

Совершенствование технологии изготовления деталей арматуростроения

Бильчук М.В.

ГОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН»

Кафедра «Системы пластического деформирования»

Научный руководитель: Третьюхин В.В.

Введение

На сегодняшний день детали арматуростроения с развитой фланцевой частью зачастую изготавливают по затратным технологиям. Это происходит главным образом за счет высокого расхода металла. Увеличение экономии металла может быть достигнуто переходом на технологию безоблойной штамповки в разъемных матрицах. Формообразование поковки, изготовленной по такой технологии, осуществляется за счет прямого, обратного и поперечного течения металла, наличие которого является отличительной особенностью выдавливания в разъемных матрицах [1]. Осуществление технологии требует обеспечения плотного смыкания полуматриц при деформировании металла и быстрого их раскрытия после его окончания. Для этих целей используются прессы двойного действия или универсальные прессы со специальными штампами, обеспечивающими смыкание полуматриц. Разработкой, исследованием и внедрением этих технологий активно занимается кафедра «Системы пластического деформирования» ГОУ ВПО МГТУ «Станкин»[2]

Описание предлагаемой технологии

Типовой представитель изделия с развитой фланцевой частью – вентиляльная головка. Для увеличения экономии металла ее следует изготавливать безоблойной штамповкой методом комбинированного выдавливания (т.е. сочетающего в себе прямое, обратное и поперечное) в штампах с разъемными матрицами. Схема этой технологии представлена на рис.2.

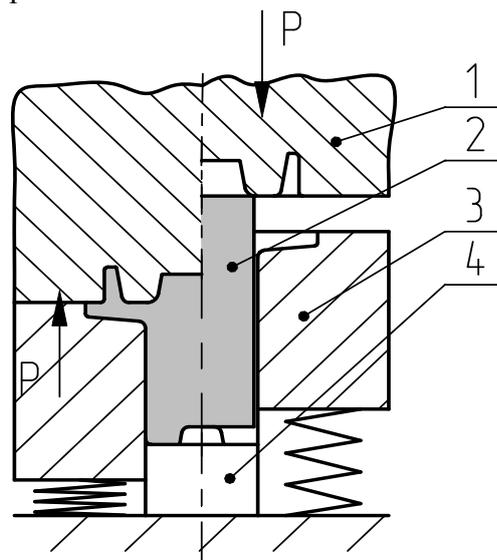


Рис. 2. Схема технологии безоблойной штамповки вентиляльной головки.

- 1 – верхняя полуматрица; 2 – заготовка;
3 – нижняя полуматрица; 4 – пуансон.

При движении верхней полуматрицы до смыкания с нижней происходит формообразование фланцевой части (поперечное выдавливание). После плотного смыкания полуматриц начинается их дальнейшее движение как единого инструмента. В результате этого движения окончательно формируется шестигранник, глухое отверстие в его торце и фланцевая часть поковки (поперечное и обратное выдавливание).

Определение объема заготовки

С помощью графического пакета T-Flex CAD был определен объем поковки, используя построение 3D вида и команду измерения. Учитывая условия постоянства объема поковки и заготовки, а так же полученные измерением данные, были рассчитаны необходимые размеры исходной заготовки.

Создание расчетных зависимостей для оценки силовых параметров технологических процессов

Для определения потребных технологических сил, необходимых для штамповки поковки вентильной головки из заготовки с полученными размерами был применен энергетический метод верхней оценки. Расчетная схема представлена на рис. 3. и имеет следующие допущения: деформируемый материал является жесткопластичным, однородным, неупрочняемым и несжимаемым.

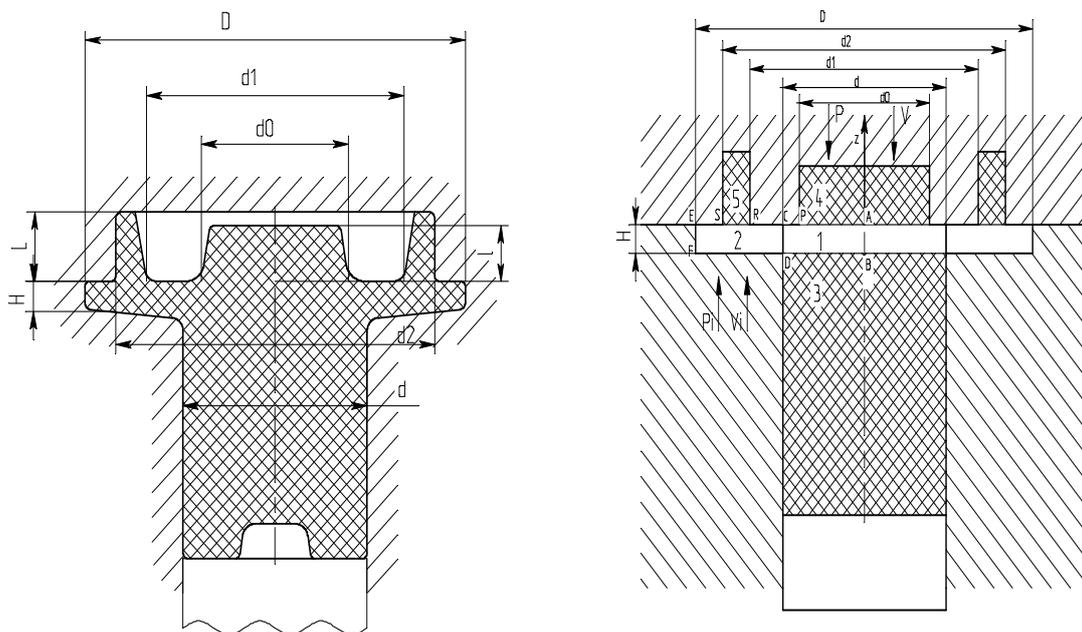


Рис.3. Расчетная схема штамповки вентильной головки.

Величина σ_s в каждой из рассматриваемых зон пластического течения соответствует скорости деформации $\dot{\epsilon}$, которая оценивается как среднеинтегральная интенсивность скоростей деформации:

$$(\dot{\epsilon}_i)_c = \frac{q}{\sigma_s} \cdot \frac{dV_{CM}}{V dt},$$

где: q/σ_s - расчетное среднее давление в долях σ_s в рассматриваемой зоне;

$\frac{dV_{CM}}{dt}$ – скорость изменения объема металла, смещаемого деформирующим инструментом;

V – объем металла в рассматриваемой пластической зоне.

Пластическая деформация развивается в очагах высотой H , заключенных в объеме между плоскостью торца пуансона и гравюрой верхней полуматрицы, а также в объеме между плоскостью нижней и верхней полуматрицами. Между очагами в полости верхней полуматрицы L и в полости нижней полуматрицы под очагом располагаются жесткие зоны, неподверженные пластической деформации.

Очаг деформации состоит из двух плоскоцилиндрических областей 1, 2, в каждой из которых осевая V_z и радиальная V_r скорости течения зависят соответственно лишь от осевой и радиальной координат, а сдвиги локализованы на границах этих областей, области 3,4 и 5 являются жесткими.

В соответствии с принятыми допущениями расчетной схемы, граничные условия для составляющих скоростей V_z и V_r области 1, 2 могут быть записаны:

$$\text{для области 1} \quad V_z = 0, \text{ при } z = 0 \quad V_r = V_1, \text{ при } r = \frac{d}{2};$$

$$V_z = V, \text{ при } z = H \quad V_r = 0, \text{ при } r = 0$$

$$\text{для области 2} \quad V_z = V \text{ при } z = H \quad V_r = 0, \text{ при } r = \frac{D}{2};$$

$$V_z = V_1, \text{ при } z = 0, \quad V_r = V_1, \text{ при } r = \frac{d}{2}$$

Плоскости нижней полуматрицы сообщена малая виртуальная скорость V_i , направленная в сторону верхней полуматрицы.

Используя граничные условия и частное решение условия несжимаемости [3]:

$$V_z = c_1 z + c_2; \\ V_r = -0,5c_1 r + c_3/r, \quad V_\varphi = 0;$$

(c_1 , c_2 и c_3 – произвольные постоянные) и условие непрерывности нормальных составляющих скоростей на поверхностях разрыва скоростей, получим кинематически возможные поля скоростей для областей 1 и 2.

Равенство мощностей всех внутренних и внешних сил, действующих на деформируемый металл, имеет вид:

$$PV + P_i V_i = N_{i1} + N_{i2} + N_{CD} + N_{AP} + N_{DB} + N_{SR} + \\ + T_{CR} + T_{EF} + T_{FD} + T_{SE} + T_{CP}, \quad (1)$$

где: P – сила штамповки, P_i – реактивная сила, действующая на верхнюю полуматрицу, N_{i1} , N_{i2} – мощности внутренних сил в областях 1, 2; N_{CD} , N_{AP} , N_{DB} , N_{SR} – мощности среза, развиваемые максимальными касательными напряжениями $\sigma_s / \sqrt{3}$

на разрывах касательных составляющих скоростей на границах областей деформации CD, DB, SR, AP ; $T_{CR}, T_{SE}, T_{EF}, T_{FD}, T_{CP}$ - мощности сил внешнего трения штампуемого металла о стенки инструмента.

Мощности внутренних сил в каждой из областей 1 и 2 определяется как:

$$\iiint_V \sigma_i \dot{\epsilon}_i dV;$$

где σ_i – интенсивность напряжений, равная постоянному и среднему пределу текучести металла σ_s , $\dot{\epsilon}_i$ - интенсивность скоростей деформации.

$$\dot{\epsilon}_i \approx \dot{\epsilon}_{\max n};$$

$\dot{\epsilon}_{\max n}$ – максимальное по модулю значение главной скорости относительной деформации для данной области n .

Используемый метод расчета основан на условии, что процесс деформации должен осуществляться при минимально возможных энергетических затратах. Поэтому активные и реактивные силы P и P_i могут быть получены после группировки рассчитанных членов равенств (1) содержащих скорость пуансона V и виртуальную скорость V_i , и обращения в нуль соответствующих множителей при них.

Учитывая сопротивление деформированию латуни ЛС59-1 при 800°C были определены потребные силы:

- активная –500 кН;
- реактивная –430 кН.

Разработка конструкции штампа

1) Анализ решения обеспечения необходимых сил противодействия

В результате предпроектных исследований была установлена целесообразность использования тарельчатых пружин, исходя из соответствия предъявляемых требований технологического процесса и минимальных капиталовложений для конструирования и изготовления штампа. В штампе установлен пакет из 6 тарельчатых пружин класса I типа 2 по ГОСТ3057-90 [4].

При циклическом нагружении следует выбирать последовательную схему сборки пакета пружин, так как влияние контактной и фрикционной коррозии при параллельной сборке снижают циклическую выносливость пружин, а так же для обеспечения заданного хода нижней полуматрицы, составляющего 30 мм.

2) Определение геометрии рабочих поверхностей штампа

Для определения геометрии рабочих поверхностей штампа проводим компьютерное моделирование, используя программу Q-Form. Результаты представлены на рис.4.

Исходные данные при моделировании[5]:

- материал – m1 (так как в базе данных Q-Form нет латуни, для моделирования берем медь);
- нагрев до 900°C;
- инструмент 300 °С.

Процесс моделируем с допущением, что в основание поковки находится цилиндр с усредненным диаметром, а не шестигранник, так как Q-Form 2D моделирует только осесимметричные тела.

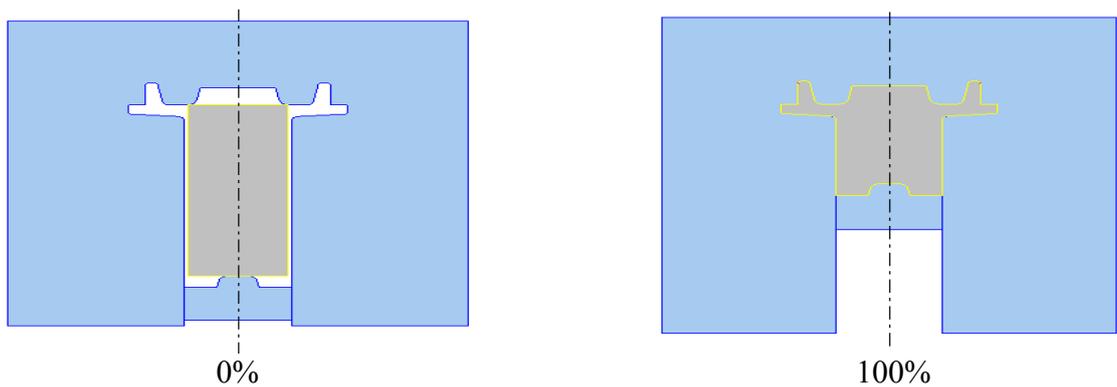


Рис.4. Результаты компьютерного моделирования.

По полученным результатам видно, что данная геометрия верхней полуматрицы недопустима, так как в процессе деформирования металла образуется утяжина. Образование утяжины показано на рис.5.

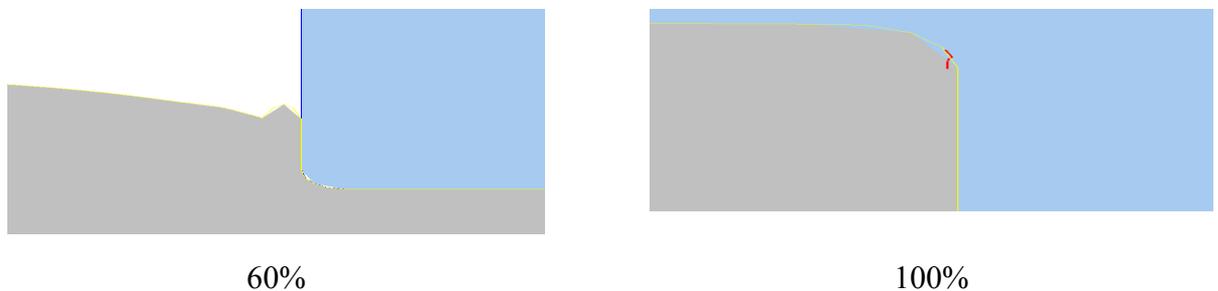


Рис.5. Образование утяжины при формообразовании фланцевой части.

Для устранения данного дефекта меняем геометрию верхней полуматрицы, а именно увеличиваем радиус скругления с 0.3 мм до 0.5 мм и проводим повторное моделирование процесса. Результаты моделирования показаны на рис.6.

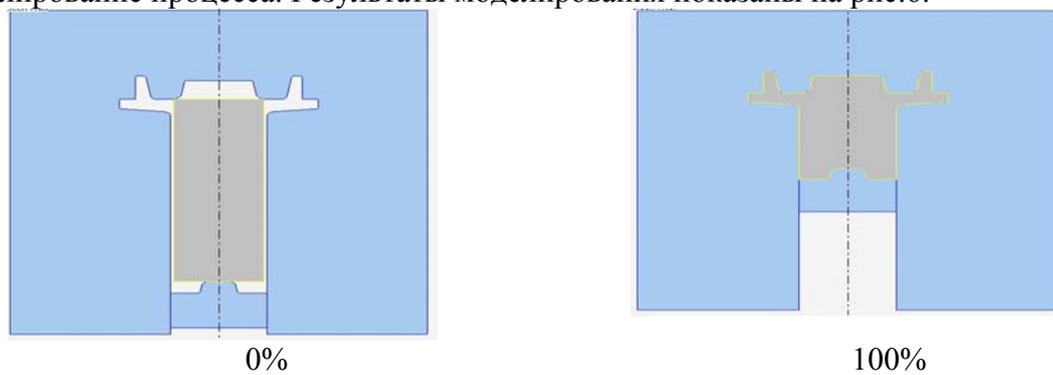


Рис. 6. Результаты компьютерного моделирования.

В результате проведенного моделирования принимаем окончательную геометрию верхней полуматрицы, оставив радиус скругления 0.5 мм.

Для определения формы поверхности разъема матриц так же проводим компьютерное моделирование, результаты которого представлены на рис. 7. На рисунках представлена кинематика течения металла при рабочем ходе до смыкания верхней и нижней полуматриц.

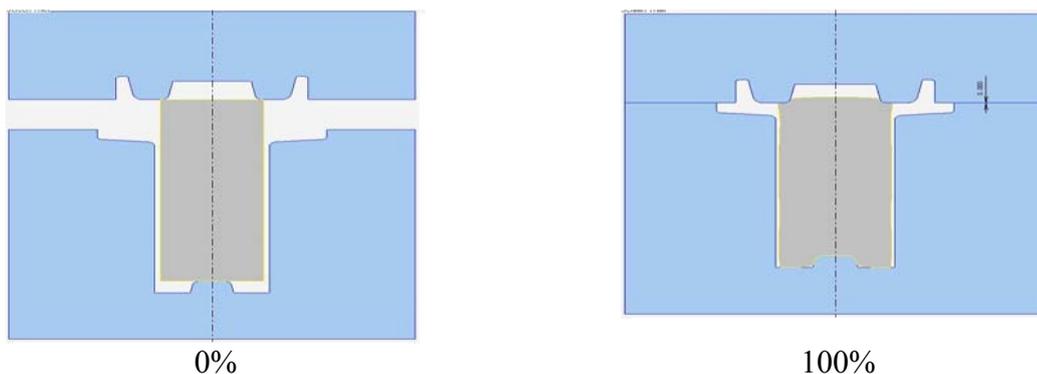


Рис.7. Моделирование смыкания полуматриц

Во время моделирования видно, что до смыкания полуматриц металл во время деформации не попадает в плоскость разреза полуматриц, следовательно, оставляем ее форму без изменений.

3) Разработка чертежей штампа

После проведенных исследований и расчетов был спроектирован штамп. Пружины установлены с предварительной деформацией 2,5 мм, для обеспечения которой применяется прижимная плита и болты, фиксирующие определенную высоту пакета. Параметры данного штампа:

- закрытая высота штампа – 600 мм;
- ход ползуна – 150 мм;
- ход нижней полуматрицы – 30 мм.

Экспериментальная штамповка

В рамках исследовательских работ, проводимых в лаборатории кафедры СПД, на гидравлическом прессе двойного действия с использованием экспериментального штампа (рис. 9) были отштампованы поковки вентильной головки из свинца в холодном состоянии (рис. 10). Задача эксперимента: изучить оформление фланцевой части поковки. Полученные поковки удовлетворительного качества.

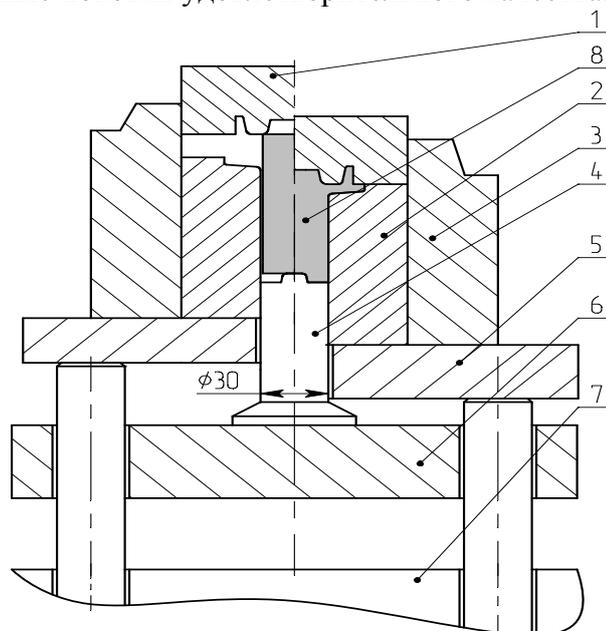


Рис. 9. Схема экспериментального штампа.

- 1 – верхняя полуматрица; 2 – нижняя полуматрица; 3 – бандаж;
4 – пуансон; 5 – плита; 6 – стол прессы; 7 – нижний привод; 8 – заготовка.

Экономический эффект от перехода на технологию противодавления

В результате установлено, что переход на предлагаемую технологию с механообработки (применяемой на ООО «НПО «Авангард») обеспечит экономический эффект (за счет уменьшения расхода металла) при сохранении годового выпуска в объеме 10 000 штук поковок в год около *1,75 млн. рублей*.

При этом реализуются схемы всестороннего неравномерного сжатия, способствующие четкому заполнению гравюры штампа. Во избежание появления утяжин, зажимов и подрезов следует придерживаться определенных приемов и ограничений при разработке технологической схемы и конструкции инструмента. Дополнительно целесообразно проводить моделирование процесса пластического деформирования в программах Q-Form 2D/3D и пр.