

## ПРОБЛЕМЫ И СЛОЖНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ ТИПА ШАР БАЛЛОН.

*А.А. Сидоренко, студент гр. 4А91*

*Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,*

*тел.(3822)-701-777*

*E-mail: [aas292@tpu.ru](mailto:aas292@tpu.ru)*

Титановые шар-баллоны – это составляющие практически всех жидкостных ракетных двигателей 1-ой, 2-ой и 3-ей ступеней ракет-носителей. Они используются в РН «Протон», «Ангара», в разгонном блоке «Бриз» и в новом кислородно-водородном разгонном блоке (КВРБ). Шар-баллоны представляют собой герметичные сферические конструкции, в которых под большим давлением хранятся гелий для использования в пневмосистеме ракетных двигателей. Материал детали – Титан ВТ6.

Осложнение международных отношений между Россией и Европейскими странами способствовало развитию технологий по импортозамещению комплектующих изделий зарубежного производства. К таким изделиям относятся титановые шар-баллоны высокого давления вместимостью 25 и 130 л. (рис. 1), которые ранее выпускало Производственное объединение в г.Днепропетровск, Украина.



Рис.1.Шар-баллон изготовленный в АО «РКЦ «Прогресс» [1].

Основной рабочей средой титанового шар-баллона является среда жидкого кислорода, выполняя специальные функции: сжатый под высоким давлением газообразный гелий внутри шар-баллона раскручивает турбонасосный агрегат двигателя ракеты-носителя [2].

В существующем производственном цикле применяются штампованные заготовки в форме полусферы с толщиной стенки 25 мм. Эти заготовки обрабатываются до необходимых размеров. После обработки полусферы свариваются. Коэффициент использования материала штампованных заготовок крайне низкий, а их механическая обработка оказывается длительным, трудозатратным процессом.

Основная проблема свариваемости титановых сплавов - получение сварных соединений с хорошей пластичностью, зависящей от качества защиты и чувствительности металла к термическому циклу сварки. Заметное насыщение металла шва кислородом, водородом и азотом в процессе сварки происходит при температурах  $\geq 350^{\circ}\text{C}$ . Этим резко снижается пластичность и длительная прочность сварных конструкций. Что за собой может нести чрезвычайные последствия.

Поиски альтернативных решений привели к электронно-лучевой наплавке проволокой. Эта технология как нельзя лучше подходит для производства титановых шар-баллонов. Прежде всего, это связано с тем, что металлургические процессы происходят в вакууме. Вакуум — лучшая защитная среда. При производстве изделий из титановых сплавов это становится решающим фактором.



Рис.2. Полусфера, выращенная при использовании аддитивных технологий и после механической обработки.

Изготовление шар-баллона происходит из двух заготовок – полусфер, выращенных при использовании аддитивных технологий. Далее полученные полусферы обрабатываются в до требуемых размеров и свариваются между собой. Процесс сварки осуществляется электронным лучом, в той же вакуумной камере, где и происходит изготовление полусфер.

#### **Список литературы:**

1. Семенов Г.В., Рау А.Г., Осипов И.В., Винокуров М.С. и др. Производство шар-баллонов для российской космической техники методом электронно-лучевой наплавки проволоки в вакууме // Аддитивные технологии. – 2021. - №3.
2. Ломакин И.В., Рязанцев А.Ю., Юхневич С.С., Широкожухова А.А. Создание передовой технологии и оборудования для изготовления шар-баллонов // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2021. - №12. – с. 37-43.