

УДК 621.7/9

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ВЫТЯЖКИ, ВЫТЯЖКИ С ОТБОРТОВКОЙ И ПРИНУДИТЕЛЬНЫМ УТОНЕНИЕМ ТОЛСТОСТЕННОЙ ЗАГОТОВКИ

© 2010 С.Ю. Звонов, В.П. Белянин, М.А. Болотов, И.П. Попов

Самарский государственный аэрокосмический университет им. акад. С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет)

Поступила в редакцию 15.11.2010

В работе представлены результаты экспериментальных исследований изготовления детали типа «форсунка» двигателя летательного аппарата. Разработаны рекомендации по предотвращению брака на операциях вытяжки с принудительным утонением плоской толстостенной заготовки.

Ключевые слова: *вытяжка, утонение, толстостенная заготовка*

В обработке металлов давлением проблемой является получение штампованной детали, размеры которой либо близки, либо полностью соответствуют готовому изделию. Решение этой проблемы позволяет снизить себестоимость готового изделия за счет повышения коэффициента использования материала, снижения трудозатрат, а, главное, повысить эксплуатационные характеристики изделия, что чрезвычайно важно в производстве деталей двигателей летательных аппаратов [1]. В конструкции двигателей летательных аппаратов широко используются небольшие по размерам детали типа «форсунка» камер сгорания. В настоящее время получение подобных деталей основано на технологии, включающей процессы вытяжки цилиндрического стакана, последующего его обжима и окончательной механической обработки [1]. Однако такая технология не дает возможность получать детали типа «форсунка» с утолщениями на кромках большого и меньшего диаметров. Для совершенствования существующей технологии, обеспечивающей получение утолщения на кромках детали, предлагается использовать процесс вытяжки плоской круглой заготовки с принудительным утонением для изготовления

цилиндрического стакана с минимальной толщиной в той её части высоты, которая при обжиге формирует коническую стенку и утолщенную цилиндрическую часть большого и меньшего диаметров форсунки (рис. 1).

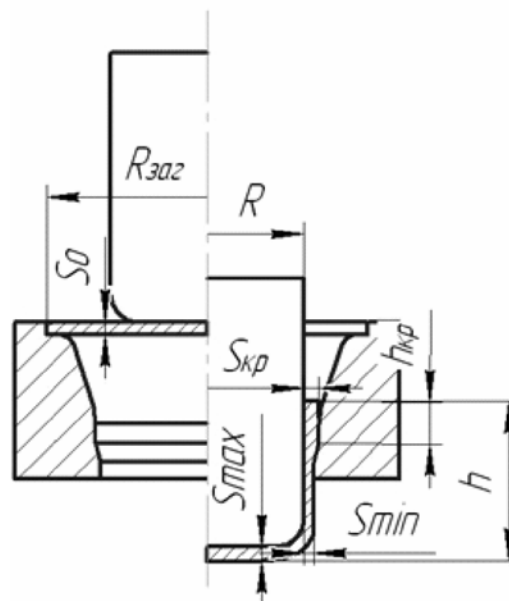


Рис. 1. Схема процесса вытяжки с принудительным утонением и последующего обжима

Звонов Сергей Юрьевич, ассистент кафедры «Обработка металла давлением». E-mail: sergei_zvonov@mail.ru

Белянин Виктор Петрович, магистрант. E-mail: gloomyhunter@yandex.ru

Болотов Михаил Александрович, инженер, САМ-центра. E-mail: maikl_bol@rambler.ru

Попов Игорь Петрович, доктор технических наук, профессор кафедры «Обработка металла давлением». E-mail: igr_porov@mail.ru

В ходе данной работы были проведены экспериментальные исследования процессов вытяжки с принудительным утонением. Рассмотрены стадии: формовка листовой заготовки в коническую матрицу и последующая вытяжка с принудительным утонением. Для исследования использовались образцы из нержавеющей стали 12X18H10T, для уменьшения коэффициентов трения заготовки с матрицей и

пуансоном использовались два вида смазки: лак ХВЛ с мыльным раствором и паста Синэрс-В. Экспериментальная оснастка, была изготовлена с рекомендациями, изложенные в работах [2, 3] для процессов вытяжки с принудительным утонением (рис. 2). Экспериментальные исследования проводили на лабораторном гидравлическом прессе ЦДМУ-30 с номинальным усилием 300 кН в лаборатории кафедры ОМД (СГАУ). Использовались плоские круглые и кольцевые заготовки, толщиной 2,5 мм, с диаметром $D_3=50$ мм и предварительно просверленными отверстиями посередине с диаметрами $d_{от}=11$ мм, $d_{от}=13$ мм и $d_{от}=14$ мм.

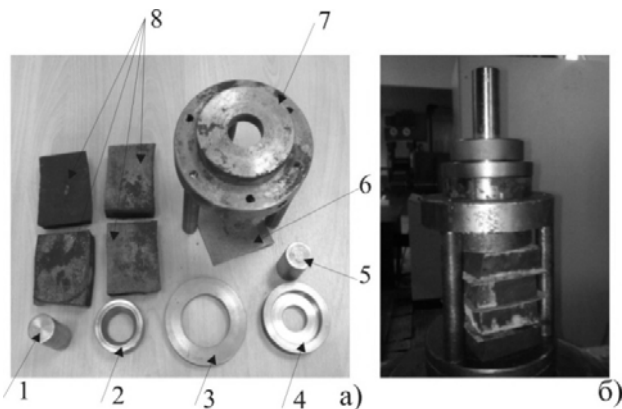


Рис. 2. Оснастка для вытяжки и вытяжки с отбортовкой с принудительным утонением: 1 – пуансон, 2 – матрица, 3 – бандаж, 4 – установочное кольцо, 5 – выталкиватель, 6 – прокладка, 7 – контейнер, 8 – эластичный буфер, а – детали оснастки для вытяжки, б – общий вид

Измерение профиля сечения штампованной детали и изменения толщин не представляется возможным с помощью традиционной индикаторной стойки. Поскольку из условия

работы данной стойки требуется нахождения опорного и измерительного наконечника на одной оси, что невозможно в нашем случае из-за малого диаметра и наличия закрытых полостей в детали. Одним из возможных вариантов решения данной измерительной задачи является использования координатно-измерительной машины (КИМ). Измерительным элементом данной машины является шарик. КИМ обладает возможностью подвода шарика с различных сторон за счет наличия индексированной головки. Измерения производились на КИМ DEA Global Performance с нормируемой объемной погрешностью измерения $1,7 + L/333$ мкм, где L – длина измеряемого параметра.

Контроль толщины сечения вдоль высоты детали на КИМ производился в соответствии со следующей разработанной методикой. На исходной разработанной объемной модели создавались контрольные точки, расположенные на одной оси, измерение которых фиксирует толщину детали в данном сечении (рис. 3). Модель разработана в программном продукте САТИА. Базирование детали в пространстве обеспечивалось путем измерения наружной цилиндрической поверхности, обладающей самой низкой собственной погрешностью формы и по торцу. Разработка управляющих программ для КИМ и выполнение измерений производилось в программном продукте РС-DMIS CAD++ v.4.3. Оцененные расстояния сохранялись в Excel-файле. При вытяжке конической чаши в коническую матрицу использовали смазку лак ХВЛ с мыльным раствором и пасту Синэрс-В. В таблице 1 приведено полученное распределение толщин в конической чаше. Диаграмма усилия процесса показана на рис. 4.

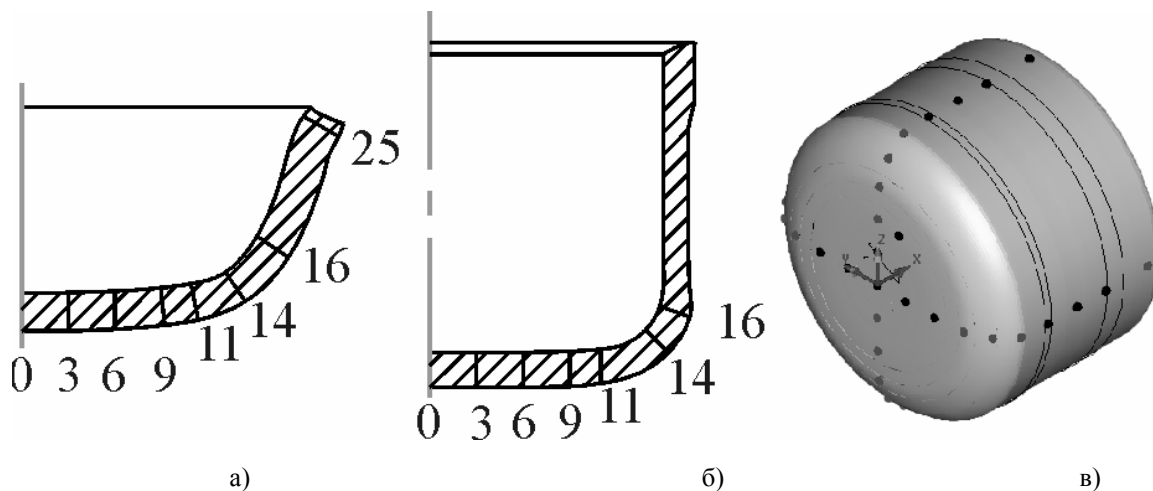


Рис. 3. Схема нумераций сечений:

а – конусная чаша, б – цилиндрический стакан, в – вид исходной объемной модели

Таблица 1. Распределение толщин в конической чаше

№ \ L, мм	0	3	6	9	11	14	16	25
I сечение	2,48	2,47	2,47	2,46	2,31	2,19	2,31	2,76
II сечение	2,48	2,48	2,48	2,47	2,38	2,18	2,35	2,76
III сечение	2,48	2,48	2,48	2,475	2,35	2,19	2,31	2,75
IV сечение	2,48	2,48	2,48	2,475	2,35	2,19	2,35	2,8

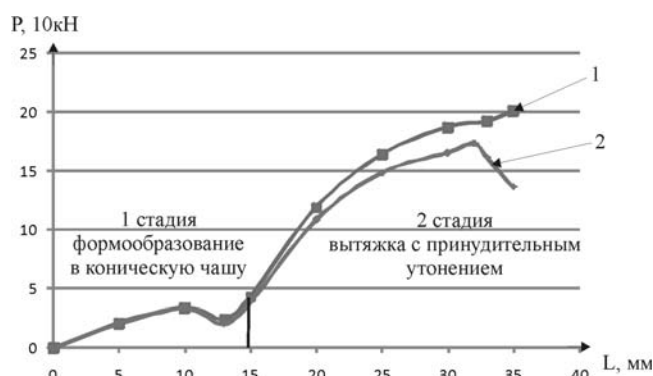


Рис. 4. Зависимость усилия от вида смазки:
1 — смазка лак и мыльный раствор, 2 — смазка паста Синэрс-В

Полученные распределения толщин у конической чаши для обеих смазок одинаковы. Усилие на формообразования конической чаши так же совпадают. На рис. 4 и в таблицах 2 и 3 представлены полученные распределения толщин на донном участке и опасном сечении цилиндрического стакана по схеме измерений (рис. 3) после вытяжки с принудительным утонением.

Таблица 2. Распределение толщин у цилиндрического стакана с лаком ХВЛ и мыльным раствором

№ \ L, мм	0	3	6	9	11	14	16
I сечение	2,34	2,34	2,34	2,35	2,34	2,24	2,33
II сечение	2,33	2,33	2,33	2,34	2,33	2,22	2,32
III сечение	2,34	2,34	2,34	2,35	2,34	2,23	2,31
IV сечение	2,34	2,34	2,34	2,35	2,34	2,24	2,35

Таблица 3. Распределение толщин у цилиндрического стакана с пастой Синэрс-В

№ \ L, мм	0	3	6	9	11	14	16
I сечение	2,41	2,41	2,41	2,41	2,35	2,23	2,33
II сечение	2,41	2,41	2,40	2,39	2,33	2,25	2,32
III сечение	2,41	2,41	2,39	2,38	2,32	2,24	2,31
IV сечение	2,41	2,41	2,40	2,39	2,33	2,25	2,35

На цилиндрическом участке полученная толщина соответствует зазору между матрицей и пуансоном, поэтому эти толщины не внесены в таблицы. Как видно из полученных данных, при использовании в качестве смазки пасты Синэрс-В значительно меньше усилие процесса вытяжки, отсюда можно сделать вывод, что коэффициент трения на контактных парах для этих смазок ниже, чем при использовании традиционного вида смазки лака ХВЛ с мыльным раствором. Толщина на донном участке и на участке радиусного скругления пуансона с использованием лака ХВЛ и мыльного раствора значительно меньше, чем при использовании пасты Синэрс-В.

При вытяжке с отбортовкой и принудительным утонением использовались кольцевые заготовки с различными диаметрами отверстий и видами смазки. На рис. 5 представлены усилия процессов вытяжки с принудительным утонением кольцевой заготовки, а в таблице 4 изменение диаметров отверстий заготовок по завершению процесса. При вытяжке с отбортовкой и принудительным утонением кольцевой заготовки с диаметром отверстия $d_{от}=14$ мм проходила полная отбортовка отверстия. Основным видом брака у изделий являлась неравномерность кромки вследствие неточной установки заготовки.

Таблица 4. Изменение диаметра отверстий заготовки

Исходный d отверстия	лак ХВЛ и мыльный раствор	Синэрс-В
11 мм	13,5 мм	12,32 мм
13 мм	16,0 мм	15,0 мм

Рис. 5. Зависимость усилия процесса вытяжки кольцевой заготовки от вида смазки и диаметра отверстия:

1, 2 – смазка лак и мыльный раствор диаметр отверстия $d_{от}=11$ мм и $d_{от}=13$ мм, 3, 4 – смазка паста Синэрс-В диаметр отверстия $d_{от}=11$ мм и $d_{от}=13$ мм

Выводы:

1. Распределение толщины на донном участке и на опасном сечении у конической чаши не зависит от коэффициента трения.

2. Максимальная величина утонения в донной части и части радиусного скругления пуансона достигается при вытяжке с принудительным утонением.

3. Коэффициент трения на контактных парах ниже при использовании пасты Синэрс-В, чем при использовании традиционного вида смазки лака ХВЛ с мыльным раствором, это подтверждается диаграммами усилий и данными толщин на донном участке и участке радиусного скругления пуансона.

4. Оптимальной смазкой является паста Синэрс-В, которая обеспечивает минимальное уменьшение толщины материала заготовки и усилие процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Попов, И.П.* Направленное изменение толщины листовой заготовки в процессах пластического деформирования: учебное пособие. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006. 190 с.
2. *Валиев, С.А.* Комбинированная глубокая вытяжка листовых материалов. – М.: Машиностроение, 1973. 176 с.
3. *Дмитриев, А.М.* Технологияковки и объемной штамповки. Часть 2 Малоотходная объемная штамповка: учеб. для вузов. – М.: Машиностроение 1, 2004. 434 с.

EXPERIMENTAL RESEARCHES OF ROLLING OUT, ROLLING OUT WITH BURRING AND FORCED THINNING PROCESSES AT THICK-WALLED PREFORM

© 2010 S.Yu. Zvonov, V.P. Belyanin, M.A. Bolotov, I.P. Popov

Samara State Aerospace University named after acad. S.P. Korolev
(national research university)

In work results of experimental researches of production a detail of injector type of the flying device engine are presented. Recommendations on reject prevention at operations of rolling out with forced thinning of flat thick-walled preform are developed.

Key words: *rolling out, thinning, thick-walled preform*

Sergey Zvonov, Assistant at the Department "Plastic Working of Metals".

E-mail: sergei_zvonov@mail.ru

Viktor Belyanin, Student. E-mail: gloomyhunter@yandex.ru

Mikhail Bolotov, Engineer of CAM-Center. E-mail: maikl_bol@rambler.ru

Igor Popov, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department "Plastic Working of Metals". E-mail: igr_popov@mail.ru