

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМЫ И РАЗМЕРОВ ЗАГОТОВКИ И ПЕРЕХОДОВ ОБЖИМА

А.А.Юсупов, А.А.Икрамов

(Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, г. Ташкент, Узбекистан)

Для получения штампованной детали с толщиной стенки, равной толщине заготовки из листа необходимо согласование толщенных деформаций утонения при вытяжке и утолщения при последующем обжиге.

Зная утонение при вытяжке — величина утонения определяется по зависимости (4,5) — определим форму и размеры заготовки, обжим которой позволит получить деталь без утолщения материала.

Порядок пользования номограммой следующий. Пусть необходимо определить величину радиуса скругления при получении обжимом цилиндрической заготовки детали, имеющей конусность $\alpha=12^\circ$ и соотношение диаметров $d/D=0,6$. Величина утонения, образовавшегося на операции вытяжки $\varepsilon_s = -0,18$.

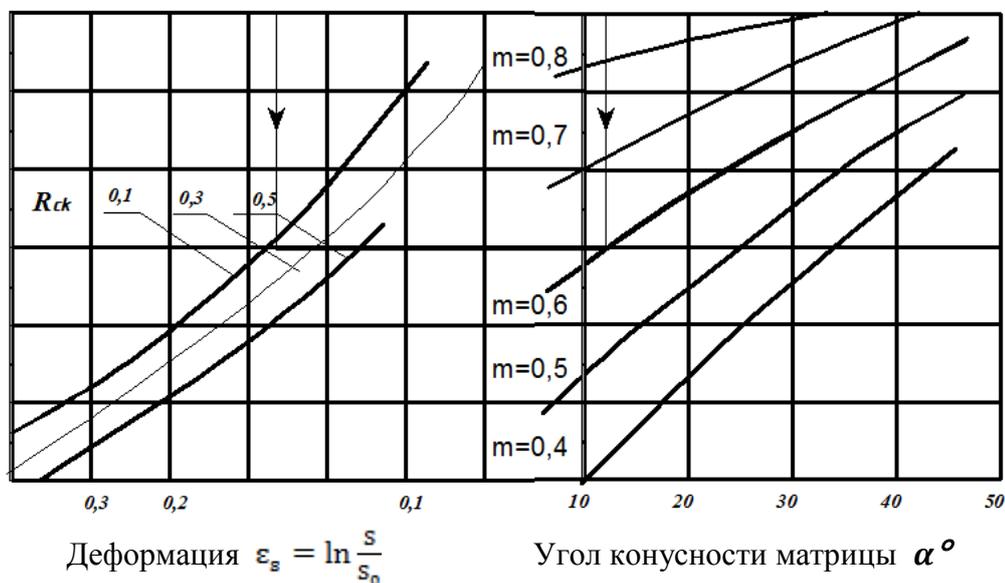


Рис.1. Номограмма определения толщенных деформаций при обжиге в конической матрице.

1. Из точки горизонтальной оси первого сектора, соответствующая заданной величине конусности, опускаем вертикаль до пересечения кривой, соответствующей $m = 0,6$.

2. От точки пересечения этих линий проводим горизонталь во второй сектор номограммы.

3. Во втором секторе проводим вертикальную линию, соответствующую деформации утонения при вытяжке $\varepsilon_s = 0,18$. Точка пересечения двух прямых во втором секторе даст искомое значение относительного радиуса скругления заготовки

$$\overline{R_{ck}} = \frac{R_{ck}}{R_3} = 0,18.$$

Из номограммы видно, что изменяя радиус скругления заготовки можно менять величину максимальной деформации по толщине можно лишь в определенных пределах. Может возникнуть сочетание геометрических размеров и утонения материала при вытяжке, при котором обжим цилиндрической заготовки приводит к получению детали с утолщением в зоне радиусного перехода. В этом случае возможны следующие варианты.

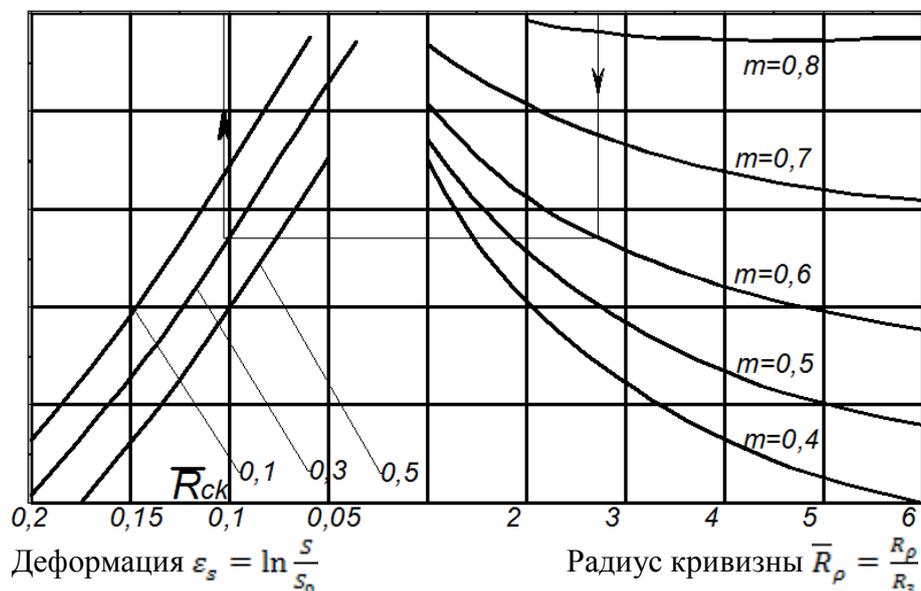


Рис. 2. Номограмма определения толщенных деформаций при обжиге в матрице с криволинейной образующей.

Если деталь получается за один переход обжима (необходимая степень обжима для получения детали ниже предельной), оставить деталь с некоторым утолщением.

В противном случае от обжима цилиндрической заготовки переходить к обжигу цилиндрического придонного участка сужающейсяковки. В этом случае пользуясь номограммой, определяется исходный диаметр придонного цилиндрического участка. Для этого необходимо:

1. Задаться в зависимости от толщины материала величиной относительного радиуса скругления $\overline{R_{ck}}$.
2. Из точки горизонтальной оси второго сектора, соответствующей величине утонения при вытяжке, опускается вертикаль до пересечения с кривой, соответствующей выбранному значению радиуса скругления $\overline{R_{ck}}$.
3. Из точки пересечения этих линий проводится горизонтальный сектор номограммы.
4. Точка пересечения вертикали в первом секторе, соответствующей величине конусности, с горизонтальной линией дает искомую величину коэффициента обжима m , через который, зная значение конечного диаметра детали и определяется исходный диаметр приданного цилиндрического участка перед обжимом.

На рис. 2 приведена номограмма, связывающая величину максимальной деформации по толщине с параметрами процесса при обжиге и матрице с криволинейной образующей. Порядок пользования номограммой аналогичен выше описанному.

А.А. Бебрсом [1] при исследовании предельных возможностей формоизменения при обжиге трубной заготовки установлено, что потеря устойчивости может наблюдаться нескольких видов.

В начальный момент обжима при соприкосновении торца заготовки с матрицей образуется расчетная схема в виде цилиндрической заготовки, к торцу которой приложено равномерное давление. При определенных соотношениях S_0/R_3 может возникнуть упругая потеря устойчивости.

Если $S_0/R_3 > (S_0/R_3)_{упр}$, напряжения в заготовке достигают предела текучести и начинает образовываться переменный конический участок.

В очаге деформации потеря устойчивости зависит от S/R и может начинаться как в продольном, так и в поперечном направлении.

При выходе верхнего края заготовки из очага деформации при определенных значениях S/R на вертикальной горловине могут возникать мелкие вертикальные складки.

В процессе обжима недеформируемый цилиндрический участок становится меньше по высоте. При этом, когда усилие обжима достигает определенной величины, возникает вторая форма потери устойчивости образуется кольцевая складка под действием напряжения δr_{max} (см. рис.3.а).

Третья форма потери устойчивости – образование продольных складок в сужающемся в очаге деформации, который может быть конической либо криволинейной формы (см. рис. 3.б).

Четвертая форма потери устойчивости - кольцевые складки очага деформации, образующиеся под действием меридионального напряжения δ_r .

Пятая форма потери устойчивости - продольные складки на вертикальной горловине.

Ограничимся рассмотрением второй и третьей формы потери устойчивости - то есть, образованием кольцевых складок на цилиндрическом деформируемом участке заготовки и продольных складок в сужающемся очаге деформации. Упругая потеря устойчивости возникает у очень тонкостенных оболочек, которые не вошли в пределы толщин, рассматриваемых в данной работе. Четвертая форма потери устойчивости - кольцевые складки в сужающемся очаге деформации - образуется довольно редко, при неправильном изготовлении инструмента [1], большой шероховатости рабочих поверхностей и пр. Пятая форма потери устойчивости так же возникает довольно редко [1] и образуется, в основном, при малом верхнем радиусе скругления матрицы, создающим значительный изгибающий момент.

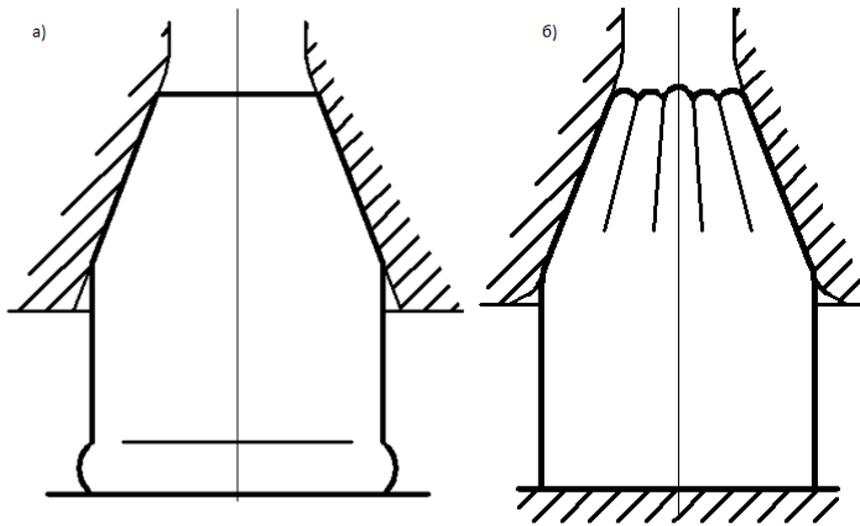


Рис. 3. Вторая и третья форма потери устойчивости.

Предельный коэффициент обжима по образованию кольцевых складок

Как показано рядом исследователей [2,3,4,5], для рассматриваемого интервала относительных толщин, образование кольцевых образных складок на цилиндрическом недеформируемом участке при обжиге происходит в тот момент, когда величина радиального напряжения, действующего в зоне пластической деформации (при обжиге в криволинейной матрице) или его вертикальная составляющая (при обжиге в конической матрице) достигает напряжения текучести. Аверкиев Ю.А. [5] доказал, что для рассматриваемого интервала толщин по положение выполняется с точностью до 8%.

Основываясь на этом положении и используя допущения, определим предельный коэффициент обжима заготовки в дном при деформировании ее в конической матрице.

Величина напряжения текучести на цилиндрическом не деформируемом участке обжимаемой заготовки зависит от состояния материала (после отжига либо непосредственно после вытяжки). Поэтому рассмотрим отдельно эти два случая.

При обжиге в конической матрице отожженной заготовки условие потери устойчивости с использованием зависимости запишется:

$$A(\varepsilon_{0,2})^n = \sigma_s(1 + \mu \operatorname{ctg} \alpha) \left(1 - \frac{r}{R_3}\right) (3 - 2 \cos \alpha) \cos \alpha \quad (7)$$

где

$$\sigma_s = \frac{A}{2} \left[\varepsilon_{0,2}^n + \ln \left(\frac{R}{R_3} \right)^n \right]$$

Из анализа данного уравнения видно, что предельный коэффициент обжима зависит, в основном, от механических свойств материала (показатель упрочнения) и геометрии обжимного инструмента. Коэффициент трения принят неизменным $\mu = 0,1$. Решая это уравнение относительно неизвестной $m = r/R_3$ методом последовательного приближения, получим величину предельного коэффициента обжима. На рис. 4, а. представлена графическая

зависимость изменения предельного коэффициента обжима для материалов с различными механическими свойствами при использовании инструмента с различным углом конусности.

В случае обжима заготовки в криволинейной матрице условие потери устойчивости в виде кольцевых складок на цилиндрическом участке с использованием зависимости запишется:

$$A(\varepsilon_{0,2})^n = \sigma_s \left(1 - \frac{r}{R_3} + \mu \frac{R_p}{R_3} \sin \alpha_k + \frac{s}{4R_p} \right) \quad (8)$$

Графическая зависимость изменения предельного коэффициента обжима заготовки с дном в криволинейной матрице, полученная при решении уравнения (8), приведена на рис. 4 б.

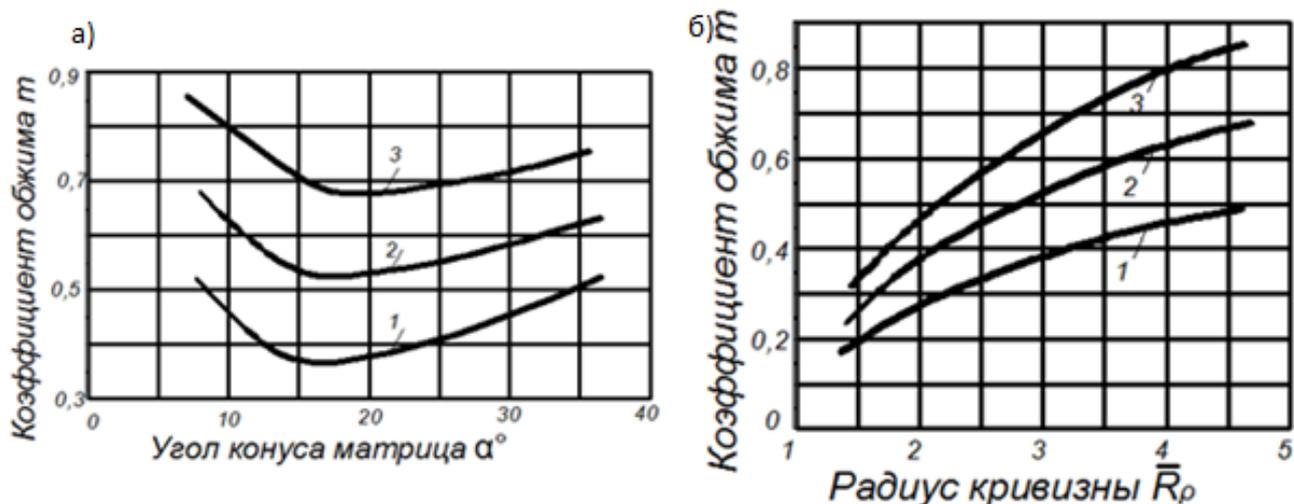


Рис. 4. Изменение предельного коэффициента обжима в зависимости:
 а) от угла конусности матрицы α : 1 – $n=0,1$; 2 – $n=0,3$; 3 – $n=0,5$.
 б) от радиуса кривизны матрицы R_{ck} : 1 – $n=0,1$; 2 – $n=0,3$; 3 – $n=0,5$.

При обжиме неотожженной заготовки значение напряжения текучести для цилиндрической стенки зависит от величины деформации, полученной при вытяжке. Чем больше степень вытяжки, тем сильнее упрочнен материал и тем выше значение напряжения текучести. Используя допущение с эквивалентности по упрочняющему эффекту при вытяжке тангенциальной деформации интенсивности деформаций, условие образования кольцевой складки на цилиндрическом участке неотожженной заготовки запишется:

$$A(\ln k)^n = \sigma_{pmax} \quad (9)$$

или для обжима в конической матрице:

$$A(\ln k)^n = A \ln \left(\frac{R}{R_3} \right)^n (1 + \mu \operatorname{ctg} \alpha) \left(1 - \frac{r}{R_3} \right) (3 - 2 \cos \alpha) \cos \alpha \quad (10)$$

где k — степень вытяжки, полученной заготовкой после разупрочняющего отжига.

Для определения предельного коэффициента обжима нагартованной заготовки в конической матрице построена номограмма (рис. 5), полученная при решении уравнения (10) методом последовательных приближений.

Номограмма состоит из двух секторов. В первом секторе нанесены три кривые, каждая из которых характеризует механические свойства штампуемого

материала и соответствует определенному значению показателя упрочнения. По горизонтальной оси I сектора отложены величины угла конусности обжимного инструмента.

Во втором секторе находится семейство кривых, соответствующих определенным значениям степени вытяжки заготовки после разупрочняющего отжига. По горизонтальной шкале II сектора отложена величина предельного коэффициента обжима.

Последовательность определения величины предельного коэффициента обжима показана на номограмме (рис. 5).

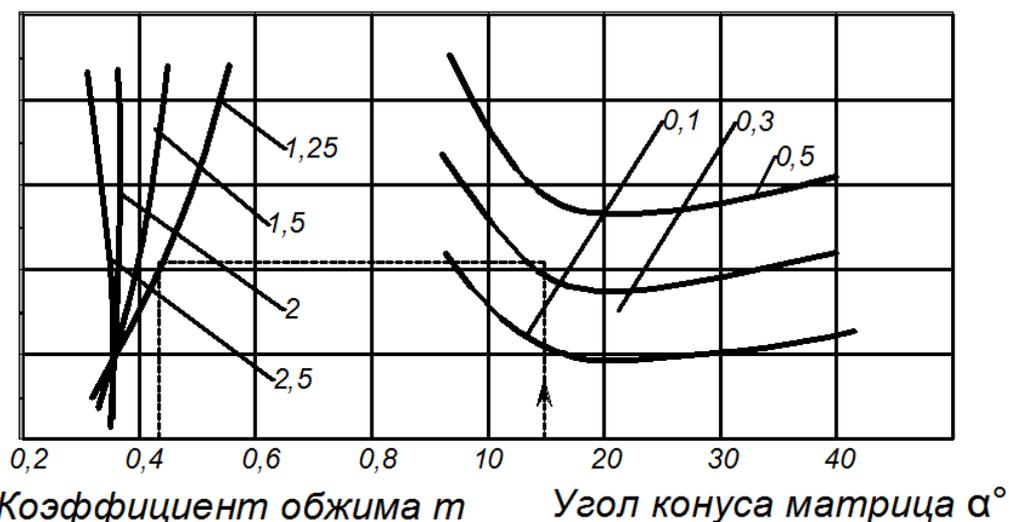


Рис. 5. Номограмма определения предельного коэффициента обжима нагартованной заготовки.

1. Бебрис А.А. Устойчивость заготовки в формоизменяющих операциях листовой штамповки. - Рига, Зинатне, 1978. - 127 с.
2. Шофман Л.А. Теория и расчеты процессов холодной штамповки. - М.: Машиностроение, 1964. - 375 с.
3. Попов Е.А. Основы теории листовой штамповки. - М.: Машиностроение, 1977. - 276 с.
4. Горбунов М.Н. Штамповка деталей да ад баше заготовок, М.: Машгиз, 1960. - 190 с.
5. Аверкиев Ю.А. Анализ обжима полых цилиндрических заготовок конической матрицей. - В кн.: Машины и технология обработки металлов давлением. Труды МВТУ, 1955, № 42, с 21–27.