



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Моделирование процессов объемной горячей штамповки

Иркутск 2013

Штамповка для детали типа «Качалка»

Электронная
модель штамповки



- Материал – титановый сплав ВТЗ-1
- Габаритные размеры 100x35x14 мм
- Масса – 0,184 кг

Постановка задачи

Предложить мероприятия по повышению коэффициента полезного использования материала

Применен программный комплекс технологического моделирования

QuantorForm 2D/3D

Разработчик - российская
компания QuantorForm

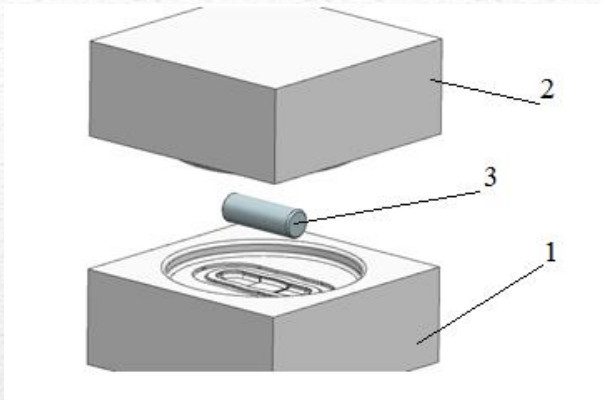


Варианты процессов формообразования детали

Рассмотрены два варианта процесса формообразования штамповки:

- горячая штамповка в открытом штампе
- горячая штамповка в закрытом штампе

1. Штамповки в открытом штампе (исходный вариант)



1 – матрица; 2 – пуансон; 3 – заготовка

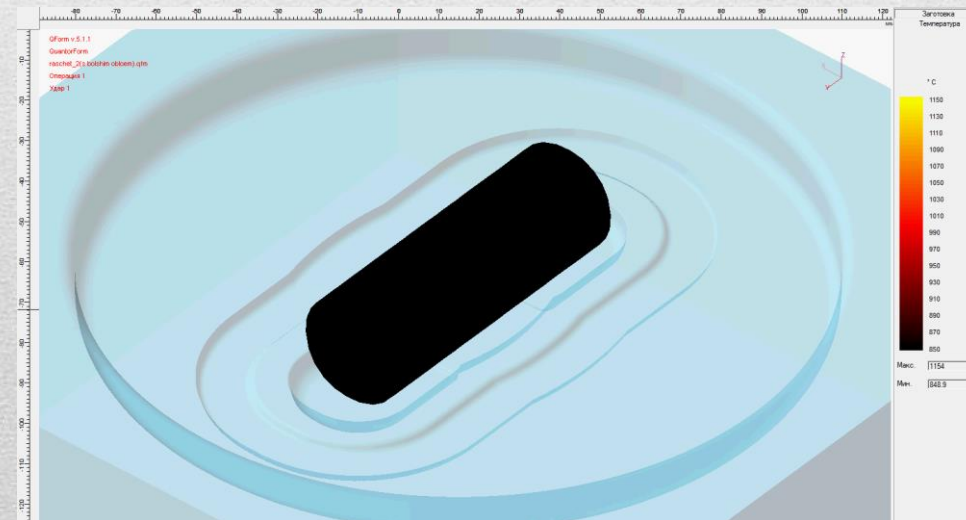
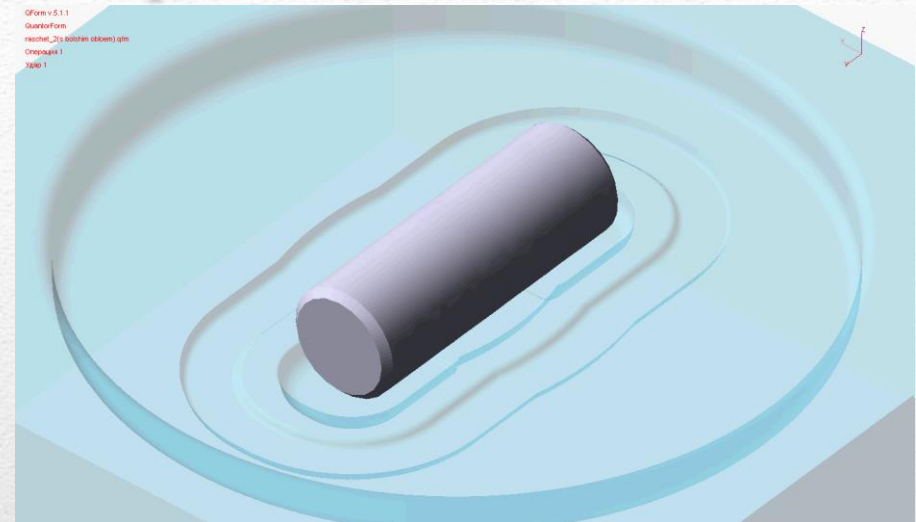
Процесс формообразования

Заготовка – круг $\text{Ø}30 \times 86$ мм

Распределение температур:

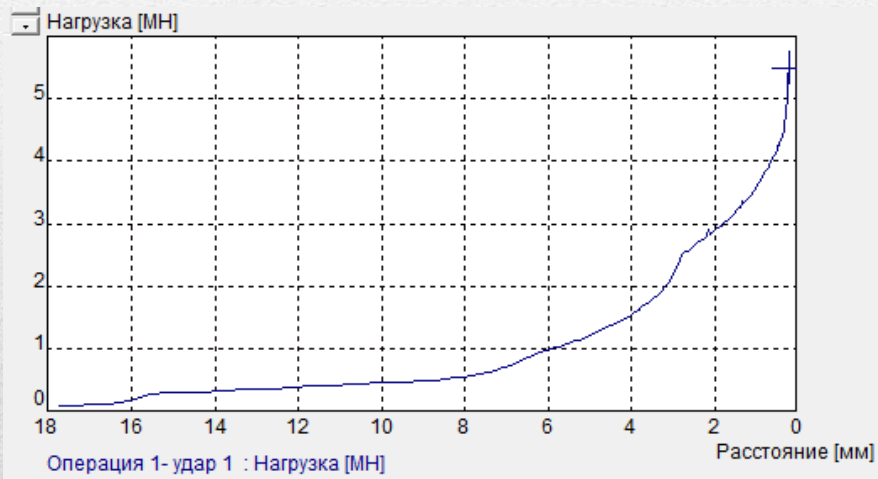
Максимальная температура - 1150°C

Минимальная температура - 850°C



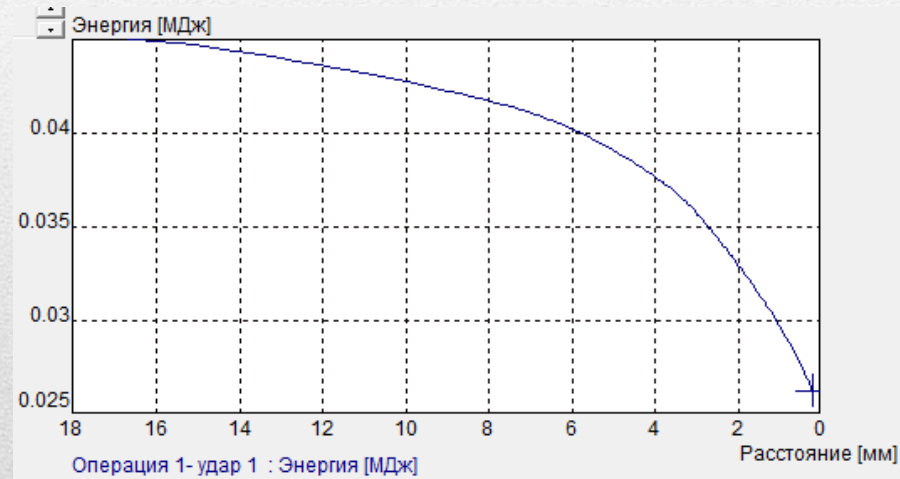
1. Штамповки в открытом штампе

Изменение
усилия
в процессе штамповки



Максимальные усилия - 5,5МН

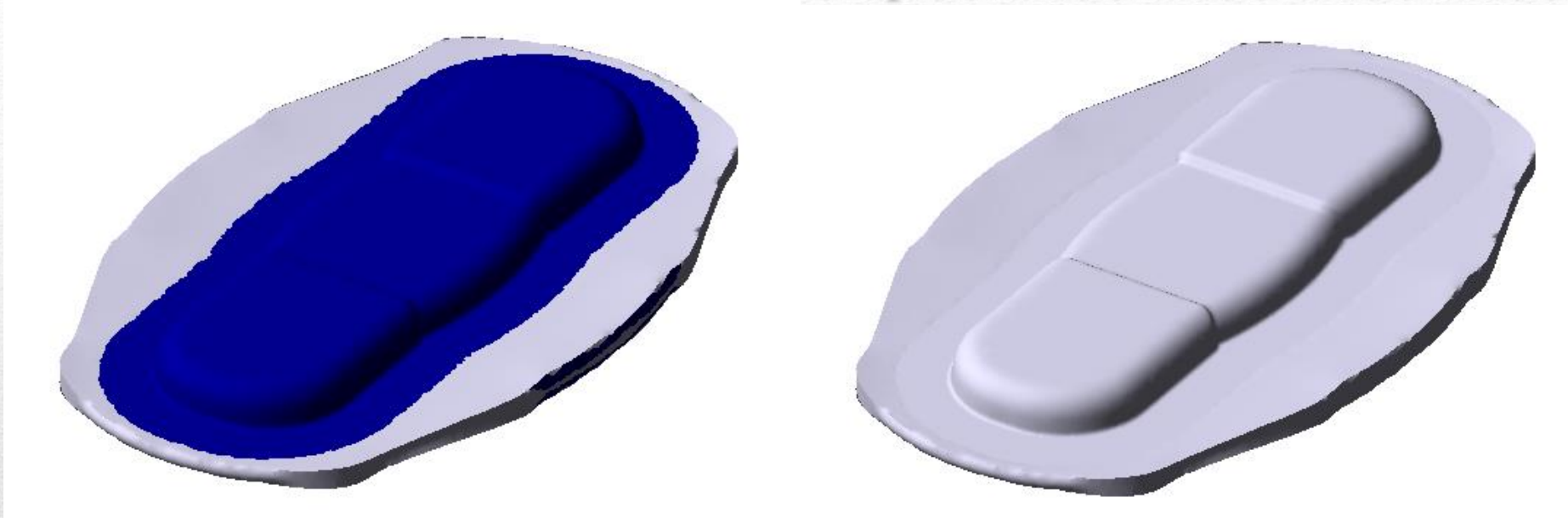
Изменение
энергии удара
в процессе штамповки



Энергия удара - 20кДж

Вывод:

1. Штамповки в открытом штампе



Синяя зона показывает степень заполнения штампа, что отражает качество поверхности.

На полученной модели поковки видно образование облоя большого по площади.

Увеличить КИМ возможно двумя способами:

- 1) подбором заготовки оптимального объёма, для минимизации количества облоя
- 2) использованием безоблойной штамповки в закрытом штампе.

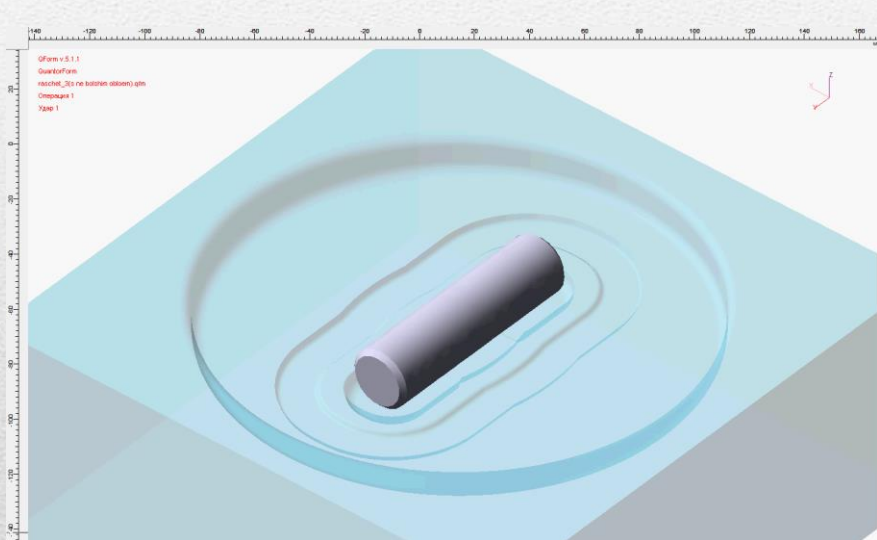
1. Штамповки в открытом штампе

Вывод: отработан базовый вариант штамповки детали в открытом штампе, получена качественная поверхность штамповки. Но данный метод приводит к образованию большого количества облоя, который будет удален в отход, что приводит к большим финансовым затратам на использование материала и лишнюю трудоемкость.

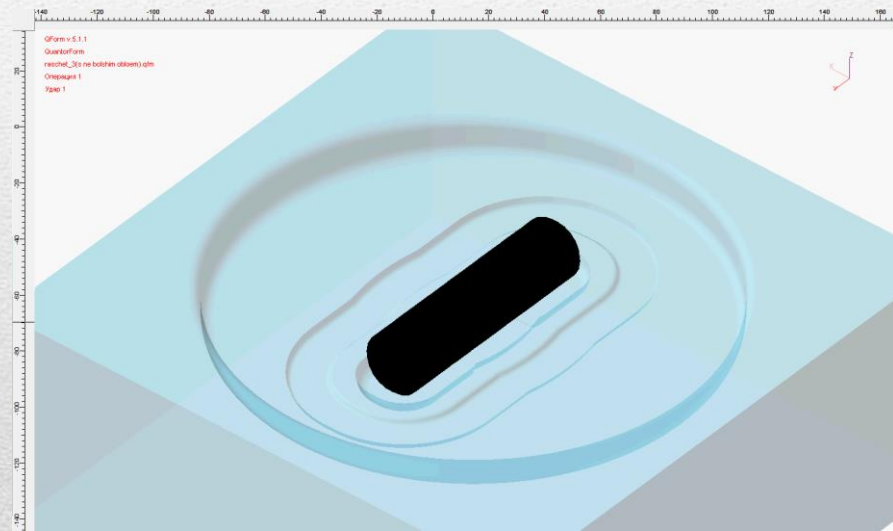
1. Штамповки в открытом штампе (улучшенный вариант - с уменьшенным облоем)

После перебора 6 типоразмеров заготовки выбрана наиболее рациональный размер заготовки - круг $\text{Ø}25 \times 93$ мм

Геометрия гравюры штампа остается без изменения.



Процесс формообразования



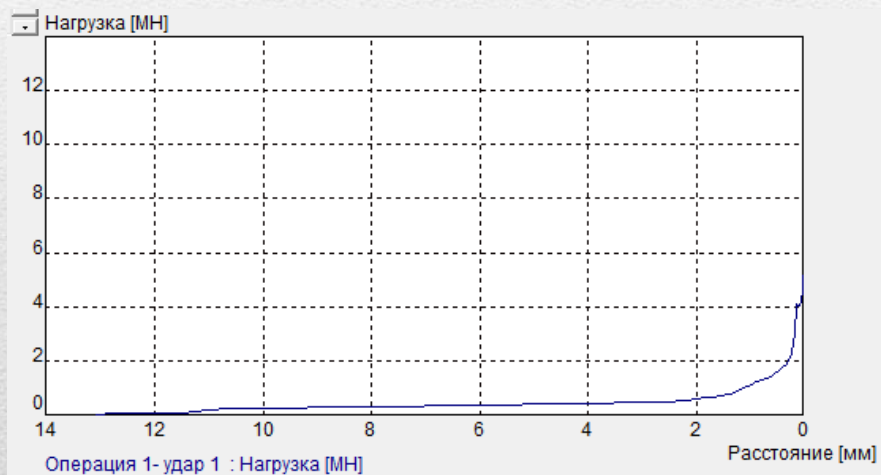
Распределение температур:

Максимальная температура - 1050°C

Минимальная температура - 850°C

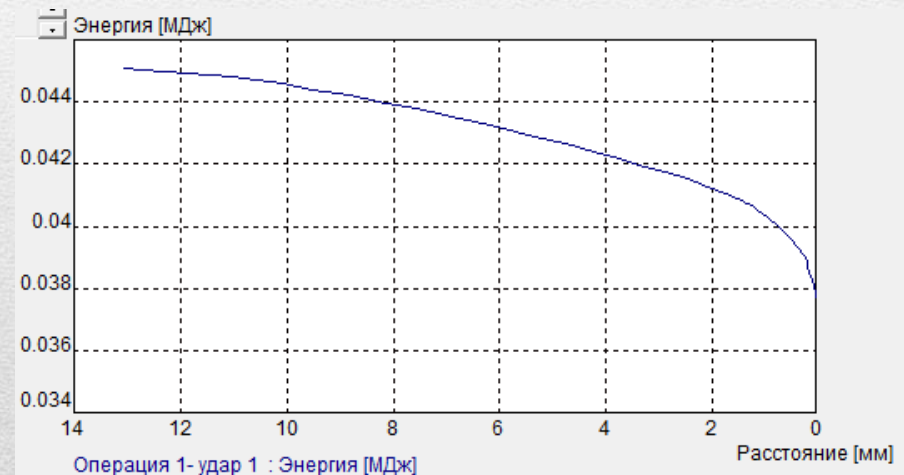
1. Штамповки в открытом штампе (улучшенный вариант - с уменьшенным облоем)

Изменение усилия в
процессе штамповки



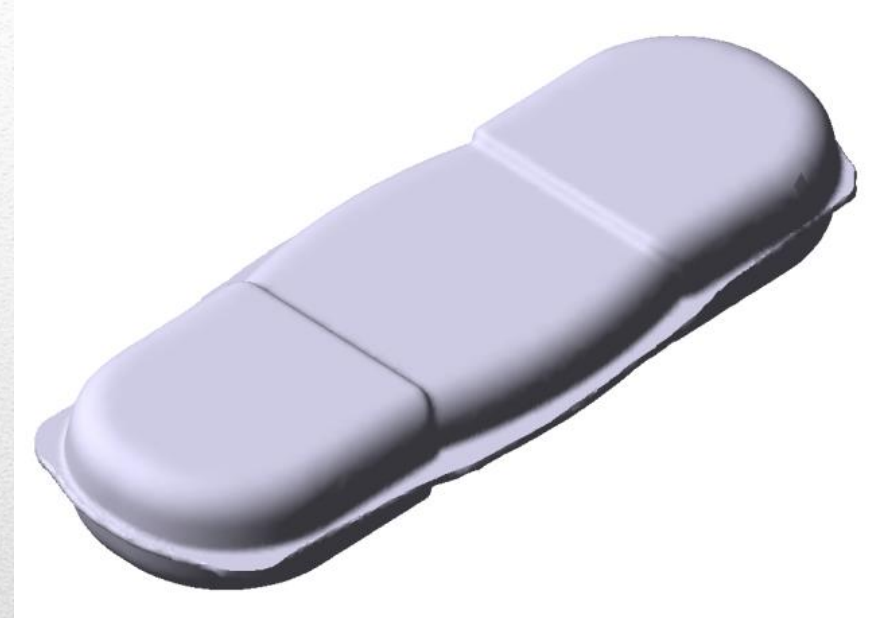
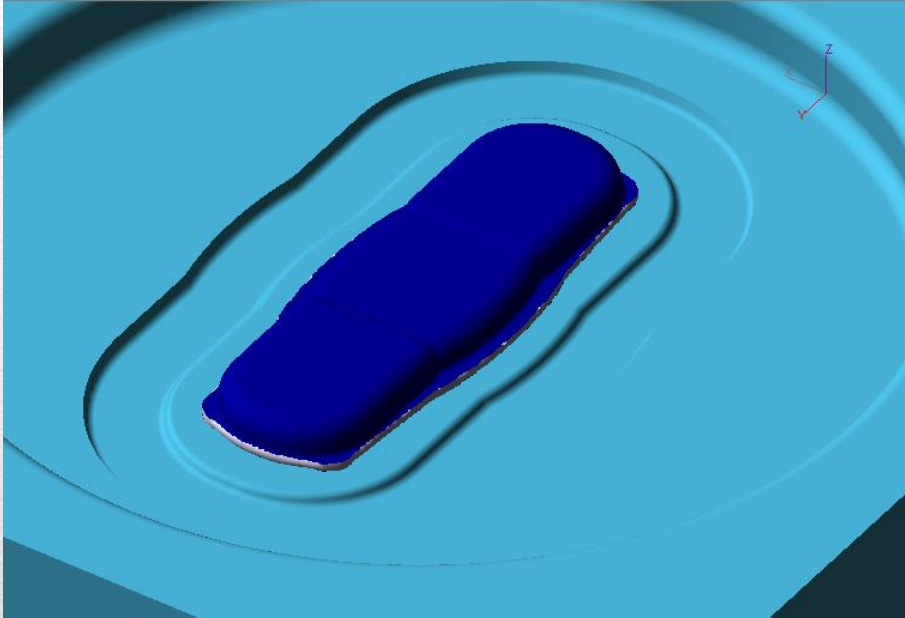
Максимальные усилия - 4МН.

Изменение энергии удара в
процессе штамповки



Энергия удара - 7кДж.

Моделирование процесса штамповки в открытом штампе (оптимизированный)



Синяя зона показывает степень заполнения штампа, что отражает качество поверхности.

КИМ увеличен на 35%.

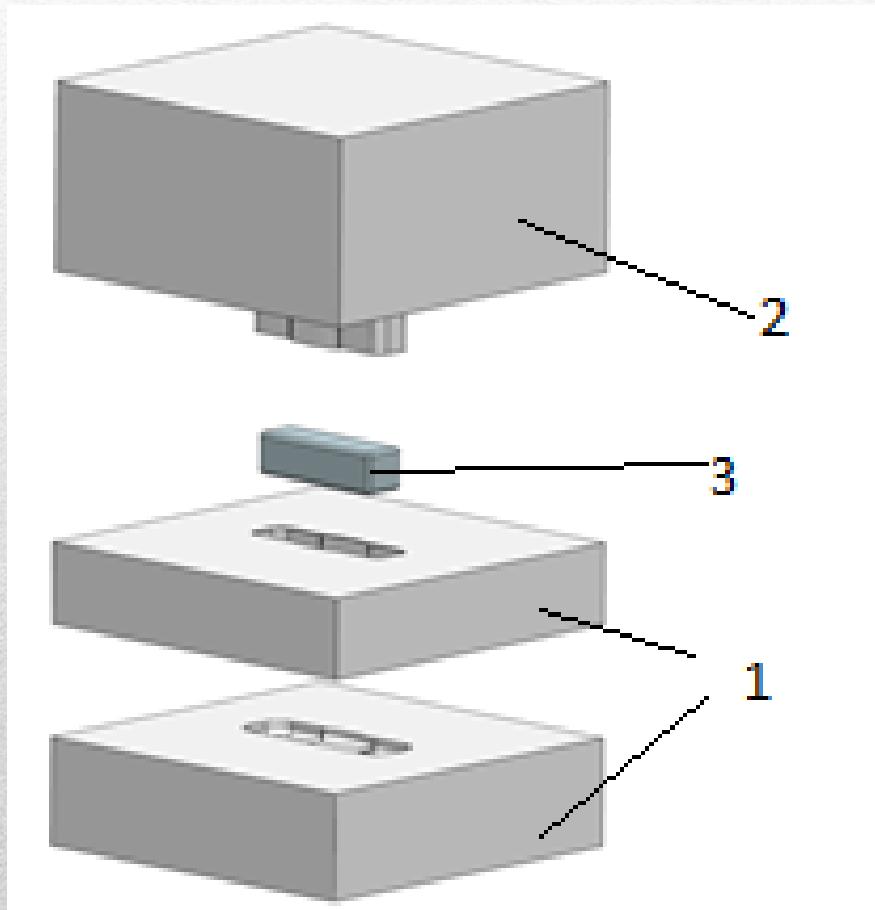
Таким образом, оптимизация заготовки может позволить отказаться от промежуточной операции удаления облоя и приступить к механообработке.

1. Штамповки в открытом штампе (улучшенный вариант - с уменьшенным облоем)

Вывод: данная оптимизация не повлияла на качество полученной штамповки и позволила увеличить КИМ на 35%, что позволит сэкономить на материале и трудоемкости получаемой паковки. Оптимизация заготовки привела к минимизации образования облоя, что позволяет уменьшить затраты на изготовление штампа.

2. Штамповка в закрытом штампе

Схема штампа



Для максимального увеличения КИМ необходимо перейти на безоблойную штамповку

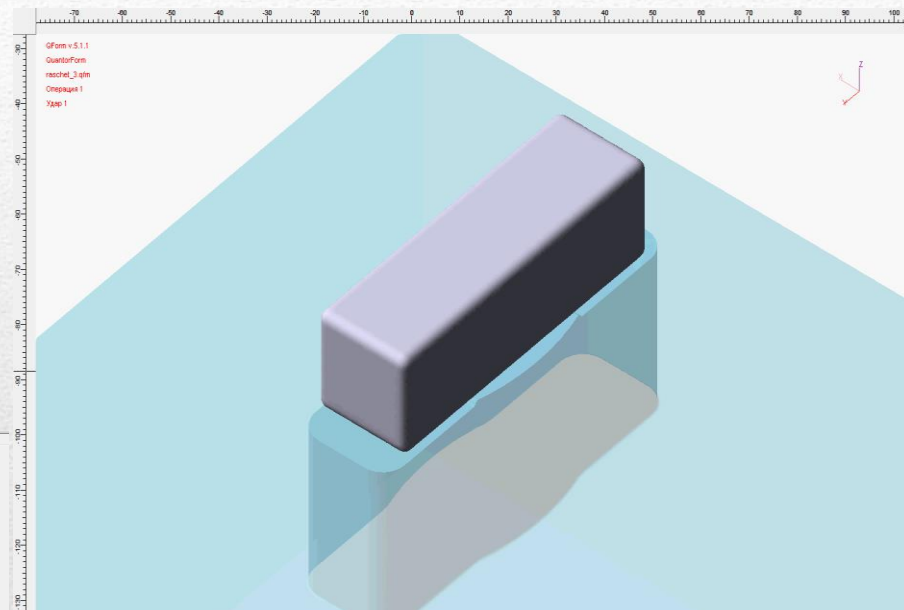
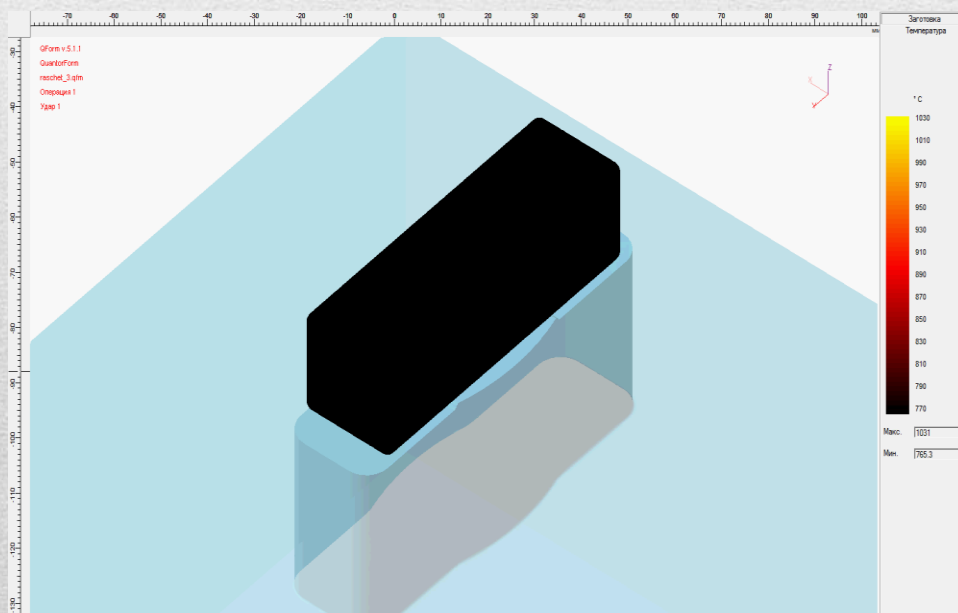
для удобства извлечения детали из штампа матрица выполнена разборной

Заготовка – имеет размеры 24x22x78мм и получается предварительной подштамповкой.

- 1 – матрица (разъемная)
- 2 – пуансон
- 3 – заготовка

Моделирование процесса штамповки в закрытом штампе

Процесс формообразования



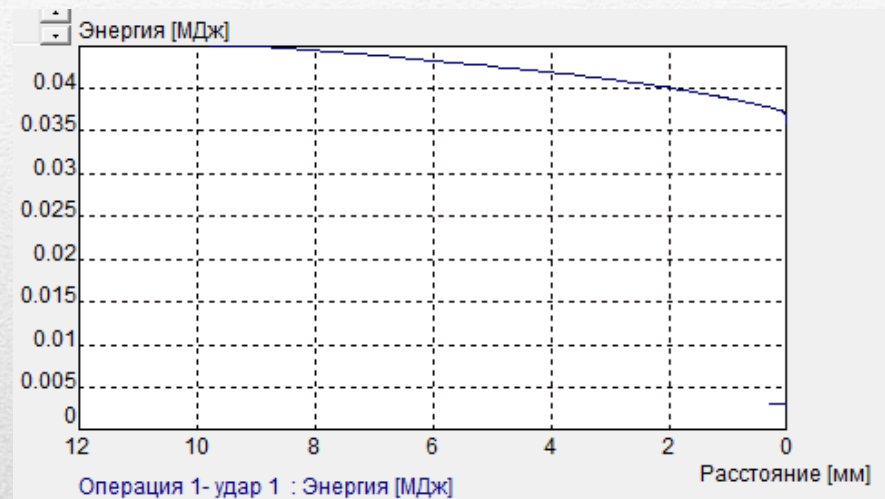
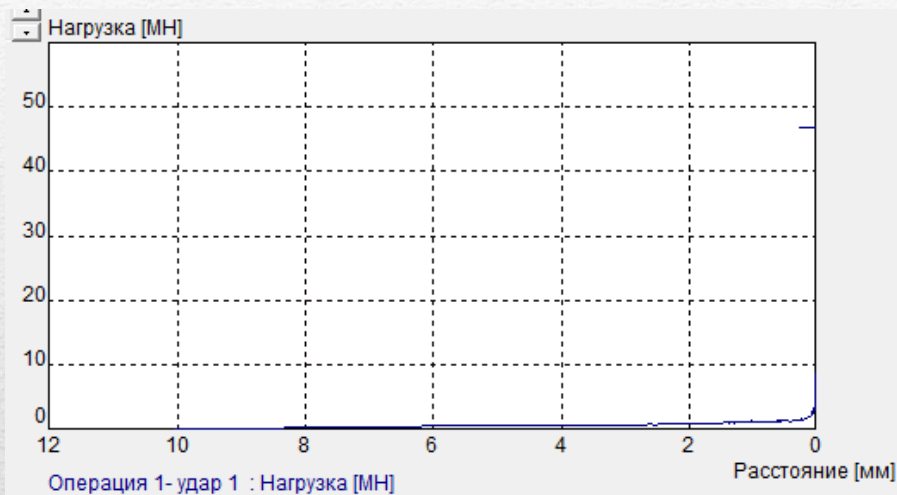
Распределение температур:

Максимальная температура - 1030°C

Минимальная температура - 770°C

2. Штамповка в закрытом штампе

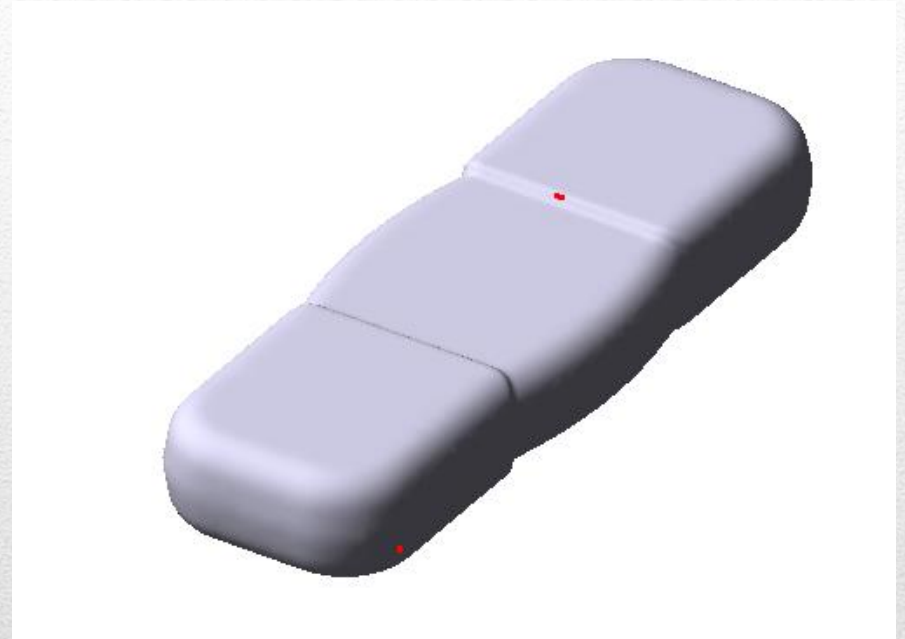
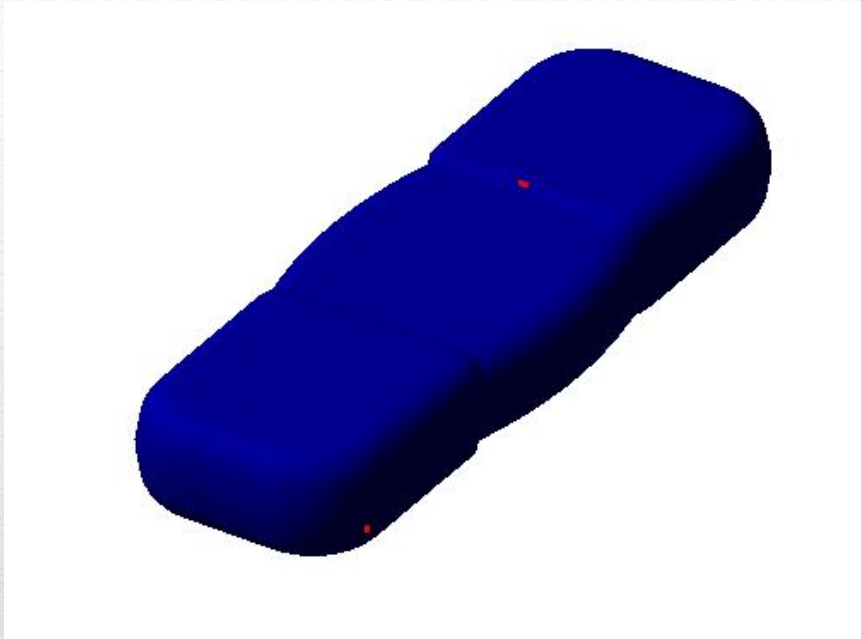
Графики сил и энергии удара при штамповке



Максимальные усилия - 47МН.

Энергия удара - 45кДж.

2. Штамповка в закрытом штампе



Синяя зона показывает степень заполнения штампа, что отражает качество поверхности.

Образование облоя не происходит.

Штамповка в закрытом штампе позволит достичь увеличения КИМ на 42% по сравнению с исходным вариантом штамповки в открытом штампе

2. Штамповка в закрытом штампе

Вывод: оптимизация не повлияла на качество поверхности, образование облоя не возможно в данном методе. Данный метод штамповки позволяет сэкономить на материале и на последующих операциях обработки паковки, но несет ряд особенных требований к оборудованию и штампу.

В зависимости от объема выпуска и требований производства, на основании рассмотренных вариантов можно выбрать оптимальный вариант штамповки для конкретного производства.

Анализ возможности возникновения жаровых трещин

Вероятность возникновения жаровых трещин оценивается по величине температуры

а) штамповка в открытом штампе (исходный вариант)



Максимальная температура - 1154°C в зоне перехода тела штамповки в заусенечную канавку

б) штамповка в открытом штампе с минимальным облоем



Максимальная температура - 1075°C .

в) штамповка в закрытом штампе



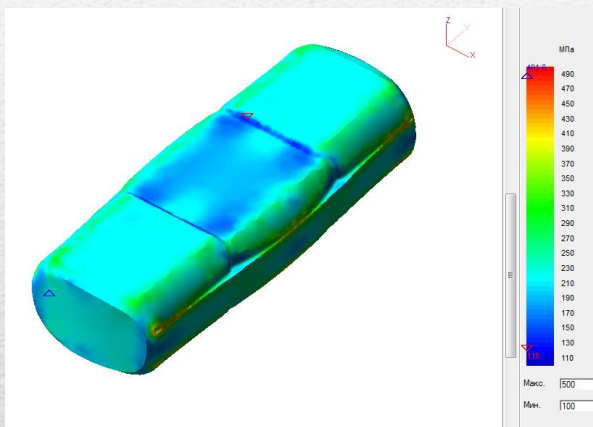
Максимальная температура - 1030°C в зонах радиусных переходов по контуру детали.

Понижение температуры разогрева уменьшает риск возникновения жаровых трещин

Анализ возможности возникновения микротрещин

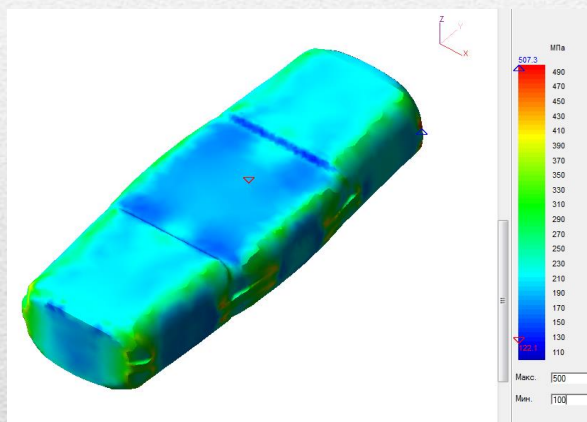
Вероятность появления микротрещин оценивается по распределению интенсивности напряжений

а) штамповка в открытом штампе с облоем



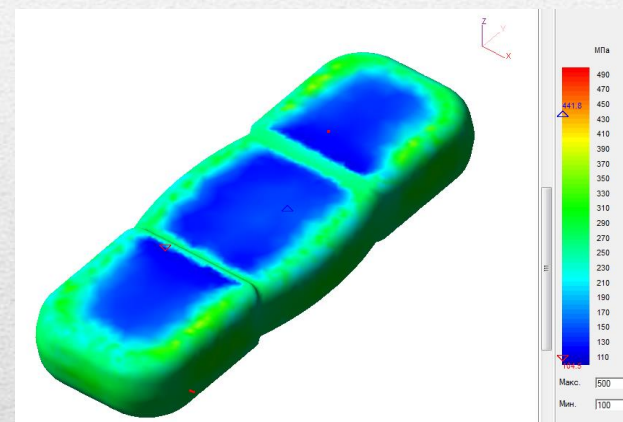
Максимальные напряжения составляют 492 МПа

б) штамповка в открытом штампе с минимальным облоем



Максимальные напряжения составили 507 МПа

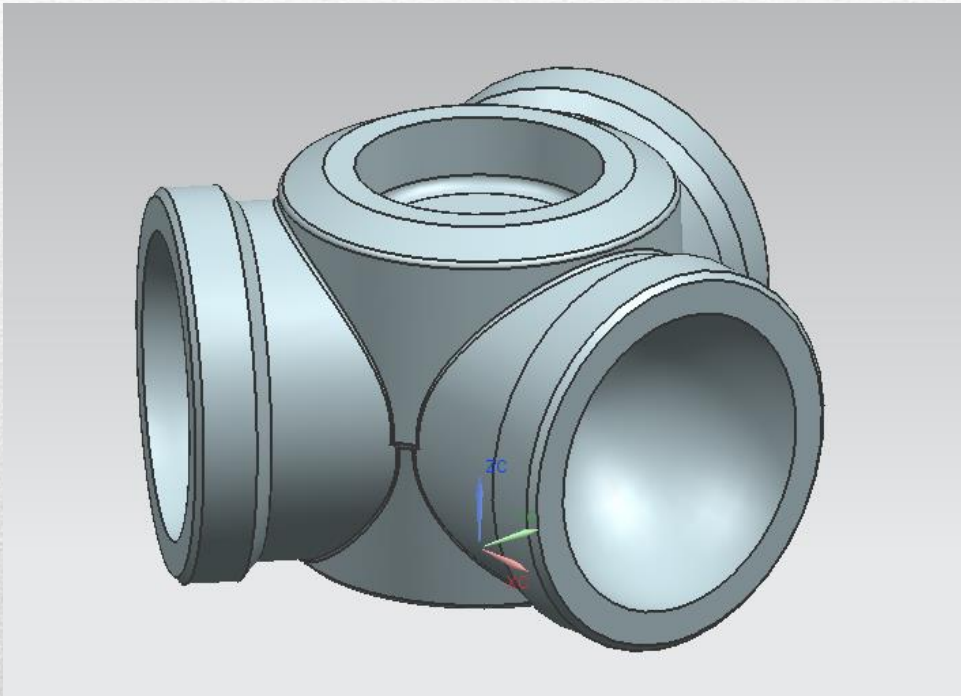
в) безоблойная штамповка в закрытом штампе



Максимальные напряжения составили 442 МПа.

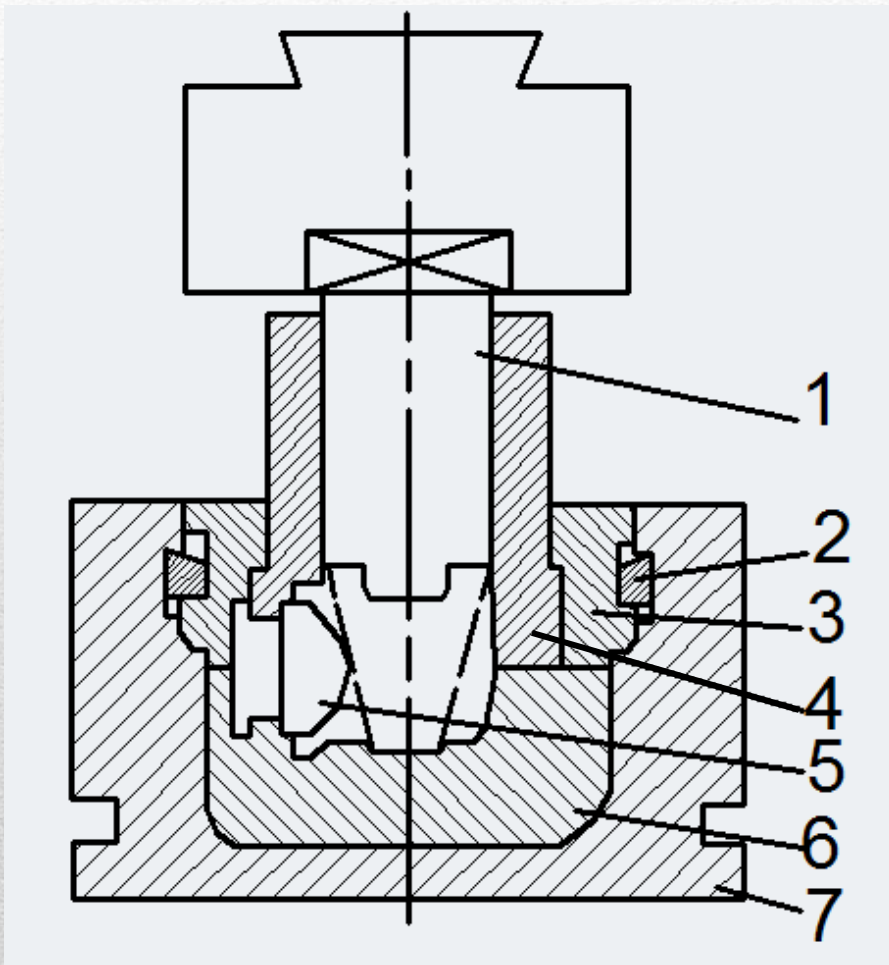
Снижение напряжений при безоблойной штамповке приводит к снижению вероятности появления микротрещин в поковке.

Штамповка детали «Втулка трехлопастного авиационного винта»



- Материал – 30ХГСА
- Габаритные размеры 500x450x279
- Масса –168 кг
- Базовый процесс: закрытой горячей объемной штамповки на гидравлическом прессе за один ход инструмента
- Для штамповки применяется заготовка в форме усеченного конуса длиной 644,5 мм с верхним диаметром $\text{Ø}278$ и нижним $\text{Ø}141$ мм.

Исследуемая деталь «Втулка трехлопастного авиационного винта»



1 – пуансон

2 – клин

3 – прижимная плита

4 – верхняя полуматрица

5 – пуансон

6 – нижняя полуматрица

7 – гнездо плиты

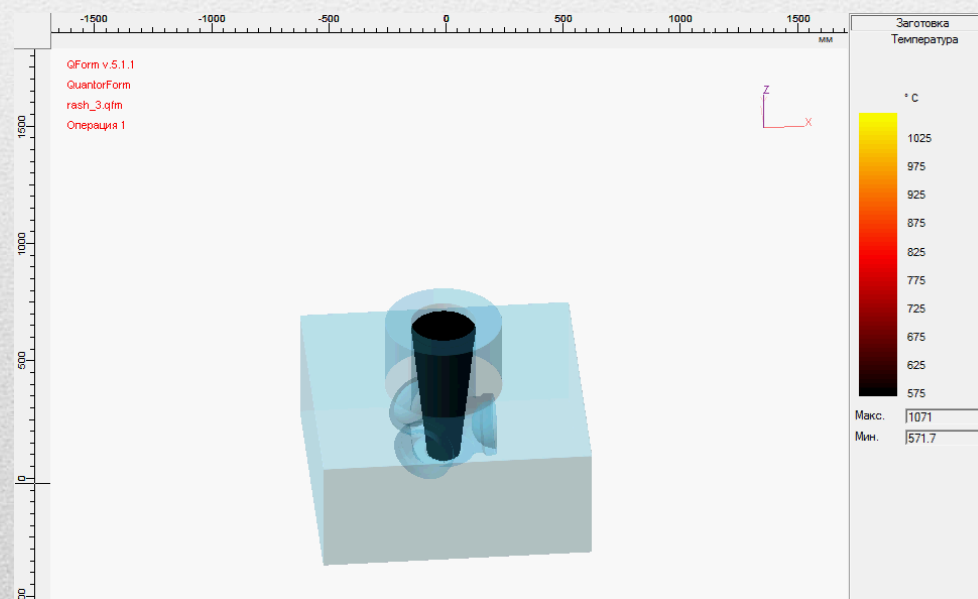
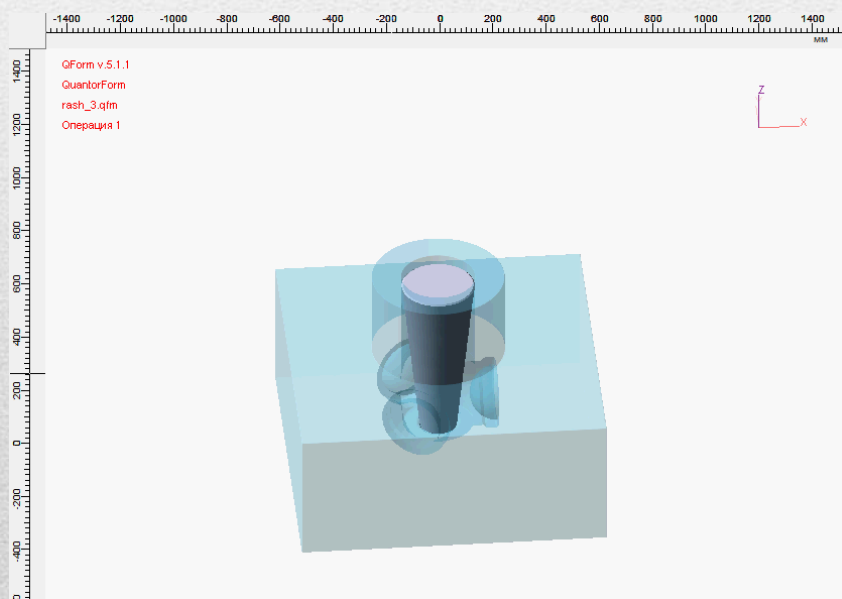
Исследуемая деталь «Втулка трехлопастного авиационного винта»

Процесс формообразования

Распределение температур:

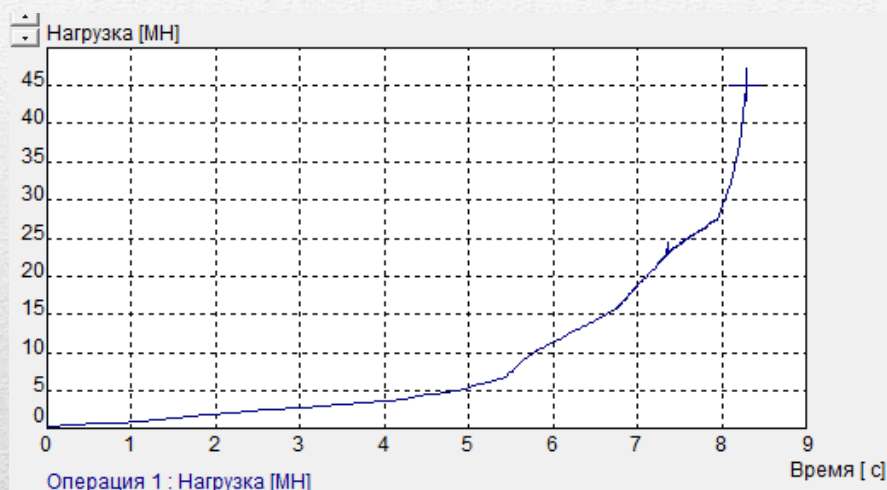
Макимальная температура – 996°C

Минимальная температура - 575°C

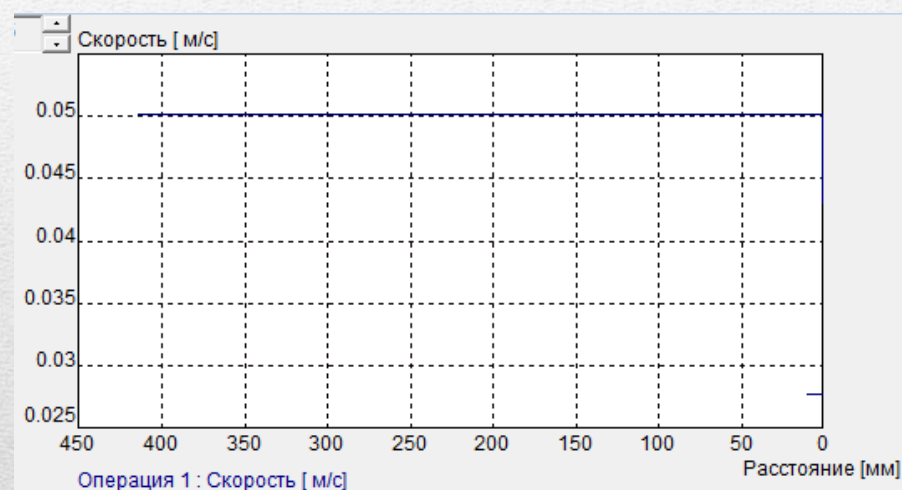


Исследуемая деталь «Втулка трехлопастного авиационного винта»

Графики сил и энергии удара при штамповке



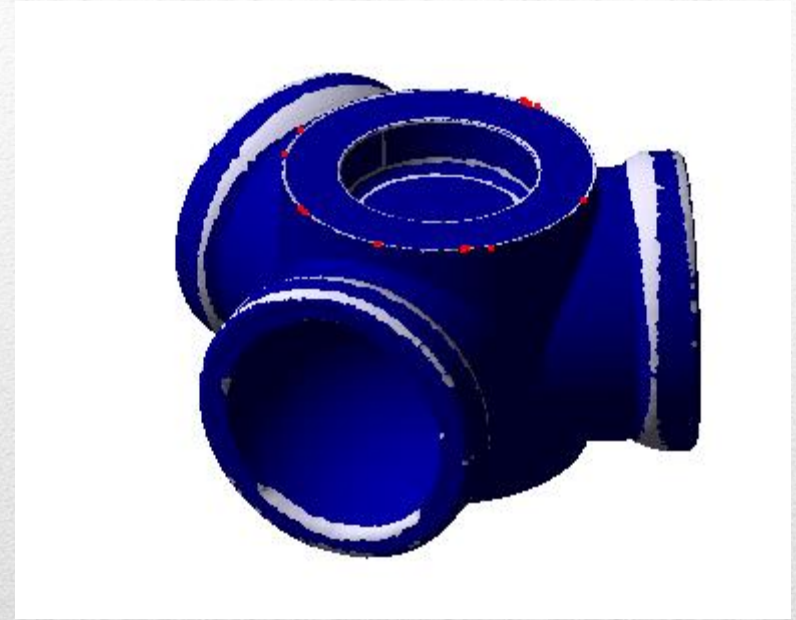
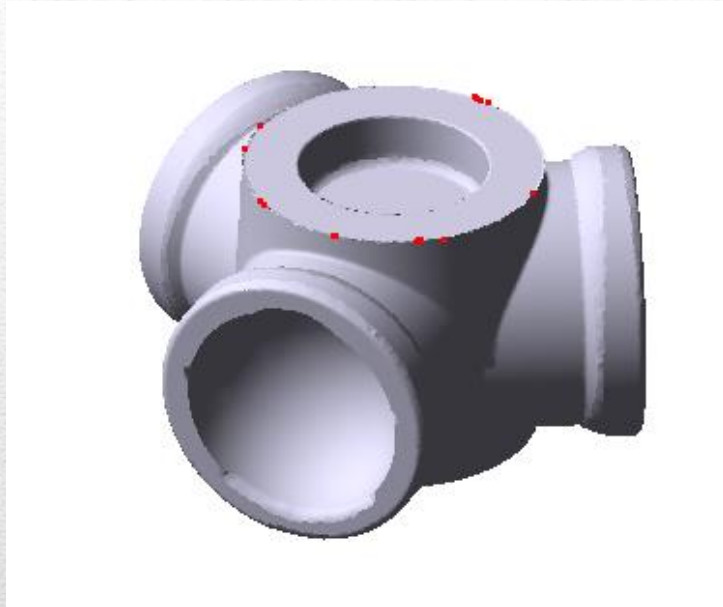
Максимальные усилия - 45МН.



Скорость деформирования.

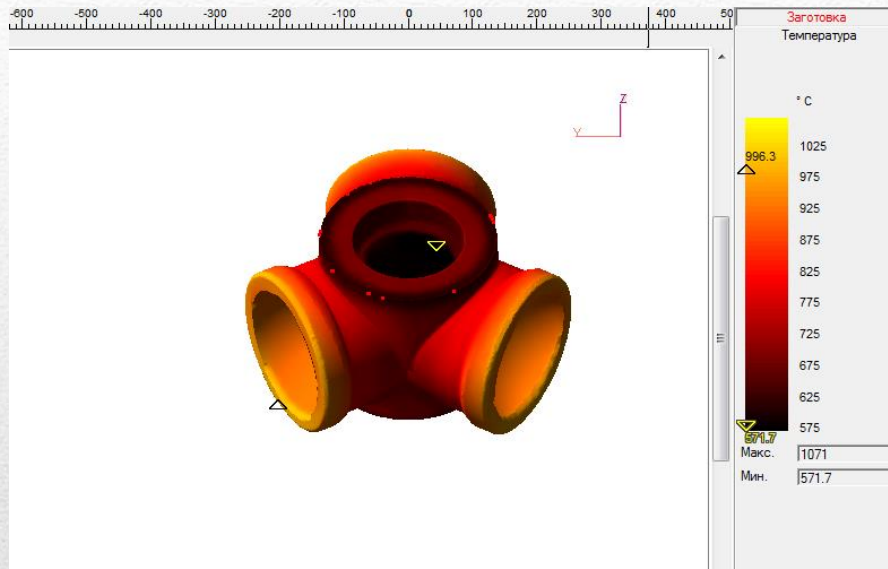
Показана возможность объемной штамповки в закрытом штампе на примере типовой авиационной детали втулки трехлопастного винта.

Исследуемая деталь «Втулка трехлопастного авиационного винта»

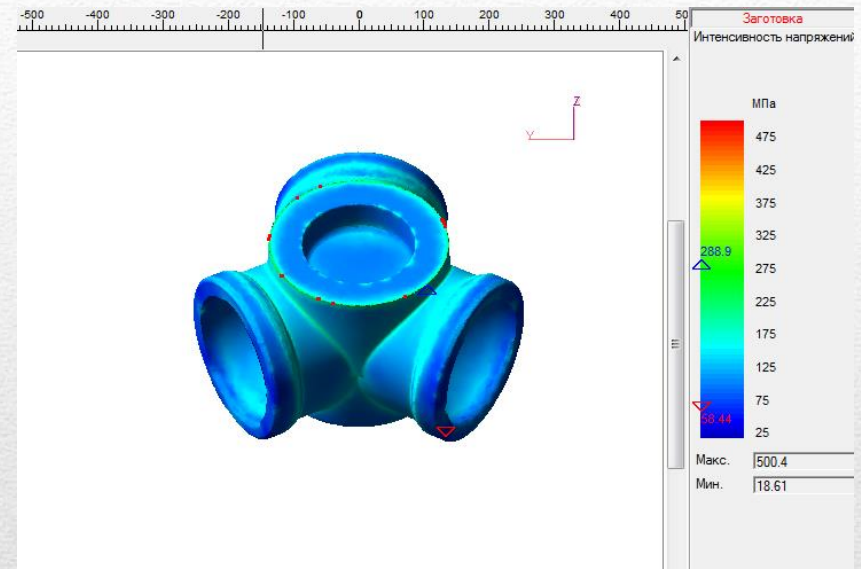


Данным методом формовки облой не образуется, синяя зона показывает степень заполнения штампа, но следуя ТП паковка подвергается дальнейшей фрезерной обработке сложных поверхностей и снятие фаски на верхней части детали.

Исследуемая деталь «Втулка трехлопастного авиационного винта»



Распределение температур:
Максимальная – 996°C
Минимальная – 571°C



Распределение интенсивности напряжений:
Максимальные – 289 МПа
Минимальные – 59 МПа

Равномерное распределение температур и не значительно изменение ее от исходной, а так же относительно малое значение интенсивности напряжений может характеризовать о минимальной вероятности появления жаровых и микротрещин в изделии.

Исследуемая деталь «Втулка трехлопастного авиационного винта»

Вывод: Отработан базовый процесс штамповки детали в закрытом штампе и получена готовая паковка. По представленным результатам можно сказать что данную деталь возможно получить без дефектов, таких как жаровые и холодных трещин.



Контакты



Национальный исследовательский Иркутский государственный
технический университет

Институт авиамашиностроения и транспорта

Кафедра Самолётостроения и эксплуатации авиационной техники

664074, Иркутск, ул. Лермонтова, 83

Осипов Сергей Александрович

Тел. 8 (3952) 40-55-40

E: mail osipov_sa@istu.edu

Шмаков Андрей Константинович

Тел. 8 (3952) 40-50-90

E: mail shmakov@istu.edu