

нием модуля ANSYS DESIGNXPLORER / Вестник ВГТУ 2015. т.11. №5. С. 37-41.

4. Валюхов С.Г., Кретинин А.В. Математическое моделирование гидродинамических процессов в проточной части центробежного насоса с использованием нейросетевых алгоритмов / Насосы. Турбины. Системы. 2011. № 1. С. 53-60.

5. Валюхов С.Г., Кретинин А.В. Оптимизация геометрии рабочего колеса центробежного нефтяного насоса с использованием инструментов ANSYS // Материалы международной конференции "Воронежская зимняя математическая школа С.Г. Крейна - 2014". - Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2014. С. 76-83.

УДК 621.96/98(075.8)

## **ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ РАЗЛИЧНЫХ НАЗНАЧЕНИЙ**

©2016 И.Т. Коптев, С.С. Юхневич, Л.Д. Гладкова, И.А. Лозоцева, Г.В. Тюрин

«Воронежский механический завод» - филиал федерального государственного унитарного предприятия «Государственный научно-производственный центр имени М.В. Хруничева»

### **ADVANCED TECHNOLOGIES OF STOCKPILING PRODUCTION OF ENERGY PLANT FOR THE SPACE-ROCKET EQUIPMENT OF DIFFERENT APPLICATION**

Koptev I.T., Yukhnevich S.S., Gladkova L.D., Lozotseva I.A., Tyurin G.V.

(Voronezh Mechanical Plant" – branch of Federal State Unitary Enterprise "Khrunichev Space Research and Production Space Center", Voronezh, Russian Federation)

*In article described science-intensive, effective ways of production ultra-precise intricate details made of rolled sheet without welding joint.*

Особо эффективные современные технологии, применяемые в заготовительном производстве для изготовления самых напряжённых агрегатов жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) – это технологии, позволяющие изготавливать листовые детали сложной формы без сварных швов. Государство ставит задачу расходовать выделенные на космос ресурсы разумно и экономно. Поэтому новые технологии должны снижать себестоимость, технологии, не основанные на экономике, в конкурентной среде немногие стоят.

Наиболее прогрессивными технологиями в производстве ЖРД являются:

- технология изготовления бесшовных цельнотянутых оболочек сопел нижних для камер сгорания с габаритами по большому диаметру до 2 300 мм и высотой до 2000 мм;

- технология обеспечения эквидистантных профилей с обеспечением минимальных зазоров под пайку между оболочками внутренней и наружной;

- формообразование крутоизогнутых бесшовных газопроводов, патрубков.

Изготовление бесшовных цельнотянутых сопел нижних для КС возможно только методом ротационного выдавливания.

Преимущество данной технологии:

- возможность интенсивной обработки металлов. За один переход достигается степень деформации 25-70%, что сокращает количество переходов по сравнению с вытяжкой в 3÷5 раз;

- кинематика процесса обеспечивает тонкое регулирование толщины и получение детали с разнотолщиной  $\pm 0,1$  мм;

- возможность получить изделие с механическими свойствами по прочности больше, чем у исходного материала;

- получение толстостенных крупногабаритных деталей без преднамеренного утонения на одной оправе за несколько постановок;

- применение одной номенклатуры широкоформатного листа для изготовления оболочек различного диапазона.

Высокоэффективная технология ротационного выдавливания [1-4] позволяет получить из листового проката оживальные оболочки сложной формы с высокой точностью по профилю и толщине и значительным улучшением прочностных характеристик материала.

Данная технология позволила изготавливать оболочки широкого диапазона по толщине и габаритам. За годы работы накоплен значительный потенциал ротационного выдавливания, проведено большое количество экспериментальных работ и все эти разработки защищены патентами РФ.

Все технологии формообразования внутренних и наружных оболочек сопла обладают одним недостатком – они не обеспечивают эквидистантность профилей с необходимым равномерным зазором под пайку [5,6].

Получение заданного зазора под пайку крупногабаритных сопел – одна из основных проблем технологии камер ЖРД. Эта проблема особенно осложняется для сопел двигателей нового поколения с наружными оболочками из высокопрочных, труднодеформируемых сталей ЭП-750, ВНС-16 и др.

Наиболее эффективной технологией получения эквидистантных профилей с обеспечением минимальных зазоров под пайку – это импульсная калибровка взрывом пакета оболочек.

Внутреннюю и наружную оболочки устанавливают в матрицу, имеющую теоретический профиль наружной оболочки. Оболочки фиксируются прижимом и создаётся определённый вакуум между ними и матрицей. В центре на расчётной высоте подвешивается взрывчатое вещество определённого веса. Собранная матрица помещается в бассейн с водой и импульсной энергией взрыва производится калибровка пакета эквидистантного профиля с минимальными зазорами. Наиболее ярким примером эффективно-

сти современных технологий является сопло камеры двигателя РД191 для РН «Ангара». Изготовление оболочки внутренней методом ротационного выдавливания и получение эквидистантных профилей калибровкой взрывом позволило создать односекционное сопло вместо двухсекционного и получить при этом значительный эффект в металлоёмкости, трудоёмкости и энергоёмкости.

В конструкции камер имеется газовод, подводящий горячие газы от ТНА к камере. Газовод испытывает большие температурные и прочностные нагрузки. Традиционной технологией изготовления газоводов и патрубков является формовка двух частей с последующей подгонкой и сваркой.

Основная тенденция развития высокоэффективной технологии – получение этой группы деталей бесшовными. Это повышает надёжность конструкции, минимальную массу, значительно снижает себестоимость изделия.

Прорывной технологией изготовления бесшовного цельнотянутого газовода стала схема деформирования, позволяющая получить утолщённую в самом напряжённом месте стенку.

Все прогрессивные современные технологии успешно внедрены на все изделия, изготавливаемые Воронежским механическим заводом.

#### Библиографический список

1. Гредитор М.А. Давильные работы и ротационное выдавливание. - М.: Машиностроение, 1971.
2. ОСТ 92-1634-76. Вытяжка деталей ротационная. 1977.
3. Могильный Н.И. Автоматизированная давальная обработка. «Технология и организация производства». - Киев: 1966. № 6 (42).
4. Патент РФ №2351425 С2, 11.04.2007.
5. Зубцов М.Е. Листовая штамповка. - Л.: Машиностроение, 1967.
6. Попов Е.А. Основы теории листовой штамповки. - М.: Машиностроение, 1968.