

## ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОБЖИМА-РАЗДАЧИ ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКИ В DEFORM-2D

© 2014 А.Г. Шляпугин

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

Поступила в редакцию 22.04.2014

В данной статье рассмотрено моделирование процесса обжима-раздачи трубной заготовки в программном продукте DEFORM-2D.

*Ключевые слова:* обжим, раздача, моделирование, программный продукт, DEFORM-2D.

### ВВЕДЕНИЕ

В трубопроводах различного назначения в пищевой, нефтяной, химической и прочих отраслях промышленности используются концентрические переходы, выполняемые в соответствии с ИСО 3419-81 и ГОСТ 17380-2001 [1,2]. В работе показаны результаты моделирования процесса их изготовления обжимом-раздачей трубной заготовки, которые проводились с целью разработки рекомендаций использования программы DEFORM-2D. Использование DEFORM-2D для моделирования процессов листовой штамповки приводится в работах [3-9], однако оценка влияния таких параметров как трение и шаг расчета на полученные результаты при обжиме-раздаче трубной заготовке в них не приводятся.

### МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

При выполнении моделирования были приняты следующие допущения:

1. Все сечения заготовки расположенные вдоль ее оси деформируются в одинаковых условиях (условие осевой симметрии).
2. Влияние скорости деформации и температуры на механические характеристики заготовки не рассматривалось.
3. Для моделирования поведения заготовки использовалась библиотечная модель программы аналога стали 12Х18Н10Т - AISI 316L. Считалось, что инструмент ведёт себя как абсолютно твердое тело.
4. Трение подчиняется закону Кулона.
5. Использовалась регулярная сетка конечных элементов.

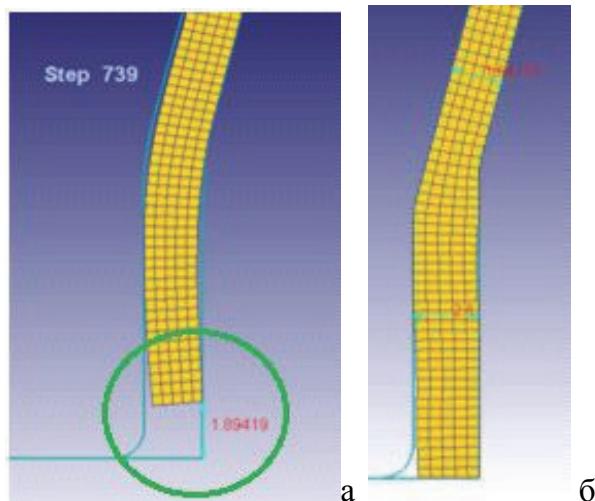
В ходе проведенного предварительного моде-

лирования перебором нескольких вариантов для перехода DN63/38 было определено оптимальное значение высоты заготовки необходимое для получения детали из заготовки диаметром 50 мм, высота заготовки составила 74 мм.

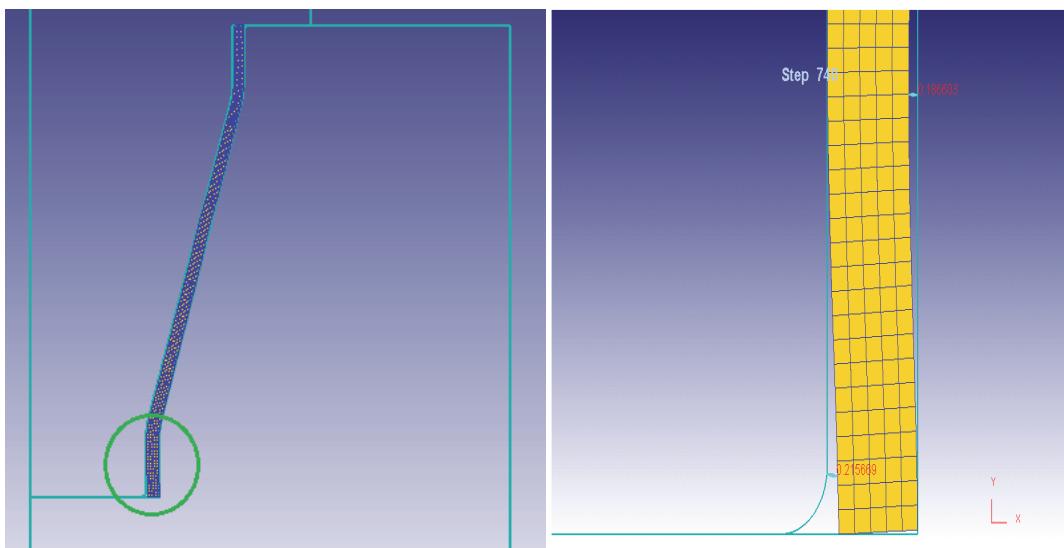
При меньшей высоте деталь формировалась не полностью (рис. 1а). При большей высоте трубы образовывался излишек металла, который приводил к резкому росту силы по окончанию процесса (рис. 1б).

В связи с тем, что при обжиме заготовка утолщается, а при раздаче утоняется, геометрия пулансона была соответствующим образом скорректирована (рис. 2).

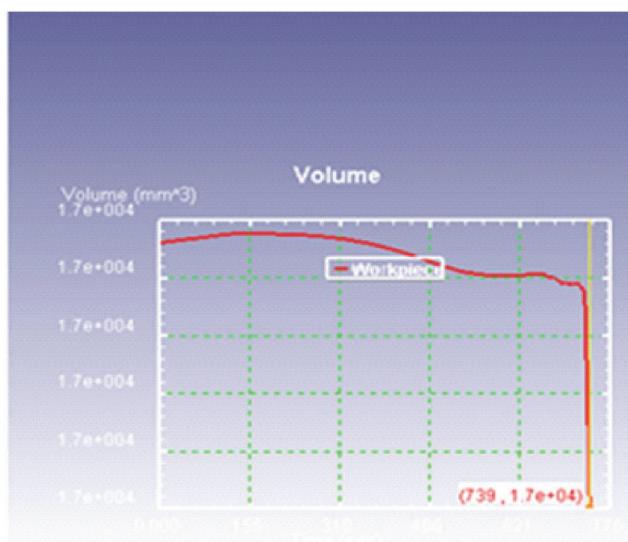
Из графика на рисунке 3 видно, что изменением объема заготовки, происходящим вследствие перестроения сетки конечных элементов в ходе расчета, можно пренебречь.



**Рис. 1.** Иллюстрация к определению высоты заготовки:  
а, б – недостаток металла  
и излишек металла соответственно



**Рис. 2.** Зазор между инструментом в нижней части



**Рис. 3.** График изменения объема заготовки в процессе моделирования

## РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Полученный график изменения силы, приложенной к пuhanсону, в процессе деформирования заготовки можно разделить на три этапа. Первый этап характеризуется увеличением площади контакта между заготовкой и инструментом на обжимаемом и раздаваемом участке и как следствие ростом сопротивления деформированию (рис. 4).

Второй этап деформирования начинается со скачкообразного прироста силы приложенной к пuhanсону, что происходит из-за того, что раздаваемый торец заготовки упирается в бурт на пuhanсоне (рис. 5).

На заключительном этапе торец заготовки упирается в матрицу. Сила, прикладываемая к пuhanсону снова возрастает, происходит процесс осадки заготовки в зазоре между матрицей и пuhanсоном.

В табл. 1 приведена информация, по изменению длины различных участков в процессе деформирования.

Как видно из таблицы 1, на участке обжима длина образующейся практически не изменяется, в то время как на участке раздачи отличие составляет 15%. В среднем погрешность изменения длины образующей по детали составляет 7 %.

## ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ

В качестве оборудования для подтверждения результатов моделирования использовался гидропресс ПС-250 (рис. 6). Для измерения толщины детали по сечениям, на заготовку наносилась сетка, из четырех равноудаленных по окружности друг от друга продольных линий и двенадцати поперечных линий с шагом в 5 мм.

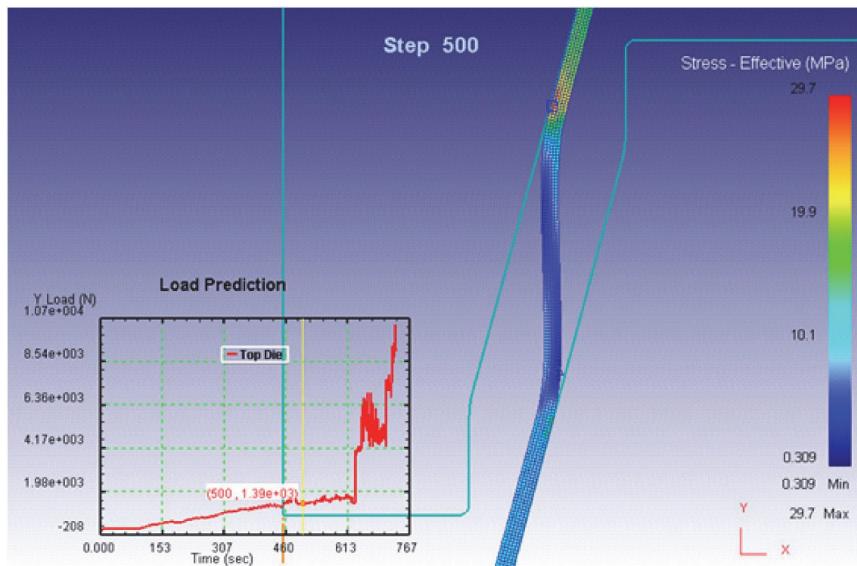


Рис. 4. Первый этап деформирования

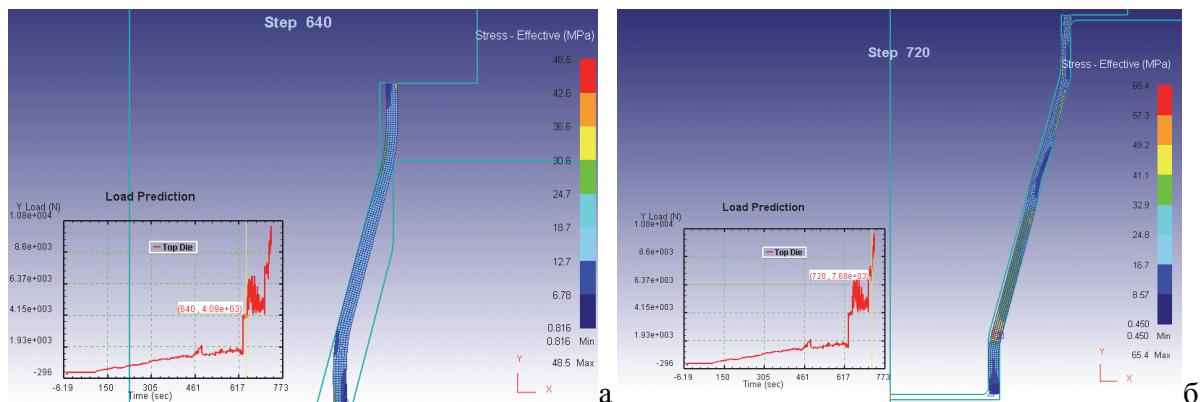


Рис. 5. Деформирование заготовки на втором этапе:  
а, б – начало и окончание

Таблица 1. Изменение относительной длины образующей на разных этапах деформирования

|                        | Первый этап | Второй этап | Третий этап |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Участок раздачи        | 0,915       | 0,880       | 0,858       |
| Цилиндрический участок | 0,951       | 0,917       | отсутствует |
| Участок обжима         | 1,031       | 1,029       | 1,008       |
| Суммарное изменение    | 0,965       | 0,942       | 0,933       |



Рис. 6. Штамповочная оснастка  
в сборе на прессе ПС-250

Для определения оптимальных параметров конечно-элементной модели было выполнено несколько вариантов моделирования с разным числом конечных элементов по толщине стенки (рис. 7). Из графика видно, что значительного влияния количества конечных элементов на толщину заготовки не оказывает, все кривые равноудалены от экспериментальной кривой. Использование 5 конечных элементов по толщине является достаточным для моделирования.

На рис. 8 показано, что задание шага расчета как 1/3 ребра конечного элемента является достаточным для получения приемлемой точности при моделировании.

Влияние коэффициента трения на процесс представлено на рис. 9.

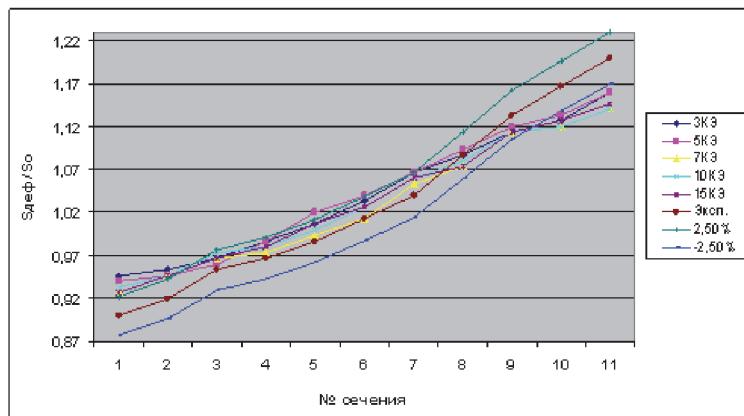


Рис. 7. График влияния количества конечных элементов на толщину детали

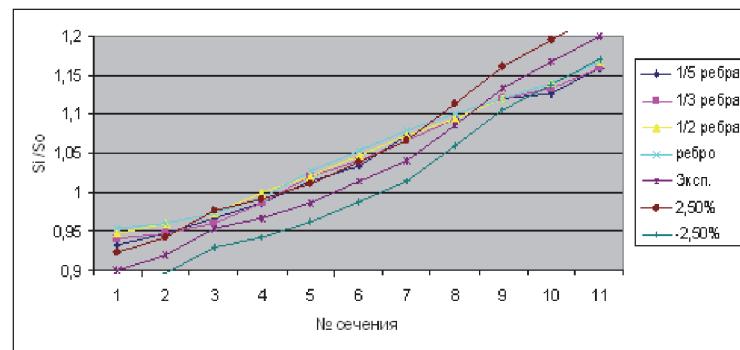


Рис. 8. График влияния шага расчета задачи на толщину получаемой детали

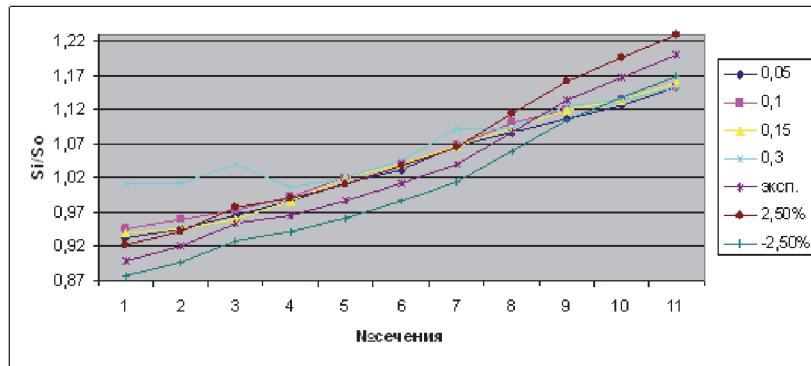


Рис. 9. График зависимости разнотолщины от коэффициента трения

Как видно из графика наиболее сильная погрешность наблюдается у кривой с коэффициентом трения 0,3 на участке раздачи. При величинах коэффициента трения меньше 0,15 погрешность незначительна.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сопоставление результатов эксперимента с данными моделирования обжима-раздачи трубной заготовки в программе DEFORM позволило установить следующие особенности процесса:

1. Процесс обжима-раздачи состоит из трех стадий, первые две стадии завершаются в момент соприкосновения (упора) одного из торцов в инструмент. Завершающая стадия сопровождается

осадкой заготовки. Окончание каждого из этапов сопровождается ростом сопротивления деформированию.

2. При построении модели заготовки достаточно задавать 5 конечных элементов по толщине заготовки, а шаг расчета брать равным 1/3 ребра конечного элемента.

3. При описании трения на контактных поверхностях пuhanсон-заготовка, пuhanсон-матрица, для данного случая (некаленая поверхность инструмента из стали 10 и заготовка из 12Х18Н10Т) целесообразно использовать закон Кулона, коэффициент трения в диапазоне значений от 0,10 до 0,15.

4. В процессе деформирования суммарная длина образующей изменяется на 7%. На участке обжима изменением образующей можно пренеб-

речь, в то время как на участке раздачи образующая изменяет длину более 14%.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (Минобрнауки) (шифр темы 2013-218-04-4777).*

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Использование программы DEFORM-2D для описания процессов листовой штамповки / Ф.В. Гречников, А.Г. Шляпугин, К.А. Николенко; Самар. гос. аэрокос. универ-т. Деп. во ВНИТИ «Депонированные научные работы», №804-В2006 от 15.06.2006. Самара. 2006. 6 с.
2. Шляпугин А.Г. Моделирование процесса обжима в программе DEFORM-2D / Самар. гос. аэрокос. универ-т. Деп. во ВНИТИ «Депонированные научные
- работы», №8-В2012 от 17.01.2012. Самара. 2012.
3. Шляпугин А.Г., Блинова О.Ю. Оценка с помощью программы DEFORM-2D возможности изменения характера распределения толщин у деталей, полученных вытяжкой и вытяжкой-отбортовкой / Депонированная рукопись № 9-В2012 17.01.2012.
4. Оценка эффективности совмещенных способов штамповки конических деталей/ В.Д. Маслов, А.Г. Шляпугин, К.А. Николенко / Депонированная рукопись № 1113-В2006 31.08.2006.
5. Шляпугин А.Г., Блинова О.Ю. Моделирование процесса обжима в программе DEFORM-2D. / Депонированная рукопись № 8-В2012 17.01.2012.
6. Peculiarities of the process of hollow conical parts shaping from a ring blank / S.Y. Zvonov, I.P. Popov, A.G. Shlyapugin // Russian Aeronautics. 2010. Т. 53. № 3. С. 358-361.
7. Шляпугин А.Г., Цыцорин Д.А. Исследование процесса вытяжки в коническую матрицу с помощью программы DEFORM-2D // Известия Самарского научного центра РАН. 2013. Т. 15, №6. С.262-266.

## **SIMULATION SPECIALITY PIPE STOCK BREAKING-DOWN-UPSET PROCESS IN DEFORM-2D**

© 2014 A.G. Shlyapugin

Samara State Aerospace University named after Academician S.P. Korolyov  
(National Research University)

In this article we described simulation pipe stock breaking-down-upset process in program product DEFORM-2D.

*Key words:* breaking-down, upset, simulation, program product, DEFORM-2D.