

Zlata V. Almetova (Russian Federation, Chelyabinsk) – candidate of technical sciences, associate Professor of «Exploitation of road transport» of fsbei HPE "SUSU" (NRU) (454080, Chelyabinsk, Lenin Avenue, 76 e-mail: zlata.almetova@yandex.ru).

Olga V. Leonova (Russian Federation, Chelyabinsk) – undergraduate at-168 at the Department of «Exploitation of road transport» of fsbei HPE "SUSU" (NRU) (454080, Chelyabinsk, Lenin Avenue, 76 e-mail: lov-62@mail.ru).

УДК 621. 777: 621.948.5

ВЫБОР СХЕМ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛЫХ ДЕТАЛЕЙ С КОНИЧЕСКИМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ

А.В. Евстифеев¹, А.А. Александров², В.В. Евстифеев²

¹ОПО «Иртыш», Россия, г. Омск;

²ФГБОУ ВПО СибАДИ, Россия, г. Омск.

Аннотация. Описываются различные технологии получения методом холодной объемной штамповки полых деталей с коническими поверхностями из сплошных и трубчатых заготовок, проанализированы преимущества и недостатки некоторых способов деформирования. Представлены результаты математического моделирования с использованием специализированной конечно-элементной системы Super Forge и метода верхней оценки процессов штамповки полых деталей с внутренней конической поверхностью. Сделаны выводы о возможности снижения сил деформирования за счет изменения конструкции оснастки.

Ключевые слова: холодная объемная штамповка, полые детали с коническими поверхностями, силы деформирования, подвижная матрица, моделирование методом верхней оценки.

Введение

Большинство операций холодной объемной штамповки характеризуется высоким уровнем отрицательных гидростатических давлений, что и определяет возникновение значительных нагрузок на инструмент, иногда на уровне предельно допустимых. Кроме того, приходится не только назначать последовательность формоизменяющих операций и анализировать силовой режим на каждой из них, но и оценивать возможность получения изделий без дефектов в виде трещин, утяжин, нарушений формы и структуры металла [1]. Высокая стойкость деформирующего инструмента связана с наименьшими силами деформирования. Поэтому приходится учитывать и реактивное действие сил трения по стенкам матриц, увеличивающих сопротивление деформированию. И если выдавливание производить в инструментальной наладке с

одним из подвижных инструментов, то силы трения переводятся в активные [2,3].

Анализ процессов штамповки деталей с коническими поверхностями

Детали с коническими поверхностями, показанные на рисунке 1, изготавливаются из сплошных или полых заготовок. Причем, детали с внутренними коническими поверхностями (рис.1а и 1в) чаще всего штампуются по технологии, включающей операции обратного выдавливания пуансонами с формой, соответствующей форме полости, и последующего удаления дна стакана пробивкой или торцовкой (с потерей металла стружку), что показано на рисунке 2. Такие технологии не подходят для деталей с наружными коническими поверхностями (рис. 1б), так как в процессе прошивки заготовки цилиндрическим пуансоном наружная поверхность не контролируется матрицей.

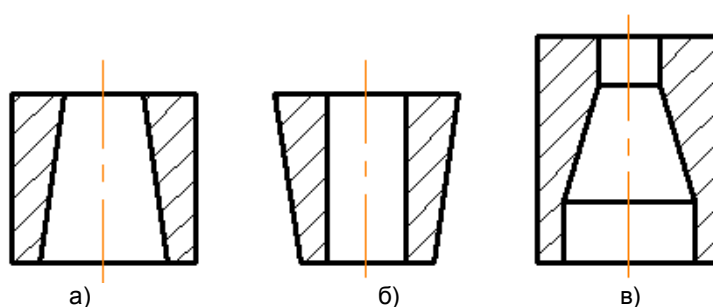


Рис. 1. Детали полые с коническими поверхностями:
а – с внутренней конической поверхностью; б – с наружной конической поверхностью;
в – сложной формы

Что касается силового режима процесса внедрения конических пуансонов, то можно руководствоваться данными, полученными рядом исследователей [4-9]. На рисунке 3 представлены некоторые результаты математического моделирования процессов штамповки изделий типа «стакан» с использованием специализированной конечно-элементной системы Super Forge для определения формы очага пластической деформации и интенсивности деформаций. Это позволило построить кинематически возможные

поля линий скольжения при выдавливании металла фасонными пуансонами (конического с углом наклона образующих к горизонтали в 60° и торцевой площадкой, конического с углом наклона образующих к горизонтали в 60° и др.) и годографы скоростей. Методом верхней оценки вычислены относительные удельные силы деформирования для умеренных степеней формоизменения (40 – 50)% - (таблица 1). Видно, что нагрузки близки к предельным для инструментов.

Таблица – 1 Относительные удельные силы

Вариант	Пуансоны фасонные с углом наклона образующих, α°				Пуансоны простой формы	
	15	30	45	60	Плоский	Конический, $\alpha - 60^\circ$
1	2,84	2,79	2,76	2,80	2,97	2,46
2	2,40	2,55	2,93	2,95	2,93	2,46
3	2,85	3,00	3,22	2,89	2,89	2,47

Примечание: Номер варианта определяется положением нижней точки поля линий скольжения на линии (2 – 3).

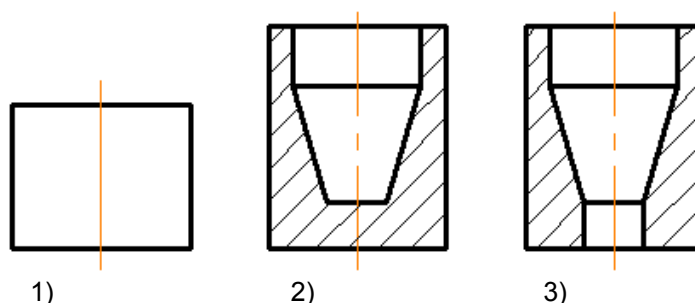


Рис. 2. Типовая технология формирования детали с внутренней конической полостью:
1 – исходная заготовка; 2 – выдавливание обратное; 3 – удаление дна

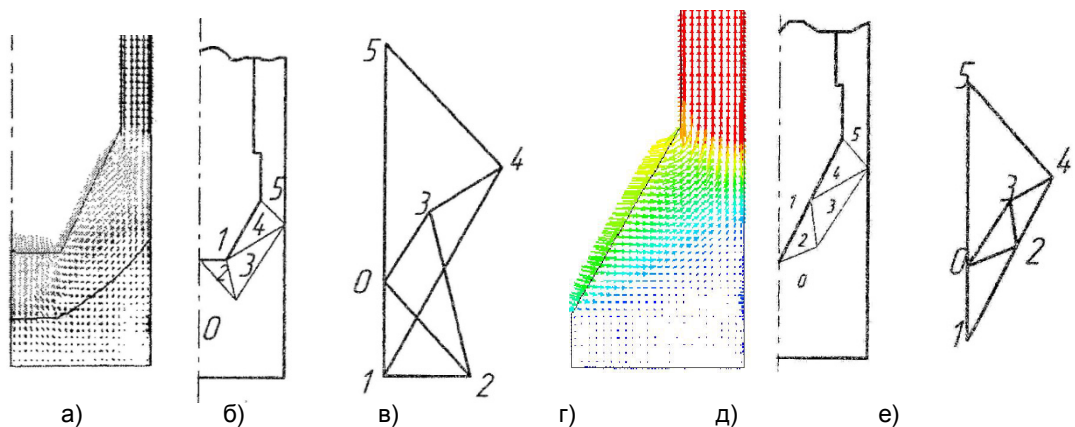


Рис. 3. Поля деформации (одни из вариантов) под пуансонами с рабочими поверхностями в виде усеченного конуса (а) и конуса (б), и соответствующие им кинематически возможные поля линий скольжения (б и д) и годографы скоростей (в и е)

Поэтому представляется целесообразным переход на технологии прямого выдавливания в жестких матрицах (рис. 4а) или в инструментальных наладках с подвижной матрицей, которая показана на рисунке 4б. В по-

следнее случае силы трения со стороны матрицы играют активную роль. Кроме того, в инструменте с подвижной матрицей можно штамповать детали с конической полостью из сплошной заготовки (рис.4в).

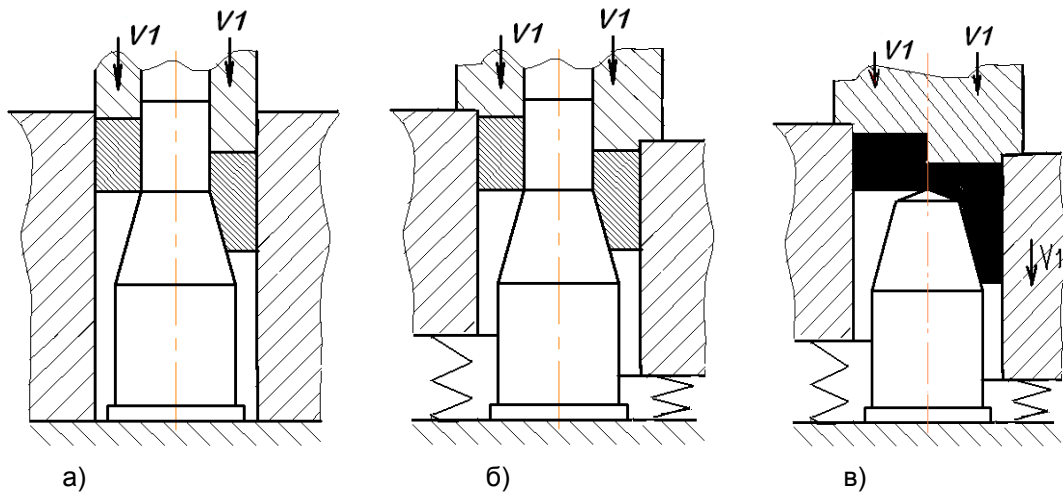


Рис. 4. Деформирование кольцевых заготовок выдавливанием в зазор между неподвижными контрпуансоном и матрицей (а) и неподвижным контрпуансоном и подвижной матрицей (б); выдавливание сплошной заготовки в зазор между неподвижным контрпуансоном и подвижной матрицей (в)

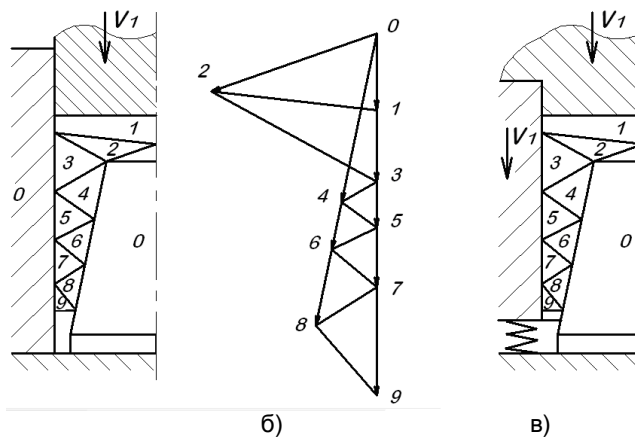


Рис. 5. Поля линий скольжения: а) для процесса выдавливания металла в жесткой матрице; в) для процесса выдавливания металла в подвижной матрице; б) обобщенный годограф скоростей

Величину деформирующей силы выдавливания можно определить теоретическим методом верхней оценки (МВО) [4] с использованием схемы процесса и годографа скоростей, приняв плоскую схему деформации. Годограф скоростей (рис. 5,б), где из полюсной точки O построены векторы скоростей, с нумерацией, соответствующих блоков, будет иметь одинаковый вид для обеих схем штамповки, показанных на рисунке 5,а и 5,в. Вместе с тем в процессе выдавливания в штампе с подвижной матрицей затраты на преодоление сил трения, действующих на поверхности контакта между деформируемой заготовкой и матрицей, существенно ниже за счет уменьшения скорости на величину V_1 .

Отметим, что построение годографа является наиболее трудоемким расчетным этапом известного теоретического метода. Однако определить величину деформирующей силы выдавливания можно и без построения годографа скоростей, используя только расчетную схему процесса. В этом случае удельная сила, действующая на пуансоне, представляется суммой, вычисленных по уравнениям (1) и (2), долей этой силы, затрачиваемых на сдвиг и трение по границам блоков в соответствии со схемой процесса пластической деформации.

$$p_i = \tau_k \frac{l_i}{h_i}, \quad (1)$$

$$p_{ij} = \tau_s \frac{l_{ij}^2}{h_i h_j} \sin \alpha, \quad (2)$$

где τ_s – предел текучести металла на сдвиг; τ_k – контактное касательное напряжение, l_{ij} – длины границ между блоками i и j ; l_i и l_j – длины сторон i -го и j -го блоков параллельные линиям тока в этих треугольных блоках, h_i и h_j – высоты блоков; α – угол поворота линии тока на смежной границе блоков i и j .

Выводы

Проведенный анализ разработанных схем штамповки полых изделий показал, что предложенные схемы прямого выдавливания заготовки в штампе в подвижной матрице позволяет снизить технологическую нагрузку и повысить стойкость деформирующего инструмента по сравнению не только с прямым выдавливанием в неподвижной матрице, но и с обратным выдавливанием. Предложенные формулы позволяют упростить расчет процессов.

Библиографический список

1. Евстифеев, В.В. Выбор вариантов технологических процессов холодной объемной штамповки по показателям штампуемости металла. Анализ и синтез механических систем: Сб. науч. тр. / В.В. Евстифеев, А.В. Евстифеев. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 1998. – С. 4 – 8.
2. А.с. № 160931 (СССР). Способ обратного выдавливания детали типа стакан / С. Ш. Яшаяев. Опубл. 15.09.62.
3. РД 37.002.0465-85. Холодная объемная штамповка специальных крепежных и фасонных деталей. Технологические процессы и инструмент. – Горький: КТИавтометиз, 1986. – 83 с.
4. Сконечный, А.И. Определение удельных усилий закрытой прошивки методом верхней оценки. Исследование машин и технологий кузнечно-штамповочного производства: Сб. науч. тр. / А.И. Сконечный. – Челябинск: Изд-во ЧПУ, 1974. – С. 53 – 59.
5. Евстифеев, В.В. Сравнение усилий прошивки заготовки пуансонами с фасонными торцами. Прикладные задачи механики: Сб. науч. тр. / В.В. Евстифеев, М.А. Шеховцова, А.В. Евстифеев. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2003. – С. 184 – 189.
6. Евстифеев, В.В. Моделирование процесса обратного выдавливания с использованием ЭВМ. Анализ и синтез механических систем: Сб. науч. тр. / В.В. Евстифеев, М.А. Шеховцова, А.А. Александров. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2005. – С. 146 – 153.
7. Филимонов, Ю.Ф. Штамповка прессованием / Ю.Ф. Филимонов, Л.А. Позняк. – М.: Машиностроение, 1964. – 188 с.
8. Howard F., Dennison H.A.L. and Angus N. Some investigation into the cold extrusion of still // Sheet Metal Industries, 1961. 38 (410).
9. Дмитриев, А.М. Влияние формы пуансона на пластическое течение металла при выдавливании стаканов / А.М. Дмитриев, Г.А. Воронцов // Наука и технологии: Избр. тр. Российской школы. Серия «Технологии и обработка металлов давлением». М.: РАН, 2005. – С. 85-94.

SELECTION SCHEMES OF FORMATION HOLLOW PARTS WITH THE TAPERED SURFACE

A.V. Evstifeev, A.A. Alexandrov, V.V. Evstifeev

Abstract. It describes different technologies obtained by cold forming of hollow parts with conical surfaces of solid and tubular billets, analyzed the advantages and disadvantages of certain methods of deformation. The results of mathematical modeling using a specialized system of finite-element Super Forge and the method of forming the upper assessment process hollow parts with internal conical surface. Conclusions on the possibility of reducing the forces of deformation due to changes in construction equipment.

Keywords: cold forging, hollow parts with conical surfaces, deformation force the movable matrix simulation by the upper bound.

References

1. Evstifeev V.V., Evstifeev A.V. Vybora variantov tehnologicheskikh processov holodnoj ob'emnoj shtampovki po pokazateljam shtampuemosti metalla. Analiz i sintez mehanicheskikh sistem [Choices for technological processes of cold forming in terms of metal formability. Analysis and synthesis of mechanical systems]. *Sb. nauch. tr. Omsk: Izd-vo OmGTU*, 1998. pp. 4 – 8.

2. A.s. № 160931 (SSSR). *Sposob obratnogo vydavlivaniya detali tipa stakan* [AS Number 160 931 (USSR). The method of reverse extrusion parts such as glass]. S. Sh. Jashajev. Opubl. 15.09.62.

3. RD 37.002.0465-85. *Holodnaja ob'emnaja shtampovka special'nyh krepezhnyh i fasonnyh detalej. Tehnologicheskie processy i instrument* [RD 37.002.0465-85. Cold forging of special fasteners and fittings. Processes and tools]. Gor'kij: KTIavtometiz, 1986. 83 p.

4. Skonechnyj A.I. *Opreделение udel'nyh usilij zakrytoj proshivki metodom verhnej ocenki. Issledovanie mashin i tehnologij kuznechno-shtampovochного производства: Sb. nauch. tr.* [Defining specific effort by firmware closed upper bound. The study of machines and technologies of forging and stamping production]. Cheljabinsk: Izd-vo ChPU, 1974. pp. 53 – 59.

5. Evstifeev V.V., Shehovcova M.A., Evstifeev A.V. *Sravnenie usilij proshivki zagotovki puansonami s fasonnymi torcami. Prikladnye zadachi mehaniki: Sb. nauch. tr.* [Comparison of effort firmware blank punches with shaped ends. Applied problems of mechanics]. Omsk: Izd-vo OmGTU, 2003. pp. 184 – 189.

6. Evstifeev V.V., Shehovcova M.A., Aleksandrov A.A. *Modelirovanie processa obratnogo vydavlivaniya s ispol'zovaniem JeVM. Analiz i sintez mehanicheskikh sistem: Sb. nauch. tr.* [Reverse extrusion process simulation using a computer. Analysis and synthesis of mechanical systems]. Omsk: Izd-vo OmGTU, 2005. pp. 146 – 153.

7. Filimonov Ju.F., Poznjak L.A. *Shtampovka pressovaniem* [Punching compression]. Moscow, Mashinostroenie, 1964. 188 p.

8. Howard F., Dennison H.A.L. and Angus N. Some investigation into the cold extrusion of still // *Sheet Metal Industries*, 1961. 38 (410).

9. Dmitriev A.M., Voroncov G.A. Vlijanie formy puasona na plasticheskoe techenie metalla pri vydavlivanii stakanov [The impact of the punch to form the plastic flow of metal during extrusion glasses]. *Nauka i tehnologii: Izbr. tr. Rossijskoj shkoly. Serija «Tehnologii i obrabotka metallov davleniem»*. Moscow, RAN, 2005. pp. 85-94.

Евстифеев Александр Владиславович (Россия, г. Омск) – инженер ОПО «Иртыш» (644060, ул. Гуртьева, 18, e-mail: a_evstifeev@mail.ru).

Александров Александр Александрович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5).

Евстифеев Владислав Викторович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобили, конструкционные материалы и технологии», ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: VladEvst@mail.ru).

Evstifeev Aleksandr Vladislavovich Russian Federation, Omsk) – engineer of OPO «Irtys» (644060, Gyrtva, 18, e-mail: a_evstifeev@mail.ru).

Alexandrov Alexander Aleksandrovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of the department "Building structure" of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5).

Evstifeev Vladislav Victorovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of the department "Automobiles, construction materials and technologies", of The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI). (644080, Omsk, Mira Ave. 5, e-mail: 5, e-mail: VladEvst@mail.ru).