

УДК 621.98

X. H. FboZceh\ , доктор технических наук, профессор;

E. =. j\_kyggbdh\ , кандидат технических наук, доцент;

K. G. Dgya\_\, магистрант

Ижевский государственный технический университет

ГИДРОМЕХАНИЧЕСКАЯ ВЫТЯЖКА  
ВЫСОКИХ КОНИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ\*HibkZ l\_ogheh\y rIzfihdb ukhdbo dhgbq\_kdbo^lZe\_c k bkihevahZgb\_f h\hf\_oZgbq\_kdhc  
ulydb b khf\_s\_ggh\ ijhp\_kkZ jZaZqb - hbfZ - ulydb .**Ключевые слова:** гидромеханическая вытяжка, глубокая вытяжка, штамповка, листовой металл, раздача, обжим

Изготовление конических деталей с относительной высотой  $H/d_{cp} \geq 0,85$  является трудоемким процессом. Традиционная технология штамповки таких деталей предусматривает многопереходную вытяжку цилиндрического полуфабриката и последующую вытяжку с постепенным увеличением высоты конуса. Заготовка по переходам рассчитывается аналогично вытяжке деталей с широким фланцем таким образом, чтобы полученный на предыдущих операциях участок конической стенки в дальнейшем не деформировался. Основные недостатки традиционной технологии следующие: большое количество штамповочных переходов; значительное по величине утонение стенок детали; плохое качество поверхности.

Совершенствование технологии изготовления конических деталей возможно как в результате использования преимуществ гидромеханической вытяжки, так и за счет силовой интенсификации, достигаемой при совмещении в одном переходе операций раздачи, обжима и вытяжки.

Гидромеханической вытяжкой из плоской заготовки можно получать конические детали только ограниченной высоты [1]. В таблице приведены значения предельной относительной высоты деталей с разными углами конусности, полученных за один переход ГМВ, для относительных толщин заготовок  $S_0/D = 0,005 \dots 0,02$ .

**Предельные коэффициенты ГМВ конических деталей при относительной толщине заготовок  $S_0/D = 0,005 \dots 0,02$** 

| Материал                                     | Угол конусности детали |                   |      |                   |      |                   |      |                   |
|----------------------------------------------|------------------------|-------------------|------|-------------------|------|-------------------|------|-------------------|
|                                              | 5°                     |                   | 10°  |                   | 15°  |                   | 20°  |                   |
|                                              | m                      | H/d <sub>cp</sub> | m    | H/d <sub>cp</sub> | m    | H/d <sub>cp</sub> | m    | H/d <sub>cp</sub> |
| Сталь 08 кп<br>Латунь Л62<br>Медь М1         | 0,41                   | 1,3               | 0,45 | 1,0               | 0,48 | 0,85              | 0,49 | 0,75              |
| Алюминий АД1М<br>Сплав Д16АМ                 | 0,42                   | 1,0               | 0,46 | 0,9               | 0,49 | 0,75              | 0,52 | 0,6               |
| Сплав АМцАМ<br>Сплав 29НК<br>Сталь 12Х18Н10Т | 0,44                   | 0,95              | 0,48 | 0,85              | 0,51 | 0,7               | 0,53 | 0,6               |

© Михайлов Ю. О., Дресвянников Д. Г., Князев С. Н., 2011

\* Статья подготовлена при выполнении работ по государственному контракту (шифр 1010-218-02-259) «Организация высокотехнологичного производства конденсаторов нового поколения».

В таблице  $m = \frac{d_{\text{ср}}}{D}$ , где средний диаметр  $d_{\text{ср}} = \frac{d_{\text{max}} + d_{\text{min}}}{2}$ ,  $D$  – диаметр исходной заготовки.

Таблица составлена на основании опытных данных штамповки при оптимальных значениях давления прижима и радиусов скругления матрицы и пуансона [2].

Изготовление более высоких деталей, с большим перепадом диаметров или острой вершиной, требует многопереходного деформирования. Гидромеханическая вытяжка обеспечивает уменьшение числа переходов при изготовлении цилиндрического полуфабриката особенно большой относительной высоты. Способом ГМВ можно получать заготовки с полусферическим дном. Это обеспечивает более благоприятные условия деформирования на последующих переходах. Полуфабрикаты после ГМВ при необходимости подвергают термообработке.

Детали с отношением диаметров дна и открытого торца, превышающим допустимый коэффициент вытяжки, могут быть получены из цилиндрического полуфабриката за одну операцию вытяжки. При большом перепаде диаметров рекомендуется производить совмещенную операцию раздачи – обжима – вытяжки. Сущность совмещенной раздачи – обжима – вытяжки состоит в следующем. Полуфабрикат цилиндрической или конической формы, предназначенный для деформирования этим способом, должен иметь диаметр открытого торца, несколько меньший максимального диаметра детали (рис. 1, Z).

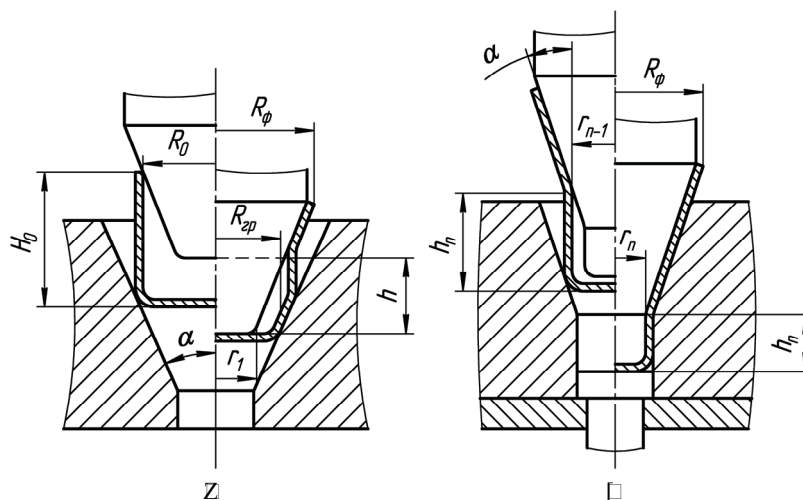


Рис. 1. Схема совмещенного процесса раздачи – обжима – вытяжки при деформировании цилиндрического (Z) и цилиндрического с коническим фланцем (Г) полуфабрикатов

На начальной стадии процесса происходит раздача края полуфабриката. В момент, когда сжимающие напряжения от усилия раздачи достигают величины, достаточной для обжима, деформирование на этом этапе идет в двух очагах: раздача края заготовки и обжим донной ее части. С момента встречи торца пуансона с дном заготовки начинается следующая стадия процесса – дно и прилегающий к нему участок стенки подвергаются вытяжке под действием усилия со стороны

пуансона; выше этой зоны продолжается обжим под действием усилия раздачи. Усилие раздачи передается в зону обжима через заготовку.

Растягивающие напряжения в опасном сечении на участке вытяжки (в зоне, соответствующей радиусу скругления пуансона) по ходу процесса возрастают и достигают максимума в конечный момент, когда размеры участка вытяжки наибольшие.

В результате теоретического анализа совмещенного процесса [2] получена формула для определения максимальной величины напряжений в опасном сечении

$$\sigma_{p\max} = \frac{\sigma_b}{(1-\psi_{\text{ш}})^2} (1 + f \cdot \operatorname{ctg} \alpha) \left[ 1 - (1 - \psi_{\text{ш}}) - \frac{r_1}{R_0} \right] \ln \frac{R_{\text{тр}}}{r_1}, \quad (1)$$

где  $f$  – коэффициент трения;  $\alpha$  – угол конусности инструмента;  $r_1$  – радиус дна детали;  $R_0$  – радиус исходного цилиндрического полуфабриката.

Величину граничного радиуса  $R_{\text{тр}}$ , разделяющего участки обжима и вытяжки

$$R_{\text{тр}} = R_0 \left[ 1 - (1 - 2\psi_{\text{ш}}) \left( \sqrt{1 + 2 \frac{1 - k_p}{1 - 2\psi_{\text{ш}}}} - 1 \right) \right], \quad (2)$$

определили из условия, что обжим осуществляется усилием раздачи и поэтому усилие обжима равно усилию раздачи. В последнем уравнении  $k_p = R_0/R_{\text{ф}}$  – коэффициент раздачи полуфабриката,  $R_{\text{ф}}$  – радиус краевого элемента конического фланца.

С использованием уравнений (1) и (2) и условия прочности в опасном сечении  $\sigma_{p\max} \leq \sigma_b$  получено выражение для определения предельного коэффициента формоизменения обжимом – вытяжкой  $m_{\text{во}}^{\text{пред}} = \frac{r_1}{R_0}$  в зависимости от коэффициента

раздачи, механических характеристик материала и угла, конусности

$$m_{\text{во}}^{\text{пред}} = 1 + \frac{1 - 2\psi_{\text{ш}} - A}{1 - \sin \alpha} - \sqrt{\left( 1 + \frac{1 - 2\psi_{\text{ш}} - A}{1 - \sin \alpha} \right)^2 \frac{5 - 8\psi_{\text{ш}} - \sin \alpha - 2(1 - \psi_{\text{ш}})1/k_p}{1 - \sin \alpha}}, \quad (3)$$

где  $A = \frac{\sigma_s (1 - \psi_{\text{ш}})^2}{\sigma_b} \frac{\cos \alpha}{1 + f \cdot \operatorname{ctg} \alpha} \sqrt{\frac{S_0}{2R_0}}$ ,  $\sigma_s$  – предел текучести материала.

Увеличение степени раздачи позволяет повысить степень обжима – вытяжки и суммарную степень формоизменения полуфабриката за один переход.

Если за одну операцию раздачи – обжима – вытяжки готовую деталь получить невозможно, то рекомендуется штамповать полуфабрикат с коническим фланцем и цилиндрическим участком у дна (рис. 1, б), причем высоту цилиндрической части следует определять по формуле

$$h_{n-1} \geq h_n + \frac{r_{n-1} - r_n}{\operatorname{tg} \alpha}, \quad (4)$$

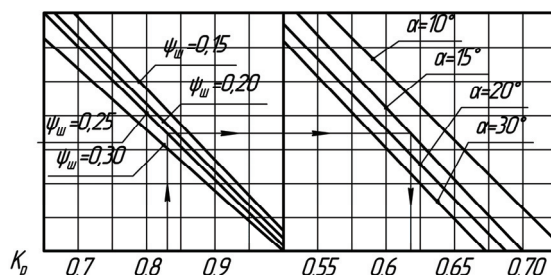
где  $h_{n-1}$ ,  $h_n$  – высоты цилиндрических участков на предыдущем и последующих переходах;  $r_{n-1}$ ,  $r_n$  – радиусы цилиндрических участков полуфабриката на соответствующих переходах.

На следующей операции вытяжка донной части такого полуфабриката начинается одновременно с раздачей конического фланца или несколько позже момента начала раздачи, что обеспечивает разгрузку опасного сечения и позволяет значительно увеличивать степень формоизменения без опасности разрушения заготовки.

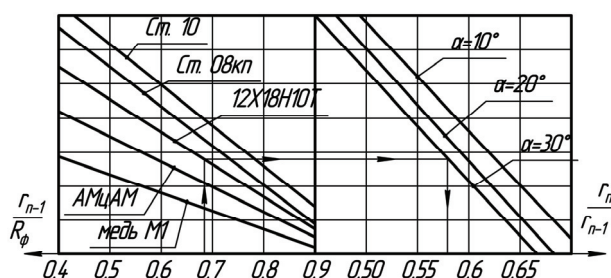
В результате теоретического исследования напряженного состояния заготовки на этой операции получены уравнения, позволяющие определять предельные коэффициенты формоизменения при деформировании полуфабриката с коническим фланцем в отожденном и неотожденном состояниях. Установлено, что с увеличением перепада диаметров конического фланца  $\frac{R_\phi}{r_{n-1}}$  предельная степень обжима –

вытяжки  $\frac{r_{n-1}}{r_n}$  повышается. По полученным уравнениям построены номограммы,

позволяющие для различных схем деформирования определять предельные коэффициенты формоизменения в зависимости от основных параметров процесса (рис. 2, 3).



Ибк. 2. Номограмма для определения предельного коэффициента вытяжки  $m_{в0}$  в процессе раздачи – обжима – вытяжки цилиндрического полуфабриката



Ибк. 3. Номограмма для определения предельного коэффициента вытяжки – обжима в зависимости от перепада диаметров конического фланца полуфабриката

При деформировании полуфабриката с коническим фланцем со значительным перепадом диаметров может происходить осевая потеря устойчивости цилиндрического участка заготовки под действием усилия раздачи. В этих условиях следует на предыдущем переходе получать полуфабрикат с фланцем, угол конусности которого  $\alpha_{n-1}$  больше угла конусности пуансона  $\alpha_n$  на следующей операции. Такая форма заготовки обеспечивает уменьшение усилия раздачи на начальной стадии и возможность деформирования заготовки без потери устойчивости.

При экспериментальном исследовании процесса раздачи – обжима – вытяжки основное внимание уделяли определению деформаций стенки вдоль образующей детали. Установлено, что разнотолщинность детали после операции раздачи – обжима – вытяжки остается приблизительно на уровне разнотолщинности исходного полуфабриката, так как утолщенная на предварительных операциях вытяжки краевая часть заготовки подвергается раздаче и утоняется. Участки цилиндрической стенки полуфабриката, примыкающие к дну и имеющие толщину меньше исходной, в процессе раздачи – обжима – вытяжки, оказываясь в зоне обжима, увеличивают свою толщину. Донная часть исходного полуфабриката подвергается вытяжке и утоняется.

#### Список литературы

1. Дзыгид < . В. Штамповка с жидкостным трением. – М. : Машиностроение, 1978. – 78 с.
2. Дзыгид < . В., FboZceh\ X . Н., KZjbdhZ L. < . Гидромеханическая вытяжка. – М. : ЦНИИ информации, 1988. – 126 с.
3. FboZceh\ X . Н. Разработка научных основ процесса гидромеханической вытяжки : дис. ... д-ра техн. наук. – Ижевск, 1998. – 428 с.

\*\*\*

Yu. O. Mikhailov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Izhevsk State Technical University  
D. G. Dresvyannikov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Izhevsk State Technical University  
S. N. Knyazev, Magstrand, Izhevsk State Technical University

#### Hydromechanical Drawing of High Conic Parts

*Technology of hydromechanical drawing (expanding, swagging, drawing-out) of high conic parts from sheet billets is described.*

**Keywords:** hydromechanical drawing, deep drawing, sheet stamping, sheet billet, expanding, swagging

Получено: 13.04.11