| 3                 | 10                        | 1,2 - 4    | с двумя закладными деталями толщиной $\delta = 0,15$ мм и $0,3$ мм |

## Выводы

Использование предложенной закладной детали из припоя ПЖК - 35 значительно уменьшило как количество непропаев (пустот), так и размеры дефекта. Применение предлагаемого способа позволяет получить более качественные паяные швы. Это расширяет технологические возможности получения качественных паяных соединений.

Смесительные головки, изготовленные с применением дополнительных закладных деталей из припоя ПЖК – 35, успешно прошли автономные огневые испытания в составе генераторов. Замечаний по результатам работы генераторов нет.

Визуальный осмотр материальной части не выявил каких-либо дефектов генератора, связанных со смесеобразованием.

Отходы, полученные при вырезке отверстий закладной детали, могут быть использованы при пайке других деталей, например, форсунок.

## Литература

1. Долгов, Ю. С. Пайка новых конструкционных материалов [Текст] : учеб. пособие для слушателей заочных курсов повышения квалификации ИТР по технологии и оборудованию сварочного производства / Ю. С. Долгов, З. В. Никифоров. – М. : Машиностроение, 1980. – 39 с.
2. Фотеев, Н. К. Технология электроэрозионной обработки [Текст] : б-ка технолога / Н. К. Фотеев. – М. : Изд-во Машиностроение, 1980. – 184 с.
3. Краснопецев, А. Ю. Исследование изменения состояния поверхности сталей при нагреве в условиях контейнерной пайки [Текст] / А. Ю. Краснопецев, А. В. Волков, А. В. Тенюков // Пайка:

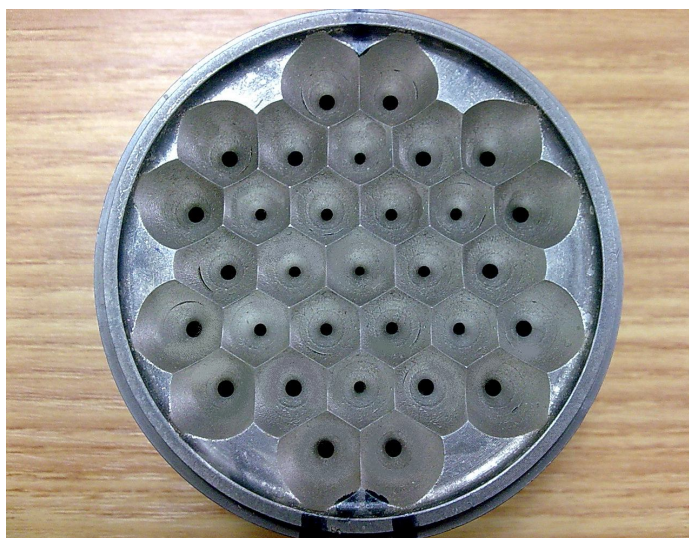


Рис. 5. Внешний вид паяных соединений с дополнительной закладной деталью из припоя ПЖК-35

*опыт, искусство, наука : сб. докл. научн-практ. конф. за 1967 – 2002 гг. в двух томах. – Т. 1. – М., 2005. – С. 25-34.*

*4. Новые технологические процессы электрофизико-химической обработки. [Текст]: Методические рекомендации / под общей ред. А. Л. Лившица. – М. : НИИМАШ, 1973. – 224 с.*

*Поступила в редакцию 20.12.2013, рассмотрена на редколлегии 12.03.2014*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., проф. кафедры технологии производства Н. Е. Калинина, Днепропетровский национальный университет им. Олеся Гончара, Днепропетровск.

### **ОСОБЛИВОСТІ ЗБИРАННЯ ПІД ПАЙКУ ТЕЛЕСКОПІЧНИХ З'ЄДНАНЬ ДЕТАЛЕЙ ЗМІШУВАЛЬНОЇ ГОЛОВКИ**

*В. В. Земляна, Д. В. Борисов, О. К. Федючук, А. В. Шулік, І. О. Малютова, П. В. Самойлов*

В статті викладено недоліки в технології механічної обробки конічних сопел комірчастого вогневого днища змішувальної головки генератора в ракетному двигуні РД861К, що і вплинуло на зміну технології їх виконання. У статті викладено технологію виконання конічних сопел комірчастого вогневого днища змішувальної головки генератора ракетного двигуна РД861К шляхом електроерозійної обробки, що дозволило виявити непропаї в паяних швах форсунок з днищем. В формі таблиці представлено характеристики дефектів паяних з'єднань. Частково висвітлено технологію пайки форсунок з днищами змішувальної головки. Також представлено результати вивчення впливу форми деталей припоїв з припою ПЖК-35, і способи їх виготовлення, на якість паяних швів вогневого днища змішувальної головки з форсунками. В статті запропоновано застосування закладної деталі з припою ПЖК-35 для усунення непропаїв і підвищення чистоти конічних поверхонь змішувальної головки. Зроблено висновки про застосування закладної деталі з припою ПЖК – 35.

**Ключові слова:** змішувальна головка, форсунка, днище, припой, електроерозійна обробка.

### **SPECIFICITY OF THE MIXTURE HEAD PARTS TELESCOPED JOINTS ASSEMBLY BEFORE THE SOLDERING**

*V. V. Zemlyanaay, D. V. Borisov, A. K. Fedyuchuk, A. V. Shulik, I. A. Malyutova, P. V. Samoylov*

The article describes imperfections in technology of machining the conical nozzles of the cellular firing face of the RD861K engine's generator, which have led to replacement of the technology. The technology of the conical nozzles manufacture by means of electrical discharge machining (EDM) has been described, which reveals the unsoldered areas in soldered seams between the firing face and injectors. The soldering defects characteristic is presented in graphical form. Technology of the injectors soldering with the mixing head is described partially. It presents also the investigation outcomes about influence of the ПЖК-35 soldering parts' form and manufacture on the quality of the soldered seams. Application of the ПЖК – 35 embedded parts is proposed in order to prevent faulty fusion and improve cleanness of the mixing head's conical surfaces. Conclusions of the ПЖК-35 embedded parts application are made.

**Key words:** mixture head, injector, firing face, solder, EDM.

**Земляная Виктория Викторовна** – инженер-технолог 1 кат. ГП «ПО Южный машиностроительный завод им. А. М. Макарова», Днепропетровск, Украина, e-mail: viktoriyaz@ukr.net.

**Борисов Дмитрий Вадимович** – инженер-технолог 3 кат. ГП «ПО Южный машиностроительный завод им. А. М. Макарова», Днепропетровск, Украина.

**Федючук Александр Константинович** – ведущий технолог ГП «ПО Южный машиностроительный завод им. А. М. Макарова», Днепропетровск, Украина.

**Шулик Артем Васильевич** – начальник группы, ГП "КБ "Южное", Днепропетровск, Украина, e-mail: artyomshulik@rambler.ru.

**Малютова Ирина Александровна** – инженер-конструктор II-ой категории, ГП "КБ "Южное", Днепропетровск, Украина, e-mail: irinakbu@gmail.com.

**Самойлов Павел Викторович** – инженер-конструктор II-ой категории, ГП "КБ "Южное", Днепропетровск, Украина, e-mail: ggames1986@mail.ru.