

История сварочной техники и технологии

Сварка в КОСМОСЕ

Сварка в космосе

В начале 60-х гг. прошлого века по инициативе главного конструктора ракетно-космических систем академика С.П. Королева была поставлена принципиально новая задача – **исследовать возможность выполнения сварки непосредственно в космосе**. Научным руководителем всего комплекса исследований являлся академик Б.Е. Патон.

При проведении исследований предполагалось, что сварка в космосе будет использоваться для выполнения следующих работ:

а) ремонт космических кораблей, орбитальных станций и различных металлоконструкций, находящихся в открытом космосе, на Луне и других планетах;

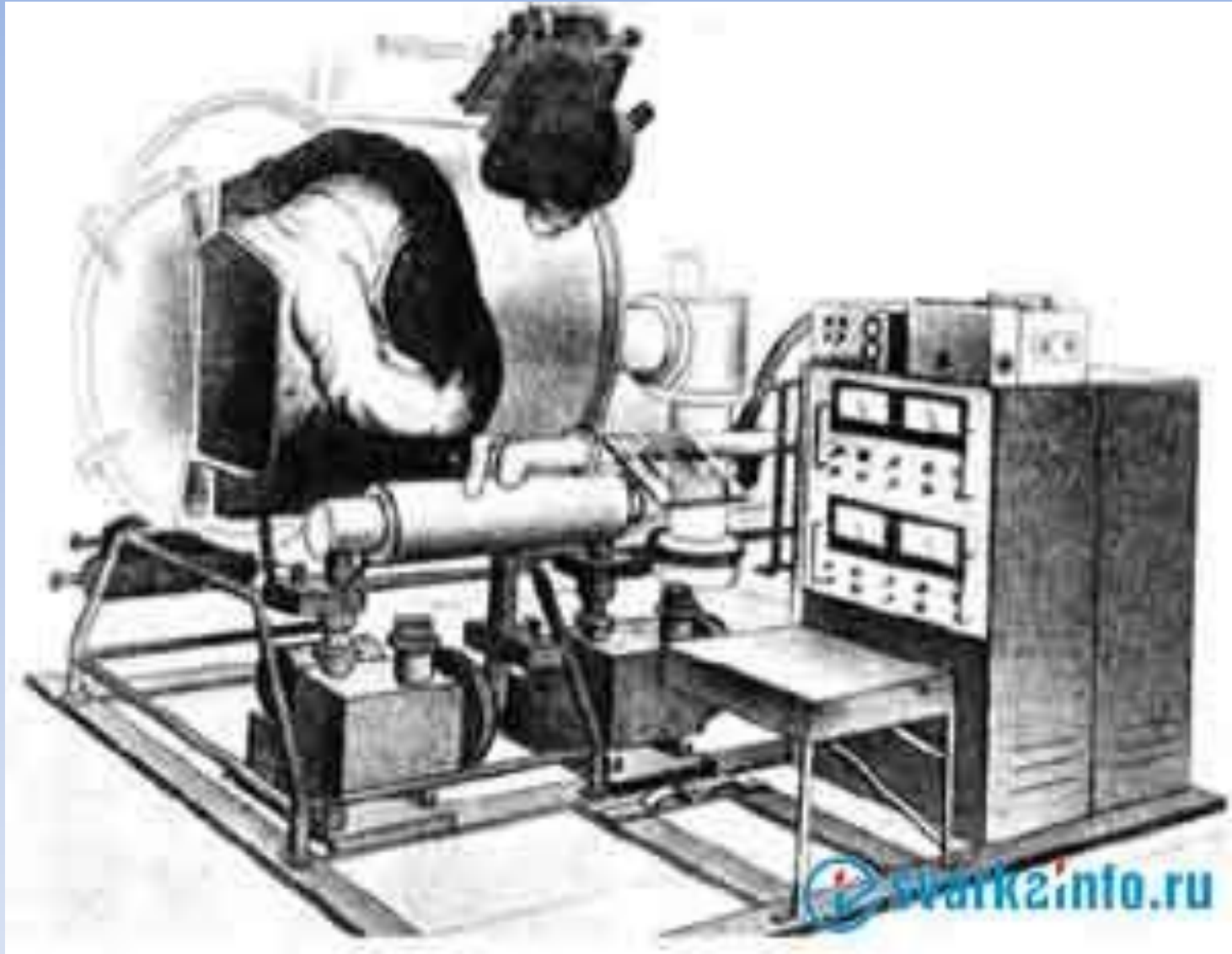
б) сборка и монтаж металлоконструкций, находящихся в орбитальном полете или расположенных на поверхности Луны и планет.

Сварка в космосе

Условия в космосе, как известно, значительно отличаются от земных. **Глубокий вакуум, невесомость, перепад температур, излучения, электрические и магнитные поля Земли и других планет** оказывают существенное влияние на **характер физико-химических процессов, протекающих при сварке, и на условия работы сварщика.** В связи с этим необходимо было разработать технику и технологию выполнения сварочных работ, учитывающие перечисленные выше особенности.

На Земле трудно воссоздать условия межпланетной среды. Поэтому предварительные исследования выполнялись по этапам, на каждом из которых имитировались отдельные особенности космического пространства (вакуум, невесомость и др.)

Сварка в космосе



Стенд-тренажер для исследования ручной сварки в условиях, имитирующих космические

Сварка в космосе

Прежде всего была поставлена задача выбора наиболее перспективных для условий космоса видов сварки.

В качестве критериев были выбраны следующие характеристики видов сварки:

- универсальность;
- возможность выполнения резки материалов;
- высокая надежность;
- возможность автоматизации;
- работоспособность в вакууме и невесомости.

Сварка в космосе

Проведенный анализ показал, что наиболее перспективными для применения в космосе являются **электронно-лучевая сварка, сварка сжатой дугой низкого давления и плавящимся электродом, а также контактная точечная сварка.**

Эксперименты проводились в 1965 г. в **летающей лаборатории ТУ-104**, позволяющей кратковременно (до 25–30 с) воспроизводить состояние невесомости.

Сварка в космосе

Электронно-лучевая сварка и резка разных металлов производились при постоянной мощности пучка 1кВт, силе тока луча 70 мА и скорости сварки (резки) 30 м/ч.

При визуальном наблюдении за ходом сварки и резки **в условиях невесомости и перегрузок** не было установлено внешних отличий по сравнению с процессами в земных условиях.

На основании проведенных опытов были сделаны обоснованные выводы о том, что **в условиях невесомости можно получать качественные сварные соединения различных металлов и сплавов.**

Процесс **электронно-лучевой резки** также протекает без заметных изменений по сравнению с обычными земными условиями.

Сварка в космосе

На основании проведенных опытов **по сварке и резке сжатой дугой низкого давления** было установлено следующее.

В условиях **динамической невесомости** можно получать **качественные стыковые, отбортованные и нахлесточные сварные соединения.**

Колебания режимов сварки **в пределах 20 %** практически не сказываются на качестве сварного соединения.

При **сварке сжатой дугой металла малых толщин** размеры сварочной ванны малы и формирование швов практически **не зависит от сил гравитации, а определяется силами поверхностного натяжения.**

Сварка в космосе

Для условий космоса может быть перспективным **способ микроплазменной сварки**. Он дает высокую концентрацию энергии, соизмеримую с электронным лучом, и соответственно пригоден для сварки и резки тонких деталей.

Клещи для **точечной сварки** были выполнены со встроенным трансформатором 1 кВт и массой 1,5 кг. Космические условия не оказали влияния на процесс точечной сварки. В этом случае невесомость влияет лишь на условия работы человека.

Сварка в космосе



На базе проведенных исследований была разработана и изготовлена специальная сварочная установка «Вулкан» для проверки названных выше видов сварки в условиях космоса.

Установка «Вулкан»

Сварка в космосе

В соответствии с общей программой космических исследований **первый в мире эксперимент по сварке в космосе** был выполнен **16 октября 1969 года** на космическом корабле **«Союз-6»** летчиками-космонавтами **Г.С. Шониным** и **В.Н. Кубасовым**.

Используя установку **«Вулкан»**, космонавты запустили автоматические процессы **сварки электронным лучом, сжатой дугой низкого давления и плавящимся электродом**.

Сварка в космосе

В условиях орбитального полета с помощью **острофокусного электронного луча** были выполнены:

- автоматическая сварка тонколистовой нержавеющей стали и титанового сплава;
- разделительная резка сплавов алюминия и титана;
- исследования поведения ванны расплавленного металла большего объема, чем в условиях летающей лаборатории.

Было показано, что **процессы плавления, сварки и резки электронным лучом** на орбите **протекают стабильно**, обеспечивая необходимые условия для **нормального формирования сварных соединений и поверхностей резов.**

Сварка в космосе

Основные параметры режима **сварки плавящимся электродом**, а также структура шва и зоны термического влияния, полученные на корабле «Союз-6», оставались практически такими же, как и в летающей лаборатории. Форма и качество швов, полученных этим способом на нержавеющей сталях класса 18–8 и титановых сплавах, были вполне удовлетворительными.

Сварка сжатой дугой низкого давления на установке «Вулкан» **не дала ожидаемых результатов.**

Сварка в космосе

Эксперимент по сварке в космосе открыл новую страницу в освоении Вселенной.

Впервые в мировой практике в космическом пространстве осуществлен **технологический процесс, связанный с нагревом и плавлением металла.**

В целом к началу 70-х гг. XX в. **вопрос о принципиальной возможности автоматической сварки и резки в космосе был решен положительно.**

В то же время существовала номенклатура работ, в том числе практически все виды ремонта, **которые не могли выполняться с использованием автоматических процессов.**

Поэтому на следующем этапе исследований была поставлена задача по **разработке аппаратуры и технологии ручной сварки и резки в космосе.**

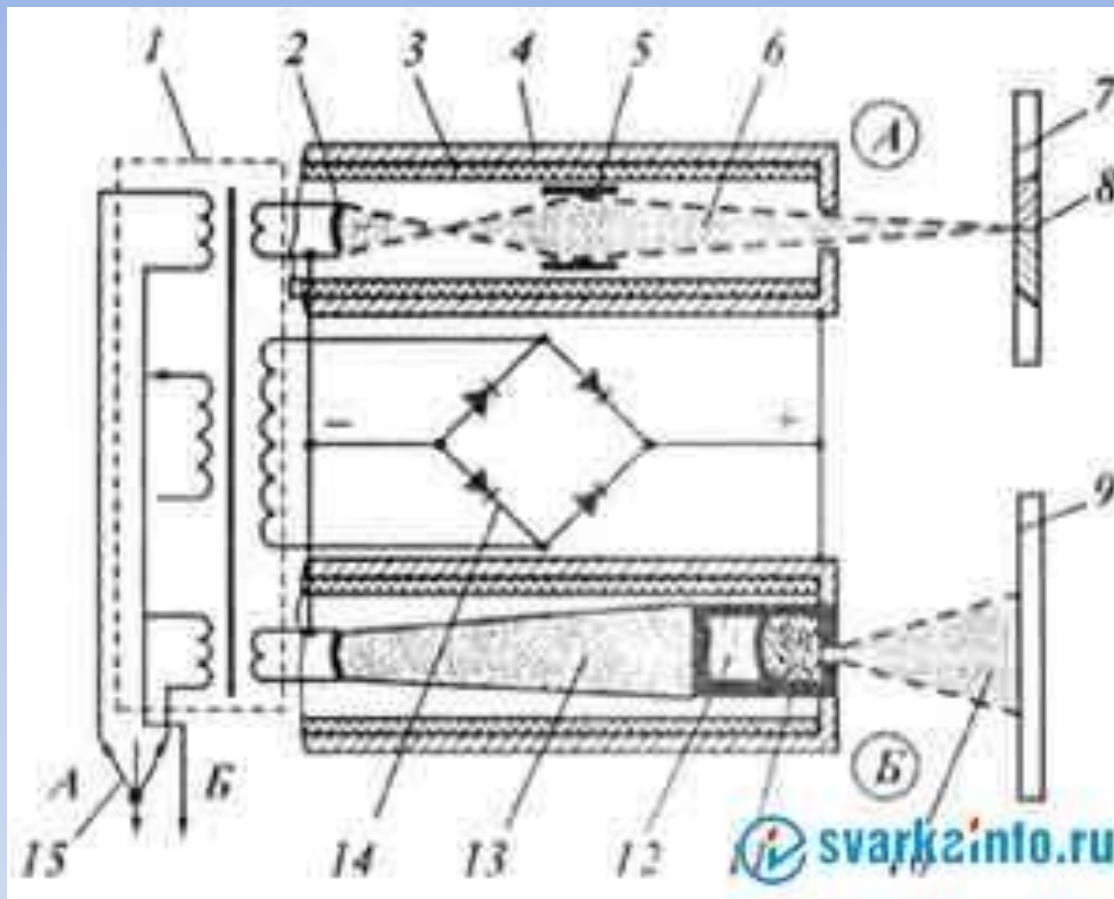
Сварка в космосе

Еще в период испытаний установки «Вулкан» специалисты Института электросварки им. Е.О. Патона задумывались над созданием **компактного, ранцевого универсального инструмента с автономным источником питания**, который мог бы позволить космонавту проводить работы, связанные с ремонтом или монтажом, на любом участке поверхности космического объекта.

Необходимые для этих целей операции – **резка, сварка, пайка и нанесение покрытий**, а средство воздействия на материалы – **электронный луч**.

После многочисленных исследований на земле, в барокамере, в летающей лаборатории был разработан **универсальный ручной инструмент**.

Сварка в космосе



Электрическая схема рабочего инструмента:

- 1 – высоковольтный трансформатор; 2 – высоковольтный эмиттер (катод);
3 – анод; 4 – изолятор; 5 – фокусирующий электрод; 6 – сфокусированный
электронный луч; 7 – свариваемый образец; 8 – сварной шов;
9 – напыляемый образец; 10 – пары металла; 11 – тугоплавкий тигель;
12 – расплавленный металл; 13 – электронный пучок;
14 – высоковольтный выпрямитель; 15 – переключатель пушек (А и Б)

Сварка в космосе

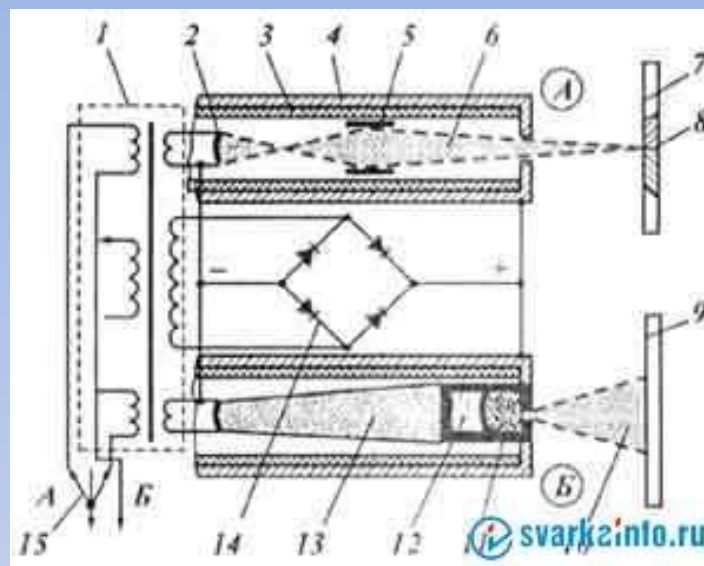
Все узлы инструмента находятся в **контейнере размером 400x450x500 мм**, сваренном из трубчатых элементов, что обеспечило ему достаточную жесткость при малой массе.

В контейнере смонтированы: вторичный источник питания с пультом, кабели, соединяющие источник питания с бортовой розеткой и ручным инструментом, собственно сам рабочий инструмент в специальном ложементе.

Контейнер можно носить за плечами или закреплять на внешней поверхности орбитальной станции.

К контейнеру крепится планшет с образцами материалов для сварки, резки, пайки и нанесения покрытий.

Сварка в космосе



Рабочий инструмент – это моноблок, состоящий из высоковольтного источника питания и двух электронных пушек (рис. 16.3). Одна из них (А) предназначена для выполнения технологических операций резки, сварки и пайки, а другая (Б) – предназначена для нанесения покрытий. В этой пушке фокусирующая система заменена тиглем с испаряемым металлом. Масса универсального ручного инструмента немногим более 30 кг, а моноблок, которым оперирует космонавт, чуть более 2,5 кг. Потребляемая мощность – 750 Вт, и ее можно регулировать в зависимости от режима работы и обрабатываемого материала.

Сварка в космосе

Универсальный ручной инструмент был включен в состав научной аппаратуры **станции «Салют-7»**.

25 июля 1984 г. космонавты **В. Джанибеков** и **С. Савицкая** вышли в открытый космос.

В. Джанибеков оборудовал сварочный пост и подготовил инструмент к работе.

Рабочее место оператора-сварщика отвечало всем требованиям техники безопасности.

С.Савицкая выполнила **операции резки, сварки, пайки и нанесения покрытий**.

Работа в открытом космосе продолжалась три часа.

Сварка в космосе



Фрагмент сварки в космосе

Результаты проведенных исследований на **установке «Вулкан»** и с помощью **универсального ручного инструмента** убедительно показали, что в космосе операции **соединения металлов, резки и нанесения покрытий** могут быть успешно использованы для **любых ремонтных и монтажных работ.**

Сварка в космосе

В 1986 г. космонавты **Л. Кизим** и **В. Соловьев** продолжили эксперименты, соединяя **элементы крупногабаритных ферменных конструкций**.

Одновременно были разработаны **методы, технология и аппаратура для сборки и ремонта конструкций в космосе**.

Логическим завершением этих работ явилось создание в ИЭС им. Е.О. Патона **комплекса электронно-лучевой сварочной аппаратуры «Универсал»**, предназначенной для оснащения больших орбитальных станций типа **«Мир-2»**.

Сварка в космосе

«Универсал» имеет в своем составе четыре электронно-лучевых инструмента и ряд вспомогательных приспособлений, позволяющих выполнять в космосе сварочные работы широкого диапазона при профилактическом обслуживании и ремонте различных космических аппаратов.

В 1990–1991 гг. комплекс прошел наземные испытания и получил высокую оценку.