

**Оптимизация процессов горячей объемной штамповки  
алюминиевых сплавов через компьютерное моделирование**

Студент группы 10402221 Мусский А. А.

Научный руководитель – Жогло А. Г.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минска

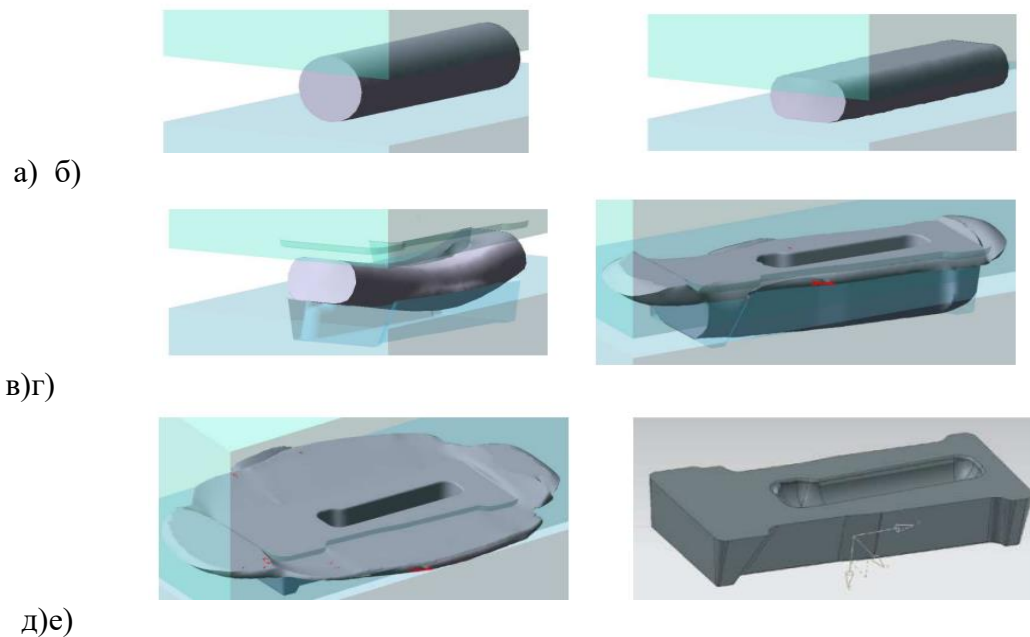
Эффективным инструментом при проектировании процессов обработки металлов давлением служит компьютерное моделирование. Так, для горячей объемной штамповки часто используют программный комплекс QFORM основанный на методе конечных элементов (МКЭ). В работах [1–4] показано, что применение компьютерного моделирования позволяет виртуально проследить картину деформирования металла, найти границы изменения энергосиловых параметров процесса штамповки, проиллюстрировать распределение напряжений и деформаций по объему деформируемого металла, определить причины брака получаемой продукции и т.д. При этом адекватность результатов моделирования в основном зависит от правильности выбора, полноты и точности вводимых граничных условий. Поэтому моделирование при разработке технологических процессов горячей объемной штамповки актуально, т.к. способно снизить затраты на проектирование и модернизацию технологий, подтвердить их экономическую целесообразность. При этом важным является соблюдение определенного порядка проведения работ по совершенствованию технологий.

На рисунке 1 представлена модель пластической деформации заготовки в процессе штамповки по существующей технологии [5]. Так же, виден сложный характер формоизменения заготовки в процессе первой окончательной штамповки, когда одновременно проходят процессы осадки, обратного выдавливания и гибки. Такая схема деформации не обеспечивала надлежащего оформления поковки и часто сопровождалась такими видами брака, как не заполнение, зажимы, прострелы и др.

Для совершенствования технологии предложено уменьшить объем заготовки приблизительно на величину облоя, обрезаемого после первой окончательной штамповки, что снижает массу заготовки приблизительно на 12%. После корректировки длина заготовки при том же диаметре стала на 10–12 мм меньше длины ручья штампа, что обеспечило хорошую центровку заготовки при подаче в ручей штампа.

Таким образом, изменив только размеры заготовки, далее вводили те же самые температурные, скоростные и силовые режимы деформирования и включали процессор [6]. В результате получили компьютерную модель процесса (новая технология), в котором было исключено расплющивание, а штамповку в окончательном ручье проводили за одну операцию. Как следует из рисунка 2, в этом случае формоизменение заготовки происходит за счет осадки и выдавливания.

Для подтверждения результатов моделирования было проведено опробование новой технологии в промышленных условиях. После первой штамповки было обнаружено, что уголки поковки не оформлялись, поэтому до полного заполнения операцию окончательная штамповка выполняли за два жима, при этом для устранения скопления воздуха в нижнем ручье штампа были выполнены газоотводящие каналы в количестве 4 штук диаметром 6мм [7]. После указанной доработки штампа повторное опробование штамповки «Кронштейн» дало положительный результат, т.е. форма и размеры штампованной поковки полностью соответствовали чертежу.



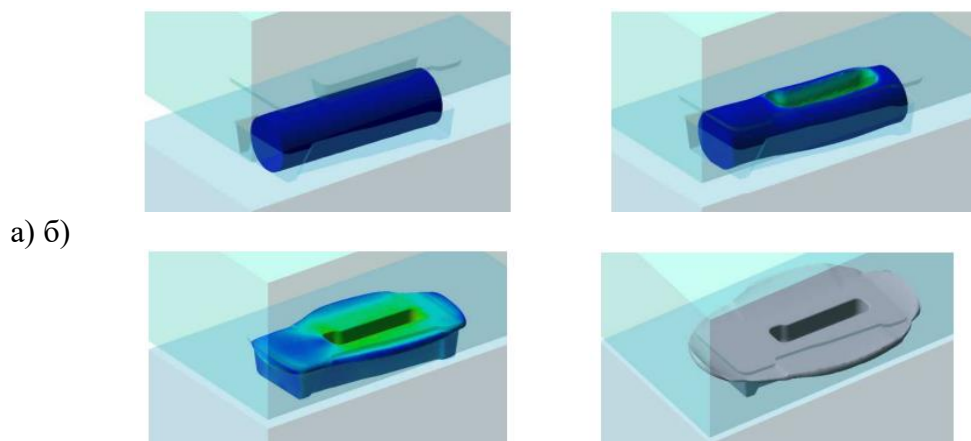
а) б)

в)г)

д)е)

Рисунок 1 – Формоизменение заготовки «Кронштейн» из сплава АК6 по существующей технологии, смоделированной в QFORM:

а – исходная заготовка; б – расплющивание; в – гибка;  
г – первая окончательна штамповка; д – вторая окончательная штамповка;  
е – готовая штампованная поковка



а) б)

в) г)

Рисунок 2 – Формоизменение заготовки «Кронштейн» из сплава АК6 по новой технологии, смоделированной в QFORM:

а – исходная заготовка; б – формирование полости выдавливанием;  
в – образование облоя; г – окончание штамповки

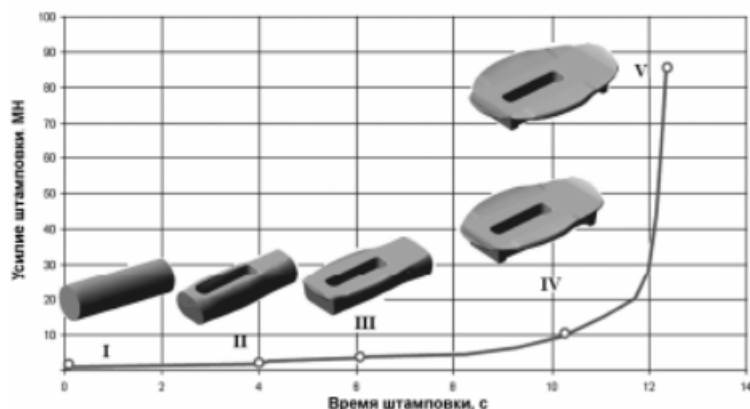


Рисунок 3 – Изменение силы штамповки и формы заготовки при моделировании по новой технологии

Как следует из рисунка 3, в данном случае формоизменение заготовки происходит за счет осадки и выдавливания.

Таким образом, компьютерное моделирование позволило обосновать внесение изменений в технологический процесс-аналог. В результате штамповки по новой технологии были получены поковки, геометрия и свойства которых удовлетворяли требованиям нормативных документов, а снижение расхода металла составило 5 % при уменьшении себестоимости поковок приблизительно на 30 %.

#### Список использованных источников

- 1 Элингхаузен, Т. QForm 7 – новое слово в моделировании процессов обработки металлов давлением / Т. Элингхаузен, С.А. Стебунов // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2014. – №2. – С. 31–34.
- 2 Лисунец, Н. Л. Объемная штамповка алюминиевых заготовок / Н. Л. Лисунец, К. Н. Соломонов, М. А. Цепин. – М.: Машиностроение, 2009. – 171 с.
- 3 Кононов, В. В. Новые возможности в области моделирования процессов штамповки / В.В. Кононов, Л.И. Егорова // Кузнечно-штамповочное производство. – 2000. – № 7. – С. 35 – 38.
- 4 Оптимизация процесса горячей объемной штамповки путем моделирования в программном комплексе QFORM / А. К. Шмаков [и др.] // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2013. – №4. – С. 28–31.
- 5 Константинов И.Л. Компьютерное моделирование технологического процесса изотермической штамповки сложно-профильных панелей из алюминиевых сплавов/ И. Л. Константинов, И. Ю. Губанов, Ю. В. Горохов // Изв. вузов. Цветная металлургия. – №2. – 2013. – С. 46 – 50.
- 6 Моделирование процесса горячей объемной штамповки поковок из алюминиевого сплава АК6 / И.Л. Константинов [и др.] // Изв. вузов. Цветная металлургия. – 2015. – № 1. – С. 45–48.
- 7 Константинов, Д.В. Мультимасштабное компьютерное моделирование процессов обработки металлов давлением / Д. В. Константинов, А. Г. Корчунов // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. – 2015. – №1. – С. 36–43.