

УДК 621.981.12

ШТАМПОВКА ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ С КРИВОЛИНЕЙНЫМИ БОРТАМИ ЭЛАСТИЧНЫМ МАТЕРИАЛОМ

© 2018 М.Н. Мантусов², В.К. Моисеев¹, А.А. Шаров¹, Е.Г. Громова¹, С.Г. Рыжаков²

¹ Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева

² Ульяновский филиал конструкторского бюро ПАО «Туполев»

Статья поступила в редакцию 01.11.2018

В статье авторы представляют метод стесненного изгиба листовых деталей с криволинейными бортами эластичной средой. Описывают процесс проведения стесненного изгиба и применяемое в эксперименте оснащение, представляют схематическое описание процесса. Изготовление детали осуществляется за два перехода, в результате первого перехода получается деталь с утонением в радиусной части, пружинение борта высокое. Второй переход проводят на формблочке сниженной высоты, в результате полученная волна избыточного материала деформируется по радиусу гибочной оправки. В готовой детали наблюдается увеличение толщины заготовки в зоне радиусагиба и уменьшение пружинения борта. Проведены измерения толщины стенки, получены графические зависимости изменения толщины материала детали в радиусной зоне от превышения борта. Проводится работа по конечно-элементному моделированию процесса стесненного изгиба по предлагаемому методу.

Ключевые слова: криволинейный борт, утонение, эластичная среда, формблочка, штамповка, избыточный материал, толщина стенки, графическая зависимость.

В производстве самолетов наиболее распространенным способом изготовления листовых деталей каркаса и обшивок малых габаритов является штамповка эластичными средами (резинами и полиуретанами), так как она вследствие высокой универсальности и простоты технологического оснащения является высокоэффективной в условиях мелкосерийного производства. Среди листовых деталей самолета присутствует достаточно большое количество деталей с криволинейными бортами и сложной геометрией, которые изготавливаются гибкой эластомерами на гибочных оправках за один переход. Но при выполнении операций гибки образуется нежелательное утонение материала в зоне сгиба. В зависимости от радиуса изгиба и способа гибки утонение достигает 20% и более относительно толщины материала детали. Причем с уменьшением радиуса гибки увеличивается утонение в радиусной зоне детали. Утонение приводит к двум нежелательным последствиям: во-первых, уменьшается жесткость детали и, во-вторых, снижается усталостная прочность, так

как зона изгиба является в большинстве случаев концентратором напряжений и уменьшение толщины в этом месте приводит к значительному росту напряжений, возникающих при эксплуатации изделия.

После выполнения операций гибки проявляется эффект пружинения изгибаемых элементов, который вызывает значительное и нестабильное отклонение угла гибки, а следовательно угла малки борта из-за разброса физико-механических свойств материала и его толщин в пределах допуска. Пружинение приводит к необходимости последующей доработки деталей или к усложнению оснастки, что весьма нежелательно, в особенности при мелкосерийном характере производства, так как увеличивается трудоемкость и стоимость изготовления детали и удлиняется цикл подготовки производства.

Конструктивными параметрами деталей, полученных с помощью операций гибки, являются высота борта, угол гибки и радиус гибки. Основными дефектами гнутых из листа деталей могут считаться величина отклонения угла малки борта и величина утонения стенки детали в зоне радиуса. Для исключения вышеуказанных дефектов в Самарском университете имени С. П. Королева разрабатываются и исследуются различные способы штамповки-гибки эластомерами листовых деталей с приложением тангенциального сжатия к очагу деформации (стесненный изгиб). Хорошие результаты штамповки показывают схемы изготовления деталей гибкой с приложением тангенциального сжатия материала в зонегиба, что приводит к повышению точ-

Мантусов Михаил Николаевич, ведущий инженер-конструктор. E-mail: mishaufkb@ya.ru

Моисеев Виктор Кузьмич, доктор технических наук, профессор. E-mail: moiseevvk@mail.ru

Шаров Андрей Алексеевич, кандидат технических наук, доцент. E-mail: aa.sharov@ssau.ru

Громова Екатерина Георгиевна, кандидат технических наук, доцент. E-mail: pla.gromova@ya.ru

Рыжаков Станислав Геннадьевич, кандидат технических наук, директор – заместитель главного конструктора. E-mail: ryzhakovsg@mail.ru

ности детали и увеличению толщины материала в радиусной зоне между бортом и стенкой. Имея в виду достоинства стесненного изгиба, целесообразно расширить сферу его применения, распространив ее на новую номенклатуру деталей с использованием технологии штамповки эластичным материалом.

Для проведения экспериментальных исследований параметров процесса стесненного изгиба деталей с криволинейными бортами при штамповке эластомером использовался гидравлический пресс П-250, оснащенный контейнером с полиуретановой подушкой диаметром 100 мм и разборная стальная матрица (формблок) высотой 18 мм, криволинейными бортами - 120 мм и 150 мм, (см. рис. 1).

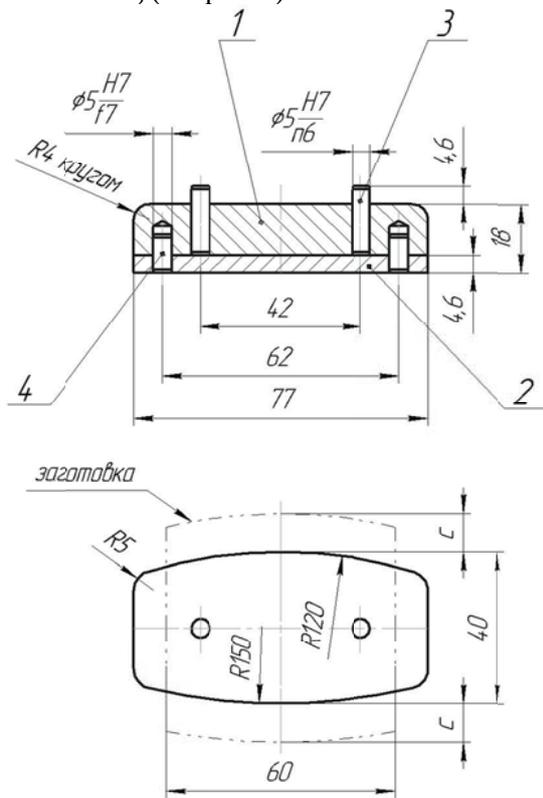


Рис. 1. Разборный формблок:
1 - разборная гибочная оправка; 2 - съемная пластина; 3, 4 - координирующие оси

Штамповались детали из алюминиевого сплава Д16АМ толщиной 1,5 мм, радиусгиба - 4 мм на формблоке с криволинейными бортами в стальном контейнере (рис.2, а) путем вдавливания пластины в эластичную среду - полиуретан СКУ-7Л твердостью 86-88 единиц по Шору А (цилиндр высотой 60 мм и диаметром 100 мм).

Штамповка проводилась за два перехода, первый переход осуществлялся путем вдавливания пластины формблоком полной высоты (18 мм) в эластичную среду. Второй переход осуществлялся тем же способом, но с применением формблока уменьшенной высоты ($h=13,4$), удалялась съемная пластина, ввиду чего образовывался припуск до 1 мм (выступание заготовки относительно формблока). Для исключения поволока материала в горизонтальной плоскости применялись закладные элементы из СКУ-7Л (рис.2, б). При этом закладные полиуретановые элементы охватывали достаточно плотно заготовку и полость контейнера. Определено, что высота закладных элементов из полиуретана той же жесткости, что и подушка, должна быть выше заготовки на 3 мм.

Схематически процесс стесненного изгиба криволинейных бортов инструментом из эластичного материала представлен на рисунке 3.

Согласно представленной схеме стесненный изгиб осуществляется за два перехода. Вначале (рис. 3, а) заготовка 1 изгибается по гибочной оправке 2 под действием давления эластичного инструмента 3, заключенного в контейнер 4. Затем с гибочной оправки удаляется съемная пластина 5, для образования зазора ΔH (рис. 3, б, слева) между верхней плоскостью гибочной оправки и стенкой заготовки. Под действием давления эластомера стенка заготовки вначале прогибается в центральной части, а затем образуется волна избыточного материала в зоне округления гибочной оправки (рис. 3, б, справа). При дальнейшем увеличении давления эластичного инструмента волна избыточного материала деформируется по радиусу гибочной оправки (рис. 3, в). В результате толщина заготовки в зоне радиусагиба увеличивается.



Рис. 2. Экспериментальные детали с криволинейными бортами:
а - деталь в стальном контейнере, подготовленная ко второму переходу; б - деталь с закладными элементами для второго перехода, в - окончательно отформованные детали

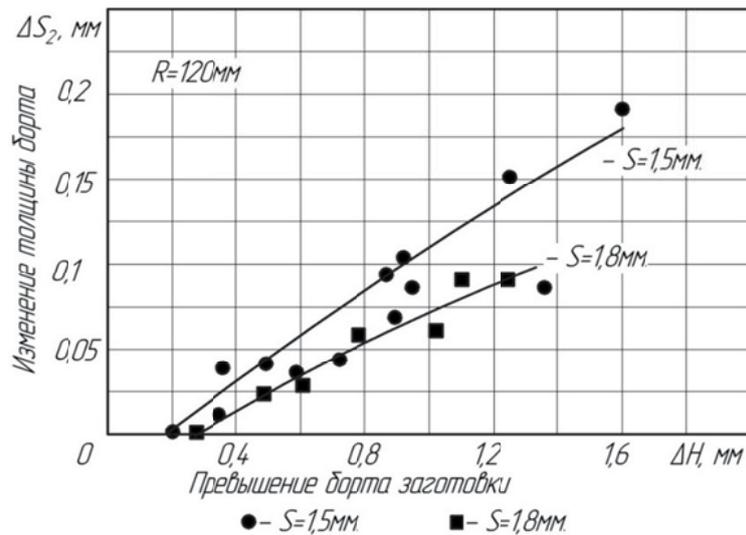


Рис. 6. Изменения толщины материала детали в радиусной зоне для радиусов борта в плане R=120 мм

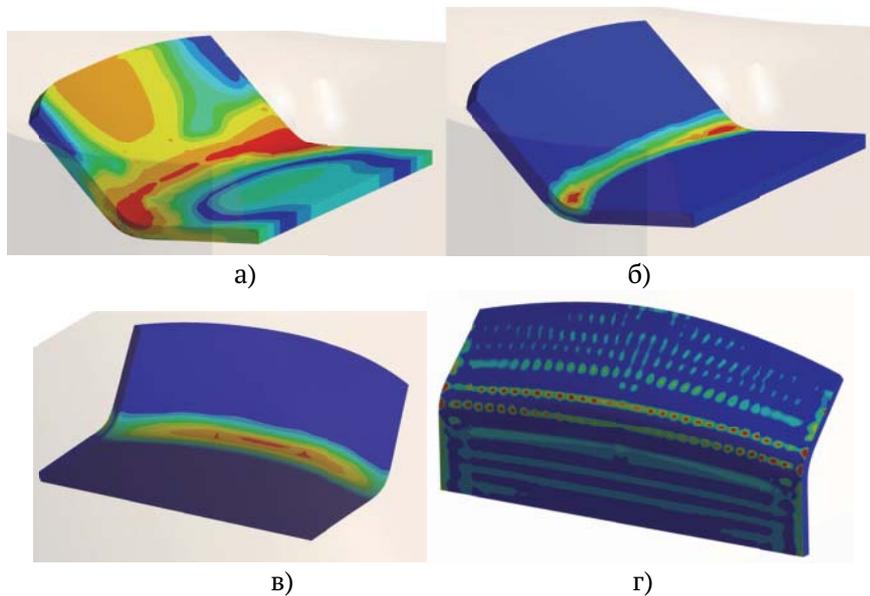


Рис. 7. Предварительные результаты расчета КЭМ для половины детали с радиусом борта в плане R=120мм: а – напряжения в детали; б, в – деформации детали; г – контактные давления

Полученные данные наряду с ранее опубликованными результатами позволили разработать первый вариант методики проектирования технологического процесса стесненного изгиба криволинейных бортов эластомером, обеспечивающего минимизацию радиусагиба, утолщение стенки детали и уменьшение угла пружинения борта. Методика позволяет рассчитать параметры технологического процесса, определить размеры заготовки-полуфабриката, спроектировать технологическую оснастку. Такая штамповка эластомерами не требует больших инвестиций, осуществляется на универсальном гидропрессовом оборудовании с использованием простого технологического оснащения. Область рационального использования техно-

логии охватывает листовое холодное заготовительно-штамповочное производство деталей прежде всего из цветных алюминиевых сплавов с толщиной стенки до 3 мм, габаритами до 500 мм и более в зависимости от имеющегося оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шаров А.А. Совершенствование технологии изготовления листовых деталей летательных аппаратов гибкой эластомером: дис. ... канд. техн. наук. Самара, 2011. 147 с.
2. Стеснённый изгиб эластичной средой криволинейных бортов листовых деталей / В.А. Барвинок, А.Д. Комаров, В.Г. Кулаков, В.К. Мусеев, А.А. Шаров // Вестник СГАУ. - 2012. - № 1(32). - С. 77-86.

3. Стеснённый изгиб в холодной листовой штамповке эластомером / В.Г. Кулаков, В.К. Моисеев, А.А. Шаров, О.В. Ломовской, А.Н. Плотников // Известия Самарского научного центра РАН. - 2013. - № 6(4), Т. 15. - С. 855-860.
4. Формообразование эластичной матрицей криволинейных бортов листовых деталей с наложением стеснённого изгиба / А.А. Шаров, А.Д. Комаров, В.А. Барвинок, В.Г. Кулаков, В.К. Моисеев // Проблемы машиностроения и автоматизации. - 2014. - № 1. - С. 82-89.

STAMPING OF SHEET DETAILS WITH CURVILINEAR SIDES BY ELASTIC MATERIAL

© 2018 M.N. Mantusov², V.K. Moiseev¹, A.A. Sharov¹, E.G. Gromova¹, S.G. Ryzhakov²

¹ Samara National Research University named after Academician S.P. Korolyov

² Ulyanovsk Branch of the Design Bureau of PJSC «Tupolev»

In the article, the authors present a method of constrained bending of sheet parts with curvilinear sides by the elastic media. They describe the process of constrained bending and the equipment used in the experiment, present a schematic description of the process. The part is manufactured in two transitions. After the first transition, a part with thinning in the radius and high side springing is obtained. The second transition is carried out on the form block of reduced height, and the resulting wave of excess material is deformed along the radius of the bending mandrel. In the finished part, there has been work piece thickness increase in the bending radius zone and a decrease in the side springing. The side thickness was measured, and graphical dependences of the change in the material thickness of the part in the radius zone from the side excess were obtained. Finite element modeling of the process of constrained bending is under the work according to the proposed method.

Keywords: curvilinear side, thinning, elastic media, form block, stamping, excess material, side thickness, graphic dependence.

Mikhail Mantusov, Leading Design Engineer.

E-mail: mishaufkb@ya.ru

Viktor Moiseev, Doctor of Technics, Professor.

E-mail: moiseevvk@mail.ru

Andrey Sharov, PhD of Technical Science, Associate Professor. E-mail: aa.sharov@ssau.ru

Ekaterina Gromova, PhD of Technical Science, Associate Professor. E-mail: pla.gromova@ya.ru

Stanislav Ryzhakov, PhD of Technical Science, Director. E-mail: ryzhakovsg@mail.ru