

УДК 629.7

## РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ОПЕРАЦИИ В ШТАМПОВКЕ ПОЛИУРЕТАНОМ

© 2014 С.Г. Рыжаков<sup>1</sup>, В. К. Моисеев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ульяновский филиал конструкторского бюро ОАО «Туполев»

<sup>2</sup> Самарский государственный аэрокосмический университет

Поступила в редакцию 30.10.2014

Работа посвящена совершенствованию технологии изготовления тонкостенных листовых и трубчатых деталей летательных аппаратов в части выполнения на них разделительных операций: это раскрой листовых деталей, выполнение различных отверстий на листах, трубах и полых полуфабрикатах, полученных вытяжкой, и так далее. Исследовались процессы разделения металла с помощью эластичного инструмента применительно к новой номенклатуре деталей – крупногабаритных плосколистовых и тонкостенных трубчатых и полых.

Ключевые слова: *штамповка, полиуретан, эластомер*

Ситуация в авиастроении после перестройки экономического уклада в нашей стране сложилась не лучшим образом. Акционирование предприятий привело к кризису самолетостроения и, прежде всего, разработки и производства новых пассажирских самолетов. Военное самолетостроение, ракетостроение, космическое машиностроение в большей степени сохранили свои позиции. Парк гражданской авиации пополняется сегодня в основном за счет импорта самолетов фирм «Боинг» и «Айрбас». Создание в 2006 г. Объединённой Авиастроительной Корпорации значительно повлияло на улучшение обстановки. В частности, фирма «Туполев» и ЗАО «Авиастар-СП» (г. Ульяновск) начинают производство самолетов Ту-204СМ, фирма «Сухой» и Комсомольское-на-Амуре авиационное производственное объединение имени Ю.А. Гагарина – широко разрекламированного «Суперджета». До серийного производства в таких объемах, как, например, производство Ту-154 (по 50-70 самолетов в год в течение 25 лет), нам в ближайшее время дойти не удастся. Тем не менее, Ульяновскому авиационно-промышленному комплексу, как флагману тяжёлого самолётостроения, производство новых гражданских самолётов, уже поставленных на крыло, а тем более государственный заказ на транспортный ИЛ необходимо осваивать, совершенствовать, чтобы обеспечить военную безопасность страны и конкурентоспособность гражданской авиации. В

таких сложившихся условиях технологическое научное направление в авиастроении приобретает наиважнейшее значение.

Коллективом инженерно-научных сотрудников Самарского аэрокосмического университета, Ульяновского филиала КБ Туполева, ЗАО «АВИАСТАР-СП» проведена научно-исследовательская работа, посвящённая совершенствованию технологии изготовления тонкостенных листовых и трубчатых деталей летательных аппаратов в части выполнения на них разделительных операций с помощью эластичного штампового инструмента. К этим операциям относится раскрой листовых деталей, пробивка различных отверстий на листах, трубах и полых полуфабрикатах, полученных вытяжкой, и так далее.

В заготовительном мелкосерийном производстве широко используется штамповка эластомерами – резиной и полиуретаном. Эта технология признана оптимальной для многих деталей аэрокосмической техники. Так, например, для упомянутых уже самолетов Ту-154, Ту-204 до 10-15 тысяч наименований деталей изготавливались и изготавливаются штамповкой полиуретаном. Выгоден этот техпроцесс, прежде всего, простотой и дешевизной технологической оснастки, соответственно сроки подготовки производства минимизируются и, например, по сравнению с традиционной штамповкой в жестких инструментальных штампах сокращаются в 5-10 раз. Однако для многих деталей эта технология неприменима в силу отсутствия данных по её реализации применительно к их конструкции, размерам, техническим требованиям. Расширение номенклатуры деталей, штампуемых эластичным инструментом, является актуальной задачей, решение которой имеет несомненный положительный технико-экономический результат.

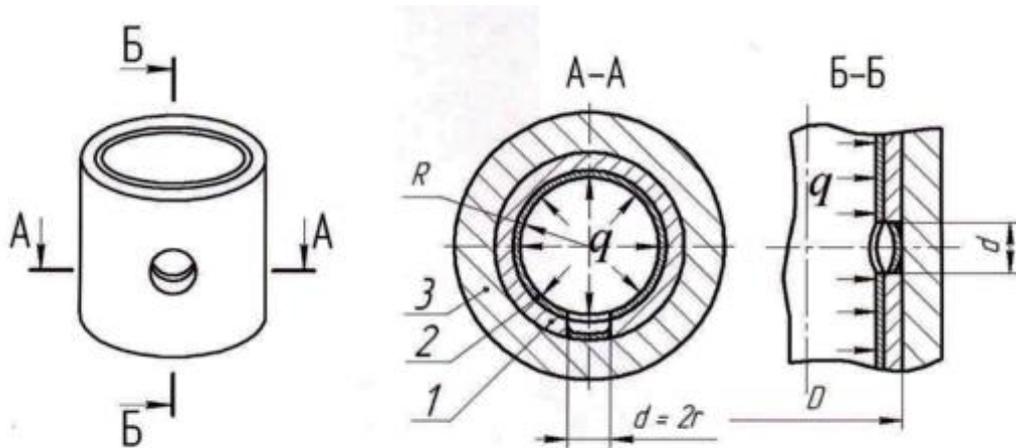
*Рыжаков Станислав Геннадьевич, кандидат технических наук, директор. E-mail: ufkbtu@mv.ru.*

*Моисеев Виктор Кузьмич, доктор технических наук, профессор кафедры производства летательных аппаратов. E-mail: moiseevvk@mail.ru.*

В ходе выполнения данных научных работ исследовались процессы разделения металла с помощью эластичного инструмента применительно к новой номенклатуре деталей – крупногабаритных плосколистовых и тонкостенных трубчатых и полых. Для крупногабаритных деталей предложено эластичный инструмент размещать не в замкнутом объёме контейнера, как это обычно делается, а наоборот, оставлять эластомер полностью открытым. Это снимает ограничения по габаритам штампуемых плоских деталей, так как штамповка может осуществляться по частям впередиважу. Чтобы эластомер не растекался под воздействием рабочих давлений

штамповки-вырезки, его необходимо изготавливать небольшой толщины, достаточной для осуществления резки материала детали.

Пробивку отверстий в трубчатых и полых заготовках (рис. 1) предложено выполнять эластичным пуансоном по жёсткой тонкостенной матрице взамен сверления, фрезерования, растачивания, пробивки в жестких штампах. Тонкостенные полые заготовки в силу малой жесткости с трудом могут обрабатываться этими известными методами, и эластомер для многих конструкций деталей является самым приемлемым инструментом.



**Рис. 1.** Схема процесса пробивки отверстия в трубчатой заготовке, где 1 – матрица; 2 – труба (заготовка); 3 – технологическая обойма;  $q$  – давление эластичного инструмента

Предложенные технологии всесторонне исследованы. Получены сведения о полях распределения нормального (рабочего) давления со стороны эластичного инструмента (матрицы) на заготовку (рис. 2), поведении эластомера под нагрузкой в условиях штамповки, влиянии параметров деталей на параметры технологического процесса и оснастки, другие данные, достаточные для реализации процесса в производстве.

Исследования базировались на основных положениях механики сплошной среды, теории упругости, теории пластичности, теории обработки металлов давлением с учетом работ ученых и специалистов, посвятивших свою деятельность технологическим аспектам машиностроения и аэрокосмической техники в частности, а также конкретно штамповке эластомера: К.Н. Богоявленского, В.И. Ершова, Е.И. Исаченкова, А.Д. Комарова и др.

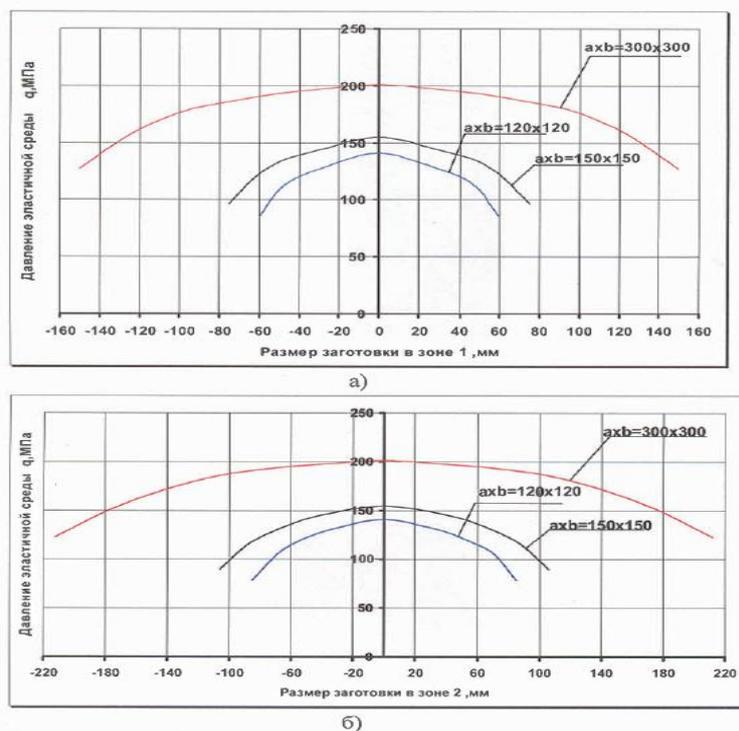
Проводились аналитические исследования, конечноэлементное моделирование в системе ANSYS и экспериментальные исследования. Аналитически исследовалось деформирование полиуретанового инструмента для пробивки от-

верстий в трубчатых и полых деталях. Были получены силовые и деформационные характеристики для расчета технологических усилий оборудования и проектирования инструмента. Конечноэлементное моделирование позволило выяснить влияние кривизны поверхности детали на рабочее давление эластомера, влияние геометрии плоской полиуретановой матрицы, ее размеров и степени сжатия по толщине на поле развиваемых рабочих давлений. Экспериментальные исследования проводились для проверки результатов аналитических исследований и моделирования. Сходимость оказалась вполне удовлетворительной, максимальное расхождение составило в среднем 15%.

Для реализации процесса в производстве разработаны методики расчета технологических параметров и проектирования оптимальной оснастки. Даны сведения о точности размеров выполняемых деталей и рекомендации по её повышению. Технология разделительных штамповочных процессов с помощью эластичного инструмента при изготовлении трубчатых и крупногабаритных плоских деталей внедрена в произ-

водство на предприятиях «Ракетно-Космический Центр «ЦСКБ-Прогресс» в Самаре и ЗАО «Авиастар-СП» в Ульяновске, что позволило

повысить производительность в 3-5 раз и в десятки раз снизить материальные затраты.



**Рис. 2.** Зависимость величины нормального давления от масштабного фактора полиуретанового элемента, где  $H$  – толщина полиуретановой матрицы,  $H=10$  мм;  $f$  – коэффициент трения полиуретана о заготовку,  $f=0,3$ ;  $\Delta z$  – насечка поверхности торцов штамповой оснастки,  $\Delta z = 0,3$  мм;  $\varepsilon$  – деформация полиуретана по высоте,  $\varepsilon=35\%$ : а) величина давления в  $p$  оперечном сечении (зона 1); б) величина давления в сечении по диагонали (зона 2)

## DIVIDING OPERATION IN POLYURETHANE STAMPING

© 2014 S.G. Ryzhakov, V.K. Moiseev

<sup>1</sup>Ulyanovsk branch of JSK «Tupolev»

<sup>2</sup>Samara State Aerospace University

Work is devoted to the improvement of manufacturing thin-walled sheet and tubular parts aircraft in executing the separation of operations: cutting out of sheet parts, perform various holes on the sheets, pipes and hollow semi-finished products obtained by the extractor, and so on. Studied processes of separation of metal using a flexible instrument in relation to the new nomenclature of the parts is large plaskolite and thin-walled tubular and hollow.

Key words: *stamping, polyurethane, elastomer*

Stanislav Ryzhakov, Candidate of Technical Sciences, Director.

E-mail: [ufkbtu@mv.ru](mailto:ufkbtu@mv.ru)

Viktor Moiseev, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Aircraft Manufacturing Department. E-mail: [moiseevvk@mail.ru](mailto:moiseevvk@mail.ru)