

## Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	PIHHC (Russia) = 0.234	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

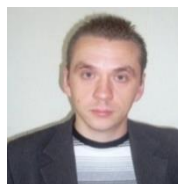
## International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2016 Issue: 4 Volume: 36

Published: 30.04.2016 <http://T-Science.org>

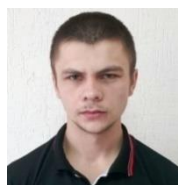
### SECTION 7. Mechanics and machine construction.



**Denis Alexandrovich Chemezov**  
Master of Engineering and Technology,  
Corresponding Member of International  
Academy of Theoretical and Applied  
Lecturer of Vladimir Industrial College,  
Russian Federation  
[chemezov-da@yandex.ru](mailto:chemezov-da@yandex.ru)



**Ludmila Vladimirovna Smirnova**  
Deputy Director for Studies and  
Methodical Work of Vladimir Industrial  
College, Honored Worker of the  
Initial Vocational Education of the Russian Federation  
[mila3636@mail.ru](mailto:mila3636@mail.ru)



**Vasily Sergeevich Seliverstov**  
Student  
of Vladimir Industrial College,  
Russian Federation  
[seliverstov-vasily2015@yandex.ru](mailto:seliverstov-vasily2015@yandex.ru)

## THE CALCULATION OF THE SIZES OF THE PLATE STOCK FOR THE PROCESSING OF THIN-WALLED DETAILS OF THE SQUARE SHAPE BY THE METHOD OF DEEP DRAWING

**Abstract:** The article is provided recommendations for the rational use of the material in conditions a sheet stamping of thin-walled details of the square shape. The calculation was carried out for the plate stock of the square shape with different overall dimensions.

**Key words:** a deep drawing, a square detail, a flange, plastic strain.

**Language:** Russian

**Citation:** Chemezov DA, Smirnova LV, Seliverstov VS (2016) THE CALCULATION OF THE SIZES OF THE PLATE STOCK FOR THE PROCESSING OF THIN-WALLED DETAILS OF THE SQUARE SHAPE BY THE METHOD OF DEEP DRAWING. ISJ Theoretical & Applied Science, 04 (36): 111-114.

**Soi:** <http://s-o-i.org/1.1/TAS-04-36-16> **Doi:**  <http://dx.doi.org/10.15863/TAS.2016.04.36.16>

### РАСЧЕТ РАЗМЕРОВ ЛИСТОВОЙ ЗАГОТОВКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ТОНКОСТЕННОЙ ДЕТАЛИ КВАДРАТНОЙ ФОРМЫ МЕТОДОМ ГЛУБОКОЙ ВЫТЯЖКИ

**Аннотация:** В статье даны рекомендации по рациональному использованию материала в условиях листовой штамповки тонкостенных деталей квадратной формы. Расчет производился для листовых заготовок квадратной формы с различными габаритными размерами.

**Ключевые слова:** глубокая вытяжка, квадратная деталь, фланец, пластическая деформация.

#### Введение

Детали коробчатой (прямоугольной, квадратной) формы применяются в различных отраслях промышленности: пищевой, автомобилестроении, производстве тары для горяче-смазочных материалов и других [1].

Тонкостенные полые квадратные или прямоугольные детали изготавливают методом глубокой вытяжки [2]. По сравнению с вытяжкой цилиндрических деталей, процесс вытяжки деталей квадратной или прямоугольной формы имеет ряд особенностей. Во-первых, это неравномерная деформация полых детали,

характеризующаяся одновременным сжатием, удлинением и утолщением стенок у края [3]. Во-вторых, максимальное остаточное напряжение материала концентрируется в области вертикальных ребер тонкостенной детали. В-третьих, в результате образования полного контура тонкостенной детали остается часть материала (фланец) листовой заготовки на плоской поверхности вытяжной матрицы. Дальнейшее продавливание материала через отверстие вытяжной матрицы приводит к искажению формы боковых стенок детали и, соответственно, к производственному браку [4].

## Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344  
ISI (Dubai, UAE) = 0.829  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
ПИИЦ (Russia) = 0.234  
ESJI (KZ) = 1.042  
SJIF (Morocco) = 2.031

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260

Следовательно, в целях экономии материала и предупреждения возможных производственных браков, необходимо выполнить расчет оптимальной конфигурации листовой заготовки для последующей вытяжки тонкостенной детали квадратной формы.

Определение величины пластической деформации ( $\epsilon_{pl}$ ) на различных участках детали позволит судить о характере напряженно-деформированного состояния материала в целом [5].

### Материалы и методы исследования

Моделирование технологического процесса глубокой вытяжки тонкостенной детали квадратной формы в трехмерной постановке реализовывалось посредством программы явного динамического анализа LS-DYNA.

Принимались следующие размеры рабочих поверхностей твердотельных моделей деталей вытяжного штампа:

- сквозное квадратное отверстие матрицы –  $60 \times 60$  мм, высота матрицы – 40 мм, радиус скругления кромок отверстия матрицы – 5 мм;
- габариты пуансона –  $54 \times 54 \times 40$  мм, радиус скругления кромок рабочей части пуансона – 3 мм;
- габариты складкодержателя –  $120 \times 120 \times 5$  мм, сквозное квадратное отверстие складкодержателя –  $65 \times 65$  мм.

Для проведения пяти компьютерных экспериментов были построены твердотельные модели листовых заготовок квадратной формы, которые имели габаритные размеры:  $85 \times 85 \times 2$  мм,  $90 \times 90 \times 2$  мм,  $95 \times 95 \times 2$  мм,  $100 \times 100 \times 2$  мм,  $105 \times 105 \times 2$  мм,  $110 \times 110 \times 2$  мм.

Материалом листовых заготовок был выбран алюминиевый сплав марки 2024 с соответствующими физическими и механическими свойствами [6].

Необходимое технологическое усилие пресса составило 15 кН при времени процесса вытяжки деталей 1.0 – 1.5 с. Усилие, действующее на складкодержатель, принималось на 60% меньше, чем усилие вытяжного пресса. Коэффициент трения при обработке давлением рассматриваемого материала принимался величиной 0.61 [7]. Для уменьшения времени расчета динамики процесса глубокой вытяжки тонкостенных деталей все модели разбивались на конечные элементы величиной 0.0017 м [8].

После вытяжки квадратной тонкостенной детали на заданную глубину выполнялся анализ наиболее выходной конфигурации листовой заготовки.

### Результаты и их обсуждение

Форма тонкостенной детали после вытяжки на глубину 30 мм листовой заготовки ( $100 \times 100 \times 2$  мм) представлена на рис. 1.

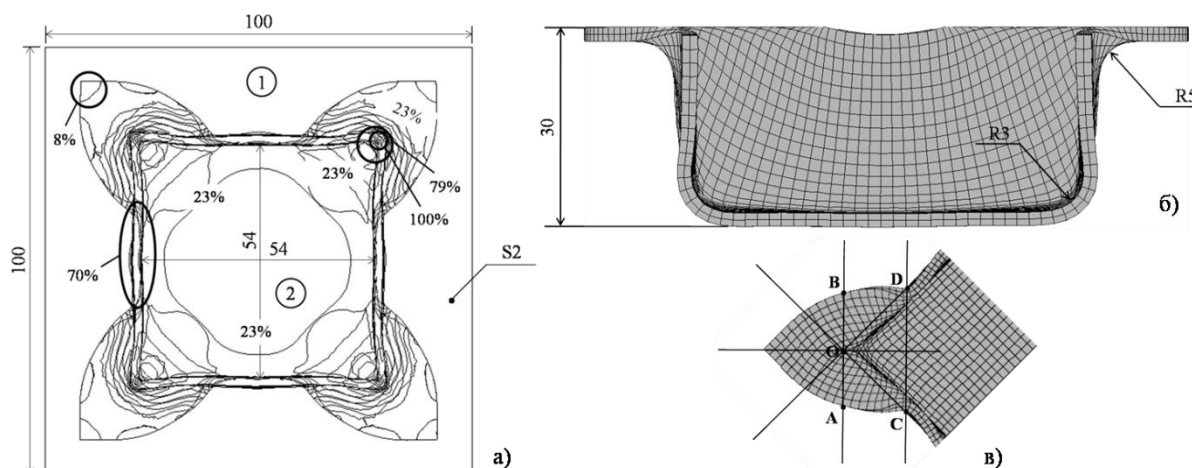


Рисунок 1 – Результаты имитационного моделирования процесса глубокой вытяжки: а – форма и размеры листовой заготовки квадратной формы до обработки давлением 1 и полученной тонкостенной детали 2 (вид сверху), б – форма и размеры тонкостенной детали в продольном разрезе, в – разбитие фланца на более простые геометрические фигуры. Проценты на поверхностях тонкостенной детали – степень пластической деформации  $\epsilon_{pl}$  материала.

Максимальная  $\epsilon_{pl}$ , принятая за 100%, наблюдается на вертикальных ребрах тонкостенной детали. Боковые стенки, формирующие контур детали, пластически деформируются на 70%. Боковые стенки в области сформированных углов подвергаются

деформации на 79%. Минимальная величина  $\epsilon_{pl}$  материала в 23% рассчитана для фланцев и дна тонкостенной детали.

При глубине вытяжки более 30 мм материал перемещается от середины к углам, что

## Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.234	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

приводит к образованию вогнутости на боковых стенках детали.

Рассчитаем площадь фланца  $S_{fl}$ , оставшегося на плоской поверхности вытяжной матрицы. Форму фланца можно представить в виде нескольких геометрических фигур – криволинейной трапеции и двух равных треугольников.  $S_{fl}$  будет равна:

$$S_{fl} = S_{curv.trap.} + S_{\Delta AOC} + S_{\Delta BOD}, \quad (1)$$

где  $S_{curv.trap.}$  – площадь криволинейной трапеции, мм<sup>2</sup>;  $S_{\Delta AOC}$  и  $S_{\Delta BOD}$  – площади соответствующих треугольников, мм<sup>2</sup>.

$$S_{curv.trap.} = \int_A^B x^2 dx = \left. \frac{x^3}{3} \right|_A^B = \left. \frac{x^3}{3} \right|_{-12}^{12}, \quad (2)$$

Подставив численные значения в формулу, (2) получаем:

$$S_{curv.trap.} = \frac{2 \times 12^3}{3} = 1152 \text{ мм}^2.$$

$\Delta AOC$  и  $\Delta BOD$  равны, тогда общая площадь треугольников рассчитывается как:

$$S_{\Delta AOC} + S_{\Delta BOD} = \frac{AO \times AC}{2} + \frac{BO \times BD}{2}, \quad (3)$$

где  $AO = BO = 12$  мм,  $AC = BD = 15$  мм.

$$2 S_{\Delta AOC} = \frac{2 \times 12 \times 15}{2} = 180 \text{ мм}^2.$$

$$S_{fl} = 1152 + 180 = 1332 \text{ мм}^2.$$

Общая площадь материала, оставшегося на плоской поверхности вытяжной матрицы, с учетом количества фланцев, составит 5328 мм<sup>2</sup>.

В сводной табл. 1 представлены результаты расчета общей площади материала при различных размерах листовой заготовки.

Таблица 1

Расчетная площадь материала, оставшегося на плоской поверхности вытяжной матрицы при различных размерах листовой заготовки.

Размеры заготовки, мм	85 × 85	90 × 90	95 × 95	100 × 100	105 × 105	110 × 110
Общая площадь фланцев, мм <sup>2</sup>	3268	4296	4700	5328	10050	12104

В соответствии с таблицей можно отметить, что с уменьшением габаритных размеров листовой заготовки уменьшается и общая площадь материала, оставшегося на плоской поверхности вытяжной матрицы после формирования контура тонкостенной детали квадратной формы. Общая площадь фланцев после вытяжки заготовок с размерами 100 × 100 мм и 105 × 105 мм составляет 5328 мм<sup>2</sup> и 10050 мм<sup>2</sup> соответственно (разница примерно в два раза). Это объясняется тем, что параллельность боковых стенок квадратной детали, при обработке листовой заготовки 105 × 105 мм, достигается при меньшей глубине вытяжки. Тем самым увеличивается ширина фланца  $AB$  на 25% по сравнению с полученными размерами оставшегося материала после глубокой вытяжки листовой заготовки размером 100 × 100 мм.

### Заключение

Таким образом, наиболее рациональную конфигурацию листовой заготовки можно получить путем исключения рассмотренных геометрических фигур с расчетными площадями из углов квадратной заготовки до обработки давлением. Увеличение размеров рабочей части пуансона и отверстия матрицы, при вытяжке квадратных листовых заготовок размером свыше 100 × 100 мм, позволит свести к минимуму неиспользованный материал.

Вытяжка тонкостенной детали квадратной формы характеризуется меньшей степенью  $\varepsilon_{pl}$  по сравнению с вытяжкой цилиндрических деталей. Уменьшение величины  $\varepsilon_{pl}$  на вертикальных гранях квадратной детали достигается при использовании квадратного пуансона с большим радиусом скругления кромок на рабочей части.

### References:

- (2016) Protsess vytyazhki listovogo materiala. Available: [http://metallcheckiy-portal.ru/articles/obrabotka/xolodnaya\\_visadka/process\\_vitajki\\_listovogo\\_materiala](http://metallcheckiy-portal.ru/articles/obrabotka/xolodnaya_visadka/process_vitajki_listovogo_materiala) (Accessed: 25.04.2016).
- (2016) Glubokaya vytyazhka. Available: <http://metall-work.ru/obr-met/49.html> (Accessed: 25.04.2016).
- Zarodov MS, Demin VA (2016) The intensification of the process of drawing of the box-shaped details. All-Russian scientific and technical conference «Student research spring: Machine building technologies ": conference proceedings, 5 – 8 April, Moscow, MSTU named after N.Bauman. – P. 1.
- Chemezov DA, Seliverstov VS, Zezina NA (2016) The analysis of the technological

## Impact Factor:

<b>ISRA</b> (India) = <b>1.344</b>	<b>SIS</b> (USA) = <b>0.912</b>	<b>ICV</b> (Poland) = <b>6.630</b>
<b>ISI</b> (Dubai, UAE) = <b>0.829</b>	<b>PIHHI</b> (Russia) = <b>0.234</b>	<b>PIF</b> (India) = <b>1.940</b>
<b>GIF</b> (Australia) = <b>0.564</b>	<b>ESJI</b> (KZ) = <b>1.042</b>	<b>IBI</b> (India) = <b>4.260</b>
<b>JIF</b> = <b>1.500</b>	<b>SJIF</b> (Morocco) = <b>2.031</b>	

- process of deep drawing of thin-walled detail: processing modes, sizes of the forming tools and production flaws. ISJ Young Scientist, №4/2016 – Pp. 101-105. ISSN 2072-0297.
- (2016) Sily, napryazheniya i deformatsii pri obrabotke davleniem. Available: <http://dlja-mashinostroitelja.info/2010/06/sily-napryazheniya-i-deformacii-pri-obrabotke-davleniem/> (Accessed: 25.04.2016).
  - (2016) Wrought aluminum-copper alloy 2024. Available: [http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=wrought\\_aluminum-copper\\_alloy\\_2024](http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=wrought_aluminum-copper_alloy_2024) (Accessed: 25.04.2016).
  - (2016) Friction and Coefficients of Friction. Available: [http://www.engineeringtoolbox.com/friction-coefficients-d\\_778.html](http://www.engineeringtoolbox.com/friction-coefficients-d_778.html) (Accessed: 25.04.2016).
  - (2016) Finite element method. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Finite\\_element\\_method](https://en.wikipedia.org/wiki/Finite_element_method) (Accessed: 25.04.2016).

