

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

а, следовательно, растягивающие напряжения в опасном сечении, и ухудшает условия вытяжки. Кроме того, складкодержатель усложняет конструкцию штампа и удорожает его [1].

Таким образом, необходимость применения прижима-складкодержателя зависит от потери устойчивости заготовки при вытяжке, которая, в свою очередь, зависит от степени деформации (коэффициента вытяжки), относительной толщины заготовки и геометрии вытяжной матрицы.

Приближенное условие потери устойчивости заготовки [1]

$$\frac{s}{D}100 \leq 4,5(1 - m_1),$$

где s – толщина заготовки;

D – диаметр заготовки;

m_1 – коэффициент вытяжки.

В табл. 1 приведены приближенные данные, характеризующие возможности применения вытяжки без прижима [1].

Таблица 1. – Пределы применения вытяжки с прижимом и без прижима заготовки.

Способ вытяжки	Относительная толщина (S/D) 100%	Коэффициенты вытяжки	
		m_1	m_2
Вытяжка с прижимом	2–0,05	0,46–0,6	0,70–0,8
Вытяжка без прижима	> 3–1,0	0,60–0,8	0,78–0,9

По данным Е. Н. Мошнина [3] возможность складкообразования при вытяжке в матрице со скругленной рабочей кромкой может быть установлена с помощью граничных кривых, построенных по результатам использования уравнений теории устойчивости и теории пластического течения при различных радиусах скругления матрицы z_M (кривые 1 и 2 на рис. 1), с увеличением которых предельная степень деформации, характеризуемая коэффициентом K , увеличивается. Кривая 3 построена по результатам теоретических исследований Л.А. Шофмана.

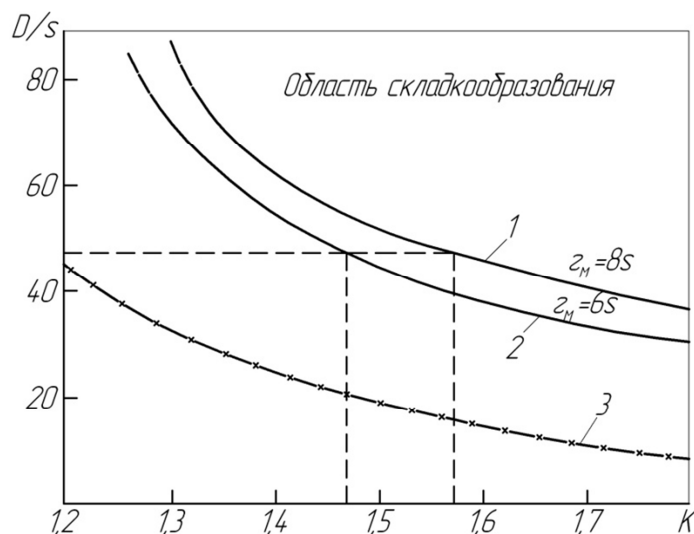


Рис. 1 – Кривые, устанавливающие область вытяжки без прижима и область складкообразования

Как видно из приведенных графиков существуют вполне определенные зоны штамповки без образования гофров, но данные исследователей существенно расходятся.

В начальный момент вытяжки без прижима заготовки в радиальной матрице наблюдается изгиб фланца относительно рабочей кромки на некоторый угол α (рис. 2). Поворот фланца происходит под действием изгибающего момента, который возникает вследствие смещения сил, приложенных к заготовке со стороны пуансона и матрицы. В связи с подъемом фланца над плоскостью матрицы он принимает коническую форму.

Напряженное состояние при деформировании принимаем плоским – поверхности заготовки свободны от напряжений и толщина заготовки мала по сравнению с ее диаметром (рис. 2). Для определения поля напряжений во фланцевой части заготовки необходимо решить совместно уравнения равновесия для осесимметричного деформирования совместно с уравнением пластичности по гипотезе максимальных касательных напряжений [6]

$$\rho \frac{d\sigma_\rho}{d\rho} + \sigma_\rho - \sigma_\theta = 0; \quad (1)$$

$$\sigma_\rho - \sigma_\theta = \sigma_s, \quad (2)$$

где σ_ρ и σ_θ – нормальные напряжения, действующие в меридиональном и широтном направлениях.

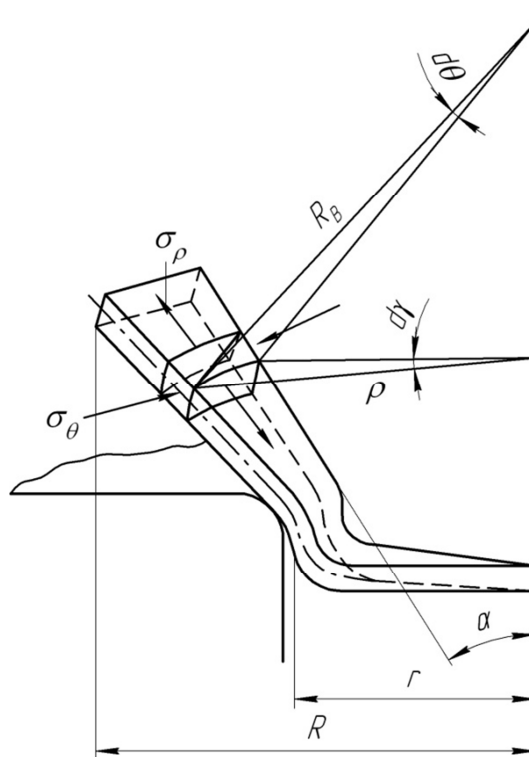


Рис. 2. – Схема вытяжки без прижима

Совместное решение уравнений (1) и (2) дает дифференциальное уравнение

$$d\sigma_\rho = -\sigma_s \frac{d\rho}{\rho}. \quad (3)$$

Используя граничные условия при $\rho = R, \sigma_\rho = 0$ получим

$$\sigma_\rho = \sigma_s \ln \frac{R}{\rho}; \quad (4)$$

$$\sigma_{\theta} = -\sigma_s \left(1 - \ln \frac{R}{\rho} \right). \quad (5)$$

Таким образом, получены выражения для расчета нормальных напряжений, действующих по толщине заготовки в зависимости от переменного радиуса [6].

Из приведенных зависимостей видно, что для уменьшения тангенциальных напряжений во фланце заготовки нужно увеличивать меридиональные растягивающие напряжения.

Как правило, вытяжку без прижима заготовки ведут в матрице с конической заходной частью [3], так как вероятность складкообразования в таких матрицах меньше, чем в цилиндрических с радиальной заходной частью. Складкообразование при вытяжке в конической матрице зависит не только от относительной ширины фланца и радиуса скругления матрицы, но и от угла наклона ее образующей, который принимают равным $30-45^\circ$ при вытяжке относительно тонкостенных стаканов ($d/s > 30$) и $15-20^\circ$ при вытяжке относительно толстостенных стаканов ($d/s < 30$).

Диаметр заходной части конической матрицы D_B должен быть немногим менее диаметра заготовки $D_e \approx 0,9D_0$ [3].

Вытяжку без прижима заготовки можно проводить в матрице, у которой образующая рабочей полости имеет форму трактрисы [3]. Деформируясь в такой матрице, фланец заготовки приобретает двоякую кривизну, что, вероятно, способствует повышению его несущей способности. При этом повышается критическая степень деформации при одновременном увеличении износостойкости матрицы.

Экспериментально установлено, что предельно допустимая степень деформации при вытяжке в конической матрице ($\varphi = 30^\circ$) выше, чем в радиальной, а при вытяжке в трактрисной матрице – выше, чем в конической. Однако, несмотря на преимущества, трактрисные матрицы широкого практического применения не получили в связи с более высокой стоимостью их изготовления по сравнению со стоимостью изготовления конических матриц.

В табл. 2 приведены предельно допустимые коэффициенты вытяжки без складкодержателя в матрице конической формой с углом 60° при различной относительной толщине заготовки и различном отношении d_2/d_1 .

На последующих операциях вытяжка без прижима применяется значительно чаще. Этому способствует повышенная жесткость и устойчивость заготовки цилиндрической формы, получившей упрочнение на первой операции вытяжки. Точные пределы вытяжки без прижима на последующих операциях еще не установлены.

Таблица 2. – Предельная величина коэффициентов вытяжки без складкодержателя в штампе с конической матрицей

Отношение d_2/d_1	Коэффициенты при относительной толщине заготовки (S/D) 100 %				
	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
0,6	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58
0,7	0,58	0,60	0,62	0,64	0,66
0,8	0,66	0,68	0,70	0,72	0,75

Примечание. d_2/d_1 – отношение нижнего диаметра конуса матрицы к верхнему.

Напряжения σ_{θ} , действующие в широтных направлениях по конической поверхности заготовки, образуют относительно кромки матрицы момент, уравнивающий изгибающий момент, изменяющий кривизну срединной поверхности элементов при их переходе на скругленную кромку матрицы. Рассматривая равновесие секторного элемен-

та (рис. 2) Е.А. Попов [6] установил, что элементарный момент, образованный силами от напряжений σ_θ может быть записан так

$$dM_\theta = 2\sigma_\theta s \frac{d\rho}{\sin \alpha} \frac{d\theta}{2} \frac{\rho - r}{\sin \alpha}, \quad (6)$$

где α – угол между образующей конуса и осью симметрии.

Интегрируя (6) в пределах от $\rho = R$ до $\rho = r$ и приняв в первом приближении, что угол α постоянен по радиусу, а σ_s и $d\gamma$ не зависят от радиуса была определена величина момента, созданного действием σ_θ

$$M_\theta = \int_r^R dM_\theta = \frac{\sigma_s s d\gamma}{2 \operatorname{tg} \alpha \sin \alpha} \int_r^R (1 - \ln R + \ln \rho)(\rho - r) d\rho = \frac{\sigma_s s d\gamma}{2 \operatorname{tg} \alpha \sin \alpha} \left(\frac{R^2 - r^2}{2} - r^2 \ln \frac{R}{r} \right). \quad (7)$$

Момент, отнесенный к единице длины равен

$$M_I = \frac{M_\theta}{rd\gamma} = \frac{\sigma_s s}{2 \operatorname{tg} \alpha \sin \alpha} \left(\frac{R^2 - r^2}{2} - r^2 \ln \frac{R}{r} \right). \quad (8)$$

Результаты исследований. Можно принять, что $\dot{\lambda} = \frac{1}{4} \sigma_s s^2$ и $M = M_I$ [6], тогда получим следующее выражение для приращения $\Delta \sigma_\rho$ от изгиба и спрямления

$$\Delta \sigma_\rho = \frac{\dot{\lambda}}{sR_\rho}, \quad (9)$$

и в развернутом виде

$$\Delta \sigma_\rho = \frac{\sigma_s}{(2r_i + s) \operatorname{tg} \alpha \sin \alpha} \left(\frac{R^2 - r^2}{2} - r^2 \ln \frac{R}{r} \right), \quad (10)$$

где r_i - радиус закругления матрицы.

Анализ полученной зависимости показал, что увеличение коэффициента вытяжки, т.е. разности диаметральных размеров заготовки и полуфабриката способствует росту приращения меридиональных напряжений (выражение в скобках увеличивается), увеличение радиуса закругления вытяжного ребра матрицы уменьшает приращения растягивающих напряжений и с ростом угла α происходит быстрое уменьшение приращения меридиональных напряжений.

Данная зависимость показывает, что увеличение толщины заготовки не оказывает значительного влияния на приращение меридиональных напряжений, но это только потому, что отношение $\frac{s}{D}$, от которого зависят коэффициенты вытяжки, не входит в явном виде в полученное выражение.

Выводы. Таким образом, обзор литературных источников совместно с теоретическим анализом полученных аналитических зависимостей показал, что для устойчивого деформирования заготовок операцией вытяжки без прижима в радиальной матрице необходимо при заданном коэффициенте вытяжки и толщине заготовки применять матрицы с малым радиусом закругления вытяжного ребра (что увеличивает растягивающие меридиональные напряжения) и стремится к уменьшению угла α между образующей конуса и осью симметрии. Выполнение этого требования входит в противоречие, так как, хотя на данный момент не существует зависимостей для изменяющегося в процессе деформации

угла конусности от радиуса закругления ребра матрицы, но можно предположить, что с увеличением радиуса вытяжной кромки матрицы угол конусности на начальном этапе деформирования уменьшается, что обеспечивает вытяжку без гофрообразования.

Список литературы: 1. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке / В.П. Романовский. – Л.: Машиностроение, 1979. – 520 с. 2. Справочник конструктора штампов. Листовая штамповка / [В.Л.Марченко, Л.И. Рудман, А.И. Зайчук и др.]; под ред. Л. И. Рудмана. – М.: Машиностроение, 1988. – 496 с. 3. Аверкиев Ю. А. Технология холодной штамповки / Ю.А. Аверкиев, А.Ю Аверкиев – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с. 4. Шофман Л. А. Элементы теории холодной штамповки / Л. А. Шофман – М.: Оборонгиз, 1952. – 335 с. 5. Сторожев М. В. Теория обработки металлов давлением / М. В. Сторожев, Е. А. Попов. – М.: Машиностроение, 1977. – 423 с. 6. Попов Е.А. Основы теории листовой штамповки / Е.А. Попов. – М.: Машиностроение, 1977. – 278 с.

Надійшла до редколегії 19.10.2012

УДК 621.7.044

Анализ условий формоизменений относительно толстолистовых заготовок с целью расширения возможностей процесса деформирования/ Аргат Р.Г., Пузырь Р.Г.// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків НТУ «ХПІ». – 2012. – № 46(952). – С. 13-18. – Бібліогр.:6.

У статті проаналізовані можливості формозмін листових заготовок операцією витягування без притиску фланця. Показано, що коефіцієнт витягування залежить від геометричних параметрів заготовки, виробу, що отримується і геометрії інструменту. Теоретично обґрунтовано, що на величину приросту меридіонального напруження від вигину заготовки на кромці матриці великий вплив чинить радіус закруглення кромки і кут між утворюючою конуса і віссю симетрії.

Ключові слова: формозміна, матриця, спосіб витягування, складкоутворення, штамп.

In the article possibilities changes of form of sheet purveyances are analysed by the operation of extraction without the clamp of flanc. It is shown that the coefficient of extraction depends on the geometrical parameters of purveyance and got good and geometry of instrument. It is reasonable in theory, that on an increment of meridional tensions size from the bend of purveyance on the edge of matrix large influence renders the radius of rounding of edge and corner between the generatrix of cone and axis of symmetry.

Keywords: changes of form, matrix, method of extraction, formation of folds, stamp.

УДК 621.979.1

Е. М. ВАНЮШЕНКО, студентка, НТУ «ХПІ»

К. В. ГРЕБЕННИК, студент, НТУ «ХПІ»

В. Я. ДАНИЛЕНКО, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПІ»

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА РАБОЧИХ ОРГАНОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА ШТАМПОВОЧНОГО МОЛОТА

В статье выполнен анализ работы паровоздушного штамповочного молота (ПШМ), работающего на воздухе, и влияние износа золотника и золотниковой втулки на энергосиловые параметры и производительность молота. Выполненные исследования позволяют скорректировать работу ПШМ в производственных условиях, и сделать вывод о необходимости в процессе эксплуатации ПШМ своевременно осуществлять смазку сопрягаемых деталей распределительного механизма и не допускать чрезмерного их износа.

Ключевые слова: паровоздушный штамповочный молот, распределительный механизм молота, мятая пара или воздуха, нижняя и верхняя полости цилиндра.

© Е.М. Ванюшенко, К.В. Гребенник, В.Я. Даниленко, 2012