

УДК 621.777.04

Моделирование процесса холодного выдавливания детали типа «стакан» при помощи пакета DEFORM // Автономова Л.В., Бондарь С.В., Прево И.Д., Хавин В.Л. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. – №46(952). – С. 3–7. – Бібліогр.: 4 назв.

У роботі представлено рішення задачі визначення напружено-деформованого стану заготовки і зусиль на пуансоні з метою отримання граничних технологічних характеристик процесу холодної штамповки.

Ключові слова: моделювання, холодне витискування, метод скінченних елементів, DEFORM.

The decision of a problem of definition of the stress-strain condition of workpiece for a finding and the puansons forses boundary technical characteristics on process of cold forming is presented.

Keyword: imagineering, cold squeezing out, method of finite elements, DEFORM.

УДК 621.7

Л. И. АЛИЕВА, канд. техн. наук, доц., ДГМА, Краматорск

С. В. МАРТЫНОВ, ассистент, ДГМА, Краматорск

К. В. ГОНЧАРУК, магистрант, ДГМА, Краматорск

ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛОВОГО РЕЖИМА ПРОЦЕССА ВЫСАДКИ ВНУТРЕННЕГО ФЛАНЦА ИЗ ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКИ МЕТОДОМ ВЕРХНЕЙ ОЦЕНКИ

Проведено исследование силового режима процесса высадки внутреннего фланца методом верхней оценки из трубчатой заготовки с использованием оправки с острой и радиусной переходной кромкой. Оптимальным значением параметра i , характеризующего положение очага деформации, является 0,7. Установлено влияние трения, относительной высоты фланца и относительного радиуса закругления переходной кромки оправки на приведенное давление деформирования.

Ключевые слова: высадка, фланец, метод верхней оценки, давление.

Процессы точной холодной объемной штамповки позволяют получать заготовки и детали взамен обработки резанием, литья и горячей штамповки. При этом достигается значительная экономия металла (в некоторых случаях коэффициент использования металла достигает 98 %) и увеличивается прочность металла в следствии деформационного упрочнения.

В машиностроении получили распространение детали типа накидных гаек, подпятников, корпусов, стаканов с отверстием. Основные способы получения подобных втулок методами холодной штамповки – это прямое и обратное выдавливание с просечной перемычки, торцовая раскатка, высадка и радиальное выдавливание трубчатой заготовки. При прямом и обратном выдавливании критическая высота перемычки (до просечки) должна быть равна толщине стенки детали [1], что ограничивает номенклатуру штампуемых изделий и увеличивает технологические припуски под механообработку. Процесс торцовой раскатки требует специализированного оборудования [2] и менее производителен по сравнению с процессами штамповки. При радиальном выдавливании трубчатой заготовки в штампах приходится использовать узлы запираания, что усложняет конструкцию штампа [3]. Одним из распространенных методов анализа процессов выдавливания является энергетический метод верхней оценки. В работе [4] рассмотрен процесс радиального выдавливания фланца из сплошной заготовки, силовая оценка которого не учитывает коэффициент трения. В работе [5] проведена верхняя оценка силовых параметров при выдавливании инструментом с криволинейным профилем, в которой нарушается принцип равенства внешних и внутренних сил за счет деления не на активную длину линии контакта заготовки и инструмента. Также дважды учитывается граница

© Л.И.Алиева, С.В.Мартынов, К.В.Гончарук, 2012

среза между блоками при суммировании модульных оценок. Поэтому задача исследования силового режима высадки внутреннего фланца из трубчатой заготовки является актуальной.

Цель данного исследования – исследование силового режима процесса высадки внутреннего фланца методом верхней оценки из трубчатой заготовки с использованием оправки с острой и радиусной переходной кромкой. Оценка влияния трения и геометрических параметров на приведенное давления деформирования.

Рассмотрим задачу высадки фланца из трубчатой заготовки. При решении задачи энергетическим методом верхней оценки (рис.1.) объемная осесимметричная задача сводится к плоскому деформированному состоянию. Очаг деформации разбивается на ряд жестких зон. Деформация сводится к перемещению этих зон относительно друг друга. Соблюдение кинематических граничных условий проверяется построением годографа скоростей. Зоны 1 и 0 являются жесткими недеформируемыми.

Приведенное давление \bar{p} рассчитывается по формуле (1):

$$\bar{p} = \frac{1}{2 \cdot b \cdot V_0} \left[\sum l_{ij} \cdot V_{ij} + 2 \cdot \mu_s \cdot \sum l_{ik} \cdot V_{ik} \right], \quad (1)$$

где b – длина линии контакта заготовки и инструмента (по сечению);

l_{ij}, V_{ij} – длина границы контакта и скорость относительного движения блоков, между которыми происходит срез. Величины l_{ij}, V_{ij} определяются из принятого поля скоростей и соответствующего ему годографа скоростей;

l_{ik}, V_{ik} – длина границы контакта и скорость относительного движения инструмента и заготовки.

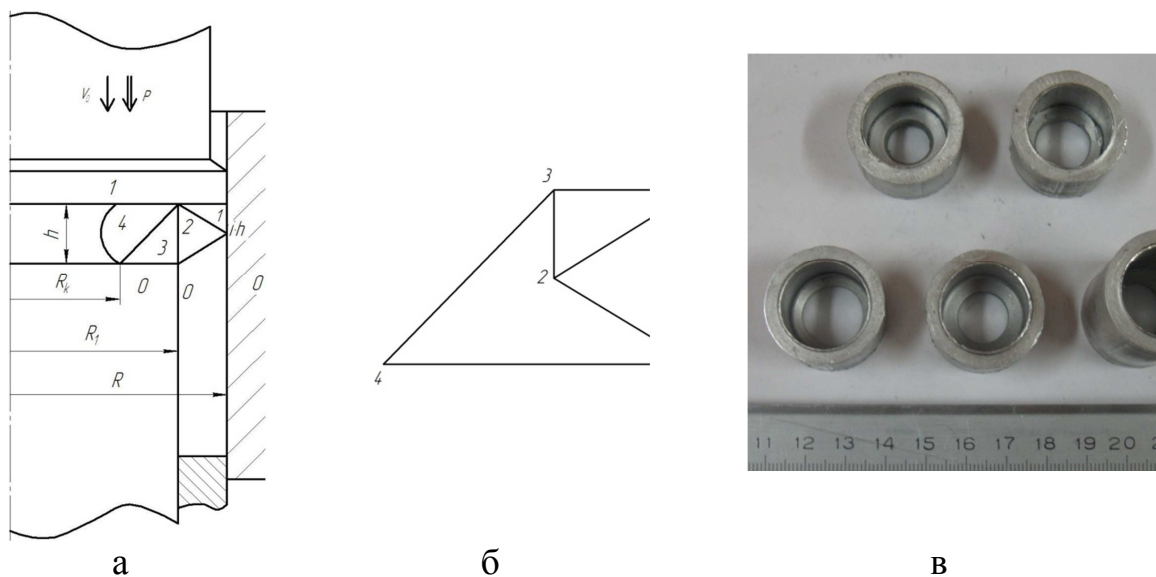


Рис. 1. – Решение задачи методом верхней оценки:
а - схема процесса высадки; б - годограф скоростей; в - полученные детали

Для процесса высадки уравнение энергетического баланса выглядит (2):

$$\bar{p} = \frac{1}{2BV_0} \cdot (l_{12} \cdot V_{12} + l_{02} \cdot V_{02} + l_{23} \cdot V_{23} + l_{34} \cdot V_{34} + 2 \cdot \mu_s \cdot [l_{10} \cdot V_{10} + l_{30} \cdot V_{30} + l_{41} \cdot V_{41}]). \quad (2)$$

Определим длины границ контакта и скорости относительного движения блоков, между которыми происходит срез, длины границ контакта и скорости относительного движения инструмента и заготовки (табл. 1), принимая, что $V_0 = h_1$.

Таблица 1. – Определение длин границ и скоростей перемещения.

ij	l_{ij}	V_{ij}
1.2	$\sqrt{(1-\bar{R})^2 + (i \cdot \bar{h})^2}$	$\sqrt{(1-\bar{R})^2 + (i \cdot \bar{h})^2}$
0.2	$\sqrt{(1-\bar{R})^2 + (\bar{h} - i \cdot \bar{h})^2}$	$\sqrt{(1-\bar{R})^2 + (\bar{h} - i \cdot \bar{h})^2}$
2.3	\bar{h}	$\bar{h} - i \cdot \bar{h}$
3.4	$\sqrt{(1-\bar{R}_k)^2 + \bar{h}^2}$	$\sqrt{(1-\bar{R}_k)^2 + \bar{h}^2}$
1.0	$i \cdot \bar{h}$	\bar{h}
3.0	$\bar{R} - \bar{R}_k$	$1 - \bar{R}$
4.1	$\bar{R} - \bar{R}_k$	$1 - \bar{R}_k$

Примечание: $\bar{R} = \frac{R}{R_1}$; $\bar{R}_k = \frac{R_k}{R_1}$; $\bar{h} = \frac{h}{R_1}$; $i = 0, 0.1 \dots 1$.

Подставляя в уравнение энергетического баланса полученные длины границ контакта и скорости относительного движения блоков, между которыми происходит срез, а также длины границ контакта и скорости относительного движения инструмента и заготовки получим (3):

$$\bar{p} = \frac{1}{2 \cdot (1 - \bar{R}_k) \cdot \bar{h}} \cdot \left[\begin{aligned} & \left(\sqrt{(1 - \bar{R})^2 + (i \cdot \bar{h})^2} \right)^2 + \left(\sqrt{(1 - \bar{R})^2 + (\bar{h} - i \cdot \bar{h})^2} \right)^2 + \\ & + \bar{h} \cdot (\bar{h} - i \cdot \bar{h}) + \left(\sqrt{(1 - \bar{R}_k)^2 + \bar{h}^2} \right)^2 + \\ & + 2 \cdot \mu_s \cdot \left[i \cdot \bar{h}^2 + (\bar{R} - \bar{R}_k) \cdot (1 - \bar{R}) + \right. \\ & \left. + (\bar{R} - \bar{R}_k) \cdot (1 - \bar{R}_k) \right] \end{aligned} \right] \quad (3)$$

Критерием оптимизации является минимум приведенного давления. Оптимальные значения параметров для высадки: $i = 0.7$, тогда приведенное давление будет равняться (4):

$$\bar{p} = \frac{1}{2 \cdot (1 - \bar{R}_k) \cdot \bar{h}} \cdot \left[\begin{aligned} & \left(\sqrt{(1 - \bar{R})^2 + (0.7 \cdot \bar{h})^2} \right)^2 + \left(\sqrt{(1 - \bar{R})^2 + (\bar{h} - 0.7 \cdot \bar{h})^2} \right)^2 + \\ & + (\bar{h}^2 - 0.7 \cdot \bar{h}^2) + \left(\sqrt{(1 - \bar{R}_k)^2 + \bar{h}^2} \right)^2 + \\ & + 2 \cdot \mu_s \cdot \left[0.7 \cdot \bar{h}^2 + (\bar{R} - \bar{R}_k) \cdot (1 - \bar{R}) + \right. \\ & \left. + (\bar{R} - \bar{R}_k) \cdot (1 - \bar{R}_k) \right] \end{aligned} \right] \quad (4)$$

Полученный график зависимости приведенного давления от относительной высоты фланца (рис. 2, а) показывает, что увеличение высоты фланца до величины $\bar{h}_1 = 0.35$, приводит к снижению приведенного давления, что объясняется уменьшением степени деформации, а при дальнейшем увеличении высоты фланца наблюдается незначительное повышение приведенного давления. При увеличении относительной величины радиуса оправки (рис. 2, б) величина приведенного давления деформирования уменьшается. Для трения $\mu_s = 0.0,2$ наблюдается точка минимума давления.

В процессах высадки с целью улучшения условий течения металла, снижения градиента деформации используют радиусные переходные кромки. Также выраженные радиусные переходные кромки характерны для деталей типа подпятников. Поэтому рассмотрим плоскую задачу высадки на оправке со скругленной кромкой. Разрывное поле скоростей представлено жесткими треугольными и криволинейными трехузловыми элементами (рис. 3).

Используем модульный подход для проведения анализа энергосиловых параметров [6]. Примем, что жесткие треугольные модули с прямолинейными границами 1, 2 и 5 представляют собой отдельный блок А, а криволинейные элементы 3,4 – блок В. В таком случае приведенное давление деформирования определяется по формуле 5. Для определения приведенного давления в блоке А воспользуемся формулой 4 без компоненты $l_{23} \cdot V_{23}$. Следует учитывать, что при расчете схемы состоящей из двух блоков А и Б для совпадений вершин линий разрывного поля значение длины линии трения блока А следует рассчитывать как $l_{03} = \bar{R} - \bar{R}_{k1} - \bar{R}_m$.

$$\bar{p} = \bar{p}_A + \bar{p}_B, \tag{5}$$

где \bar{p}_A и \bar{p}_B – приведенное давление соответственно в блоках А и В.

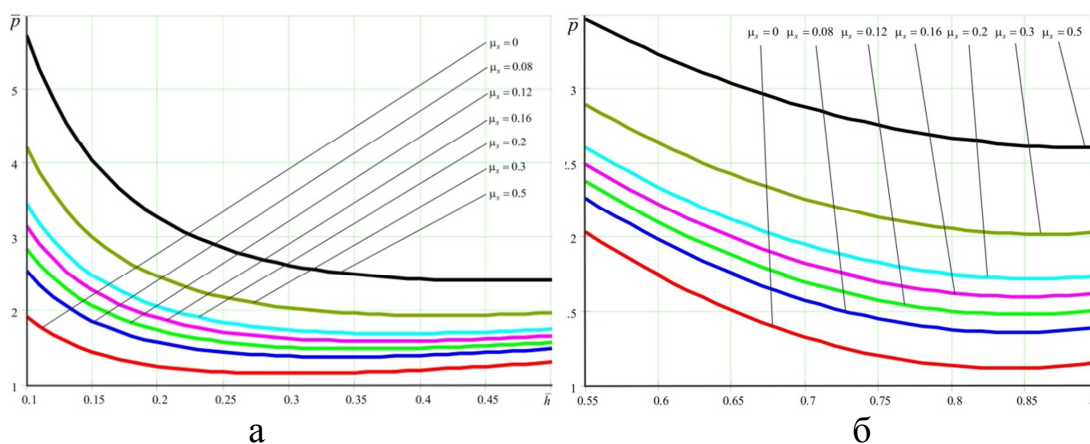


Рис. 2. – Графики зависимости приведенного давления: а - от относительной высоты фланца; б - от относительного радиуса оправки при различных коэффициентах трения

Подставляя полученные выражения (табл. 2) в (1) получаем выражение (6). Графический анализ полученной зависимости представлен на (рис. 4).

Из полученного графика зависимости приведенного давления от относительной высоты фланца (рис. 4, а) видно, что увеличение высоты фланца до величины $\bar{h}_1 = 0.35$, приводит к снижению приведенного давления, что объясняется уменьшением степени деформации, а при дальнейшем увеличении высоты фланца наблюдается незначительное повышение приведенного давления.

Таблица 2. – Значения длин линий разрыва блоков и скоростей годографа

ij	l_{ij}	V_{ij}
1	2	3
0-3	$\frac{\pi}{2} \cdot R_m$	$R_m \cdot \frac{R_1 - R}{F}$
2-3	$\left(\pi - \arctan \frac{R_m}{F} - \arcsin \frac{f}{R_2} \right) \cdot R_2$	$R_2 \cdot \frac{R_1 - R}{F}$

Продолжение таблицы 2

1	2	3
3-4	$\arccos\left(\frac{2 \cdot R_3^2 - f^2 - h_1^2}{2 \cdot R_3^4}\right) \cdot R_3$	$R_3 \cdot \frac{R_1 - R}{F}$

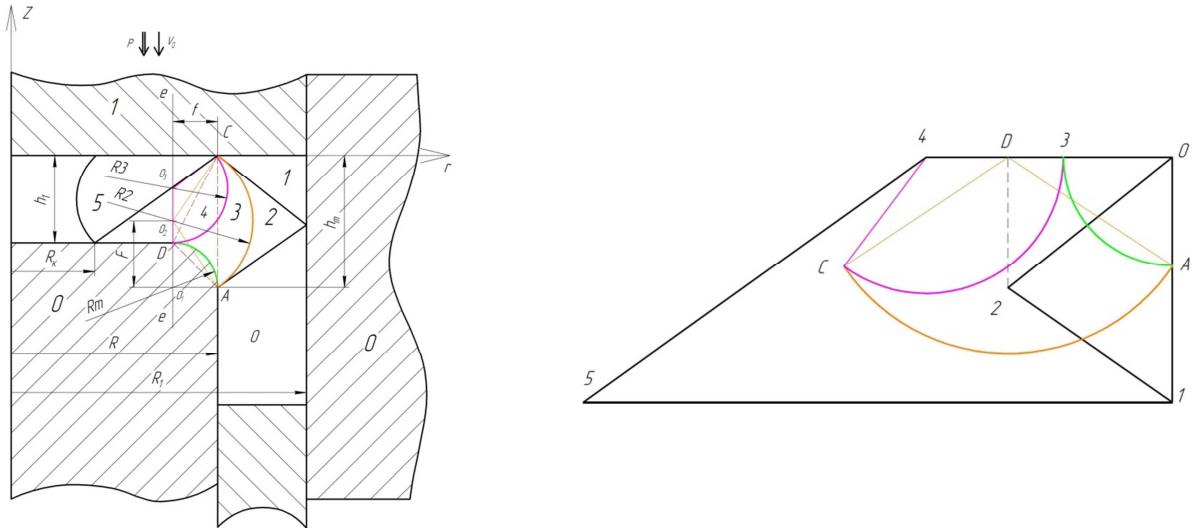


Рис. 3. – Плоская задача высадки на оправке со скругленной кромкой:
 а - схема процесса высадки с радиусной переходной кромкой; б - годограф скоростей

$$\bar{p}_B = \frac{1}{2 \cdot V_0 \cdot b} \cdot (l_{23} \cdot V_{23} + l_{34} \cdot V_{34} + 2 \cdot \mu \cdot l_{03} \cdot V_{03}) =$$

$$= \frac{1}{2 \cdot (R_m + h_1) \cdot (R_1 - R_k)} \left(\left(\pi - \arctan \frac{R_m}{F} - \arcsin \frac{f}{R_2} \right) \cdot R_2^2 \cdot \frac{R_1 - R}{F} + \right.$$

$$\left. + \arccos\left(\frac{2 \cdot R_3^2 - f^2 - h_1^2}{2 \cdot R_3^4}\right) \cdot R_3^2 \cdot \frac{R_1 - R}{F} + \right.$$

$$\left. + 2\mu \cdot \frac{\pi}{2} \cdot R_m^2 \cdot \frac{R_1 - R}{F} \right) \quad (6)$$

При увеличении величины относительного внутреннего радиуса оправки (рис. 4, б) величина приведенного давления деформирования уменьшается, что объясняется уменьшением приведенного давления для блока А, в следствии уменьшения длин среза 1–2, 0–2 (см. рис. 3).

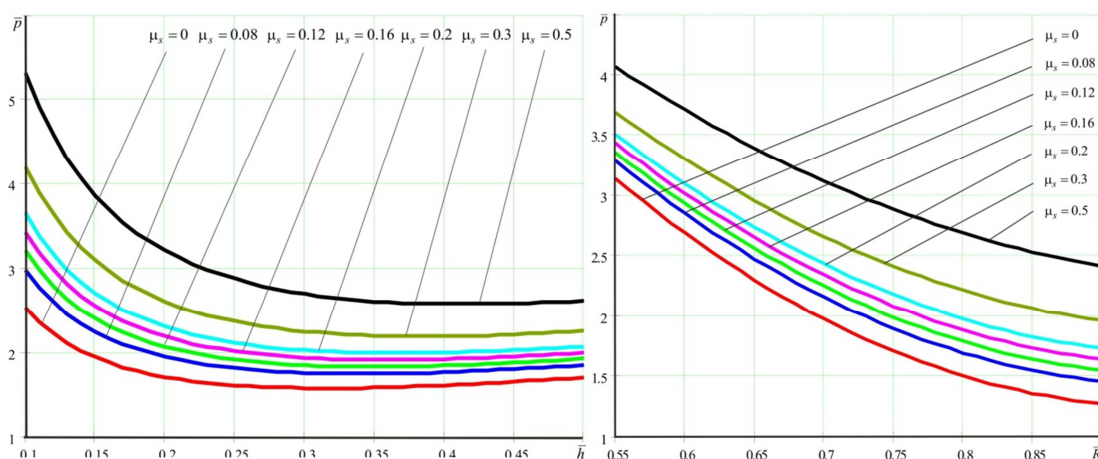


Рис. 4. – Графический анализ полученных зависимостей: а - график зависимости приведенного давления от относительной высоты фланца; б - график зависимости приведенного давления относительного радиуса оправки при различных коэффициентах трения

Выводы. Проведено исследование силового режима процесса высадки внутреннего фланца методом верхней оценки из трубчатой заготовки с использованием оправки с острой и радиусной переходной кромкой. Оптимальным значением параметра i , характеризующего положение очага деформации, является 0,7. Установлено влияние трения, относительной высоты фланца и относительного радиуса закругления переходной кромки оправки на приведенное давление деформирования. Полученные теоретические зависимости превышают экспериментальные не более чем на 15 %.

Список литературы: 1. Огородников В.А. Оценка деформируемости металлов при обработке металлов давлением / В.А. Огородников – Киев: Вища школа, 1983. – 175 с. 2. Матвійчук В. А. Розробка процесів штампування порожнистих виробів методами видавлювання та обкочування / В. А. Матвійчук, В. М. Михалевич, В. О. Краєвський, Л. І. Алієва // Совершенствование процессов и оборудования обработки в металлургии и машиностроении.– Тем. сб. научн. тр., Донбасская государственная машиностроительная академия, Краматорськ. – 2003. С. 359–363. 3. Пат. 51884 Україна, В21J13/02. Штмп для отримання порожнистих деталей з внутрішнім фланцем / Л.І. Алієва, С.В. Мартинов, Н.С. Грудкіна; заявник і патентовласник Донбаська державна машинобудівна академія.. – № 200913740; Заявл. 28.12.2009; Опубл. 10.08.2010, Бюл. № 15. 4. Алюшин Ю.А. Теоретические основы энергетических методов расчета процессов обработки металлов давлением: Учебное пособие / Ю.А. Алюшин, С.А. Еленев – РИСХМ. Ростов н/Д., 1987. – 106 с. 5. Алиева Л.И. Верхняя оценка силовых параметров при выдавливании инструментом с криволинейным профилем / Л.И. Алиева, Р.С. Борисов, А.И. Лобанов // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні: Зб. наук. пр. – ДДМА Краматорськ, 2004 – С. 340 – 344. 6. Алиев И.С. Методика анализа процессов точной объемной штамповки с помощью модульных полей скоростей / И.С. Алиев // Разработка и исследование высокоэффективных технологических процессов, оснастки и оборудования. Обработка металлов давлением. Тематический сборник научных трудов. – Киев: УМК ВО, 1990. – С. 7–17.

Надійшла до редколегії 12.10.2012

УДК 621.7

Исследование силового режима процесса высадки внутреннего фланца из трубной заготовки методом верхней оценки / Алиева Л.И., Мартынов С.В., Гончарук К.В.// Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХП». – 2012. – №46(952). – С. 7–13. – Бібліогр.: 6 назв.

Проведено дослідження силового режиму процесу висадки внутрішнього фланця методом верхньої оцінки з трубчастої заготовки з використанням оправки з гострою і радіусною переходною кромкою. Оптимальним значенням параметра i , що характеризує положення осередку деформації, є 0,7. Встановлено вплив тертя, відносної висоти фланця і відносного радіуса заокруглення переходною кромкою оправки на приведений тиск деформування.

Ключові слова: висадка, фланець, метод верхньої оцінки, тиск.

A study of the power mode of the process by draught the inner flange of the upper bound of the tubular workpiece using a mandrel with a sharp edge and the radiused transition. Optimal value of the parameter i that characterizes the position of the deformation zone is 0.7. The effect of friction, flange height and relative radius of curvature at the transition edge mandrel reduced pressure deformation..

Keywords: draught, flange, the upper bound method, pressure.

УДК 621.7.044

Р. Г. АРГАТ, ст. преп., КрНУ, Кременчуг

Р. Г. ПУЗЫРЬ, канд. техн. наук, доц., КрНУ, Кременчуг

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО ТОЛСТОЛИСТОВЫХ ЗАГОТОВОК С ЦЕЛЬЮ РАСШИРЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОЦЕССА ДЕФОРМИРОВАНИЯ

В статье проанализированы возможности формоизменения листовых заготовок операцией вытяжки без прижима фланца. Показано, что коэффициент вытяжки зависит от геометрических параметров заготовки и получаемого изделия и геометрии инструмента. Теоретически обосновано, что на величину приращения меридиональных напряжений от изгиба заготовки на кромке матрицы большое влияние оказывает радиус закругления кромки и угол между образующей конуса и осью симметрии.

Ключевые слова: формоизменение, матрица, способ вытяжки, складкообразование, штамп.

Вступление. Производство деталей листовой штамповкой считается достаточно эффективным и экономичным способом, о чем свидетельствует высокое качество получаемой продукции, малоотходность технологий, а значит и конкурентоспособность. Особое место среди множества операций листовой штамповки занимает вытяжка, с помощью которой получают изделия осесимметричной, коробчатой и сложной несимметричной форм.

Анализ последних исследований и литературы. Теоретическому и экспериментальному изучению операций вытяжки, определению напряженно-деформированного состояния, предельных коэффициентов вытяжки, условий прочности опасного сечения посвящено значительное количество работ В.П. Романовского [1], Ю.А. Аверкиева [3], Л.А. Шофмана [4], М.В. Сторожева [5], Е.А. Попова [6] и других исследователей, откуда следует, что процесс вытяжки листовых деталей изучен достаточно полно. Однако в этих исследованиях имеются некоторые расхождения, которые для совершенствования процесса требуют уточнения.

Цель исследований, постановка проблемы. Целью работы является теоретическое определение условий и параметров устойчивого формоизменения при вытяжке осесимметричных деталей без прижима фланца заготовки.

Материалы исследований. Вытяжка без прижима нашла применение при изготовлении цилиндрических, конических и даже квадратных изделий без фланца из относительно толстого металла.

Возможность вытяжки без прижима регламентируется двумя факторами: при относительно малой толщине заготовки – складкообразованием конического фланца от воздействия окружных сжимающих напряжений или при относительно большой толщине локальной деформацией по толщине стенки, завершающейся разрывом в зоне сопряжения дна и стенки вытягиваемой детали.

Образование гофров (складкообразование) возможно за счет развитых сжимающих тангенциальных напряжений. Применение прижима при выполнении вытяжки исключает возможность образования гофров. Однако для процесса вытяжки прижим заготовки нежелателен, так как он значительно увеличивает вредное сопротивление трения,

© Р.Г.Аргат, Р.Г. Пузырь, 2012