

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТЕНДОВ НА ПРЕДМЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКИ

**Майстренко Н.Ю., Проскурин В.Д.
Оренбургский государственный университет, г. Оренбург**

Наличие экспериментальной базы является обязательной предпосылкой на пути совершенствования ракетно-космической техники. Отработка конструкции и постановка производства новых современных летательных аппаратов предполагает проведение многочисленных наземных испытаний в условиях, имитирующие реальные силовые, температурные и другие нагрузки, возникающие при их полете. Эти условия воссоздаются в специальных сложных и дорогостоящих стендах.

При проектировании ракетной техники подбор и отработка двигательной установки носит эмпирический характер. Как правило, для отработки нового двигателя летательного аппарата испытательные стенды более сложные, чем для самого изделия, так как кроме аэродинамических продувок в них должны быть проведены огневые испытания с работающим двигателем.

Основным элементом исследуемого стенда является многометровая конструкция из нержавеющей стали, диаметром до 600 мм. с жесткими требованиями к точности наружной и внутренней поверхностей аэродинамической формы.

Производство стенда для испытаний ракетного двигателя сопровождается определенными трудностями, а именно:

1) Безоговорочные требования по срокам выпуска продукции исключают возможность изготовления большого объема штамповой и сборочно-сварочной оснастки;

2) Минимизация затрат и единичность производства обуславливают необходимость изготовления деталей и узлов стенда механической обработкой заготовок и поковок из круглой стали, что ведет к увеличению объема механической обработки и повышенному расходу материала.

Механическая обработка заготовок деталей стендов требует чрезмерных затрат трудоемкости, а затраты на обеспечение многотонной потребности в дорогостоящей жаропрочной нержавеющей стали составляют значительную сумму, кроме того производство поковок нестандартных размеров проблематично осуществить в условиях поточного производства. Выходом из данной ситуации может послужить способ изготовления составных заготовок для деталей испытательного стенда с применением сварки. Подобная конструкция испытательного стенда собирается из отдельных деталей и узлов из нержавеющей жаростойкой стали с применением сварки и разъемных соединений.

Обеспечение рациональными заготовками деталей стендов с максимально возможным уменьшением затрат на производство удобнее всего

продемонстрировать на элементе испытательного стенда – шпангоуте. Заготовка шпангоута изготавливается из раскатных колец, соединенных электроннолучевой сваркой (ЭЛС) с получением размеров максимально приближенных (с учетом припусков на механическую обработку) к размерам готовой детали.

Как это приводится в исполнение наглядно видно на рисунках 1, 2, 3 на которых изображены эскизы сварной заготовки одной из деталей стенда - шпангоута и раскатных колец, из которых она собирается. Сварная заготовка шпангоута содержит в себе шесть колец с максимальной свариваемой толщиной 110 мм. в стыке колец № 5 и № 6.

На представленных рисунках, заготовка сваривается ЭЛС в три этапа.

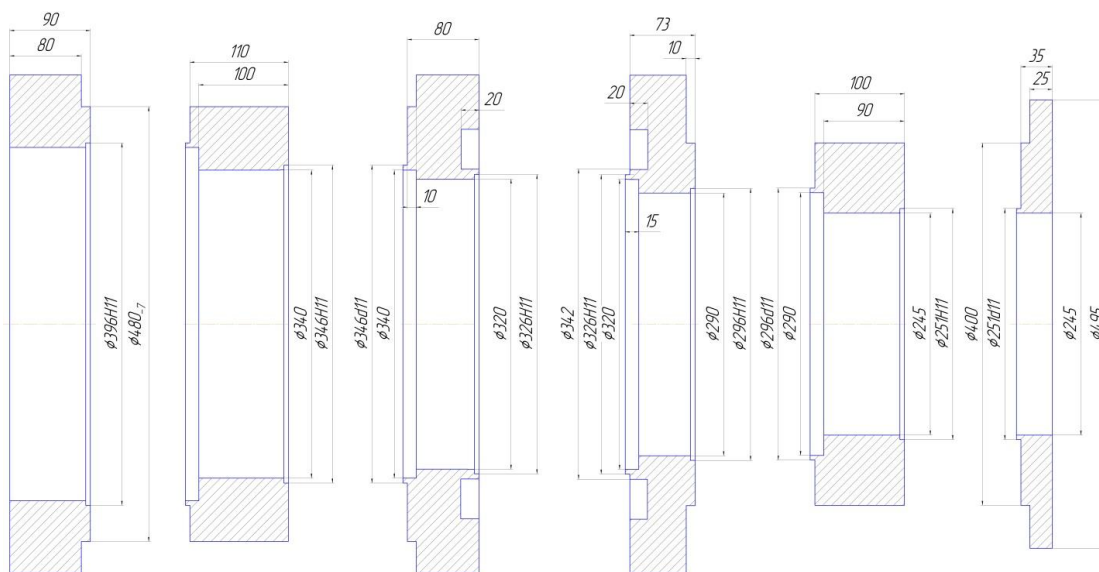


Рисунок 1 - Набор раскатных колец для изготовления сварной заготовки шпангоута (Этап №1)

Первым этапом является получение раскатных колец с необходимой чистотой обработки свариваемых кромок Ra 1,6, которая обеспечивает зазор, не превышающий 0,2 мм. (ОСТ 92 1151-75). Кольца, представленные на рисунке, изготавливаются ручной раскаткой методом свободнойковки. Диаметр колец не превышает 600 мм.

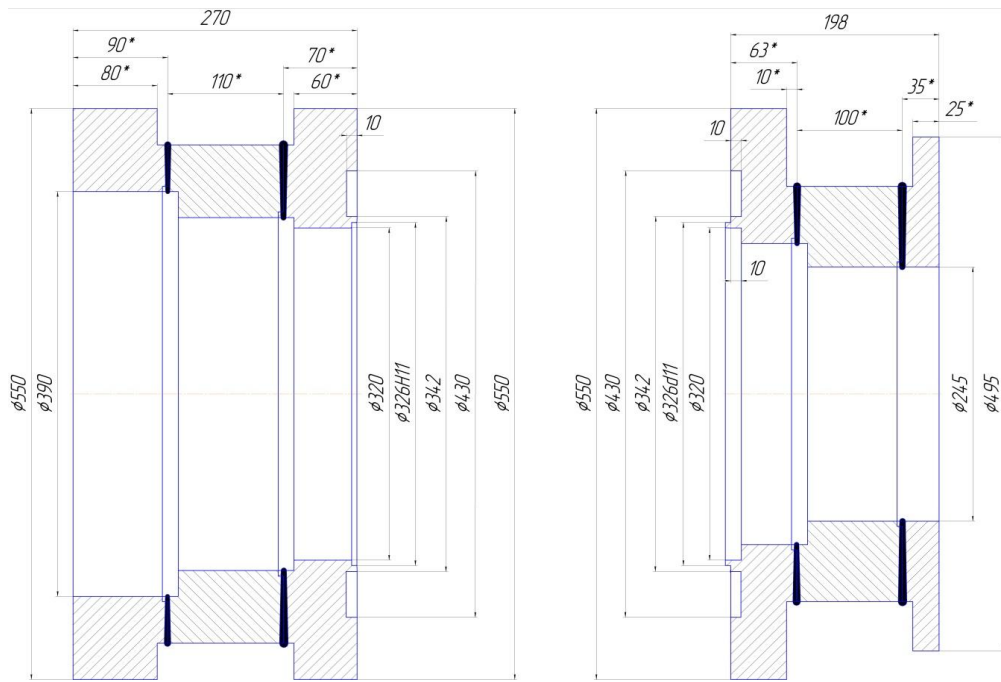


Рисунок 2 - Промежуточная сварка раскатных колец заготовки шпангоута (Этап №2)

На втором этапе производится промежуточная сварка раскатных колец шпангоута. Таким образом, уменьшается количество откачиваний вакуумной камеры, где производится ЭЛС (вместо 5 откачиваний совершается 3).

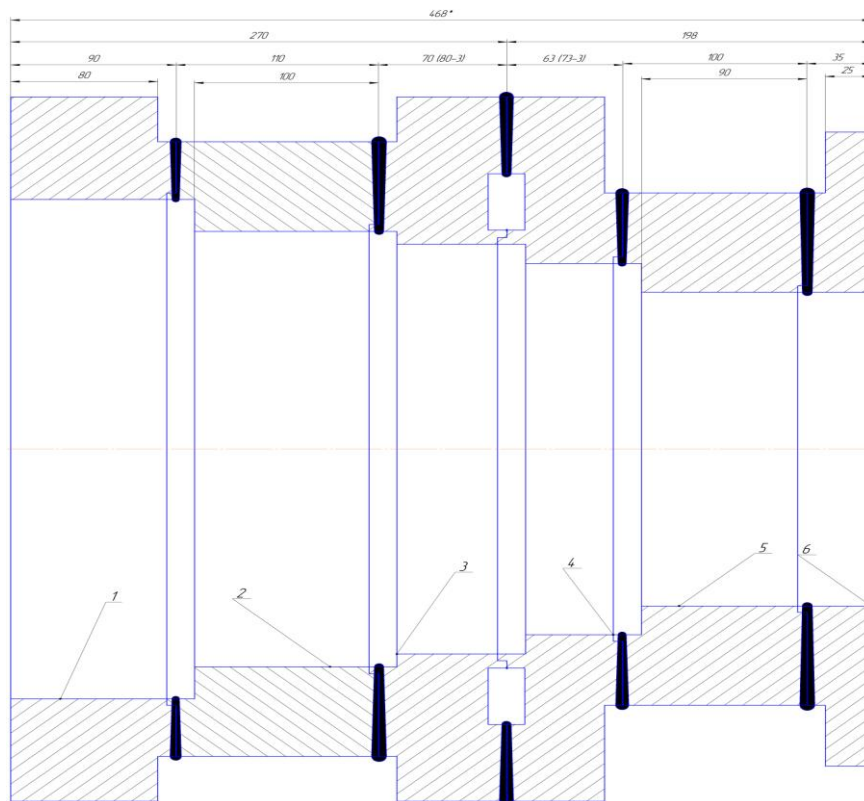


Рисунок 3 - Эскиз сварной заготовки шпангоута (Этап №3)

Окончательным этапом служит сварка двух составных частей, за которой следует механическая обработка.

Применение электронно-лучевого способа сварки предопределяется большими толщинами раскатных колец заготовки шпангоута (до 110 мм.), а для совершения качественной сварки подобных толщин необходимо сквозное проплавление, которое возможно только при высокой удельной концентрации тепла. Электронно-лучевая сварка осуществляется в вакууме, что положительно сказывается на качестве сварного шва, но вместе с этим наличие вакуума делает дорогостоящим процесс сварки. Но, как уже отмечалось, большие толщины сварной заготовки, и высокое качество сварного шва оправдывают затраты и делают экономически выгодным данный вид сварки.

Режимы электронно-лучевой сварки нержавеющей жаростойких сталей нестандартных толщин не представляется возможным найти в справочной литературе. Отработка и подбор режимов электронно-лучевой сварки раскатных колец заготовки шпангоута, составляет основную сложность всей работы.

Для проведения исследований в этом направлении требуется программа, которая предусматривает:

- диагностику и настройку комплекса оборудования, включающего электроннолучевую сварочную аппаратуру ЭЛА, прибор управления лучом, прибор программного управления процессом сварки на возможность получения максимального тока луча – 1000 мА;

- подбор и отработку режимов ЭЛС всех толщин, примененных в сварных заготовках, на специальных образцах, позволяющих произвести на них настройку и отработку режима с выбором оптимальной фокусировки и развертки луча;

- сварку специальных контрольных образцов с проведением на них металлографического контроля сварных соединений всех выбранных толщин.

Сварка штатных заготовок совершается по следующей технологии:

1) Подготовка сварочного образца:

- тщательно обезжирить места сварки салфетками х/б смоченным нефрасом. Непосредственно перед сборкой в приспособление протереть салфеткой, смоченной спиртом;

- образцы прихватить между собой аргонодуговой сваркой по торцам на толщину образца и со стороны замка посередине. (Зазор между деталями не более 0,15мм.);

- установить прихваченный образец в вакуумную камеру под электроннолучевую сварку;

- провести предварительно настройку режимов сварки на технологическом кольцевом образце. Произвести прихватку образцов с определенным шагом от середины;

- произвести сварку образца по отработанным ранее режимам;

- провести рентгеноконтроль образца.

2) При положительном результате рентгеноконтроля провести сварку штатных заготовок. Результатом исследований и отработки должны стать

подобранные режимы сварки для каждой из необходимых толщин до 110 мм., на которых в дальнейшем должна производиться сварка требуемой заготовки.

На рисунках 4,5 показаны виды макрошлифов сварных соединений нержавеющей стали 2-ух различных толщин, выполненных ЭЛС.

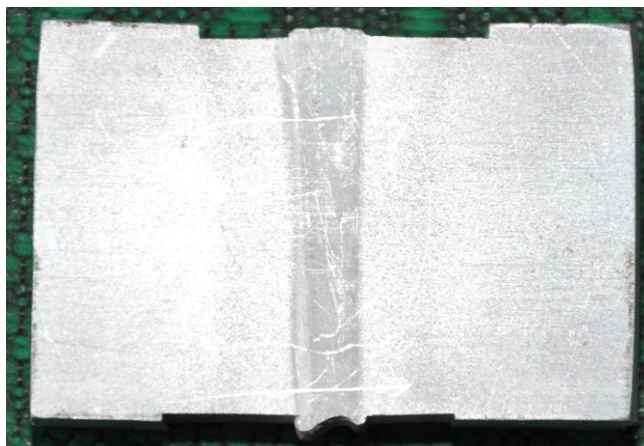


Рисунок 4 - Макрошлиф сварного соединения ЭЛС $t=60$ мм.

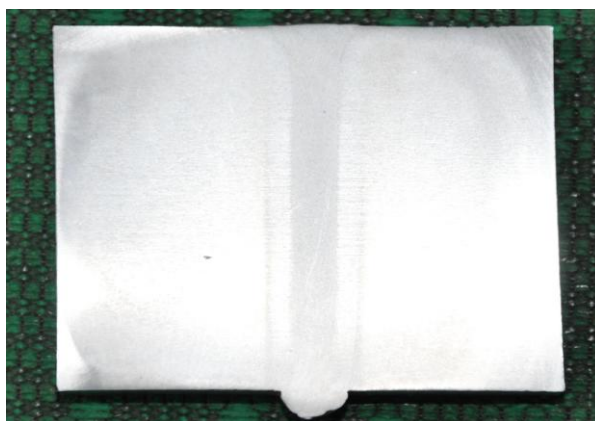


Рисунок 5 - Макрошлиф сварного соединения ЭЛС $t=90$ мм.

Как видно из рисунков с изображением макрошлифов параметры режима ЭЛС (скорость сварки V_{CB} м/ч, v , ток фокусировки I_{ϕ} , ток луча $I_{л}$ mA, вид развертки и др.), подобранные экспериментальным путем имеют допустимые значения. Примерные значения основных параметров процесса ЭЛС для $t=60$ мм. представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Примерные значения основных параметров процесса ЭЛС нержавеющей жаростойкой стали при $t=60$ мм.

Вид сварного шва	\emptyset	δ	U_{yc}	$V_{cb.}$	$I_{\phi.}$	$I_{л.}$
------------------	-------------	----------	----------	-----------	-------------	----------

	(мм.)	(мм.)	к (кВ).	(м/ча с)	(mA)	(mA)
Прихватка	550	60	60	15	680	50
Обезгаживание						45
Сварка						650
Декоративный (при необходимости)						40

Началом процесса ЭЛС раскатных колец, из которых состоит шпангоут испытательного стенда, является прихватка. Прихватка - это кольцевые швы относительно небольшой длины, произведенные в диаметрально противоположных местах, расфокусированным электронным лучом. Суть прихватки состоит в предотвращении коробления заготовки шпангоута в процессе ЭЛС. Обезгаживание – это удаление (выжигание) посторонних включений с поверхности свариваемых кромок, которое так же совершается расфокусированным лучом.

Обработка технологии, в ходе предлагаемого исследования, может способствовать решению проблемы изготовления рациональных заготовок сложных деталей и узлов из нержавеющей стали из набора раскатных колец сваренных с применением ЭЛС.

Результаты исследования целесообразно использовать для детальной проработки, членения и технологии сварки всех заготовок деталей и узлов стендов;

Внедрение технологии изготовления рациональных толстостенных сварных заготовок из жаропрочной нержавеющей стали для деталей и узлов испытательных стендов с применением ЭЛС, по сравнению с изготовлением их цельными из круглого металла и поковок, обеспечивает существенное снижение трудоемкости механической обработки и дает условную экономию в дорогостоящей стали.

Список литературы

1. Чвертко А. И. – Оборудование для электронно-лучевой сварки, 1973 – 350 с.
2. Патон, Б. Е. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением, 1978 – 758 с.
3. Электронно-лучевая сварка — сущность, типы, преимущества [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://goodsvarka.ru/metalov/electron-beam/> – 27.10.2014.
4. Рациональное проектирование и технологичность сварных конструкций [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://msd.com.ua/svarnye-konstrukcii-tekhnologiya-izgotovleniya/racionalnoe-proektirovanie-i-tekhnologichnost-svarnykh-konstrukcij/> – 10.06.2013.
5. Васильев А.С., Кондаков А.И. – Выбор заготовок в машиностроении, МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002 – 46 с.

6. Л.П.Юнаков. – *Испытания двигателей летательных аппаратов*, Санкт-Петербург, БГТУ, 2003 –152 стр.