

УДК 621.73

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ ИЗДЕЛИЯ "ГАЕЧНЫЙ КЛЮЧ"**

Ле Хыу Ань Туан,  
магистр 2 год,  
кафедра «Технологии обработки материалов»  
Московский государственный технический университет

Научный руководитель: С.М. Копров,  
Кандидат наук, должность: доцент

**Аннотация:** в статье представлена оптимизацию процессов штамповки с использованием современных методов компьютерного моделирования. В работе проведен анализ номенклатуры деталей типа гаечный ключ, выбрана представительная деталь с открытым зевом, соответствующая стандарту ГОСТ 2841-80, и разработан чертеж поковки. В статье моделируются детали ключа, создаются 3D-модели матрицы и пуансона, описывается процесс штамповки гаечного ключа. Рассчитаны параметры исходной заготовки, включая объем (1052,698 мм<sup>3</sup>), диаметр (9,5 мм) и длину (15 мм), с учетом запаса на механическую обработку и пластическую деформацию. В качестве материала заготовки выбран алюминиевый сплав Д16 (аналог А1-1100), отличающийся высокой пластичностью и коррозионной стойкостью, но ограниченный по прочности под высокими нагрузками. Технологический процесс включает три основных этапа: выдавливание, осадка и окончательная штамповка, смоделированные в программном комплексе DEFORM-3D. Результаты моделирования показали максимальные усилия для операций — 21,2 кН, 6 кН и 138 кН соответственно, а также усилие обрезки облоя — 40,8 кН. В статье демонстрирует применение компьютерного моделирования для оптимизации технологии, выбора оборудования и повышения эффективности производства, что подтверждается отсутствием дефектов в смоделированных поковках.

**Ключевые слова:** изготовление, гаечный ключ, моделирование, холодное деформирование

### **Актуальность.**

На предприятиях ремонт сломанных деталей оборудования всегда необходимо производить быстро и оперативно, чтобы обеспечить непрерывность процесса производства. Ключ – незаменимый ручной инструмент при ремонте. Его основная функция — удерживать и поворачивать гайки, болты, шпильки и так далее. Поскольку функция гаечных ключей представляет собой широко применимый инструмент, важно правильно подобрать материал, методы обработки, технологию термообработки, чтобы изготовить гаечный ключ, отвечающий техническим требованиям.

**Объектом производства** является изделие гаечный ключ (рисунок 1) ключ гаечный с открытым зевом односторонние, чертеж которого разработан в соответствии с ГОСТ 2841-80 .

В качестве материала используется конструкционная легированная АД16, которая обладает повышенной износостойкостью и прочностными характеристиками, удовлетворяющими требования потребителей.

В конце штамповки облой создает вокруг поковки сопротивление (служит как бы уплотнительным кольцом), которое редотвращает вытекание металла между штампами на плоскость разъема и тем самым заставляет металл полнее и точнее заполнять полость штампа. Вследствие отклонений размеров заготовки и размеров

ручьев штампа практически трудно соблюсти совпадение объемов заготовки и ручья. Поэтому заготовка должна иметь несколько больший объем в сравнении с объемом ручья. Получающийся избыток металла вытесняется в облой. В данном случае целесообразней использовать облойную канавку 1 типа, она обеспечивает хорошую стойкость выступа (мостика), так как верхняя половина штампа прогревается меньше, чем нижняя (рисунок 2).

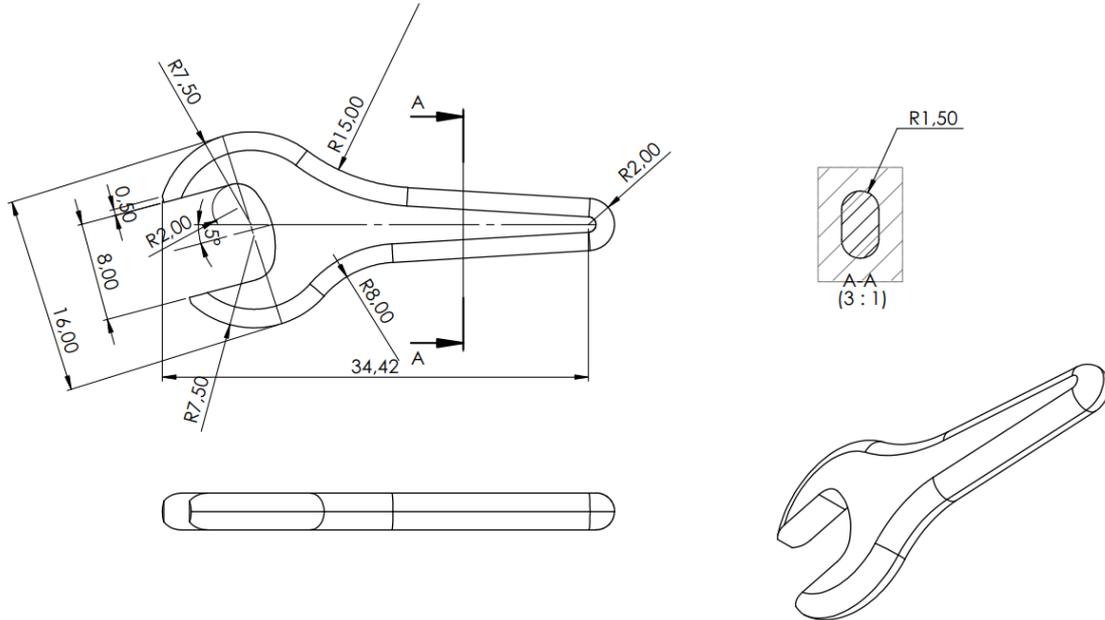


Рисунок 1, Чертежи детали «гаечный ключ»

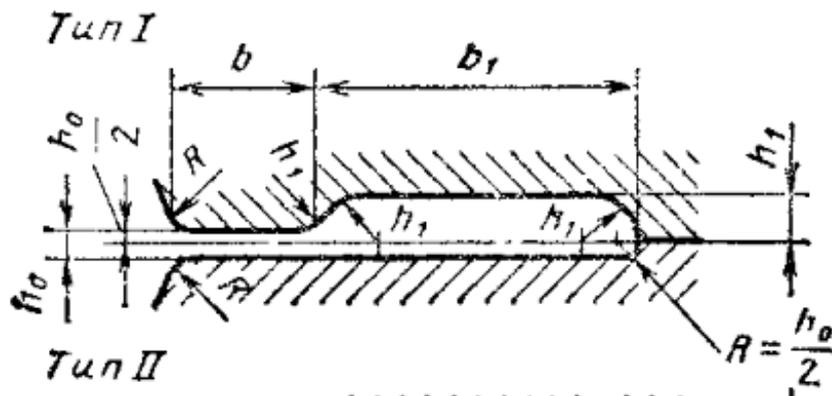


Рисунок 2. Облойная канавка I типа

Объем детали определим при помощи комплекса Solidworks 2022.

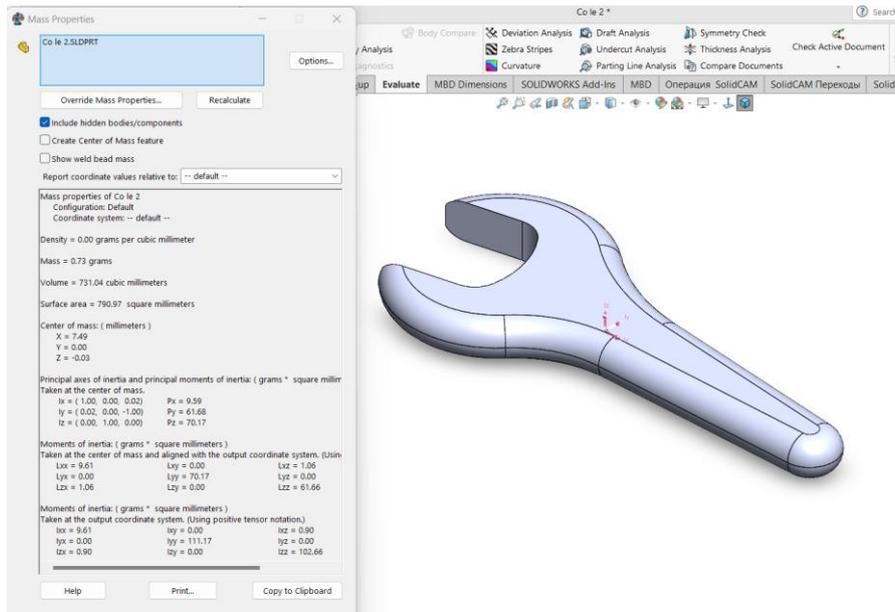


Рисунок 3. Объем детали

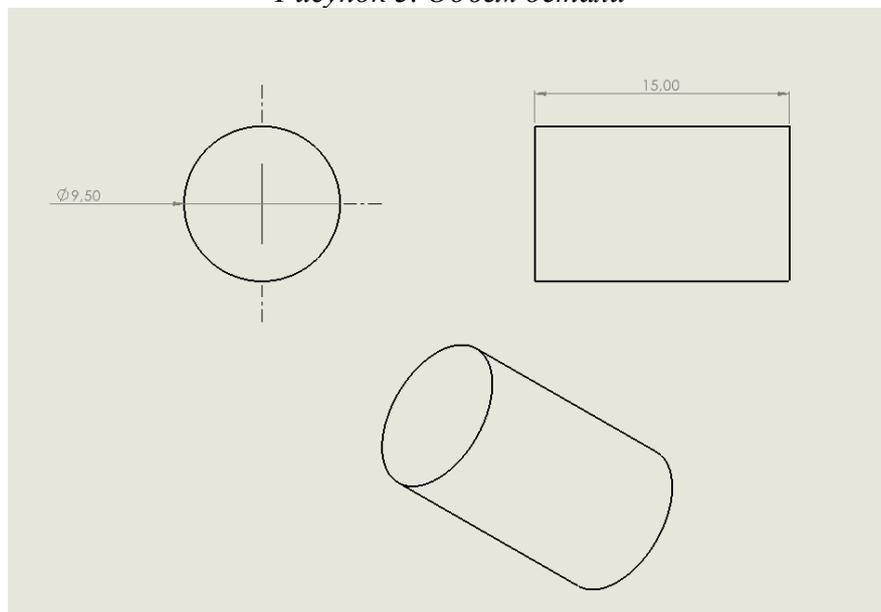
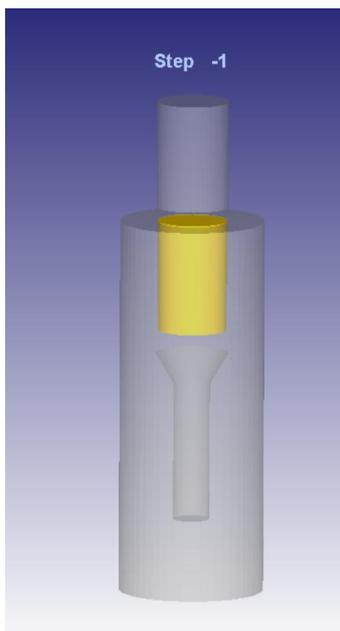


Рисунок 4. Вид заготовки

Исследование технологических параметров штамповки в соответствии с определяющими соотношениями механики сплошной среды, были проведены методом конечных элементов - одним из численных методов, являющимся математической основой многих пакетов прикладных программ, в том числе программного комплекса DEFORM-3D.

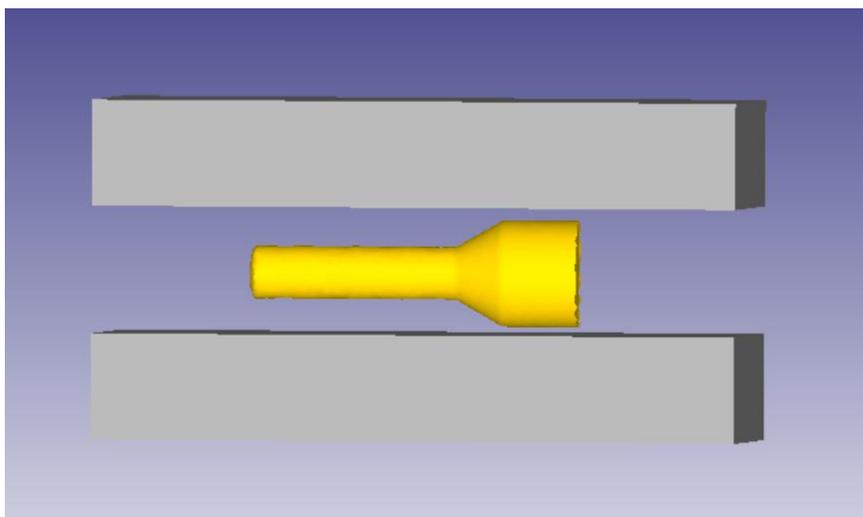
- + Заготовка: Размеры по вадиянам
- + Материал заготовки : Алюминий 1100 (150-500°)
- + Температура: 20 °
- + Сетка разбиения : 20000
- + Скорость пуансона: 1 мм/с
- + Кулоновский коэффициент трения 0,3

### Первый шаг: Выдавливание



*Рисунок 5 - Блок инструментов вместе с заготовкой*

### Второй шаг: Осадка



*Рис 6 – Блок инструментов вместе с заготовкой, который получится после  
прессования*

### Третий шаг: Штамповки

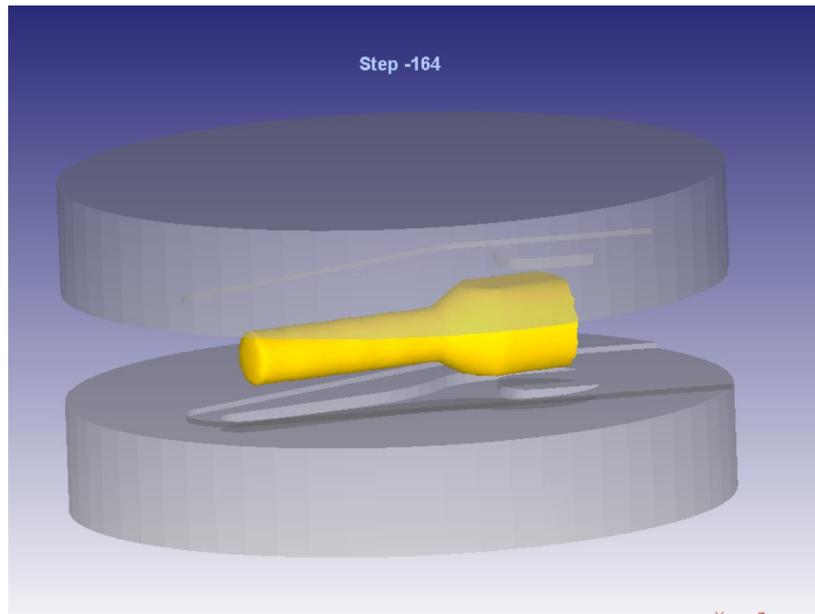


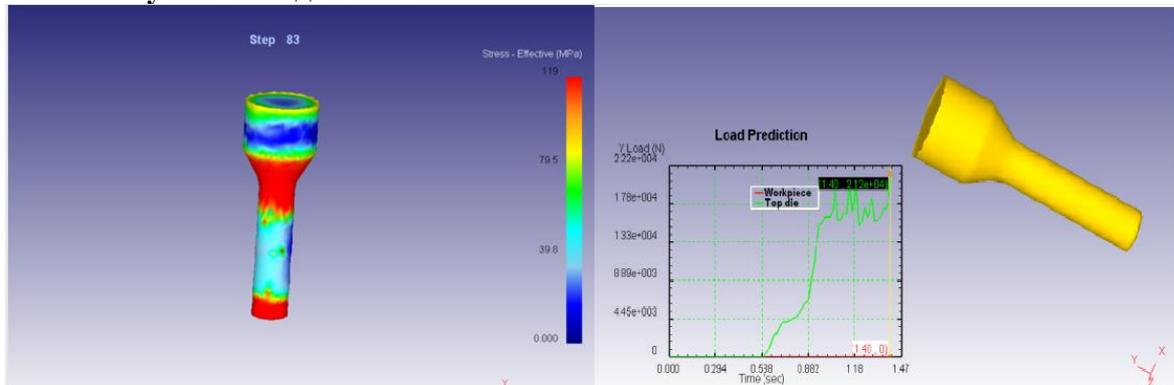
Рис 7. Блок инструментов вместе с заготовкой, который получится после осадки

### Результаты

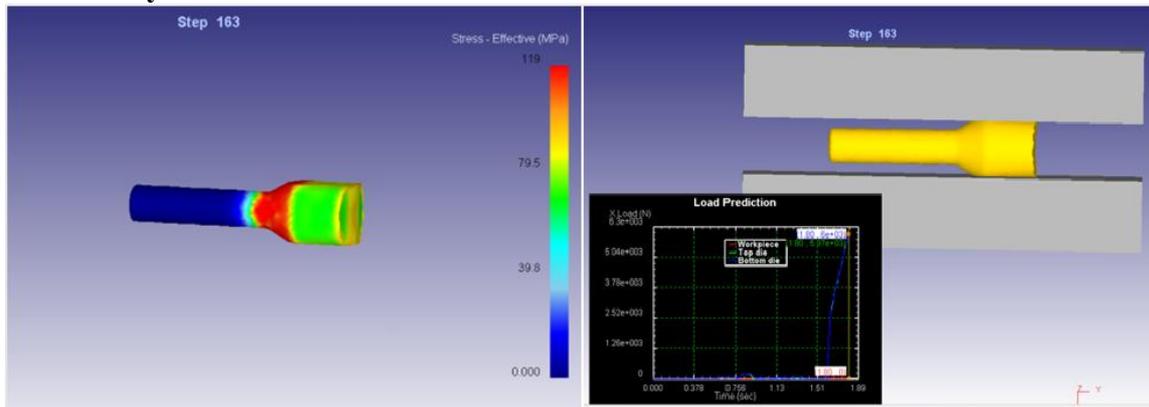
Рассмотрение трех этапов штамповки: выдавливание (21,2 кН), осадка (6 кН), окончательная штамповка (138 кН).

Доказано, что увеличение размера заготовки увеличивает силу штамповки, что приводит к повышенному износу инструмента, энергозатратам и риску деформации.

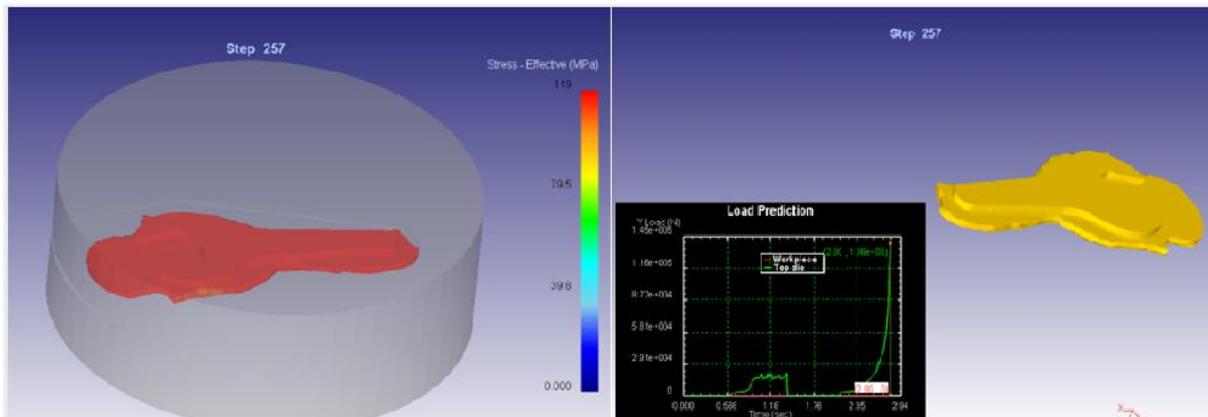
### Результат выдавливания



### Результат осадки



## Результат штамповки



### Заключение

В статье продемонстрировал успешное применение компьютерного моделирования с использованием программного комплекса DEFORM-3D, что позволило оптимизировать технологический процесс и минимизировать возможные ошибки на стадии производства.

### Литература

- [1]. Ковка и объемная штамповка, – 2 – е изд., перераб. и доп. ред. А. Н. Брюханов Д-р техн. наук. проф. – М.: Машиностроение, 1975. – 128 с.
- [2]. Ковка и штамповка: справочник. В 4 т. Т. 2. Горячая объемная штамповка. 2–е изд., перераб. и доп. / Под общ. ред. Е.И. Семенова. М.: Машиностроение, 2010. 720 с.
- [3]. Гун Г.Я. Теоретические основы обработки металлов давлением. М.: Металлургия. 1980. 456 с.
- [4]. ГОСТ 2841-80. Ключи гаечные с открытым зевом двусторонние. Конструкция и размеры. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1980. 3 с