

ІНЖЕНЕРНІ НАУКИ

УДК 621.777.01

Л. И. АЛИЕВА

Донбасская государственная машиностроительная академия

**ОБРАЗОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ ДЕТАЛЕЙ В ПРОЦЕССАХ ХОЛОДНОГО
ВЫДАВЛИВАНИЯ**

Рассмотрены и обобщены виды дефектов, которые возникают у деталей при холодном выдавливании по различным технологическим способам. Экспериментально и методом конечных элементов исследовано формообразование деталей с фланцами при выдавливании по основному кинематическому вариантам. Установлено, что при радиальном выдавливании деталей с фланцем виды отклонений формы фланцев и степень заполнения приемной полости матрицы зависят от способа подачи металла в приемную полость матрицы. Выявлено неоднозначное влияние фактора трения на контактных поверхностях в зоне фланца и трубчатой части на процесс отклонения формы фланцев. Рассмотрен процесс возникновения дефектов формы типа утяжин и незаполнения полости при радиальном выдавливании деталей с фланцем и установлен характер влияния параметров процесса на появление утяжин. Оценены возможности приемов подъема полуматрицы и формирования технологического бурта, направленных на устранение или снижение утяжин при выдавливании фланцев. Дана оценка возможностям и дефектам в виде отклонений формы и разрывов, которые присущи для новых технологических способов комбинированного радиально-обратного выдавливания полых и сплошных деталей с фланцем и радиально-прямого выдавливания деталей типа гильз. Полученные сведения позволяют создать технологические рекомендации для получения качественных деталей холодным выдавливанием.

Ключевые слова: холодное выдавливание; способы деформирования; фланцы; дефекты деталей; отклонения формы; утяжина; устранение утяжин; незаполнения; разрывы.

Л. І. АЛІЄВА

Донбаська державна машинобудівна академія

УТВОРЕННЯ ДЕФЕКТІВ ДЕТАЛЕЙ У ПРОЦЕСАХ ХОЛОДНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ

Розглянуто і узагальнено види дефектів, які виникають у деталей при холодному видавлюванні за різними технологічними способами. Експериментально і методом скінчених елементів досліджено формоутворення деталей з фланцями при видавлюванні за основними кінематичними варіантами. Встановлено, що при радіальному видавлюванні деталей з фланцем види відхилень форми фланців і ступінь заповнення приймальної порожнини матриці залежать від способу подачі металу в приймальню порожнину матриці. Виявлено неоднозначний вплив фактору тертя на контактних поверхнях в зоні фланця і трубчастої частини на процес відхилення форми фланців. Розглянуто процес виникнення дефектів форми типу утяжин і незаповнення порожнини при радіальному видавлюванні деталей з фланцем і встановлено характер впливу параметрів процесу на появу утяжин. Оцінено можливості прийомів підйому півматриці і формування технологічного бурта, спрямованих на усунення або зниження утяжин при видавлюванні фланців. Дана оцінка можливостям і дефектам у вигляді відхилень форми і розривів, які притаманні для нових технологічних способів комбінованого радіально-зворотного видавлювання порожнистих і суцільних деталей з фланцем і радіально-прямого видавлювання деталей типу гільз. Отримані відомості дозволять дати технологічні рекомендації для отримання якісних деталей холодним видавлюванням.

Ключові слова: холодне видавлювання; способи деформування; фланці; дефекти деталей; відхилення форми; утяжини; усунення утяжин; незаповнення; розриви.

L.I. ALIEVA

Donbass State Engineering Academy

FORMING OF DEFECT PARTS IN COLD EXTRUSION PROCESSES

The types of defects that occur in parts during cold extrusion for various technological processes are considered and generalized. The experimental and finite element methods are investigated shaping parts with flanges during extrusion on the basic kinematic variants. It found that by radial extrusion flange parts kinds of

deviations and flanges forms the filling of the die cavity receiving dependent metal flow in a die cavity receiving. It revealed an ambiguous effect on the friction factor of the contact surfaces in the flange area and the tubular portion of the process in deviation form the flanges. The process of defects occurrence such as dimple form and the non-filling of the cavity with the radial extrusion parts with flange and set nature of the influence in process parameters on the appearance of dimple are defined. The possibilities of lifting techniques and the formation of half-matrix technology shoulder, aimed at eliminating or reducing the dimple during extrusion flanges. The estimation of opportunities and defects in the form and shape deviations gaps that are inherent to new technological methods of combined radial-backward extrusion of hollow and solid components with a flange and a radial-forward extrusion parts such as bushing part. The investigation results allow us to give technological advice for quality parts cold extrusion.

Keywords: cold extrusion; deformation methods; flanges; defect parts; deviations from; dimple; dimple elimination; non-filling.

Постановка проблемы

Холодная объемная штамповка является эффективным ресурсосберегающим методом изготовления деталей и заготовок высокого качества. Способами продольного (прямого и обратного) и поперечного (радиального и бокового) выдавливания получают детали весьма сложных форм, не требующих в большинстве случаев доработки [1 - 4].

Комбинированное выдавливание, предполагающее сочетание этих простых способов эффективно при изготовлении деталей более сложной конфигурации. Радиально-обратным совмещенным выдавливанием получают полые детали с фланцами и утолщениями разнообразной формы [5]. Высокоэффективным способом получения полых деталей с переменной толщиной стенки являются комбинированное (последовательное) радиально-прямое выдавливание с раздачей [6] и на плавающей оправке [7].

Однако, процессам холодного выдавливания присущи ограничения и недостатки, среди которых можно выделить характерные дефекты деталей. Это такие дефекты, как искривления, неприлегания, незаполнения элементов формы, утяжины, зажимы, трещины, разрывы и др [2-4, 8]. Большинство данных дефектов появляются вследствие несовершенства инструмента и условий деформирования и требуют детального изучения, особенно применительно к новым способам деформирования.

Анализ последних исследований и публикаций

В работах [1-2, 8] рассмотрены дефекты, присущие традиционным способам продольного (обратного и прямого) выдавливания. Даны также некоторые рекомендации по устранению или снижению таких дефектов, как несоосность полостей в деталях типа стаканов и фестонов у деталей типа коробок [2]. Характерными для способа радиального выдавливания дефектами деталей являются грибовидность фланцев [3, 4, 9] и образование утяжин на внутренней поверхности трубчатой заготовки [10]. Влияние схем деформирования на отклонения форм фланцев оценивается неоднозначно и требует исследования [3, 4, 9]. Для комбинированных процессов также характерны дефекты присущие составным простым способам выдавливания [5, 7]. Имеются сведения, что при комбинированном течении с включением некоторых способов возникают нежелательные сдвиги на границах смежных очагов деформации, сопровождающиеся разрушением деталей [3, 5, 11]. В связи с появлением множества альтернативных способов комбинированного продольно-поперечного выдавливания, таких как совмещенное, последовательное и поэтапное выдавливание [6, 7, 12], влияние способа деформирования на появление дефектов у штампуемых деталей, представляет значительный интерес.

Формулировка цели исследований

Целью данной статьи является обобщение основных видов и причин дефектов деталей, характерных для процессов холодного выдавливания по различным технологическим способам.

Изложение основного материала исследования

Дефекты деталей, полученных холодным выдавливанием можно разделить на 3 большие группы: отклонения формы, погрешности расположения поверхностей, погрешности размеров и качества поверхностей, а также трещины и разрушения. Среди них наиболее распространенными и ограничивающими технологические возможности процессов можно считать отклонения формы и трещины. При этом они являются характерными для большинства способов выдавливания, хотя есть и дефекты, присущие только отдельным схемам деформирования.

Классификация дана по способам деформирования и видам дефектов (рис.1).

Среди схем продольного выдавливания способу прямого выдавливания (рис. 1, ряд А) присущи отклонения формы в виде появления утяжины при формировании тонких фланцев и искривления выдавливаемого удлиненного стержня. Кроме того, на поверхности стержня могут появиться сеть мелких трещин в виде «елочки», вызванных неравномерностью деформирования [2, 3].

Отклонения формы деталей полученных обратным выдавливанием, отличаются большим разнообразием (ряд В): утяжины у верхней кромки и у дна, трещины типа «елочки», несоосность

полости, и разновысотность и ли фестоны (). Общими дефектами для схем продольного выдавливания являются разрывы металла в области фланца и в районе перемычек, обусловленные истощением ресурса пластичности металла при чрезмерном сжатии в указанных районах (поз. А3 и В3) [1, 2].

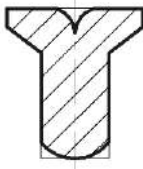
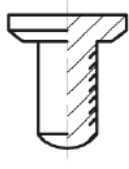
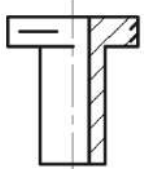
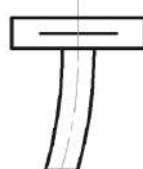
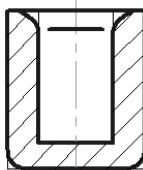

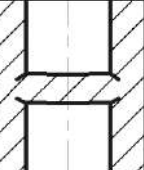
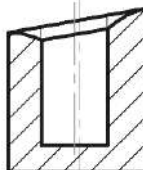
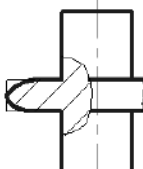

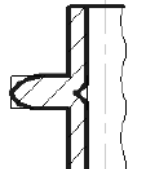
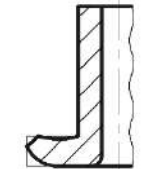
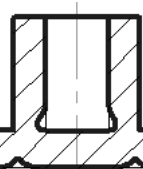

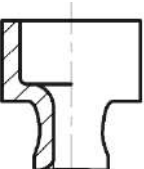
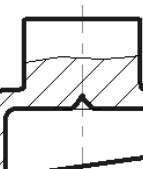
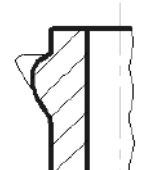
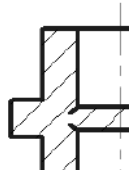
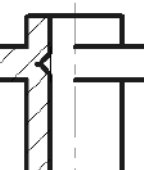
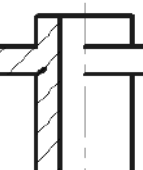
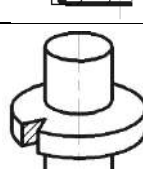
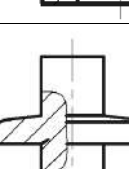
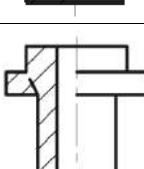
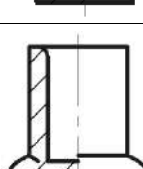
	1	2	3	4
A				
B				
C				
D				
E				
F				

Рис.1. Дефекты деталей, характерные для процессов холодного выдавливания

В ряде С приведены виды дефектов типа отклонений формы и разрывов, характерные для процессов выдавливания деталей с фланцами, а в следующих рядах строках – дефекты деталей полученных комбинированным радиально-продольным выдавливанием (ряд D), комбинированным поэтапным выдавливанием (E) и дефектов в виде трещин и разрывов (ряд F).

Формоизменение заготовок при поперечном (радиальном и боковом) выдавливании отличается рядом особенностей. Характерными дефектами для процесса радиального выдавливания фланцев являются отклонения формы фланцев (C1-C4) [3, 4].

При радиальном выдавливании металла в круговую полость постоянной высоты толщина выдавливаемого фланца по мере удаления от стержня непрерывно уменьшается. Наблюдаемые при

радиальном выдавливании фланцев на заготовке типичные виды отклонения формы деталей представлены на рис.2.

Детали с относительно тонкими фланцами (при $\bar{h} = h/R_0 = 0,3...0,4$) и небольших размеров ($\bar{R}_1 = R_1/R_0 \leq 1,3$) можно получить без заметного искажения. При меньших и больших значениях \bar{h} утонение фланца приводит к искажению его формы и уменьшению степени заполнения металлом рабочей полости. При выдавливании с односторонней подачей нижняя часть полости заполняется быстрее, и образуемый фланец приобретает грибовидную форму (рис.2, ряд А) [3, 4]. Верхний криволинейный торец фланца или утолщения приближенно можно описать параболической кривой.

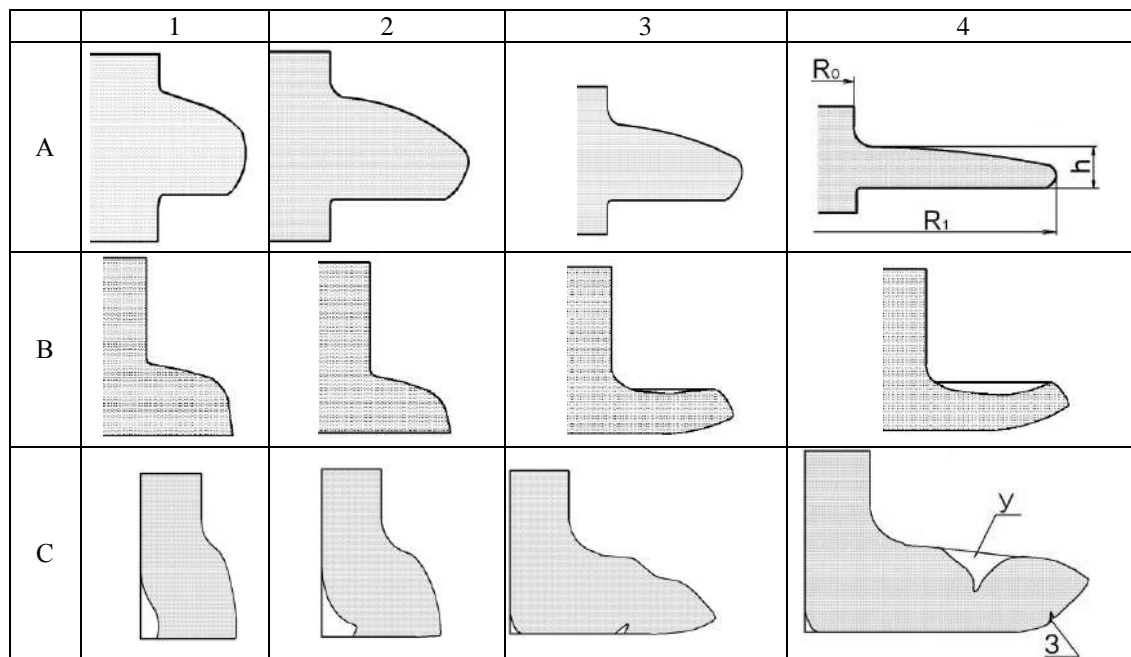


Рис. 2. Отклонения формы утолщений и фланцев при радиальном выдавливании

Для одностороннего деформирования утолщений (фланцев в средней части стержня) характерно такое отклонение формы, как отставание нижней кромки утолщения в радиальном течении, вызванное затормаживающим влиянием нижней недеформируемой части заготовки. Площадь прилегания утолщения к торцу полуматрицы при любом значении \bar{h} меньше площади, определяемой его максимальным диаметром. Величина относительного радиуса неприлегания R_n/R_1 зависит при выдавливании сплошных деталей от толщины утолщения \bar{h} , а у полых деталей также и от толщины стенки заготовки.

Выдавливание относительно тонких широких фланцев может сопровождаться явлением потери устойчивости и отходом периферийных участков фланца от торца нижней полуматрицы. Загиб фланца тем больше, чем мягче деформируемый материал (рис.2, В3, В4)

При выдавливании с совмещенной двусторонней подачей утолщения имеют симметричную клинообразную форму с толщиной y кромки, уменьшающейся по мере увеличения диаметра фланца.

При поперечном боковом выдавливании можно наблюдать изгиб отростка, который легко устраняется путем увеличения длины направляющего пояса (порога). Торец выдавливаемого круглого отростка имеет искаженную (незаполненную) форму, особенно значительную при односторонней подаче. Двустороннее деформирование способствует снижению таких отклонений формы. Прямоугольные в сечении тонкие отростки имеют криволинейный торец, радиус закругления которого несколько (в 1,1..1,2 раза) больше радиуса исходной заготовки R_0 .

Шероховатость поверхностей деталей, полученных радиальным выдавливанием, неравномерна. При односторонней подаче выдавливаемый металл контактирует только с торцом нижней полуматрицы, что значительно улучшает качество поверхности ($R_a \leq 0,32$ мкм). На верхнем криволинейном торце фланца при этом качество поверхности ухудшается, что особенно заметно при деформировании мягких алюминиевых сплавов. Увеличение шероховатости на обеих плоскостях формообразуемых клиновидных фланцев наблюдается при двустороннем выдавливании. При последовательной двусторонней подаче

шероховатость торцов фланца ниже, но на одном его торце, образованном ломаной линией, поток металла, поступивший на второй стадии из нижней части заготовки, накладывается на образованный фланец в виде заметного бугорка.

Неравномерное распределение (анизотропия) шероховатости торцов полуматриц может вызвать такое отклонение формы, как овальность фланцев, особенно значительную при отсутствии нижней недеформируемой части заготовки и высокой пластичности материала детали. Отклонение от круглости фланцев может наблюдаться и при малых значениях радиусов переходных кромок матриц, а также при непараллельности торцов полуматриц, образующих приемную радиальную полость. В таких условиях наблюдается неравномерное истечение металла в радиальном направлении, что приводит к образованию местных утолщений фланца (бугров) за счет сокращения его радиуса. При этом, чем мягче деформируемый материал, тем неустойчивее заготовка и более вероятно появление таких дефектов.

При увеличении значений высоты приемной полости ($\bar{h} \geq 2,0$) возникает опасность неравномерного истечения или потери устойчивости заготовки. Фланцы, выдавливаемые на конце стержневой заготовки, приобретают несимметричную (однобокую) форму. Утолщения в средней части с толщиной \bar{h} более 3,0 приобретают форму двойной бочки, подобно тому, как возникает такое искажение при осадке между плоскими плитами.

Сопоставление форм фланцев на торцах и утолщений, образуемых на сплошных и полых заготовках односторонним деформированием, приведено на рис. 3, а.

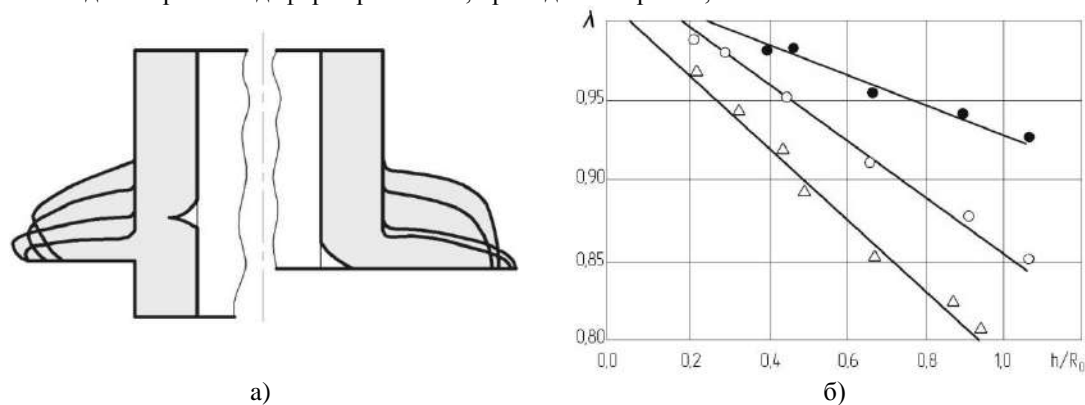


Рис.3. Контуры утолщений и фланцев (а) и степень заполнения круговой полости (б)

Достаточно удобным и наглядным критерием оценки отклонений формы выдавливаемых утолщений от правильной цилиндрической может служить показатель λ , равный отношению выдавленного объема металла к расчетному объему круговой поперечной полости, определенному по максимальному диаметру утолщения $2R_1$ (рис. 3,б) [3, 9]. Для случаев выдавливания с одно- и двусторонней подачей степень заполнения полости и значение показателя λ существенно снижается при $\bar{h} \geq 0,5$. Наибольшей степени заполнения круговой полости можно добиться путем выдавливания с последовательной двусторонней подачей. Значение показателя λ определяется по зависимости

$$\lambda = B_0 - B_1(h/R_0) \tag{1}$$

Значения эмпирических коэффициентов B_0 и B_1 необходимо устанавливать в зависимости от схемы выдавливания:

Схемы выдавливания с подачей	B_0	B_1
односторонней	1,037	0,185
двусторонней	1,010	0,220
последовательно двусторонней	1,025	0,088

Эти данные целесообразно использовать при расчете размеров исходной заготовки, высота которой должна быть больше высоты готовой детали на величину рабочего хода S , устанавливаемую по выражению:

$$S = \lambda h(\bar{R}^2 - 1) \tag{2}$$

Следует отметить, что влияние марки материала на закономерности формоизменения незначительно и отмечено лишь при пространственном изгибе тонких фланцев и при их локальном утонении и появлении бугров.

Формообразование фланцев на трубчатых заготовках имеет некоторые отличия в сравнении с выдавливанием фланцев на сплошных заготовках. Это касается и качественно новой формы получаемых фланцев, формируемых как в средней части, так и на конце трубчатых заготовок (рис. 2 и 3) [5, 8].

Неприлегание фланцев к опорной поверхности - торцу нижней полуматрицы у полых деталей больше, чем это наблюдается, для фланцев, формируемых на сплошной заготовке. Это вызвано пространственным изгибом периферии относительно тонкого фланца. Максимальный диаметр периферии торцевого фланца точно и по всей поверхности прилегает к торцу нижней полуматрицы при средних значениях относительной толщины фланца ($0,4 \leq \bar{h} \leq 0,8$). А ниже этих значений находится область относительно тонких фланцев, для которых наблюдается отход периферии фланца от торца полуматрицы (начиная с относительного радиуса фланца $R_1/R_0 \geq 1,3$). Это неприлегание еще не сопровождается пространственным выворотом всего фланца, и верхний торец фланца сохраняет свою обычную грибовидную или криволинейную форму (рис. 2, ряд В). Но неприлегание, вызванное пространственным изгибом, становится заметным и при достаточно толстых фланцах (0,4 и выше); периферия фланца отрывается от опорной поверхности, т.е. от торца матрицы и в сечении фланец приобретает форму „носки сапога”. При значениях $\bar{h} \leq 0,2$ выворачивается весь фланец и при отсутствии поддержки со стороны торца верхней полуматрицы фланец может приобрести полусферическую полую форму.

Характерными дефектами для процесса радиального выдавливания фланцев на полых заготовках помимо формы фланцев являются утяжины, которые появляются на внутренней поверхности полый заготовки (рис. 4, а) при значениях высоты приемной полости, превышающих толщину стенки трубчатой заготовки [8, 10].

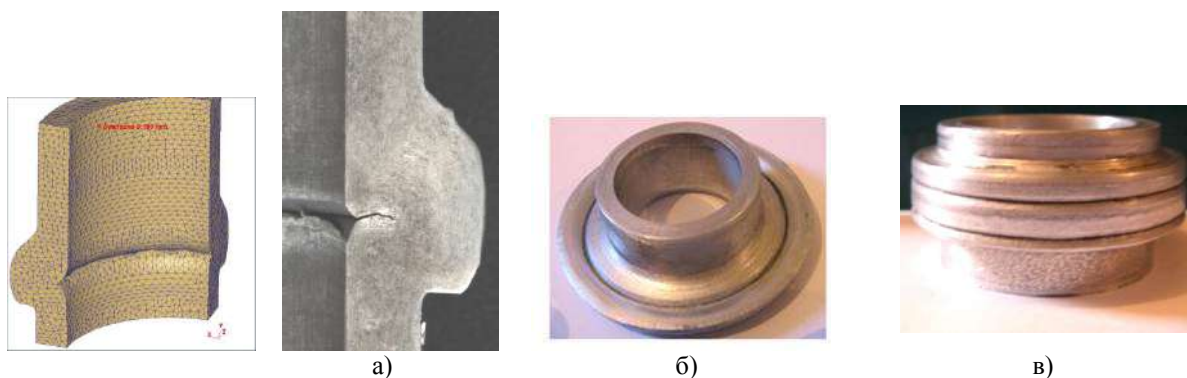


Рис. 4. Дефекты формы типа утяжин и складок у деталей с фланцем при радиальном выдавливании

Другой диапазон относительной толщины фланца, в котором наблюдается характерные отклонения формы детали, это когда величина $\bar{h} \geq 0,8$. Здесь уже происходит явление раздачи торца заготовки или появление утяжины, если на торце полуматрицы действуют силы трения, которые являются не достаточными для создания эффекта торможения торца трубчатой детали. Следует отметить, что во всех случаях деформирования в указанном диапазоне относительных толщин фланца на качество формообразования начинает оказывать влияние и такой параметр, как толщина стенки исходной трубчатой заготовки S . Строго говоря, следует анализировать соотношение толщины фланца и толщины стенки. Еще одним важным параметром является соотношение толщины и ширины фланца $h/(R_1 - R_0)$, которое отражает способность фланца к устойчивой деформации. На раздачу отверстия влияет как значение относительной толщины фланца, так и условия трения на торце нижней полуматрицы. При наличии в зоне контакта торца заготовки с полуматрицей даже незначительного трения, оно оказывает затормаживающее влияние на выдавливаемую заготовку, что приводит к образованию утяжины на некотором удалении от торца заготовки. В дальнейшем она либо превращается в складку, либо самоустраняется под воздействием поступающего сверху потока материала (рис. 2, ряд С). Ограничение получаемого фланца по наружному диаметру устраняет раздачу отверстия у нижнего края втулки и грани детали оформляются достаточно четко. При завышенных значениях высоты

приёмной полости искажение формы полуфабриката приобретает ещё более сложный характер и фланец получается с седлообразным в сечении верхним торцом (рис. 2, ряд С и рис. 4, б). Если трение на торце заготовки устранить, то выдавливание, которое сопровождается активным скольжением торца заготовки, превращается в ускоренную раздачу и выворот трубчатой заготовки, особенно при увеличенной высоте полости. Выворот одновременно сопровождается жёстким смещением заготовки вниз, материал заготовки отрывается от переходной кромки верхней полуматрицы. В результате этого на верхней плоскости выдавливаемого фланца появляется углубление (седлообразное сечение фланца), которое не устраняется до конца процесса. Периферия фланца приобретает особую форму – в виде закругления, прилегающего к нижнему торцу фланца и образующего острую кромку, расположенную ближе к торцу верхней полуматрицы.

Интересно отметить, что конечно-элементные модели процессов выдавливания показывают весьма близкие отклонения формы фланцев, выдавливаемых на полых и сплошных заготовках. Прогнозирование образования дефектов в виде утяжин при радиальном и прямом выдавливании при помощи КЭ-моделей (рис. 5) позволили установить область рациональных параметров и технологические возможности бездефектного изготовления деталей. Оценка отклонений формы деталей в виде раздачи отверстия, зажимов, неприлегания и пространственного изгиба фланцев или вида „носки сапога” позволили установить соотношения более устойчивых толщин фланцев в диапазоне $\bar{h} = 0,4...0,6$ (рис. 2, поз. С4 и рис. 4,б).

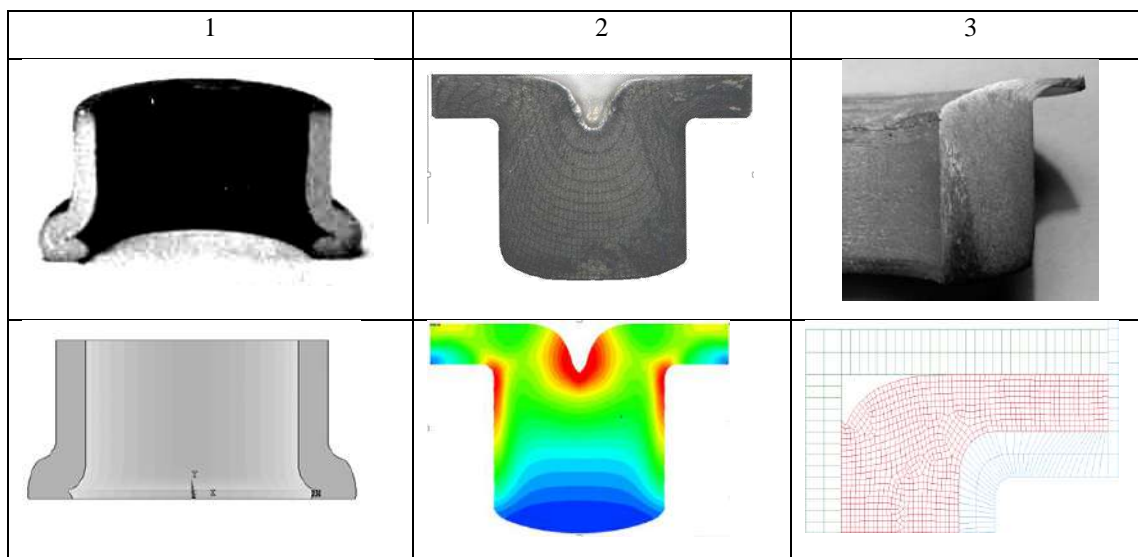


Рис. 5. Сопоставление результатов экспериментальных и компьютерных исследований по прогнозированию дефектов типа утяжин при выдавливании деталей с фланцем

Анализ условий появления дефектов формы деталей методами конечных элементов и верхней оценки позволил разработать некоторые рекомендации по их устранению или снижению в процессах холодного выдавливания. При направлении фланца коническим торцом полуматрицы, т.е. при выдавливании в сужающуюся полость фланец имеет более качественную правильную трапецеидальную в сечении форму.

Комбинирование радиального выдавливания с высадкой на заключительной стадии, выполняемой сближением полуматриц, позволяет получить фланец с плоскопараллельными торцами и большим предельным значением диаметра [5, 10]. Доработка грибовидных фланцев методом холодной торцевой раскатки позволяет объединить преимущества обоих способов и изготовить детали с утолщениями больших диаметров ($R_1/R_0 \geq 3,0$), имеющими плоско-параллельные торцы или более усложненную конфигурацию сечения [2, 10].

Искажение формы фланцев и утолщений можно устранить путем ограничения течения по наружному диаметру или созданием противодействия, что, однако, сопровождается значительным ростом удельных нагрузок на инструмент и рекомендуется лишь для материалов с низким сопротивлением деформированию.

А утяжины на внутренней поверхности трубчатых деталей можно устранить выполнением радиального выдавливания в приемную полость переменной, постепенно и согласованно увеличивающейся высоты. При поэтапном увеличении высоты полости утяжины у выдавленного фланца образуются на наружной поверхности по ободу фланца (рис. 4, в). Для упреждения утяжины на

внутренней поверхности заготовки формируют также технологический бурт, который разглаживают при обратном ходе [10, 13]. Этот способ может быть рекомендован и для устранения утяжин у дна стакана, получаемого обратным выдавливанием [14].

Характерные виды дефектов и отклонений формы деталей, полученные по различным схемам комбинированного выдавливания, приведены как на рис. 1 (ряды *D* и *E*), так и на рис.6.

Дефекты типа утяжин (рис.6,а) возникают преимущественно из-за радиального течения металла при приближении пуансона к зоне расположения фланца. В случае последовательного поперечно-прямого выдавливания с раздечей появление утяжин (рис. 1, *D4*) на дне полости связано, по-видимому, с неравномерностью истечения металла по высоте поперечной полости.

Фланцы, расположенные у верхних кромок или в средней части детали, не заполняются из-за недостатка объема металла, вытесняемого пуансоном при формировании полой части (рис.1, *E1*). Возможной причиной этого является и преждевременная смена стадий поперечного и обратного истечения при поэтапном комбинированном выдавливании.

При комбинированном радиально-обратном выдавливании утяжины возникают в полости или снаружи на дне стакана (рис. 6, б). Наружные утяжины устраняются ограничением толщины дна, а внутренние – предварительным заполнением радиальной полости и оформлением фланца до подхода пуансона к данной опасной зоне.

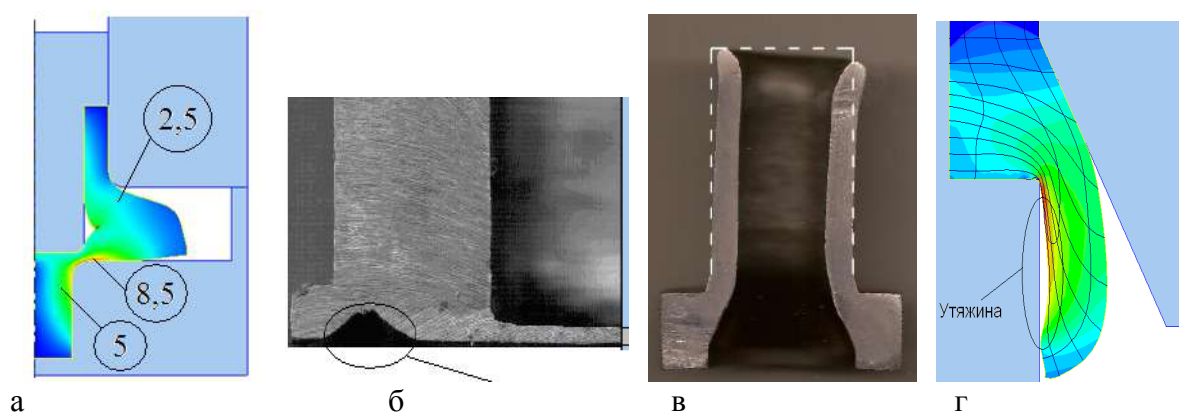


Рис. 6. Дефекты формы деталей при комбинированном выдавливании

Дефект в виде искривления полого отрезка (рис. 6, в) появляется вследствие неравномерного распределения трения по поверхности инструмента, что требует подготовки заготовки и обеспечения равномерного нанесения смазки. Дефект типа торцевой сферы на торце выдавленной трубки (рис. 6, в) появляется в процессе радиально-прямого выдавливания практически всегда при использовании заготовки в виде гладкой втулки. Устранение данного дефекта возможно при выравнивании течения за счет использования специально подготовленной заготовки. Экспериментально аналитическим путем была подобрана заготовка в виде втулки с фаской на внутренней поверхности. Причем величина фаски должна составлять половину толщины стенки выдавливаемой трубки (рис.7, поз. *1а*, *2а*)

Утяжина в виде неприлегания наружного контура детали к поверхности матрицы является характерным дефектом формы также и для процесса радиально-прямого выдавливания на конусной оправке (рис.1, *D3* и рис. 6, г). Экспериментально установлено, что величина утяжины зависит от многих факторов, одним из которых является форма переходной кромки матрицы. При использовании матриц с радиусной кромкой удастся снизить величину утяжины в несколько раз. Особое влияние имеет угол наклона образующей оправки. При уменьшении угла наклона образующей оправки величина утяжины уменьшается из-за увеличения величины подпора со стороны оправки.

Разрушение деталей при выдавливании является недопустимым дефектом, снижающим стабильность и возможности технологии холодного объемного деформирования.

При простом радиальном выдавливании, как и в комбинированных процессах, разрушение кромок фланцев вызвано исчерпанием запаса пластичности металла, испытывающего растяжение в окружном направлении (рис. 1, схема *F1* и рис. 7, поз. *1б*). При совмещенном выдавливании границы раздела течения металла нередко становятся траекториями трещин. При поперечно-обратном выдавливании стакана разрушение возможно, если толщина его дна меньше толщины фланца (схема *F4*). Высвобождение матрицы в заключительной стадии предотвращает такое разрушение. Для схем совмещенного поперечно-прямого выдавливания опасно раннее формообразование фланца (или отрезка), который затем превращается в застойную зону (рис.1, *F3*) [12]. Для поэтапного выдавливания

стаканов с фланцем характерно отделение фланца или доньшка, вызванное несогласованностью движения частей штампа, а именно матрицы или противоположного (схема E4).

Разрушения деталей, полученных односторонним боковым (рис.7, поз. 1а, 2а) и радиальным выдавливанием являются следствием неравномерного заполнения полости и образования поверхности со значительными сдвиговыми деформациями на нижней границе очага деформации. При боковом выдавливании отрывки такую неравномерность деформации не выдерживают даже заготовки из высокопластичных алюминиевых сплавов. Выравнивание деформированного состояния способствует способ комбинированного выдавливания, предусматривающего сочетание односторонней и двусторонней подачи металла заготовки в полость матрицы [15]. При радиальном выдавливании фланцев трещины в процессе деформирования могут не появиться, но фланец при эксплуатации детали отделяется от корпуса по упомянутой поверхности сдвига (рис.7, поз. 2в). Для предотвращения такого состояния заготовок и повышения равномерности деформаций разработан способ комбинированного деформирования с предварительной высадкой фланца, дополненной радиальным выдавливанием [16].

В процессе радиально-прямого выдавливания с обжатием на оправке дефекты в виде трещин возникают при образовании застойных зон в нижней части полости матрицы и возникновении больших сдвиговых деформаций на границе очага деформации к исчерпанию ресурса пластичности металла (рис. 7, 2с).

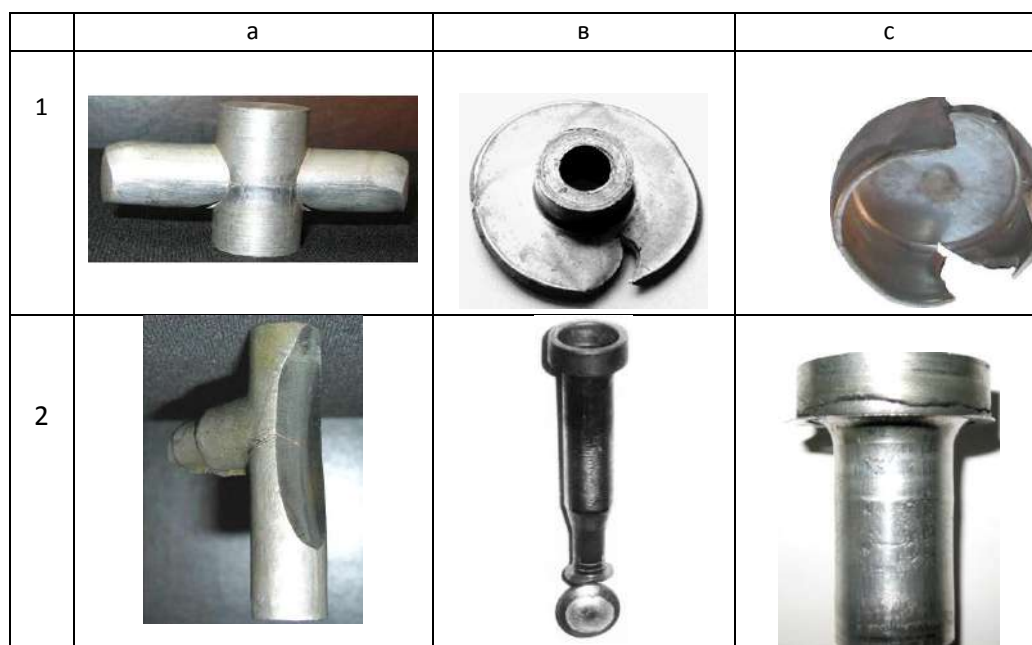


Рис. 7. Дефекты в виде разрушений при боковом (а) радиальном (в) комбинированном радиально-прямым выдавливании с раздачей и обжатием (с)

Разрушение деталей типа гильз и стаканов, получаемых радиально-прямым выдавливанием с раздачей вызвано исчерпанием ресурса пластичности металла на этапе радиального выдавливания фланца (см. рис. 7, 1с).

Рекомендации по устранению дефектов могут быть использованы при проектировании процессов выдавливания полых деталей и деталей с фланцами.

Выводы

Систематизированы виды дефектов, которые возникают у деталей, полученных различными способами холодного выдавливания. Экспериментально и методом конечных элементов исследовано формообразование деталей с фланцами при выдавливании по основным кинематическим вариантам. Установлено, что при радиальном выдавливании деталей с фланцем виды отклонений формы фланцев и степень заполнения приемной полости матрицы зависят от способа подачи металла в приемную полость матрицы.

Рассмотрен процесс возникновения дефектов формы типа утяжин и незаполнения полости при радиальном выдавливании деталей с фланцем и установлен характер влияния технологических параметров на процесс появления утяжин. Оценены возможности приемов подъема полуматрицы и

формирования технологического бурта, направленных на устранение или снижение утяжин при выдавливании фланцев.

Дана оценка возможностям и дефектам в виде отклонений формы и разрывов, которые присущи для новых технологических способов комбинированного радиально-обратного выдавливания полых и сплошных деталей с фланцем и радиально-прямого выдавливания деталей типа гильз. Полученные сведения позволят дать технологические рекомендации для получения качественных деталей холодным выдавливанием.

Список использованной литературы

1. Евстратов В.А. Основы технологии выдавливания и конструирования штампов / В.А. Евстратов. - Харьков. : Вища школа, 1987. – 142 с.
2. Холодная объемная штамповка. Справочник / Под ред. Г. А. Навроцкого. –М. : Машиностроение, 1973. – 496 с.
3. Алиев И. С. Технологические процессы холодного поперечного выдавливания / И. С. Алиев // Кузнечно-штамповочное производство. – 1988. – № 6. – С. 1–4.
4. Гусинский В. И. О возможностях процессов холодного прессования / В. И. Гусинский // Разработка и исследование технологических процессов ОМД. – М. : Машиностроение, 1968. – С. 45–56.
5. Prediction of the variation of the form in the processes of extrusion / I. Aliiev, L. Aliieva, N. Grudkina, I. Zhbankov // Scientific and technical journal Metallurgical and mining industry. – Dnepropetrovsk, 2011. – Vol. 3. – № 7. – P. 17–22.
6. Алиева Л.И. Технологические возможности процессов радиально-прямого выдавливания с раздацией / Л.И. Алиева, О.В. Чучин // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство. Материалы XII Всероссийской НПК. Том 1. Старый Оскол: СТИ НИТУ МИСиС. 2015. – С. 148-152.
7. Aliieva L. Radial-direct extrusion with a movable mandrel / L. Aliieva, I. Zhbankov // Metallurgical and Mining Industry.– Dnipropetrovsk, 2015. – № 11. – P. 175–183.
8. Aliieva L. I. Predictions of deviations of the shape of details at cold extrusion / L. I. Aliieva, U. I. Gumenuk, D. V. Usmanov // Nowe technologie i osiagniecia w metargii i inzenierii materialowej VI Miedz. konf. naukowa. – Czenstchowa, 2005. – S. 383–391.
9. Прогнозирование дефектообразования в процессе радиального выдавливания / Л. И. Алиева, И. С. Алиев, П. Б. Абхари, О. В. Патык // Вісник національного технічного університету України «ХПІ» : збірник наукових праць. – Харків, 2011. – № 47. – С. 140–145.
10. Алиева Л. И. Оценка и прогнозирование отклонений формы деталей при холодном выдавливании / Л. И. Алиева // Пластическая деформация металлов : коллективная монография. – Днепропетровск : НМетАУ, 2014. – С. 353–369. – ISBN 978-617-7109-18-0.
11. Дефектообразование в процессах холодного выдавливания / Л. И. Алиева, Я.Г. Жбанков, Н.С. Грудкина, П.Б. Абхари // Теоретичні та практичні проблеми в обробці матеріалів тиском і якості фахової освіти. Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції». – Київ - Херсон: НТУУ «КПІ», 2016. – С. 51–53.
12. Алиева Л. И. Процессы комбинированного деформирования и выдавливания / Л. И. Алиева // Обработка материалов давлением : сборник научных трудов. – Краматорск : ДГМА, 2016. – № 1 (42). – С. 100–108.
13. Пат. 13745 Украина, В21 К21/00. Способ изготовления деталей типа втулок с фланцем / Л. И. Алиева (Украина). – № 200509939 ; заявл. 21.10.2005 ; опубл. 17.04.2006, Бюл. № 4.
14. Пат. 74528 Україна, МПК В 21 К 21/00. Спосіб одержання порожнистих виробів з тонким дном / І. С. Алієв, І. Г. Савчинський, Р. С. Борисов, Алієва Л. І.; власник Донбаська державна машинобудівна академія. – № 20031211209; заявл. 09.12.2003; опубл. 15.12.2005, Бюл. №12.
15. Пат. 84078 Україна, МПК В 21 К 21/00. Спосіб виготовлення деталей з бічними відростками / Л. І. Алієва, О. М. Бровкін, І. А. Деревенько, О. А. Жукова, В. В. Цимбаліст; заявник та патентовласник Донбаська державна машинобудівна академія. – № u201304310; заявл. 05.04.13; опубл. 10.10.13, Бюл. № 19.
16. Пат. 104817 Україна, МПК В 21 К 22/04. Спосіб виготовлення деталей з фланцем / Л. І. Алієва; заявник та патентовласник Донбаська державна машинобудівна академія. – № u201506428; заявл. 30.06.15; опубл. 25.02.16, Бюл. № 4.