

ПРИМЕНЕНИЕ ИТ-ТЕХНОЛОГИЙ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПО ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ANSYS LS-DYNA

© 2018 Нестеренко Е.С., Головачев А.С., Алеева А.Н.

Самарский университет, г. Самара, Россия

В статье представлено исследование вытяжки полусферической детали на штампе с упругими матрицей и прижимом. Полученные результаты сравниваются с результатами вытяжки в штампе с жесткими прижимом и матрицей. Рассмотрен характер пластической деформации материала заготовки при вытяжке.

Ключевые слова: листовая заготовка, фланец, гофрообразование, деформация, разнотолщинность

Изделия из листового металла получили широкое применение в разных отраслях промышленности, включая автомобилестроение, авиа- и ракетостроение. Вследствие этого перед конструкторами и технологиями встает задача по повышению качества выпускаемой продукции. Методы холодной обработки металлов давлением способны обеспечить как качество продукции, так и малоотходное производство; получение готовой продукции за один технологический переход; исключение последующей механической доработки [4]. Холодная штамповка обеспечивает высокую производительность, экономию материала, высокое качество поверхности готового изделия, использование различных сталей и сплавов, в том числе и цветных, поставляемых в виде листов, лент и полос; методы холодной листовой обработки легко поддаются автоматизации. Частным случаем холодной листовой штамповки является процесс вытяжки. Вытяжка представляет собой превращение листовой заготовки в полую деталь разнообразной формы [5].

Как показала практика, при штамповке таких деталей как полусфера, применение

стандартных методов вытяжки не всегда приводит к удовлетворительным результатам. В процессе вытяжки возникает потеря устойчивости (гофрообразование) и большая величина разнотолщинности [1].

Одним из методов холодной листовой штамповки уменьшающим эти явления, является способ вытяжки листовой заготовки с упругими прижимом и матрицей, прилегающими по всей поверхности фланца в течение всего процесса [2,3]. Прижим и матрица выполнены в виде металлических колец, которые обеспечивают упругие перемещения, позволяющие прижать фланец заготовки с необходимым давлением по всей его поверхности. При этом матрица установлена на неподвижное опорное кольцо. При использовании этого способа повышается качество поверхности изделия, его точность, устраняется интенсивное гофрообразование фланца, снижается усилие прижима, повышается предельный коэффициент вытяжки [2]. Схема вытяжного штампа данного типа приведена на рисунке 1.

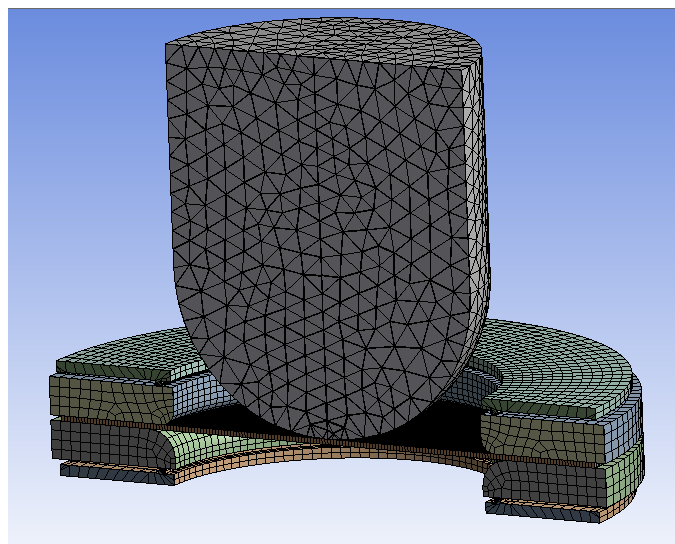


Рисунок 1 – Схема вытяжного штампа

Для решения задач холодной штамповки можно применять объемные конечные элементы, которые дают наиболее точные результаты при решении [6].

Для моделирования процесса был выбран программный комплекс ANSYS LS-DYNA. Обработке давлением подвергалась модель листовой заготовки, имеющая физико-механические свойства сплава БРБ2. Для листовой заготовки было принято уравнение материала Linear (линейное) со следующими свойствами: исходная плотность $8,2 \text{ кг/м}^3$, модуль Юнга $1,31\text{E}+11 \text{ Па}$, предел упругости $1,96\text{-}3,44\text{E}+11 \text{ Па}$. Контактное взаимодействие моделей формообразующих заготовок инструментов и листовой заготовки с учетом коэффициента трения $0,12$. Физико-

механические свойства матрицы и прижима заданы подобно свойствам заготовки с механическими свойствами инструментальной и пружинной стали соответственно. Модель верхнего и нижнего прижимного кольца жесткая (Rigid), с фиксацией перемещений по осям. Модель пуансона жесткая (Rigid), движение задано перемещением по оси Z со скоростью 4000 мм/с .

Для сравнения были смоделированы три варианта вытяжки заготовки с применением жесткого прижима, с различными усилиями прижима и вытяжки с упругими матрицей и прижимом.

На представленных ниже графиках рассмотрим разнотолщинность, возникающую при разных условиях вытяжки заготовки.

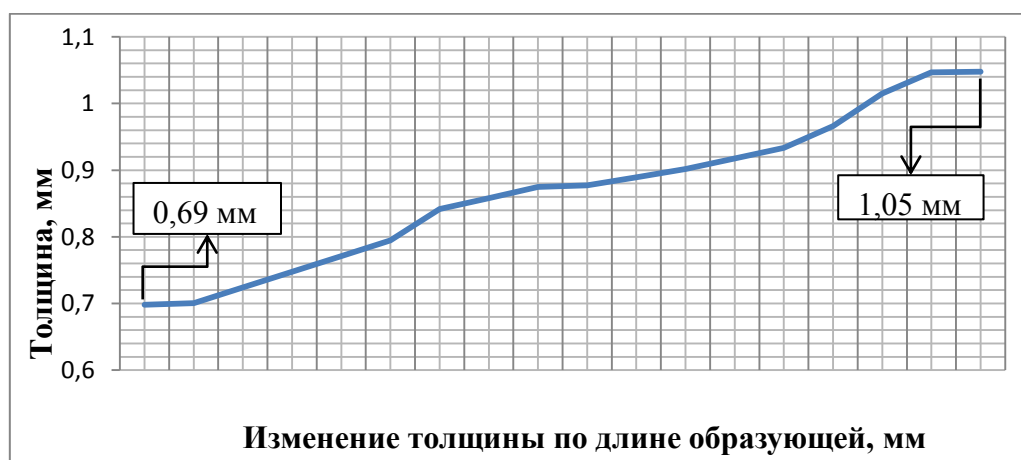


Рисунок 2 – Значение толщины детали при вытяжке с упругими прижимом и матрицей ($S_0 = 1 \text{ мм}$, $D_{заг} = 108 \text{ мм}$, $d_{пл} = 99 \text{ мм}$)

Из графика (рис. 2) наблюдаем равномерное утонение заготовки по всей длине образующей, отсутствие образования гофров. Максимальная толщина детали составляет 1,05 мм по внешнему диаметру фланца, ми-

нимальная толщина детали достигла 0,69 мм в области дна детали. Разнотолщинность детали $\Delta S = S_{\max} - S_{\min} = 1,05 - 0,69 = 0,36$ мм, что составляет 34%.

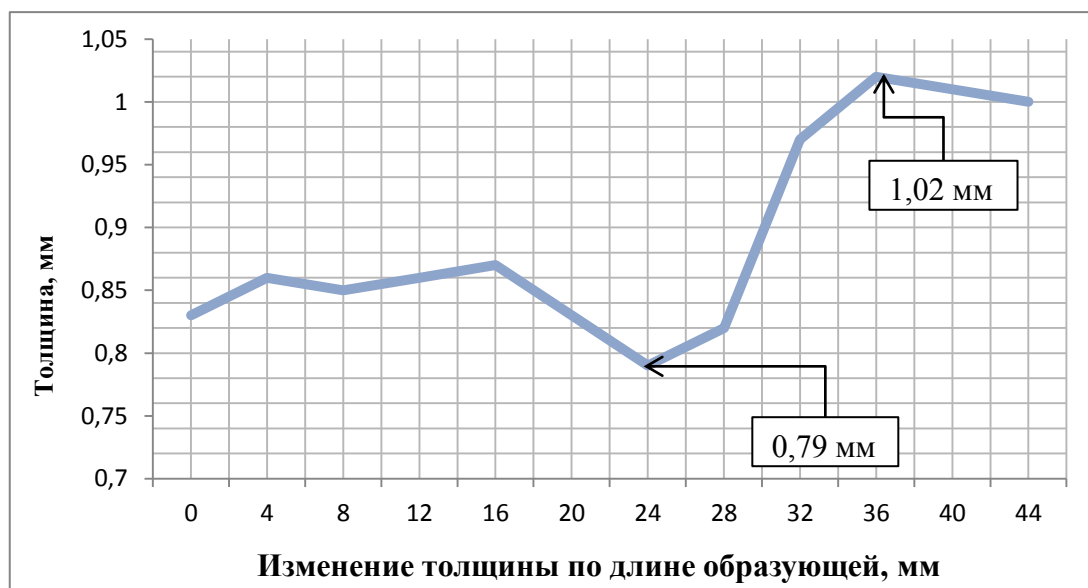


Рисунок 3 – Значение толщины детали при вытяжке с жестким прижимом и матрицей, усилии на прижим 10 МПа ($S_0 = 1$ мм, $D_{\text{заг}} = 108$ мм, $d_{\text{фл}} = 97$ мм)

Из графика (рис. 3) наблюдаем, что минимальное утонение детали 0,78 мм в месте скругления матрицы, максимальная толщина составила 1,02 мм в области фланца, при этом наблюдаем резкие перепады толщины в

области фланца, что говорит об образовании гофров. Разнотолщинность детали $\Delta S = S_{\max} - S_{\min} = 1,03 - 0,79 = 0,24$ мм, что составляет 22%.

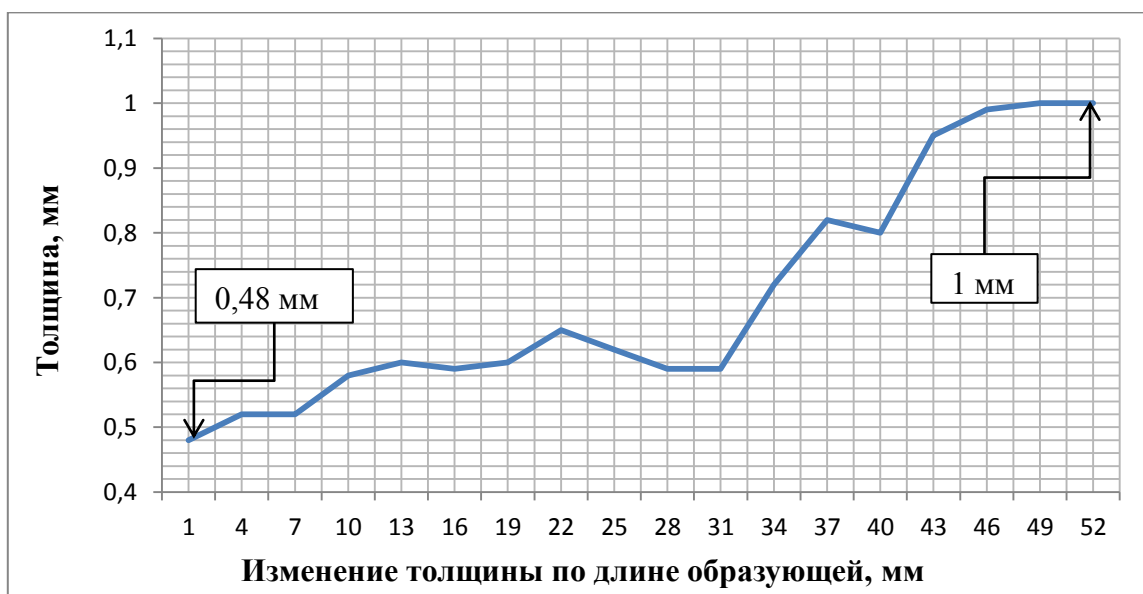


Рисунок 4 – Значение толщины детали при вытяжке с жестким прижимом и матрицей, усилии на прижим 25 МПа ($S_0 = 1$ мм, $D_{\text{заг}} = 108$ мм, $d_{\text{фл}} = 105$ мм)

Из данного графика (рис. 4) видно, что минимальная толщина составила 0,48 мм в области дна детали, также наблюдается неравномерное утонение детали по образую-

щей. Разнотолщинность детали $\Delta S = S_{\max} - S_{\min} = 1, -0,48 = 0,52$ мм, что составляет 52%.



Рисунок 5 – Значение толщины детали при вытяжке с жестким прижимом и матрицей, усилие на прижим 35МПа ($S_0 = 1\text{мм}, D_{\text{заг}} = 108\text{мм}, d_{\text{фл}} = 106,7\text{мм}$)

В данном графике (рис. 5) наблюдается схожая картина, что и при вытяжке с усилием прижима 25МПа. Минимальная толщина составила 0,45 мм в области дна детали. От высокого усилия прижима наблюдается небольшое утонение на фланце, его толщина составляет 0,99 мм. Разнотолщинность детали $\Delta S = S_{\max} - S_{\min} = 0,99 - 0,45 = 0,54$ мм, что составляет 54%.

Из полученных графиков можно увидеть, что минимальная разнотолщинность $\Delta S = 22\%$ наблюдается при вытяжке с жестким прижимом и матрицей при усилии в 10 МПа, но при этом наблюдаем образование гофров. Наибольшую разнотолщинность получили

детали, вытянутые с жестким прижимом и матрицей с усилием на прижим 25 МПа и 35 МПа, разнотолщинность составила $\Delta S = 52\%$ и $\Delta S = 55\%$ соответственно. Наиболее удовлетворительные результаты получились при вытяжке детали с упругими матрицей и прижимом. В данном случае наблюдаем равномерное утонение заготовки, отсутствие образования гофров, разнотолщинность составила $\Delta S = 34\%$.

Рассмотрим характер распространения интенсивности напряжений. На рисунках ниже показано распространение интенсивности напряжений, возникших при вытяжке.

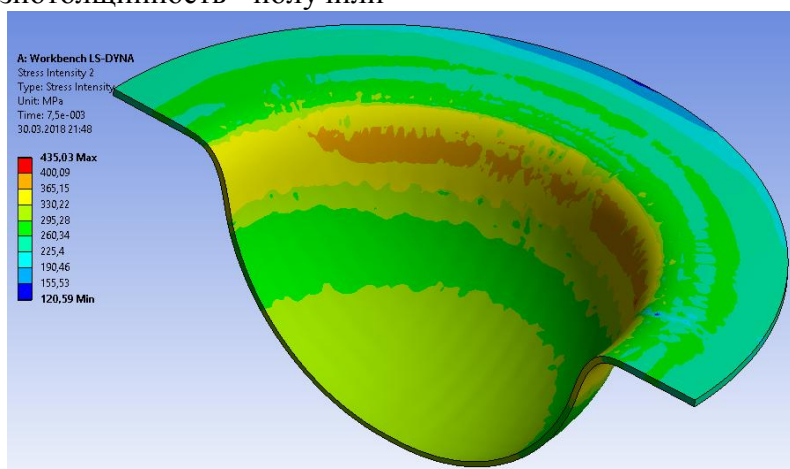


Рисунок 6 – Значение интенсивности напряжений при вытяжке с упругим прижимом и матрицей ($\sigma_{i\min} = 120\text{МПа}, \sigma_{i\max} = 463\text{МПа}$)

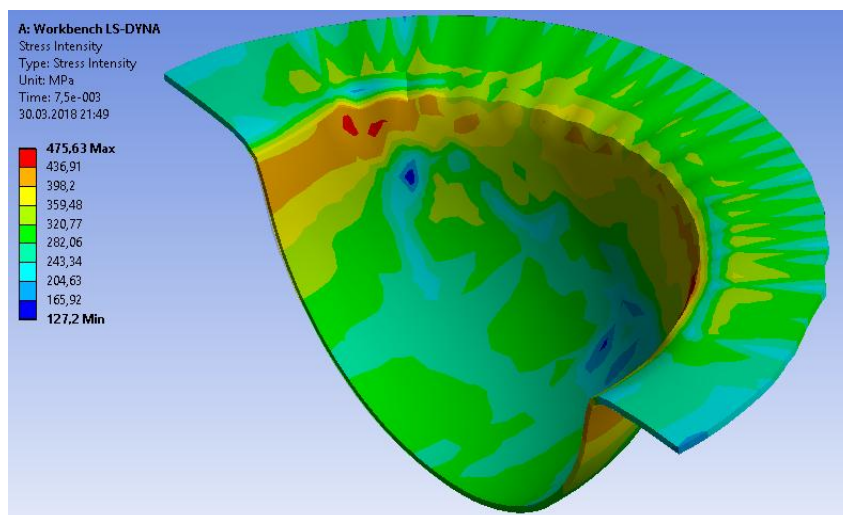


Рисунок 7 – Значение интенсивности напряжений при вытяжке с жестким прижимом и матрицей, усилие на прижим 10 МПа ($\sigma_{i\min} = 127 \text{ МПа}$, $\sigma_{i\max} = 475 \text{ МПа}$)

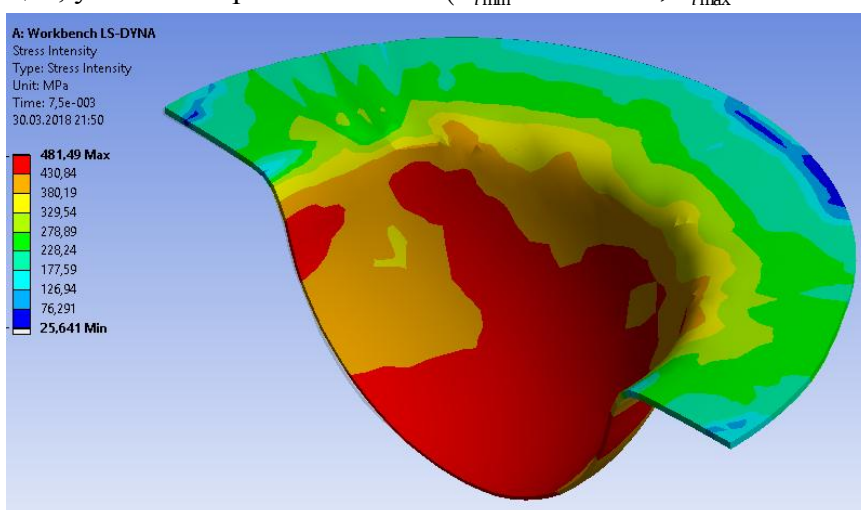


Рисунок 8 – Значение интенсивности напряжений при вытяжке с жестким прижимом и матрицей, усилие на прижим 25 МПа ($\sigma_{i\min} = 25 \text{ МПа}$, $\sigma_{i\max} = 481 \text{ МПа}$)

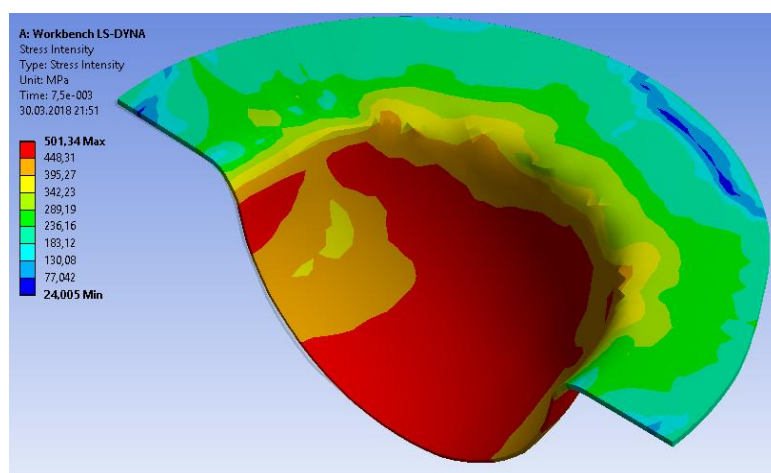


Рисунок 9 – Значение интенсивности напряжений при вытяжке с жестким прижимом и матрицей, усилие на прижим 35 МПа ($\sigma_{i\min} = 24 \text{ МПа}$, $\sigma_{i\max} = 501 \text{ МПа}$)

Из представленных выше рисунков (рис. 6, 7, 8, 9) видно, что наибольшие напряжения возникают при вытяжке с жестким прижи-

мом и матрицей и усилием на прижим 25 МПа и 35 МПа, напряжения составляют 481 МПа и 501 МПа соответственно, напряжения

распределяются по сферической части детали. Также уже при усилии на прижим в 25 МПа на фланце детали начинают образовываться гофры. При усилии прижима 10 МПа на фланце детали явно проявляются в большом количестве гофры, максимальное напряжение составляет 473 МПа, сконцентрированные в области скругления матрицы. Наиболее оптимальным вариантом является вытяжка с упругим прижимом и матрицей. Из таблицы 1 видно, что напряжения в дан-

ном случае минимальны и составляют 435 МПа, гофрообразование отсутствует, напряжения не превышают предел прочности $\sigma_s = 590 \text{ МПа}$.

Следующим пунктом исследования является проверка на постоянство геометрических размеров, а именно диаметрального размера готовой детали по фланцу (данные представлены в таблице 1).

Таблица 1 – Диаметральные размеры детали по фланцу

Кол-во замеров	I	II	III	IV
1	98,86	92,26	104,96	106,72
2	98,84	91,96	104,5	106,42
3	98,82	92,84	104,36	105,88
4	98,8	92,14	104,3	105,66
5	98,76	92,68	104,42	105,58
6	98,72	93,4	104,42	105,28
7	98,62	93	104,26	104,98
8	98,46	93,26	104,1	104,84
9	98,2	94,44	103,56	105,34
10	98,04	94	103,62	106,14
11	98	96,36	104,26	106,04
min Ø	98	91,96	103,56	104,84
max Ø	98,86	96,36	104,96	106,72
max-min	0,86	4,4	1,4	1,88
Разница в %	0,88%	4,78%	1,35%	1,79%

Деталь, вытянутая в штампе с упругим прижимом и матрицей под цифрой I, деталь вытянутая с жестким прижимом и матрицей и усилием на прижим 10 МПа под цифрой II, с усилием на прижим 25 МПа под цифрой III, с усилием на прижим 35 МПа под цифрой IV. Измерения показали, что наибольшее расхождение диаметрального размера возникает при вытяжке с жестким прижимом и матрицей при усилии прижима 10 МПа и составляет 4,78%. Оптимальным вариантом является вытяжка с упругими прижимом и матрицей, расхождение составляет 0,86%,

это является наиболее постоянным размером.

В итоге исследование показало, что наиболее оптимальным способом вытяжки детали полусферической формы является вытяжка в штампе с упругими прижимом и матрицей. Штамп данной конструкции обеспечивает наименьшую величину разнотолщинности детали, равномерное утонение по всей образующей детали. Значение интенсивности напряжений показало наименьшую величину ($\sigma_{i\max} = 463 \text{ МПа}$). Вытяжка на данном штампе также показала постоянство диаметрального размера по фланцу.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мельников Э.Л. Холодная штамповка днищ: Научная и учебная литература - 2-е изд., перераб., доп. - Москва : Машиностроение, 1986.

2. Попов И.П., Нестеренко Е.С., Кузина А.А. Штамп для глубокой вытяжки осесимметричных деталей. Патент 2494830 Российская Федерация, 06.12. 2013 г.
3. Попов И.П., Демьяненко Е.Г. Границы применимости процесса отбортовки для получения тонкостенных конических оболочек/ Авиационная техника. – 2012. - №4.- С.60-62.
4. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке: учебник для высших технических учебных заведений и техникумов. – Л.: Машиностроение, 1979.
5. Рудман И.Л. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка: для инженеров-конструкторов штампов листовой штамповки и технологов листоштамповочного производства – М.: Машиностроение, 1988.
6. Чигарев А.В. ANSYS для инженеров. - М.: Машиностроение, 2004.

USE OF IT TO SOLVE METAL PRESSING TASKS USING ANSYS LS-DYNA

© 2018 Elena S. Nesterenko, A. S. Golovachev, A. N. Aleyeva

Samara University, Samara, Russia

The article presents the investigation of semi-spherical item punching method with use of elastic tool kit. Obtained results are compared with results of traditional tool kit. The authors describe elastic deformation of item's material.

Keywords: blank, flange, corrugation, deformation, variation in thickness.