

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СИЛЬФОНОВ ДЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМ ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Масленникова А.С., Моисеев В.К., Шаров А.А.  
Самарский университет, г. Самара, [maslennikova.ssau@mail.ru](mailto:maslennikova.ssau@mail.ru)

*Ключевые слова:* формообразование, технология, эластичная среда, сильфон.

Топливные системы летательных аппаратов – это сложный комплекс большого количества взаимосвязанных подсистем: подачи топлива в двигатели, перекачки топлива в расходный бак, управления порядком перекачки топлива, систем контроля, наддува и дренажа топливных баков, заправки и слива топлива на земле и в полете, охлаждения и др.

Особую группу среди трубопроводов составляют гибкие трубопроводы, или сильфоны, предназначенные для компенсации осевых и угловых перемещений трубопровода при взаимных перемещениях соединяемых точек бака и двигателя летательного аппарата.

При изготовлении сильфонов наблюдается неравномерное распределение толщины стенки изделия. Значительное утонение в области вершины рифта является основной причиной разрушения в процессе эксплуатации изделий типа сильфон.

Для снижения утонения толщины в области вершины рифта была разработана технология изготовления сильфонов с применением технологии реверсивной вытяжки совместно со стесненным изгибом.

Возможности применения технологии стесненного изгиба были неоднократно проверены для широкой номенклатуры листовых деталей. Опыт формообразования изделий с использованием метода стесненного изгиба показывает, что данный метод обеспечивает повышение показателей качества деталей летательных аппаратов при незначительном усложнении технологической оснастки [1].

Основываясь на успешном опыте формовки деталей в условиях стесненного изгиба, предлагается новая технология изготовления поперечных рифтов на трубах формовкой эластомером, что позволит получить более равномерную толщину стенки по всему рифту за счет формования его в разъемной секционной матрице в два этапа: с набором длины образующей на первом этапе и посадкой набранного материала на втором этапе.

Для изучения механизма формообразования сильфона эластомером и влияния конструктивно-технологических параметров процесса на изменение толщины материала заготовки в зоне деформирования, исследования напряженно-деформированного состояния заготовки с учетом взаимодействия с деформирующими частями инструмента необходимо конечно-элементное моделирование процесса [2].

С этой целью разработана конечно-элементная математическая модель в программном комплексе «ANSYS/LS-DYNA», учитывающая особенности взаимодействия эластомера и обрабатываемого изделия, которая показала возможность реализации предложенной технологии формообразования рифта сильфона в два этапа с применением принципа реверсивной вытяжки и стесненного изгиба.

При моделировании формообразования по традиционной схеме утонение стенки на вершине гофра составило около 9%.

При моделировании формообразования по разработанной схеме утонение стенки на вершине гофра составило 4% на первом и 1% на втором этапе, что доказывает снижение утонения материала заготовки на вершине гофра при использовании предлагаемой схемы формообразования по сравнению с классической схемой. Наибольшее значение напряжений не превышают разрушающих напряжений для рассматриваемого материала. Картина распределения толщин гофра сильфона на первом и на втором этапах предлагаемой схемы формообразования представлена на рис. 1.

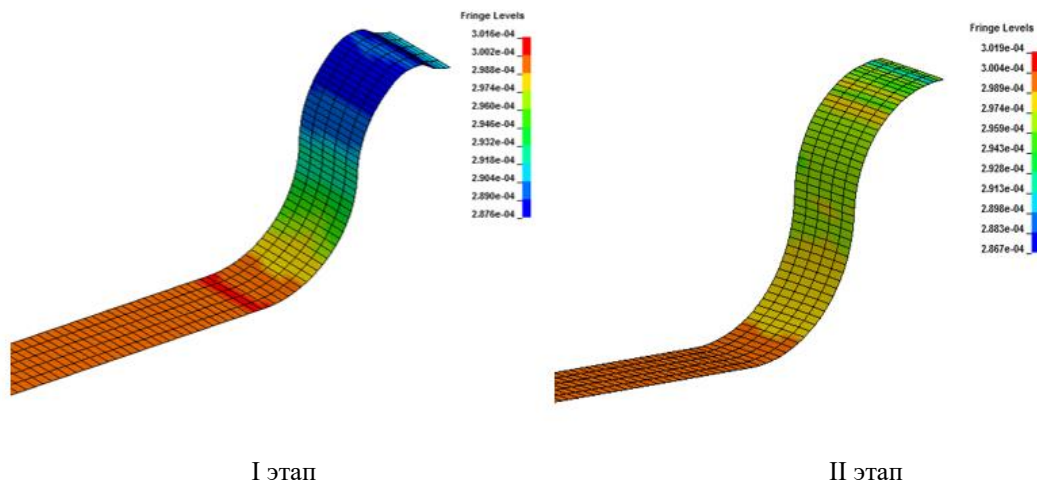


Рис. 1 – Распределение толщин гофра сильфона на первом и на втором этапах предлагаемой схемы формообразования

Разработанные модели позволяют проводить оценку толщины, деформации, возникающих напряжений деформируемой заготовки с учетом взаимодействия с инструментом, а также напряжений и деформаций эластичного инструмента. Выяснено, что разработанная технология действительно позволяет снизить утонение материала в области вершины рифта, что в конечном итоге позволяет повысить качество и надежность топливных систем двигателей летательных аппаратов.

#### Список литературы

1. Моисеев В.К. Совершенствование технологии гибки криволинейных бортов деталей самолётов / В.К. Моисеев, М.Н. Мантусов, А.Н. Плотников, О.В. Ломовской, А.А. Шаров // Известия Самарского научного центра РАН. 2018. Т. 20. №4. С. 441-444.
2. Лавриненко В.Ю. Компьютерное моделирование процессов листовой штамповки // Машиностроение и инженерное образование: сборник статей МГИУ. 2010. С. 279-289.

#### Сведения об авторах

Моисеев Виктор Кузьмич, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении. Область научных интересов: технология штамповки эластомерами.

Шаров Андрей Алексеевич, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении. Область научных интересов: технология штамповки эластомерами.

Масленникова Анна Сергеевна, аспирант. Область научных интересов: технология штамповки эластомерами.

### TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF BELLOWS FOR PIPELINES OF FUEL SYSTEMS OF AIRCRAFT ENGINES

Maslennikova A.S., Moiseev V.K., Sharov A.A.

<sup>1</sup>Samara National Research University, Samara, Russia, [maslennikova.ssau@mail.ru](mailto:maslennikova.ssau@mail.ru)

*Keywords: modeling, technology, elastic medium, bellows.*

A technology is proposed for modeling transverse corrugations on tubular products, for example, bellows of pipeline systems of an aircraft engine with an elastic tool using the principle of reverse stretching together with the effect of constrained bending.