

УДК 621.77.01, 621.777.4

ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОМБИНИРОВАННЫМ ВЫДАВЛИВАНИЕМ ДЕТАЛЕЙ ТИПА СТАКАНОВ С КОНИЧЕСКОЙ ДОННОЙ ЧАСТЬЮ СЕЧЕНИЯ

Дарья Александровна Лебедева

Магистр 2 года,

кафедра «Технологии обработки материалов»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: А. Л. Воронцов,

Заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор кафедры

«Технологии обработки материалов»

Анализ современной справочной и специализированной технической литературы показывает, что полые изделия типа стаканов с конической донной частью очень широко используются в машиностроении, автомобилестроении, авиастроении и оборонной промышленности. Они применяются, например, для производства корпусов осколочно-фугасных и других снарядов (рис. 1), основной формообразующей операцией для получения которых является обратное выдавливание стакана.



Рис. 1. Примеры боевых снарядов

Сделанный нами анализ справочной литературы показал, что традиционно подобные изделия в настоящее время получают путём последовательного применения к исходной цилиндрической заготовке калибровки с формовкой, во время которых окончательно образуют наружный конический участок донной части изделия и последующего обратного выдавливания стакана с внутренней полостью требуемой геометрии [1, с. 179, рис. 29-в; 2, с. 142, рис. 24-б]. Это предопределяет в производстве таких изделий присущие данному способу недостатки: необходимость наличия на производстве прессов большой мощности, а также высокие удельные деформирующие силы, действующие на пуансон, и давления, действующие на матрицу, что иногда приводит к недостаточной прочности и стойкости штампового инструмента, изготовление значительного количества дополнительного штампового инструмента, увеличение общих энергетических и финансовых затрат.

В настоящее время остро стоит задача снижения энергетических затрат и расхода металла, а также повышения производительности и качества при производстве подобных изделий, которая, на наш взгляд, может быть успешно решена путём применения комбинированного выдавливания (рис. 2).

Проведённое изучение состояния вопроса показывает, что ни экспериментальное, ни теоретическое изучение комбинированного выдавливания стаканов с коническим

дном в известных работах ранее не проводилось [1–7]. Поэтому углублённое исследование данного процесса с целью создания научно обоснованной методики его успешного проектирования является актуальным.

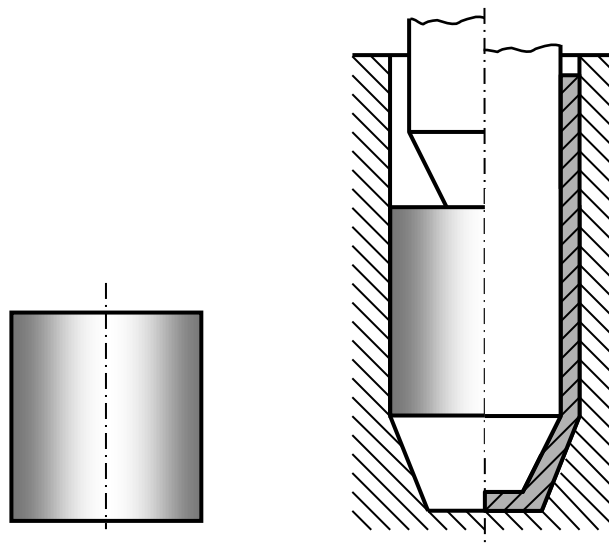


Рис. 2. Предлагаемая технология комбинированного выдавливания стаканов с конической донной частью

Несмотря на кажущуюся простоту процесса пластической деформации, показанного на рис. 2, на самом деле его механико-математическое описание представляет собой исключительно сложную вариационную задачу, поскольку в зависимости от высоты исходной заготовки, соотношения наибольших рабочих радиусов пуансона и матрицы, формы донной части матрицы и формы рабочего торца пуансона, а также коэффициентов трения реальное пластическое течение может происходить очень разнообразно. При этом итоговый вид получаемых изделий может отличаться мало, либо не отличаться совсем.

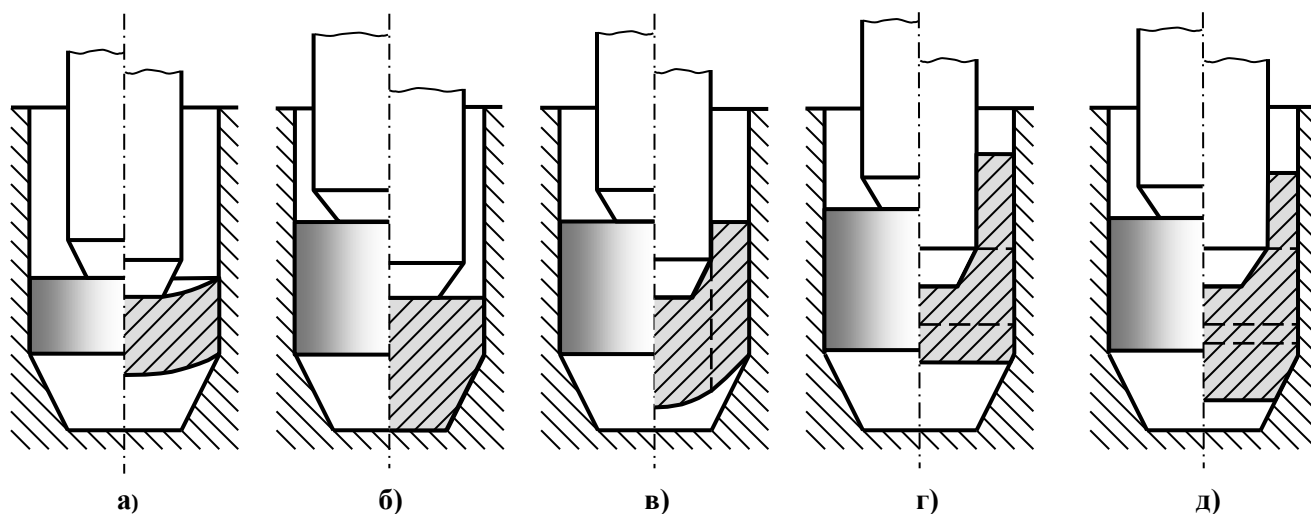


Рис. 3. Возможные варианты протекания процесса пластической деформации

Если заготовка имеет сравнительно небольшую высоту (рис. 3-а), то процесс может начинаться с её изгиба. Вероятность такого варианта протекания процесса пластической деформации дополнительно возрастает с уменьшением радиуса пуансона r по сравнению с радиусом матрицы.

При достаточно большой высоте заготовки и радиусе пуансона, приближающемся к радиусу матрицы (рис. 3-б), с самого начала может произойти прямое выдавливание заготовки в коническую полость матрицы, то есть фактически произойдёт обычная формовка, после которой начнётся выдавливание полости без какого-либо снижения силы по сравнению с традиционным способом.

Если радиус пуансона существенно меньше радиуса матрицы (рис. 3-в), а высота заготовки не столь мала, как в случае на рис. 3-а, то процесс может начинаться сдвигом пуансоном вниз центральной области заготовки, с реактивным увлечением в ту же сторону нижней части периферийной кольцевой зоны. В этом случае полость будет образовываться с меньшей силой по сравнению с обратным выдавливанием металла с преодолением сил трения между заготовкой и матрицей. Но при недостаточном ресурсе пластичности центральная часть в результате сдвига может сколоться, то есть произойдёт пробивка, являющаяся в данном случае недопустимым разрушением заготовки.

При определённом соотношении различных факторов, особенно, при достаточно высокой заготовке (рис. 3-г), значительная часть активной силы пуансона по мере приближения к дну заготовки будет снижаться трением между заготовкой и матрицей. В результате до нижней части заготовки дойдёт заметно уменьшенная сила, которая обусловит лишь небольшое вдавливание нижнего торца заготовки в коническую полость матрицы, после чего в верхней части начнётся интенсивное обратное выдавливание полости. При таком протекании процесса заметного снижения силы выдавливания на определённой части рабочего хода не произойдёт, а желаемое снижение силы начнётся лишь на завершающей стадии рабочего хода, когда интенсивность заполнения конической полости матрицы заметно возрастёт.

Самым интересным и значимым для исследования является случай одновременного обратного выдавливания верхней полости и прямого выдавливания нижней конической части заготовки (рис. 3-д). Здесь возможны два варианта протекания процесса: 1) когда верхний и нижний очаги пластической деформации отделены друг от друга промежуточной жёсткой областью; 2) когда верхний и нижний очаги пластической деформации соприкасаются друг с другом. Математически наиболее сложным для теоретического описания является второй случай, поскольку, если в первом случае высоты верхнего и нижнего очагов определяются независимо друг от друга условиями минимума сил верхнего и нижнего процессов пластической деформации, то во втором случае положение общей границы раздела пластического течения вверх и вниз придётся искать из общего условия минимума всей энергии пластической деформации.

Теоретическое определение кинематического, напряжённого и деформированного состояний заготовки в процессе комбинированного выдавливания было выполнено с помощью общего метода пластического течения А.Л. Воронцова.

Литература

1. *Холодная объемная штамповка*. Справочник / Под ред. Г. А. Навроцкого. М.: Машиностроение. 1973. 496 с.
2. *Ковка и штамповка*. Справочник / Под ред. Е. И. Семенова. Т.3. Холодная объемная штамповка / Под ред. Г. А. Навроцкого. М.: Машиностроение. 1987. 384 с.

3. *Воронцов А. Л.* Теория штамповки выдавливанием. М.: Машиностроение. 2004. 721 с.
4. *Воронцов А. Л.* Теория и расчеты процессов обработки металлов давлением. Учебное пособие для вузов. Том 2. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2014. 441 с.
5. *Воронцов А. Л.* Теория и расчеты процессов обработки металлов давлением. Учебное пособие для вузов. Том 1. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2014. 396 с.
6. *Овчинников А. Г.* Основы теории штамповки выдавливанием на прессах. М.: Машиностроение. 1983. 200 с.
7. *Сторожев М. В., Попов Е. А.* Теория обработки металлов давлением. М.: Машиностроение. 1977. 423 с.