

УДК 53.084.823

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ПУСТОТЕЛЫХ ДЕТАЛЕЙ С БОКОВЫМИ ОТРОСТКАМИ ИЗ СПЛАВА АК-7

Владимир Владимирович Григорьев

Студент 6 курса

кафедра «Технологии обработки металлов давлением»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: Дмитриев А.М.⁽¹⁾, Коробова Н.В.⁽²⁾

*⁽¹⁾Доктор технических наук, член-корр. РАН, профессор, главный научный сотрудник
ЦРКПО ГИЦ при МГТУ «СТАНКИН»*

⁽²⁾Доктор технических наук, профессор, директор ЦРКПО ГИЦ при МГТУ «СТАНКИН»

На современном этапе развития машиностроения для требуется применение новых технологий, направленных на повышение качества изделий, увеличение механических характеристик используемых материалов, снижение затрат на производство. Особенно это актуально в областях авиа-ракетостроения, автомобилестроения, судостроения, оборонно-промышленном комплексе. Основную номенклатуру выпускаемых в этих отраслях изделий составляют детали сложной конфигурации подразумевающие использование большого количества операций обработки резанием, что снижает коэффициент использования материала, прочностные характеристики и увеличивает себестоимость изделия. Сфера обработки металлов давлением издавна была направлена на решение проблем в этой области.

Основными показателями современных технологий обработки металлов давлением являются следующие.

1. Точность изготавливаемых деталей.
2. Отсутствие или минимизация припусков на обработку резанием.
3. Высокий комплекс механических характеристик.

Одним из наиболее важных и распространенных в вышеперечисленных областях производства является процесс получения пустотелых деталей с боковыми отроостками: тонкими по сравнению с общими габаритами детали. На данный момент детали данного типа получают методами литья под давлением, тиссолитья, ГОШ и тиссоштамповки. Однако литейные технологии являются весьма затратными, и механические характеристики литых деталей несколько уступают штампованным. Основными проблемами процесса штамповки поковок этой номенклатуры является обеспечение их точности и энергоемкость процесса, а также сложность изготовления инструмента. В статье рассматривается изготовление крупногабаритных пустотелых деталей на примере детали типа «стакан с ребрами» рис.1.

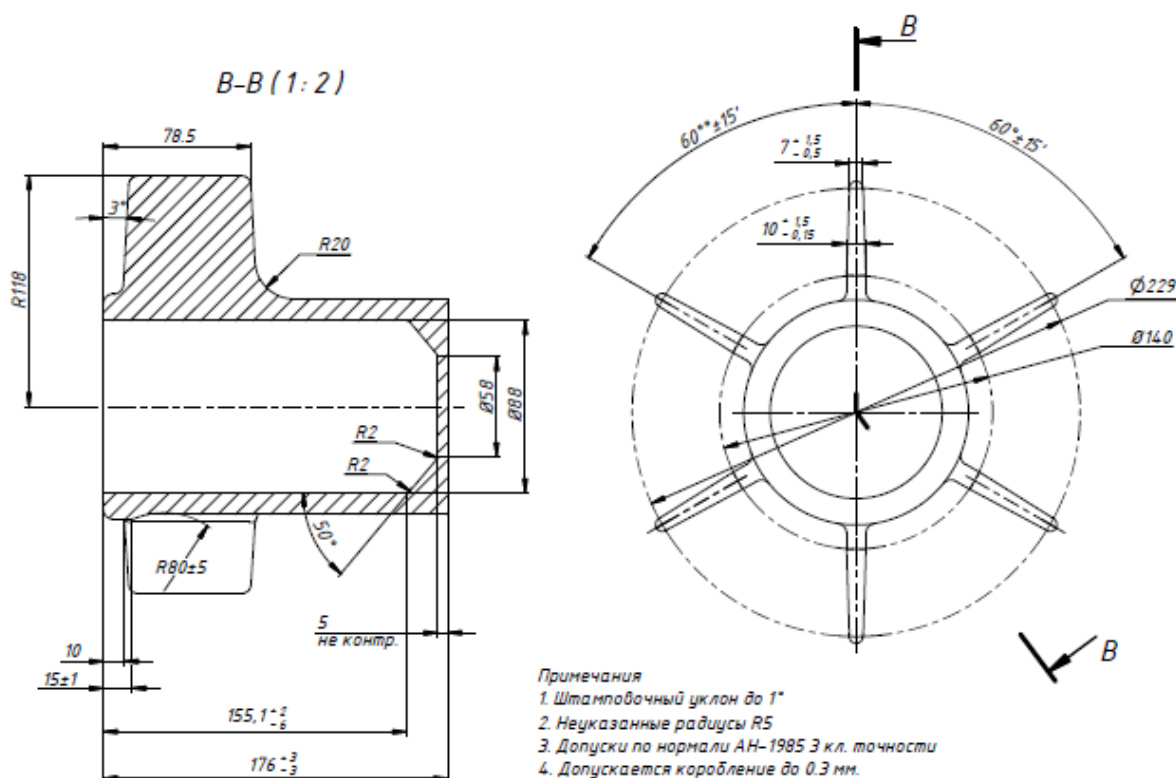


Рис. 1 Стакан с ребрами

Для получения данной детали существует технология, разработанная в ВИЛС в 1976 г. Цхондия А.Г., сущность ее заключается в двухэтапной штамповке детали (рис. 2) на специальном гидравлическом прессе с телескопическим гидроприводом. Этапы следующие.

1. Цилиндрическая заготовка из мерного прутка, предварительно деформированная для получения мелкозернистой структуры, осаживается матрицей и пуансоном, заполняя боковые отrostки.

2. Пуансон выдавливает заготовку, формируя форму стаканчика, при этом матрица движется вверх.

На этапе осадки пуансон вместе с блоком секционных матриц осаживал заготовку до заполнения отrostков со скоростью 30 мм/с, затем пуансон продолжал выдавливание со скоростью 30 мм/с, а блок секционных матриц двигался в противоположном направлении с расчетной скоростью истечения металла 41 мм/с, тем самым обеспечивая заполнение отrostков и снижение силы на пуансоне. Пуансон имел ступенчатую форму для обеспечения максимальной приближенности формы поковки к геометрии детали.

Основными преимуществами разработанной технологии стало снижение требуемой силы на пуансоне почти в полтора раза, также была решена проблема недоштамповки в зоне боковых отrostков.

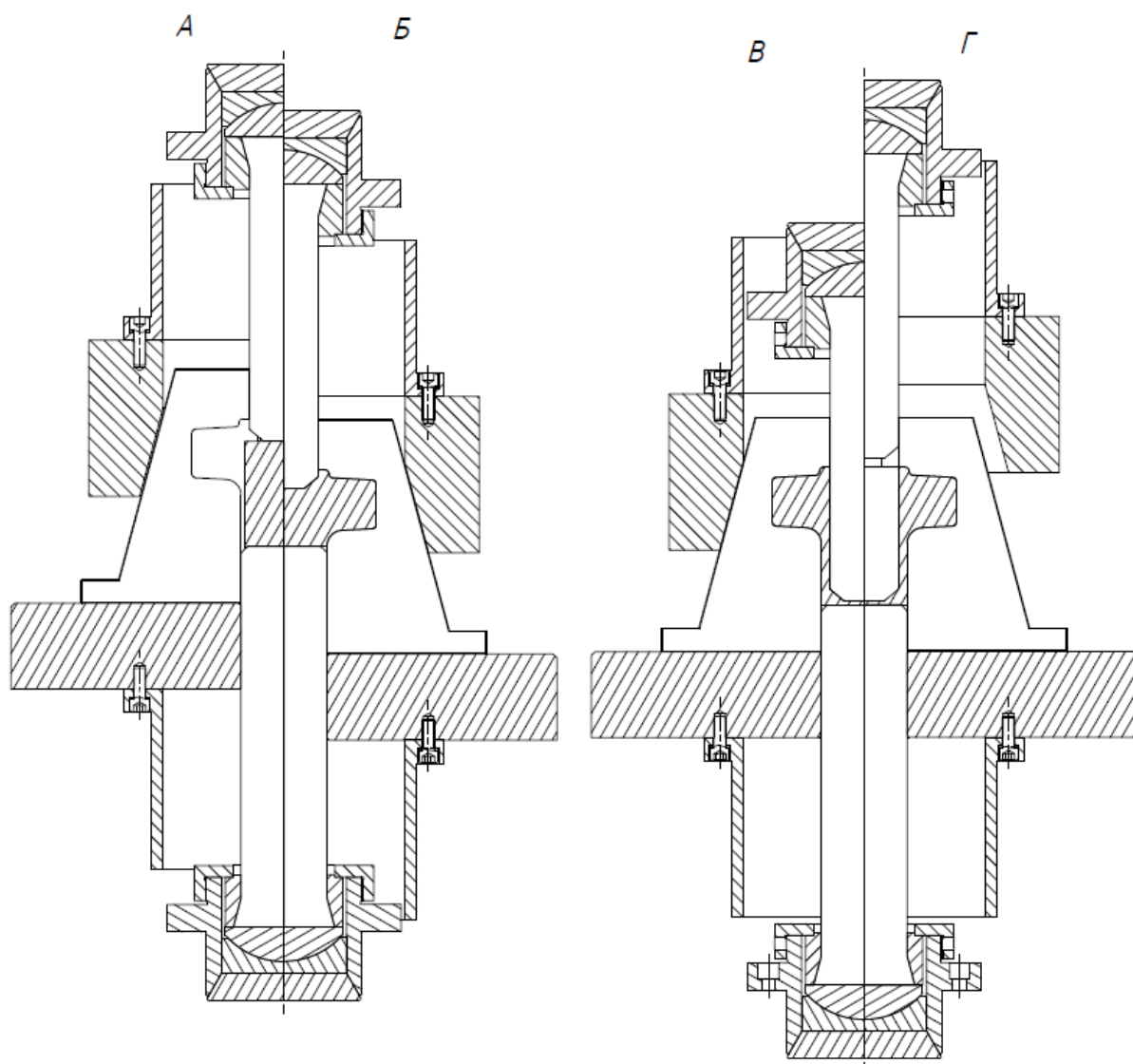


Рис. 2. Схема двухэтапное выдавливание стакана с ребрами: а – исходное положение; б – осадка; в – выдавливание; г – конечное положение

Данная технология была промоделирована в среде Deform 3D, заданные параметры указаны ниже.

1. Материал – Сплав АК7, задавался конструктором.
- 2.1 Ход пуансона на этапе осадки – 30 мм/с.
- 2.2 Ход матрицы на этапе осадки – 30 мм/с.
- 2.3 Ход пуансона на этапе выдавливания – 30 мм/с.
- 2.4 Ход матрицы на этапе выдавливания – 41 мм/с.
- 3.1 Температура заготовки 480 °С.
- 3.2 Температура матрицы 250 °С.

Максимально энергоемким получился этап осадки, т.к. во время осаживания заготовки сила растет незначительно, увеличиваясь в момент радиального истечения металла, и достигая своего пика к моменту заполнения отростков, максимальная допустимая сила 512,3 кН., максимальная сила на этапе выдавливания 451,1 кН.

Из анализа данной технологии и полученных результатов было предположено негативное влияние ступенчатой формы на характер течения металла, что увеличивает требуемую силу. Также предположено снижение требуемой силы на этапе выдавливания,

посредством применения активных сил трения. Для обеспечения наилучшего течения металла была рассмотрена схема выдавливания пуансоном с вершиной в форме усеченного конуса и было проведено исследование влияния угла конусности на процесс осадки и выдавливания; для снижения требуемой силы на этапе выдавливания была выбрана скорость матрицы, превышающая скорость пуансона в 1,66 раз (исходя из рекомендаций зависимости оптимальной скорости перемещения матрицы при выдавливании с активными силами трения^[1]). Варьирование угла конусности проводилось в диапазоне от 20° до 60°. Полученные результаты исследования приведены в табл.1 и на рис. 3. Заданные параметры в другом рассмотренном варианте приведены ниже.

1. Материал – Сплав АК7, задавался конструктором.
- 2.1 Ход пуансона на этапе осадки – 30 мм/с.
- 2.2 Ход матрицы на этапе осадки – 30 мм/с.
- 2.3 Ход пуансона на этапе выдавливания – 30 мм/с.
- 2.4 Ход матрицы на этапе выдавливания – 50 мм/с.
- 3.1 Температура заготовки 480 °С.
- 3.2 Температура матрицы 250 °С.

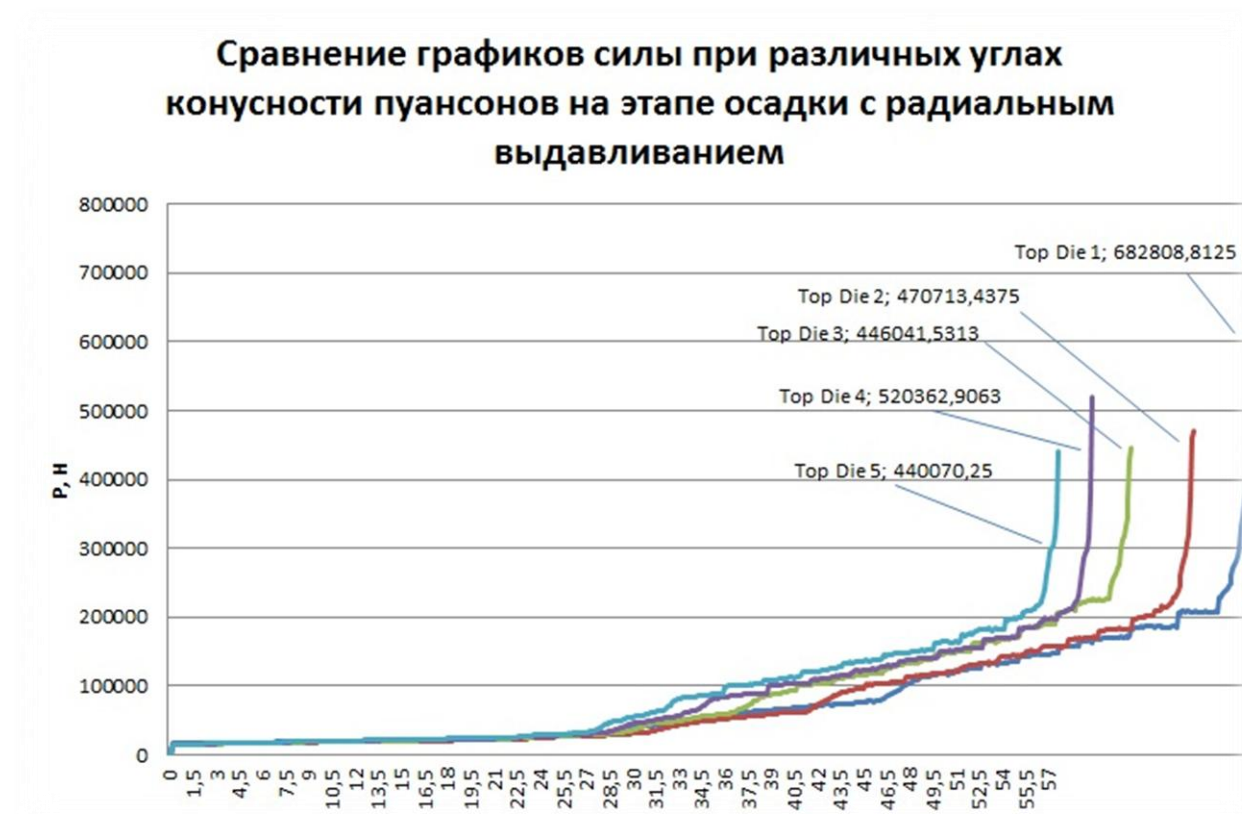


Рис. 3. Сравнение графиков силы при варьировании угла конусности пуансона на этапе осадки. Top die 1 - 20°, Top die 2 - 30°, Top die 3 - 40°, Top die 4 - 50°, Top die 5 - 60°.

Сравнение проводилось в диапазоне угла конусности пуансона от 20° до 60°, так как дальнейшее снижение угла сделало бы площадку контакта практически плоской, а увеличение значительно бы увеличило количество металла на последующую обработку резанием.

Таблица 1. Сравнение результатов полученных при варьировании угла конусности пуансона

Угол	Осадка		Выдавливание	
	Максимальная сила на пуансоне, кН	Максимальная сила на матрице, кН	Максимальная сила на пуансоне, кН	Максимальная сила на матрице, кН
20°	683	385	494	93
30°	471	289	378	41,6
40°	446	265	676	192
50°	520	294	406	100
60°	440	256	322	65,2

На этапе осадки наименьшая сила была достигнута при углах конусности 40° и 60°, однако при угле в 40° получается очень высокое значение силы на этапе выдавливания, следовательно выбираем наиболее рациональный угол 60°. Сравнение графиков силы от хода пуансона при применении способа ВИЛС и предложенного способа приведено на рис. 4, 5.



Рис. 4. Сравнение графиков силы на верхнем пуансоне



Рис. 5. Сравнение графиков силы на матрице

В результате сравнения получаем приведенное ниже.

1. С изменением формы пуансона удалось добиться снижения требуемой силы на пуансоне на этапе осадки на 14%.
2. С изменением формы пуансона удалось добиться снижения требуемой силы на матрице на этапе осадки на 17,5%.
3. С введением активных сил контактного трения удалось снизить требуемую силу на пуансоне на 4%.
4. С введением активных сил трения удалось снизить требуемую силу на матрице на 21%.

1 и 2 пункты результатов сравнения объясняются тем, что при ступенчатой форме пуансона радиальное истечение металла начинается лишь после внедрения ступенчатой вершины пуансона в заготовку и осуществления контакта заготовки и верхнего кольцевого пояса матрицы. При использовании конического пуансона радиальное истечение начинается раньше и происходит равномернее, поскольку оно перпендикулярно плоскости приложения силы. Таким образом при сравнении полученных результатов видно, что, скорость истечения металла и растягивающие напряжения при использовании конического пуансона больше, чем при использовании пуансона ступенчатой формы на одном и том же этапе деформирования, рис.6, 7.

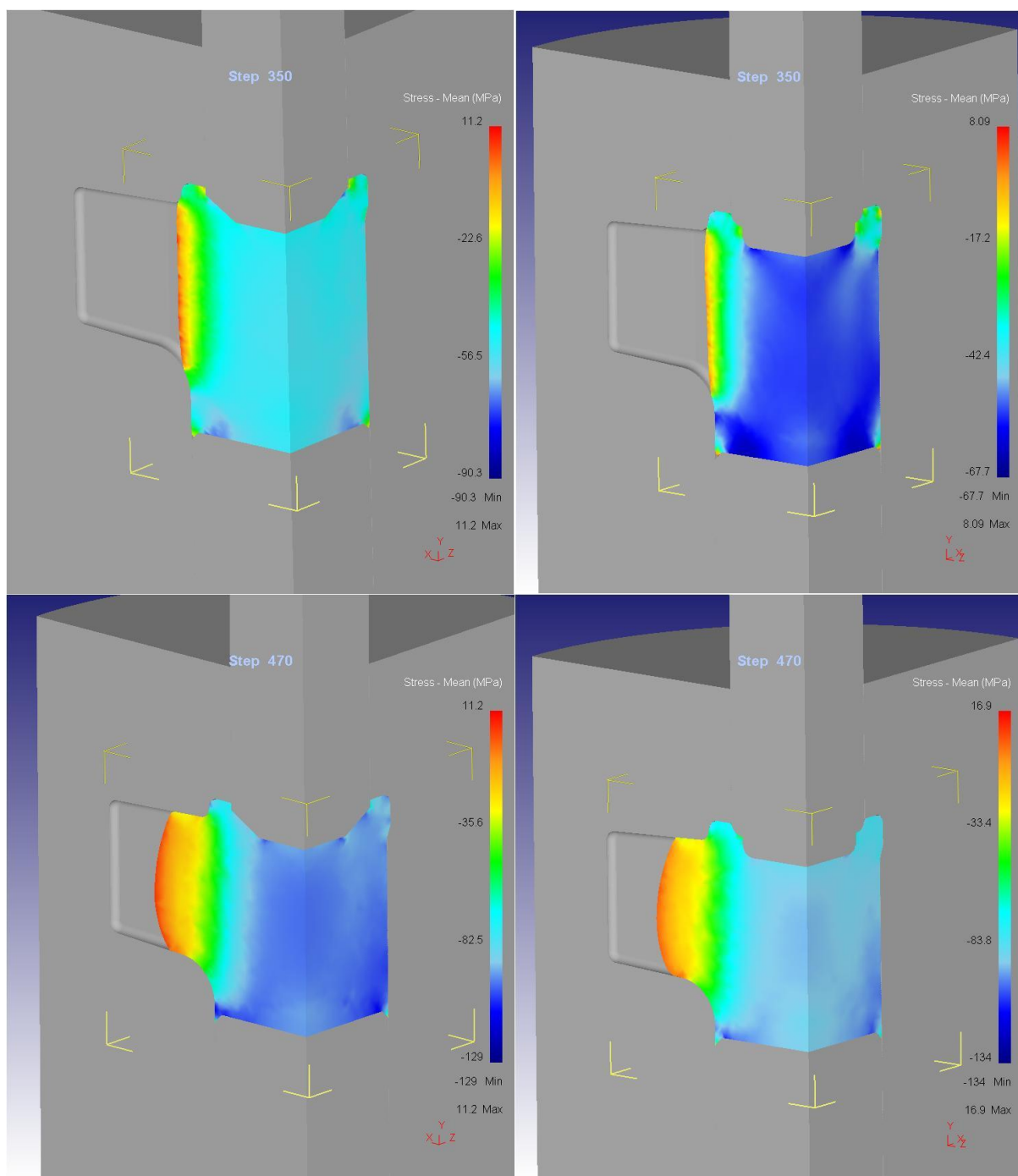


Рис. 6. Распределение главных напряжений на этапе осадки с радиальным выдавливанием: слева – схема с использованием конического пуансона; справа – схема ВИЛС

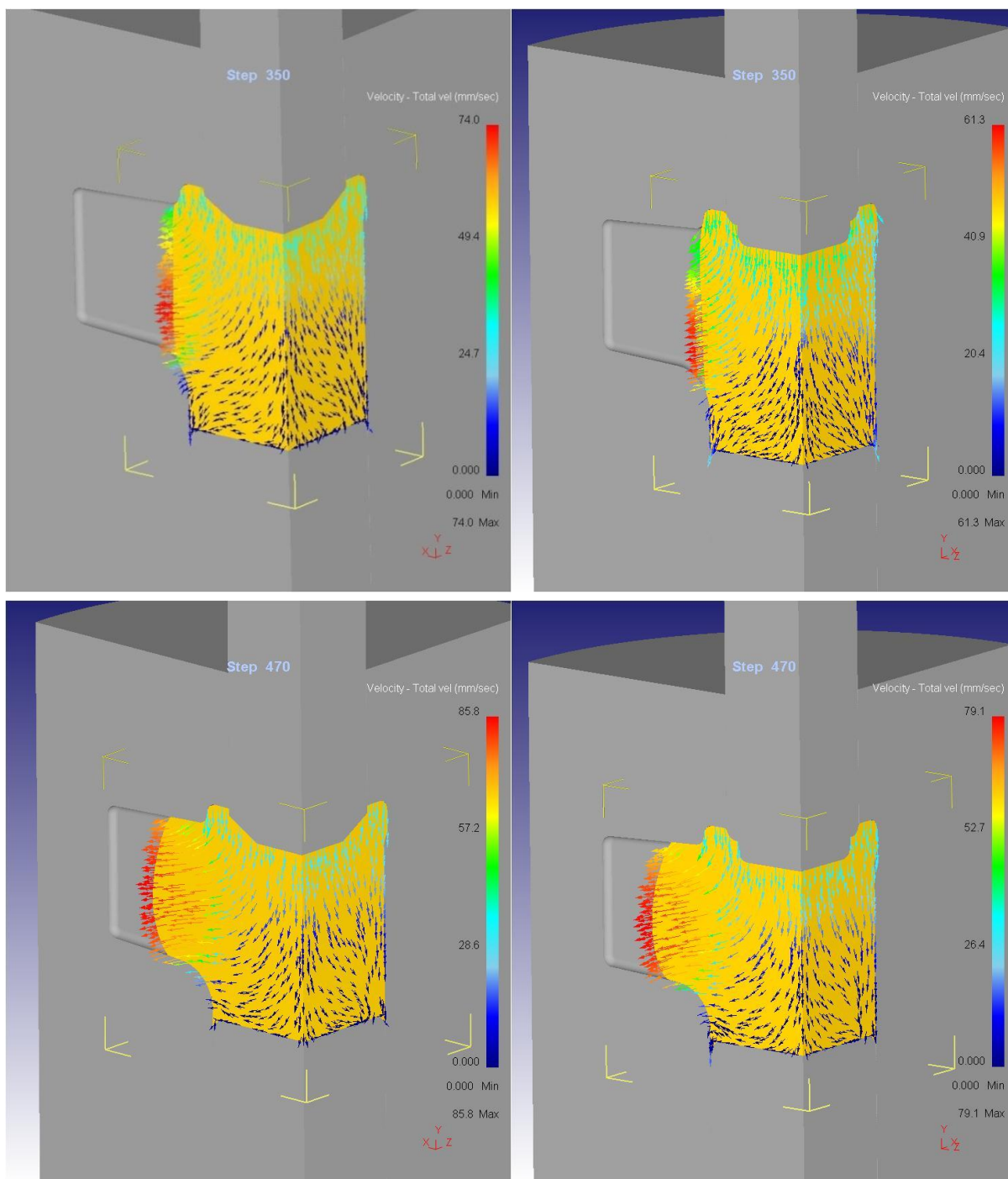
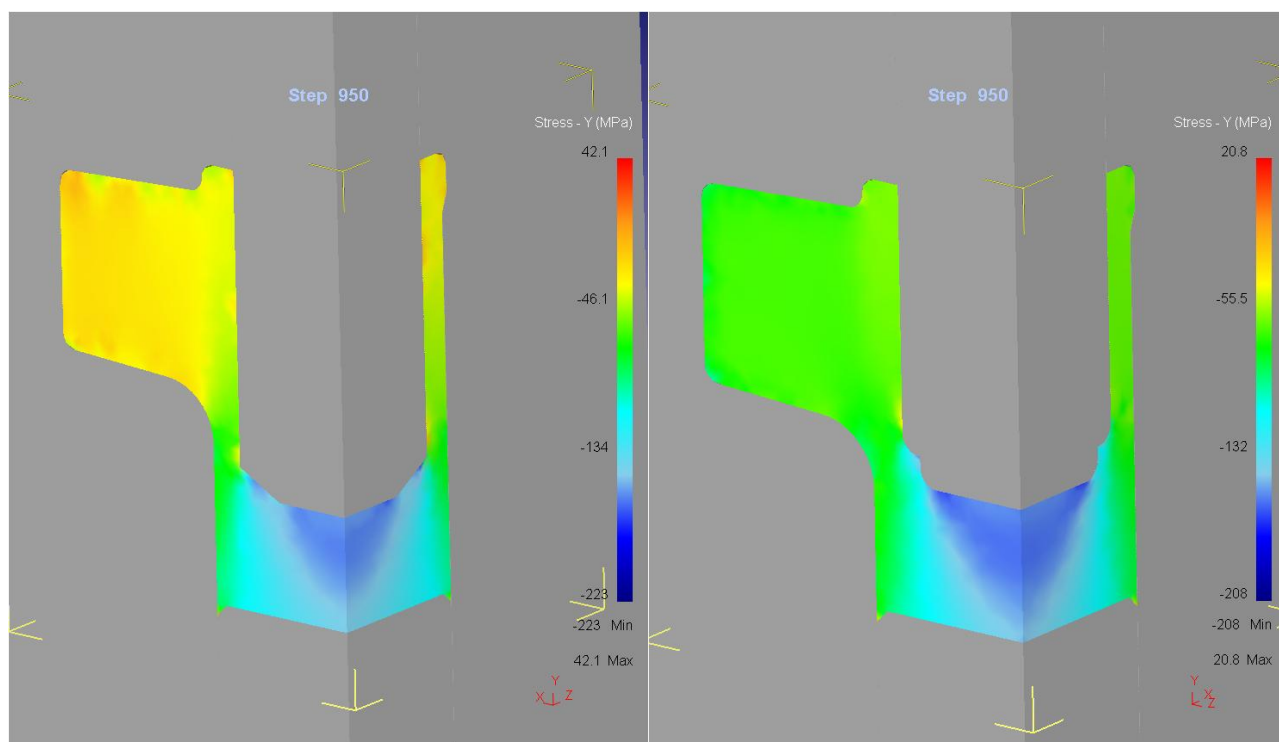


Рис. 7. Распределение скоростей на этапе осадки с радиальным выдавливанием, слева – схема с использованием конического пуансона; справа – схема ВИЛС

3 и 4 пункты результатов сравнения объясняются введением активных сил трения, а именно применение схемы «выдавливания с противонапряжением». Прикладываемая к сформировавшимся в полости матрицы отрезкам сила со стороны матрицы создает в стенке стаканчика осевое напряжение, не превышающее предел текучести материала, таким образом снижается сила на пуансоне, выдавливающем металл из дна в стенку рис. 8, 9.



Рису 8. Распределение осевых напряжений на этапе выдавливания стаканчика, слева – схема с использованием конического пуансона; справа – схема ВИЛС

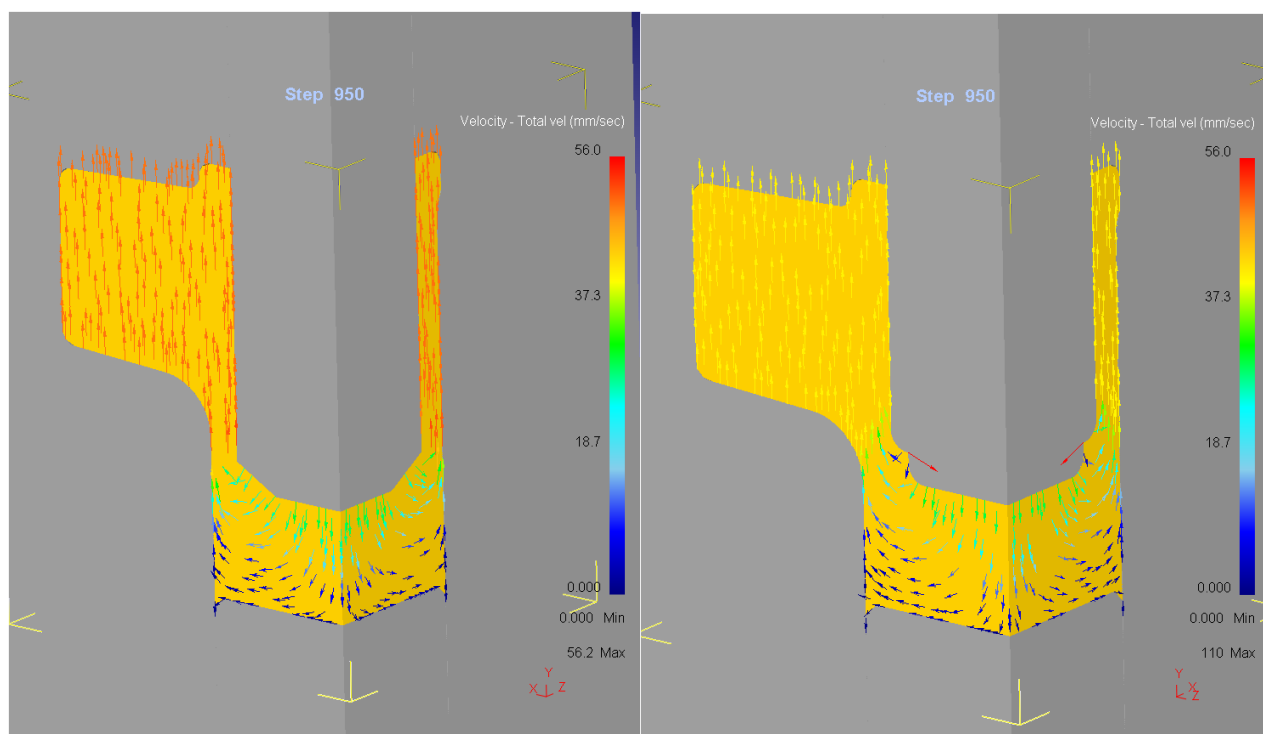


Рис. 9. Распределение скоростей на этапе выдавливания стаканчика, слева – схема с использованием конического пуансона; справа – схема ВИЛС

В статье представлена перспективная схема получения пустотелых деталей с боковыми отростками, которая по мнению автора на нынешнем этапе позволит снизить энергозатраты на производство таких деталей. Также открываются перспективы дальнейшего изучения процесса: для поиска зависимостей силы от угла конусности пуансона; определения зависимостей скоростей пуансона и матрицы для максимального снижения требуемой силы, возможности еще большего снижения силы при применении схемы обратного выдавливания. Благодаря современным программным продуктам большое число данных и параметров для определения искомых зависимостей можно извлечь из результатов моделирования процессов обработки металлов давлением, в то же время, для апробации этих данных требуется их экспериментальное подтверждение.

Литература

1. *Дмитриев А. М., Воронцов А. Л.* Технологияковки и объемной штамповки : учебник для вузов - М. : Высш. шк., 2002. Ч. 1 : Объемная штамповка выдавливанием.
2. *Цхондия А. Г.* Разработка и исследование выдавливания пустотелых изделий с боковыми отростками : дис... ктн : 05. 03. 05 / Цхондия А. Г. ; МВТУ им. Н. Э. Баумана. - М., 1976. - 188 л. ил. - Библиогр.: л. 171-180.
3. *Семенов Е.И.* Ковка и штамповка: в 4-х т./ Ред. совет: Е.И. Семенов (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1985 – . Т.2. Горячая штамповка / Под ред. Е.И. Семенова. – 1986. – 592с.