

## Исследование процессов прямого и обратного выдавливания деталей типа стакан с использованием программного комплекса DeForm 2D

СИДОРОВ А.А., *Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

Целью исследования являлось определение различий в силовых параметрах прямого и обратного выдавливания деталей типа стакан (рис. 2). Выдавливание моделировалось в программном комплексе DeForm 2D. Схемы деформирования показаны на рис. 1.

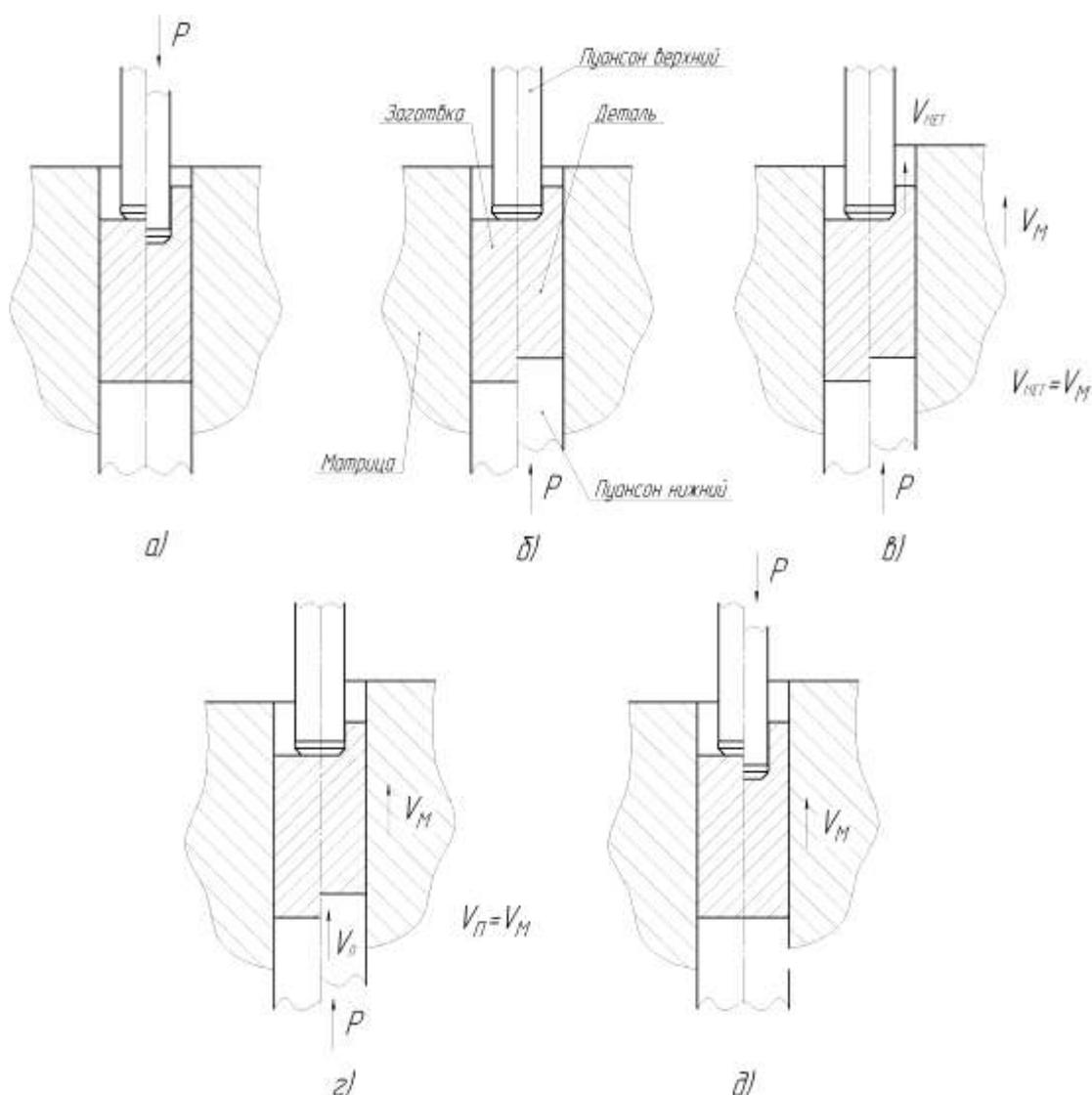


Рис.1. Схемы прямого и обратного выдавливания деталей типа стакан  
а) обратное; б) прямое; в) прямое с активными силами трения; г) имитация  
обратного в подвижной матрице на специализированном прессе;  
д) обратное с активными силами трения

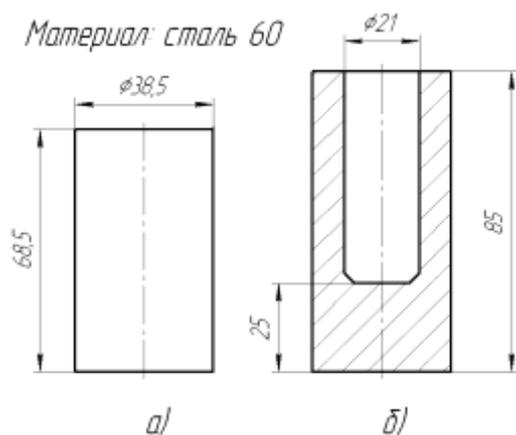


Рис.2. Заготовка а) и деталь типа стакан б)

Выбор схем деформирования и задача исследования продиктованы наличием соответствующего оборудования и необходимостью измерения силовых параметров процесса холодного выдавливания деталей типа стакан. На рис.1

схемы обратного а) и прямого б) выдавливания имеют характерный и наиболее часто встречающийся в литературе вид [1,2], схемы в), г) и д) не имеют широкого применения из-за необходимости использовать дополнительный привод для осуществления движения матрицы.

Исходные данные для моделирования процесса холодного выдавливания:

1. Моделирование процесса выдавливания проводилось для половины детали, так как стакан является осесимметричным изделием.
2. Температура материала заготовки и инструмента равнялась  $20^{\circ}\text{C}$ .
3. Кривая упрочнения стали 60 в программном комплексе DeForm 2D отсутствует, поэтому ее заменили кривой упрочнения соответствующего американского аналога стали 60 - AISI-1060.
4. Заготовку разбили на 617 конечных элементов (рис.3).

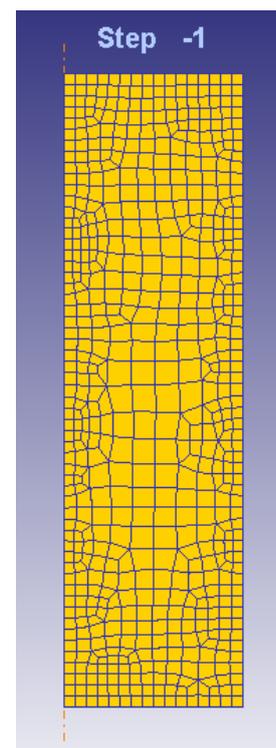


Рис.3. Разбиение заготовки на конечные элементы

5. В качестве модели перемещения был принят закон скоростей: для верхнего пуансона при обратном выдавливании  $V_{\text{верх.}} = 5 \frac{\text{мм}}{\text{сек}}$ , для

нижнего пуансона при прямом выдавливании  $V_{\text{нижн.}} = 1,42 \text{ мм/сек.}$

Скорость истечения металла заготовки в зазор между верхним пуансоном и матрицей оставалась одинаковой и равнялась

$$V_{\text{метал.}} \approx 2 \text{ мм/сек.}$$

Различие между процессами прямого и обратного выдавливания состоит в разнице площади поверхности трения перемещаемой части заготовки относительно матрицы и соответственно силы трения. При прямом выдавливании в начальный момент процесса площадь поверхности трения равна площади боковой поверхности заготовки. В то же время для процесса обратного выдавливания в начальный момент деформирования площадь поверхности трения ограничивается площадью боковой поверхности очага пластической деформации.

Данные для анализа силовых параметров получены моделированием процессов холодного выдавливания в программном комплексе DeForm 2D. Для определения величины силы трения определялись силы, действующие на верхний и нижний пуансон. Данные, полученные из программного комплекса DeForm 2D, обрабатывались в Microsoft Excel, после чего строились графики зависимости силы выдавливания от хода пуансона, приведенные на рис. 4 – 8, для верхнего и нижнего пуансонов.

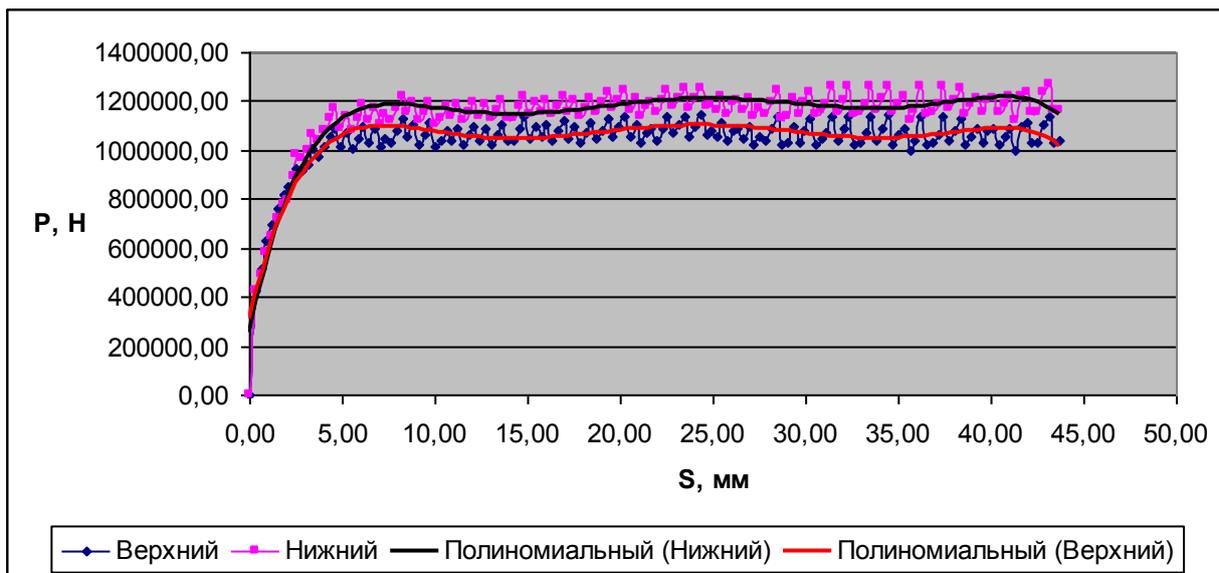


Рис.4. Обратное выдавливание (схема а) рис.1)

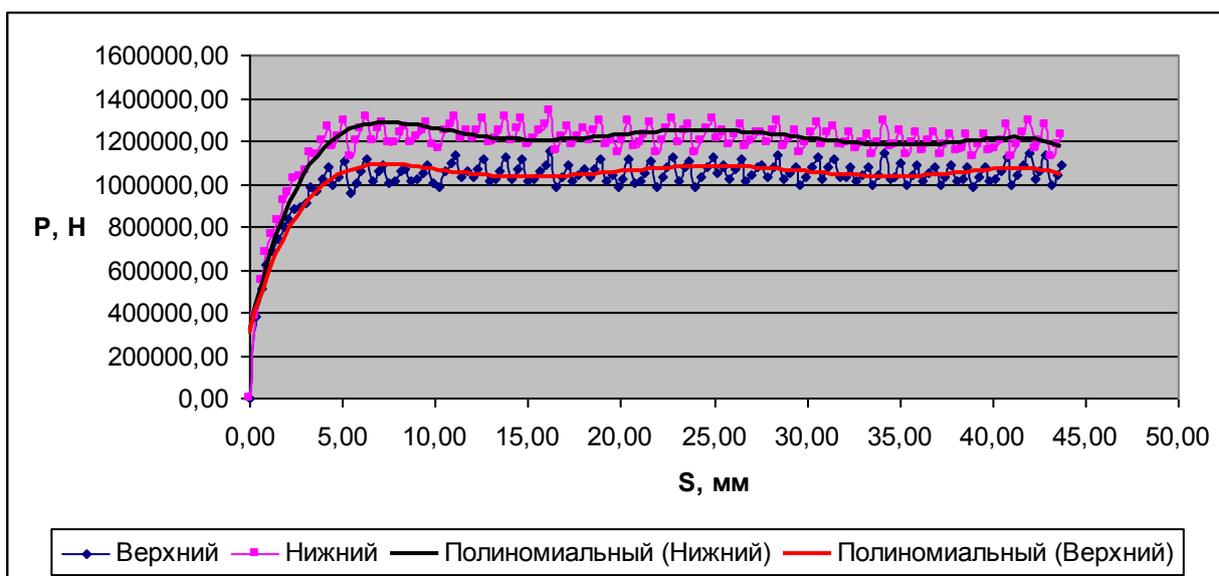


Рис.5. Прямое выдавливание (схема б) рис.1)

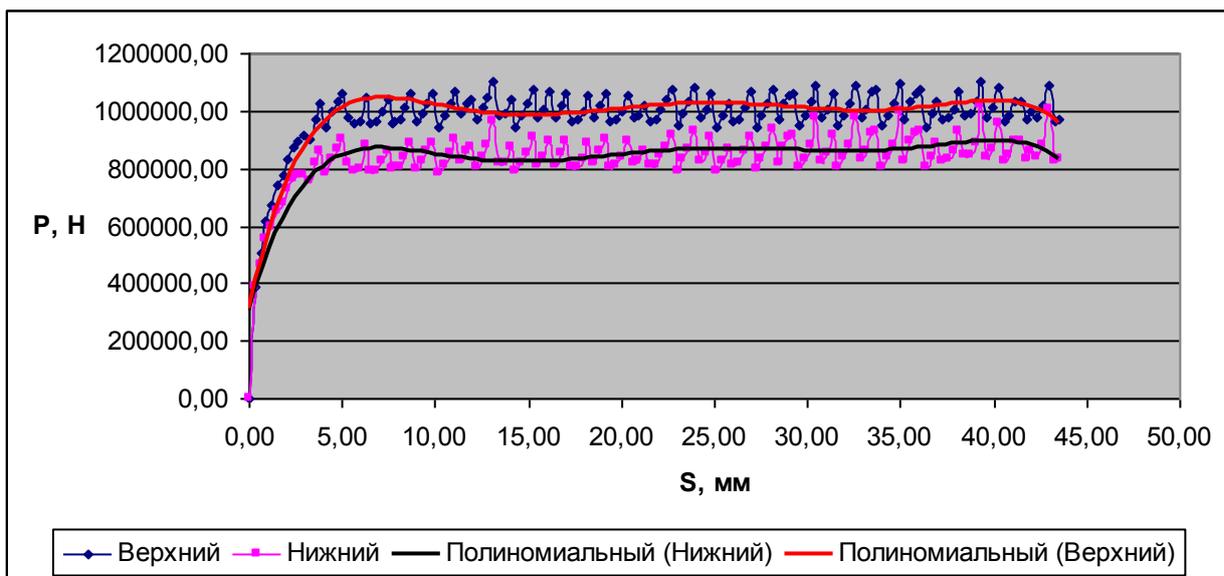


Рис.6. Прямое выдавливание с активными силами трения (схема в) рис.1)

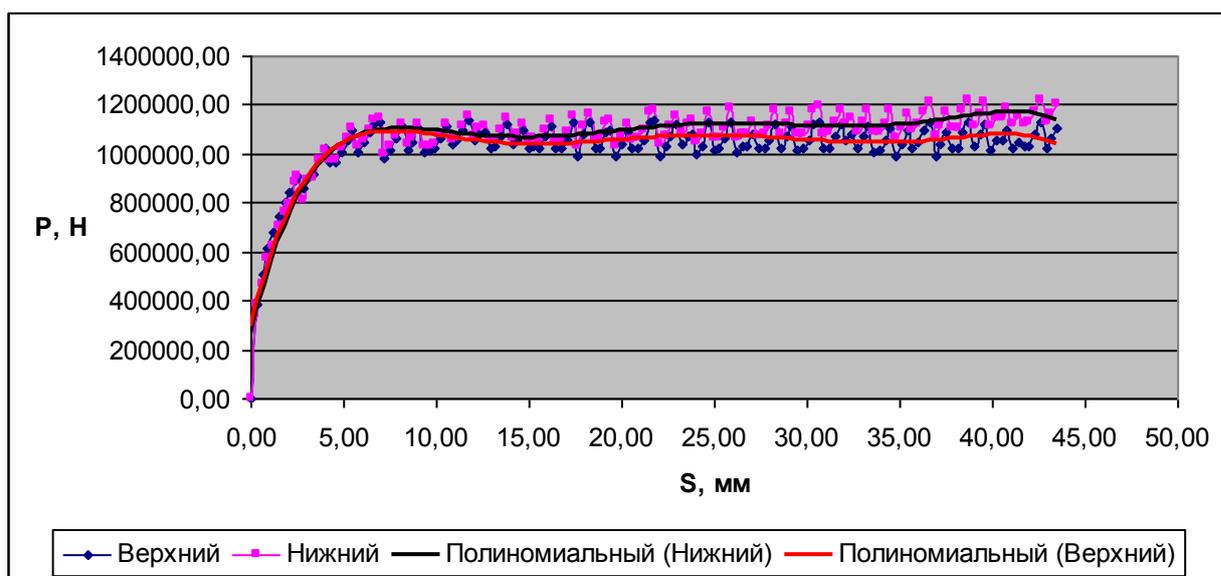


Рис.7. Имитация обратного выдавливания в подвижной матрице на специализированном прессе (схема г) рис.1)

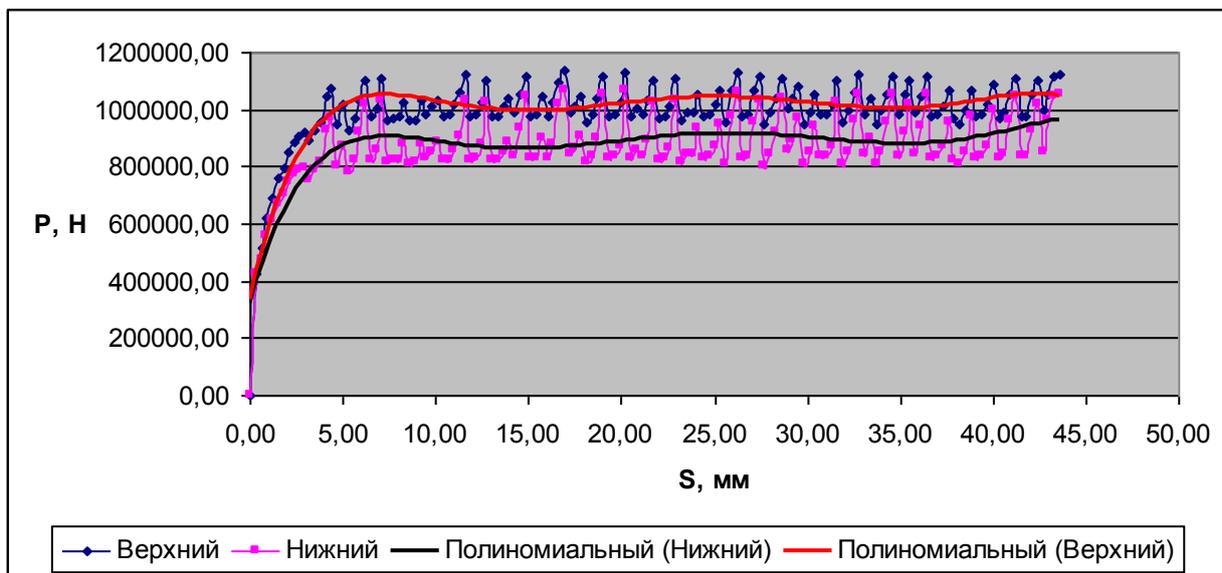


Рис.8. Обратное выдавливание с применением активного действия сил трения (схема д) рис.1)

Разница значений силы действующей на нижний и верхний пуансоны показывает величину силы трения заготовки о стенку матрицы.

На основании полученных графиков можно заключить:

1. Разница площадей трения в процессах прямого и обратного выдавливания, а как следствие сил трения видна при сравнении графиков на рис. 4 и 5.
2. Перемещение матрицы в направлении истечения металла позволяет снизить силу, действующую на верхний пуансон на величину до 10% по сравнению с прямым и обратным выдавливанием без перемещения матрицы, а силу, действующую на нижний пуансон, приблизительно на 30%.
3. Сила, действующая на верхний пуансон при схемах д) и в) приблизительно равна(при схеме в) на 3% меньше чем при схеме д) рис.1), такая же картина наблюдается в схемах а) и б) (рис.1).

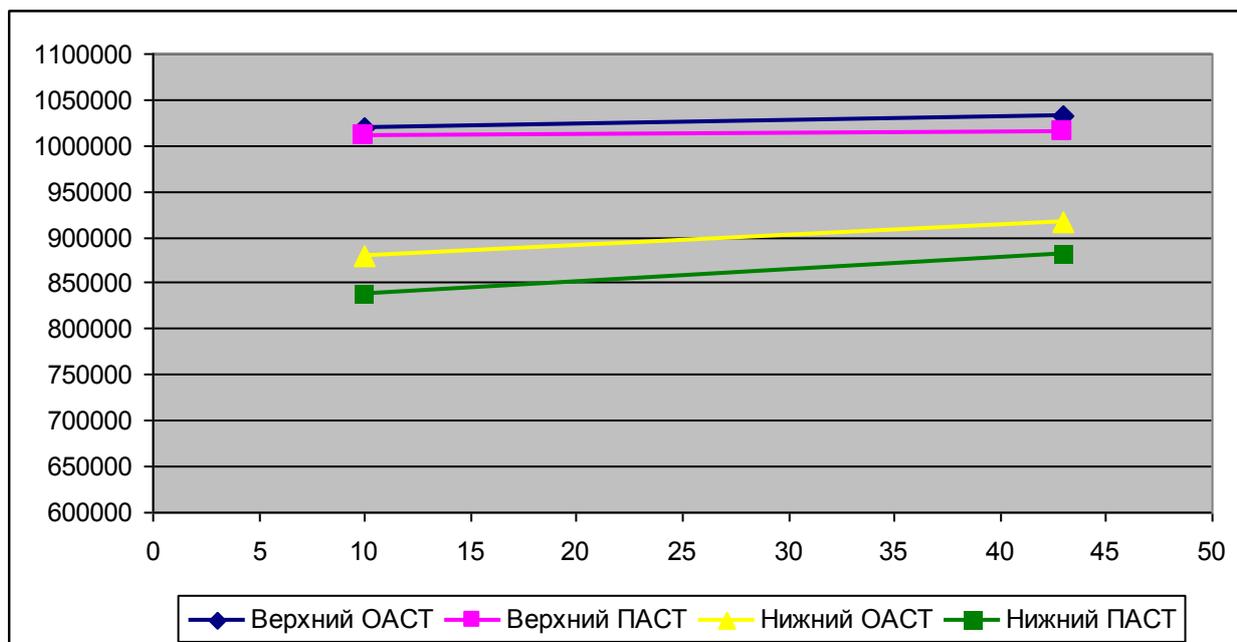
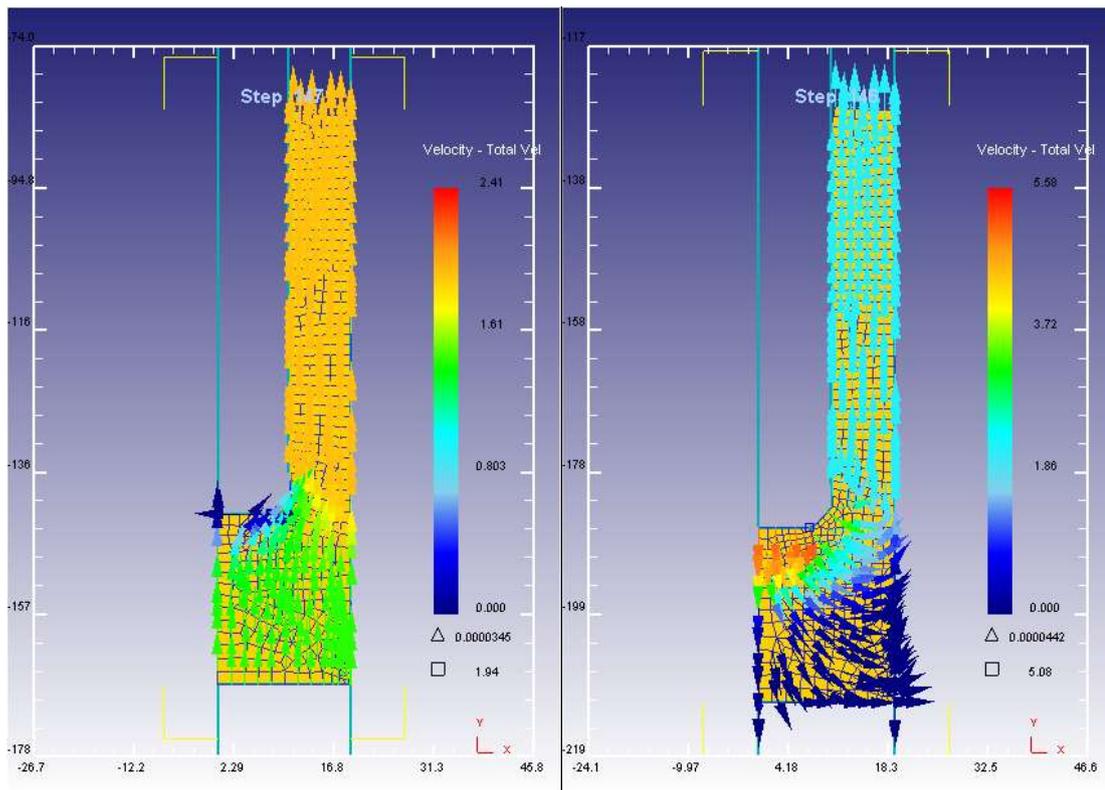


Рис.9. Графики зависимости силы по ходу для выдавливания деталей прямым и обратным способом для верхнего и нижнего пуансонов с применением и без активных сил трения (представлена установившаяся стадия процесса в виде прямой линии)

Снижение силы на нижнем пуансоне (схема в) рис.1), а как следствие снижение силы трения, не дает снижения силы на верхнем пуансоне. Активные силы трения действуют не на всей поверхности контакта заготовки с матрицей, а в основном на высоте очага деформации, так как давление на стенку матрицы в этой области выше.

Разница между схемами деформирования в) и д) рис.1 заключается в следующем:

1. Направление движение частиц металла заготовки, траектория движения и скорость частиц под торцом верхнего пуансона для схем в) и д) на рис.1 различны (рис. 10).

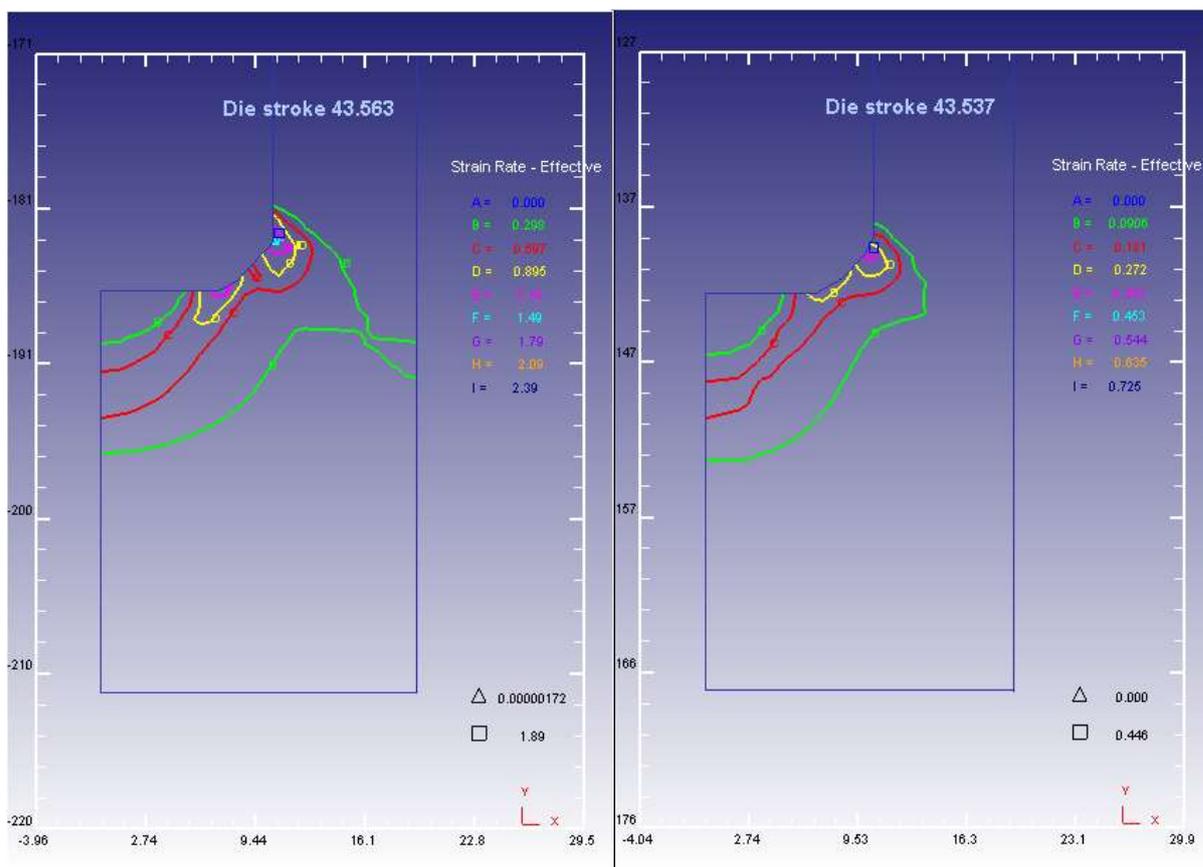


а)

б)

Рис. 10. Различие векторов движения частиц металла заготовки: а) – схема д); б) – схема в) на рис. 1

2. Разница в интенсивности скоростей деформаций: при схеме деформирования д) на рис.1 интенсивность скоростей деформаций по объему очага деформации выше, чем при схеме деформирования в) на рис.1 (рис. 11).

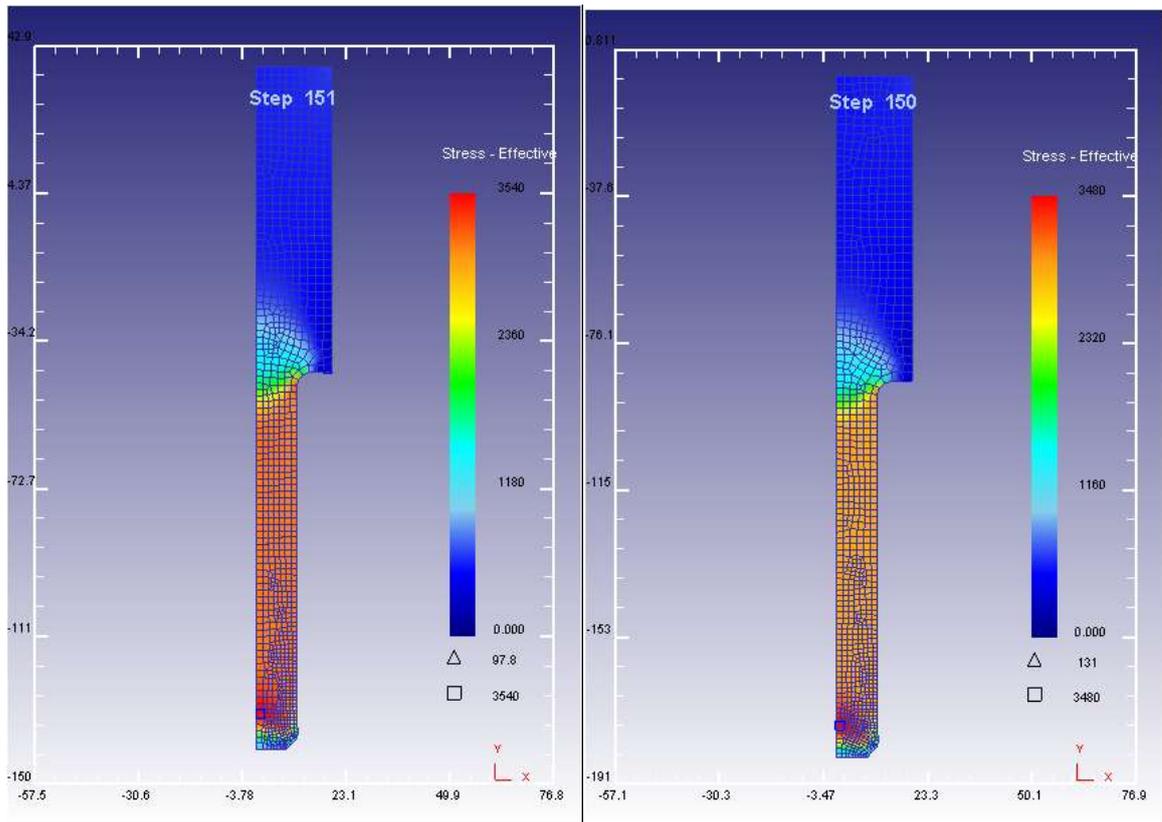


a)

б)

Рис. 11. Распределение значений интенсивности скоростей деформации по объему заготовки: а) – схема д); б) – схема в) на рис.1

Наблюдается незначительная разница в эквивалентных напряжениях на пуансоне в схемах с использованием активного действия сил трения (рис.12)



### Вывод:

Целесообразно использовать схемы деформирования с применением активного действия сил трения, так как их использование позволяет снизить удельную силу на величину до 10%. Выбор между схемами деформирования с использованием активного действия сил трения можно проводить с точки зрения эргономичности организации процесса выдавливания, так как значительной разницы между ними нет.

### Литература

1. Дмитриев А.М. Технологияковки и объемной штамповки. Часть 1. Объемная штамповка выдавливанием: Учебник для вузов по специальности «Машины и технология обработки металлов давлением» [Текст]/ А.М. Дмитриев, А.Л. Воронцов. – М.: Машиностроение-1, 2005.-500 с.
2. Ковка и штамповка [Текст]: в 4 ч. Ч. 3. Холодная объемная штамповка. Ковка: справ. /Ред. совет: Е.И. Семенов [и др.] – М.: Машиностроение, 1987. - 384с.: ил.