

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ШТАМПОВКИ ПОКОВОК С ИЗОГНУТОЙ ОСЬЮ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОГРАММЕ QFORM 3D

Лопатин М.А.

Московский Государственный Университет Приборостроения и информатики

Кафедра «Информационные технологии обработки давлением»

Научный руководитель : к.т.н., доцент Лёняшин В.Б.

Характеристика детали и возможные варианты технологии

Деталь "Крюк" широко применяется в самых разных отраслях. С помощью крюка соединяются узлы разнообразных механизмов. В связи с формой и массой ~ 0,55 кг поковки, она штампуются на кривошипном горячештамповочном прессе. Для данной детали используется сталь марки Ст45-1ГП-М1-БЗГ ГОСТ 70-50-88. При объемной штамповке широко используют кривошипный горячештамповочный пресс. Мы сравниваем штамповку одинарной поковки и спаренной поковки.

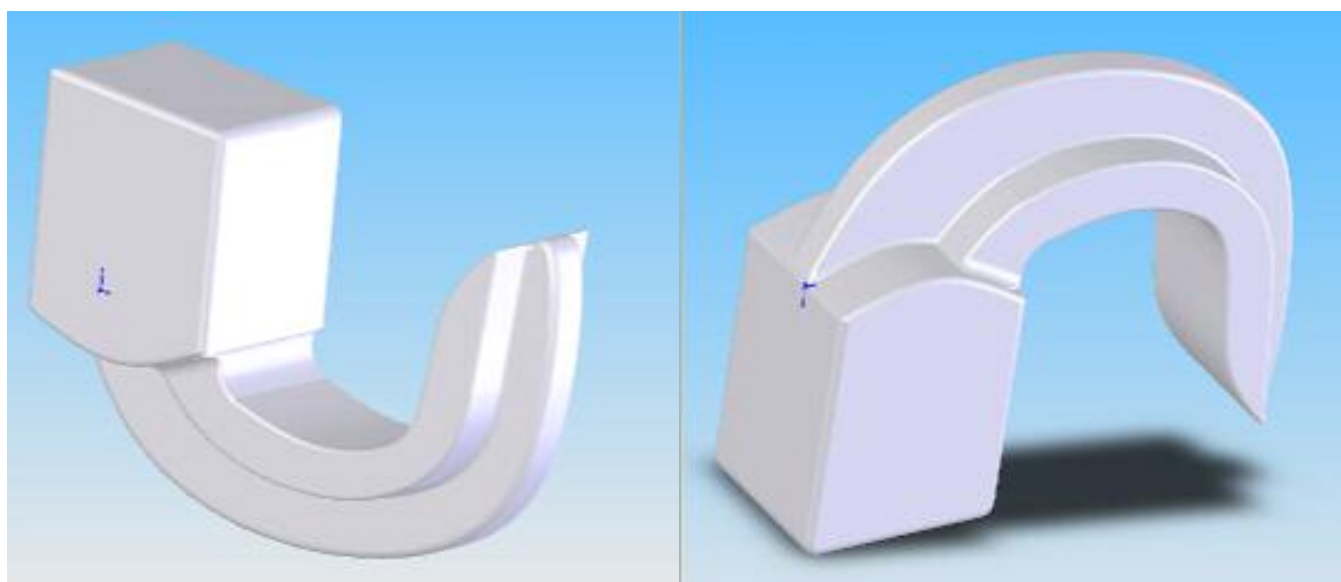
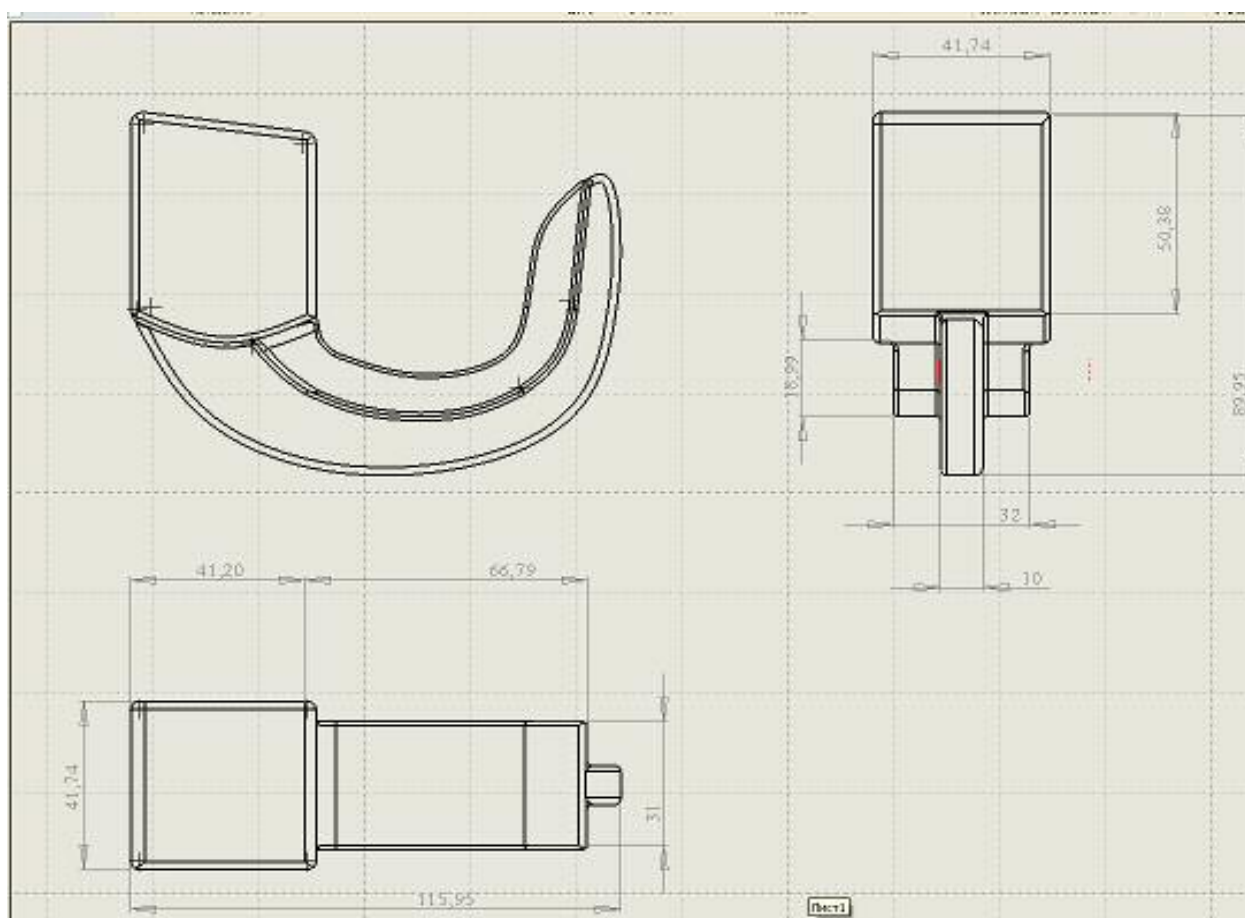
Очевидно, что при одиночной штамповке нужно меньшее усилие, ввиду меньших размеров детали. Ещё одним преимуществом является то, что штамповка происходит без перемычек, следовательно меньше расход металла. Преимуществом при штамповке спаренной поковки является меньшее кол-во переходов. Штамповка спаренной поковки проходит в 3 прохода: сначала производят формовку, потом предварительную штамповку, затем окончательную.

Одинарную деталь производят с помощью 2-х заготовительных операций (вальцовки -4 прохода и гибки-1 проход) и окончательной штамповки: в начале производят вальцовку для оттяжки конца заготовки, затем делают гибку вытянутого конца и потом окончательно штампуют на прессе. Применение вальцовки целесообразно при изготовлении поволоков удлиненной формы, применение вальцовки под последующую штамповку обеспечивает экономию металла на 5-20%, повышает производительность труда на 50-150%, снижает себестоимость поволоков на 10-25%. В данном случае вальцовка служит заготовительной операцией, перераспределяющей металл по длине заготовки для последующей штамповки на другом оборудовании.

При оттяжке концов заготовки межосевое расстояние валков постоянно, а профиль ручьев и радиус каждого вала в ручье – переменные. Нагрев заготовок производится в газовой нагревательной печи. При объемной штамповке широко используют кривошипный горячештамповочный пресс (здесь и далее КГШП) .

Выбор способов штамповки. Предпочтительнее проводить холодную обрезку облоя, т.к. поковка среднего размера, и из углеродистой стали с содержанием углерода до 0,4% Холодная обрезка облоя, проводится на обрезном прессе она позволяет получить более точные размеры поковки, с более гладкой поверхностью а так же увеличить стойкость штампа. Кроме того, холодный способ обрезки облоя значительно облегчает механизацию и автоматизацию процесса.

Характеристика детали типа крюк



Заготовка для спаренной детали.

1.1. Исходные данные по детали:

1.1.1. Масса детали 0,45 кг, материал - сталь марки Ст45-1ГП-М1-БЗГ

1.2. Параметры поковки

1.2.1. Масса поковки (расчетная); $M_{п} = M_{г} \cdot K_{р}$

$M_{г}$ - масса детали; 0,45 кг

$K_{р}$ - расчётный коэффициент [1, табл. 20]. Деталь с большим объемом не обрабатываемых поверхностей, для нее $K_{р} = 1,1 - 1,3$.

Принимаем $K_{р} = 1,2$. $M_{п} = 0,45 \times 1,2 = 0,54$ кг

1.2.2. Класс точности поковки устанавливаем в зависимости от технологического процесса и оборудования для её изготовления [1, табл.19]. Для КГШП - класс точности Т5

1.2.3. Группа стали устанавливается исходя из среднего массового содержания углерода и легирующих элементов: Si, Mn, Cr, Ni, и др. [1, табл. 1].

Для Ст45, т. к. содержание углерода около $0,40\% < 0,50\%$, и суммарное содержание легирующих элементов [приложение 1] (до $0,37 + 0,5 - 0,8 +$ до $0,25 + 0,25 - 1,57$) $< 2\%$ Группа стали М1.

1.2.4. Степень сложности.

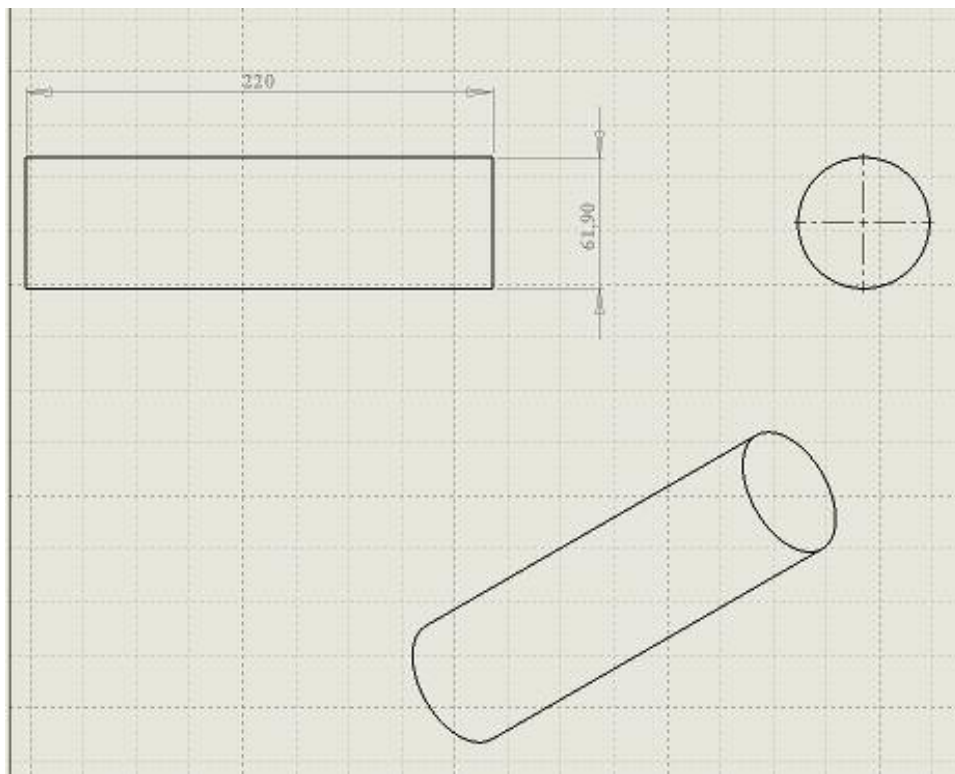
Степень сложности определяют путем вычисления отношения массы (объема) $G_{п}$ поковки к массе (объему) $G_{ф}$ геометрической фигуры. В которую вписывается форма поковки. Геометрическая фигура может быть шаром, параллелепипедом, цилиндром с перпендикулярными к его оси торцами и прямой правильной призмой

Наиболее подходящая геометрическая фигура цилиндр с $R=31,5$ мм и $H=220$ мм.

Рассчитаем массу (объем) геометрической фигуры:

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot H = 3.14 \cdot 252 \cdot 210 = 414 \text{ мм}^3$$

$$M = 7.8 \cdot V = 7,8 \cdot 414 = 3.229 \text{ кг}$$



Заготовка для одинарной детали.

1.1. Исходные данные по детали:

1.1.1. Масса детали 0,45 кг, материал - сталь марки Ст45-1ГП-М1-БЗГ

1.2. Параметры поковки

1.2.1. Масса поковки (расчетная); $M_p = M_g \cdot K_p$

M_g - масса детали; 0,45 кг

K_p - расчётный коэффициент [1, табл. 20]. Деталь с большим объемом не обрабатываемых поверхностей, для нее $K_p = 1,1 - 1,3$.

Принимаем $K_p = 1,2$. $M_p = 0,45 \times 1,2 = 0,54$ кг

1.2.2. Класс точности поковки устанавливаем в зависимости от технологического процесса и оборудования для её изготовления [1, табл.19]. Для КГШП - класс точности Т5

1.2.3. Группа стали устанавливается исходя из среднего массового содержания углерода и легирующих элементов: Si, Mn, Cr, Ni, и др. [1, табл. 1].

Для Ст45, т. к. содержание углерода около $0,40\% < 0,50\%$, и суммарное содержание легирующих элементов [приложение 1] (до $0,37 + 0,5 - 0,8$ + до $0,25 + 0,25 - 1,57$) $< 2\%$ Группа стали М1.

1.2.4.

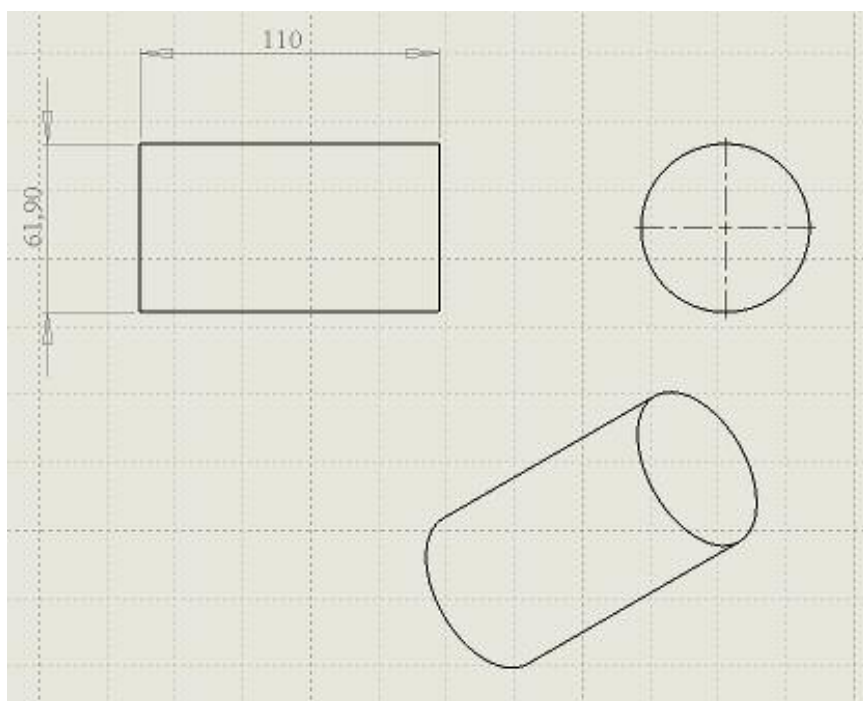
Геометрическая фигура цилиндр с $R=31,5$ мм и $H=112$ мм.

Масса (объем) геометрической фигуры:

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot H = 3.14 \cdot 31 \cdot 115 = 210 \text{ мм}^3$$

$$M = 7.8 \cdot V = 7,8 \cdot 414 = 1.7 \text{ кг}$$

КГШП модель МН 4808-63



Заготовка для одинарной детали

Одинарная деталь

Порядок подготовки расчета и результаты:

Этап 1. Подготовить твердотельные модели инструментов и заготовки в CAD-системе и импортировать их в графический редактор QDraft.

Этап 2. Задать необходимые технологические параметры:

Для вальцовки :

- начальная температура заготовки- 1200°C
- время охлаждения(охлаждение на воздухе –2 с)

Выбрать из базы данных:

- подходящее оборудование(вращательное оборудование)
- материал заготовки (Ст 45)
- используемую смазку (графит с водой для горячей штамповки)

Для гибки :

- начальная температура заготовки-1150 °C
- время охлаждения(охлаждение на воздухе –2 с)

Выбрать из базы данных:

- подходящее оборудование(механический пресс 8 МН)
- материал заготовки (Ст 45)
- используемую смазку (графит с водой для горячей штамповки)
- конечное расстояние между штампами -23 мм

Для окончательной штамповки

- начальная температура заготовки-1130 °C
- время охлаждения (охлаждение на воздухе – 5 с)

Выбрать из базы данных:

- подходящее оборудование(КГШП 11 МН)
- материал заготовки (Ст 45)
- используемую смазку(графит с водой для горячей штамповки)
- конечное расстояние между штампами 3 мм

В задание исходных данных при задаче типа формы заготовки необходимо указать произвольная (трехмерное моделирование).

Этап 3. Запустить данные на счет, нажав соответствующую клавишу.

Процесс моделирования происходит автоматически и не требует вмешательства пользователя. Интеллектуальный Генератор Сеток системы обеспечивает оптимальную конечно-элементную сетку на любом этапе моделирования

Этап 4. Анализ результатов моделирования.

Удобный постпроцессор обеспечивает просмотр результатов, полученных моделированием – распределение в заготовке деформаций, напряжений и температур, а также контактных напряжений, усилие, работу и энергию деформации в зависимости от перемещения пресштемпера, и наконец напряжения, деформации и деформированный профиль инструмента.

Процесс изготовления одинарной детали типа крюк

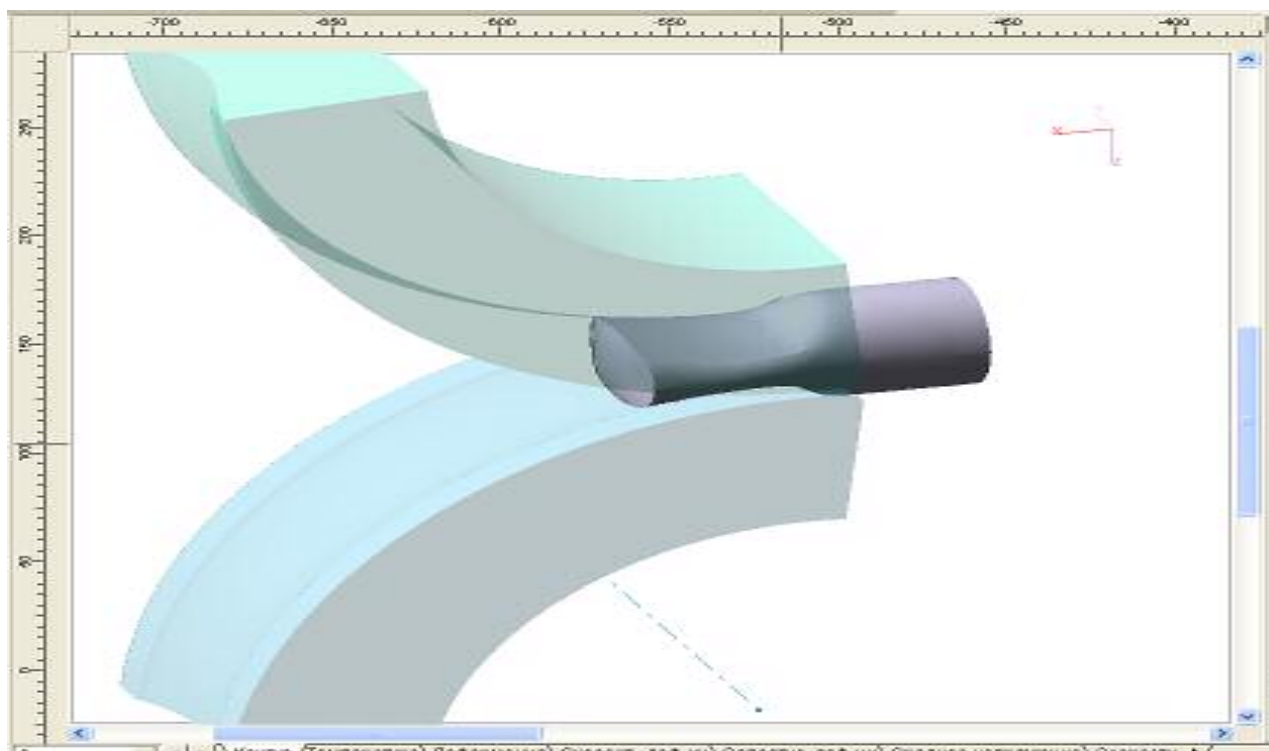


Рис.1.Первый проход вальцовки

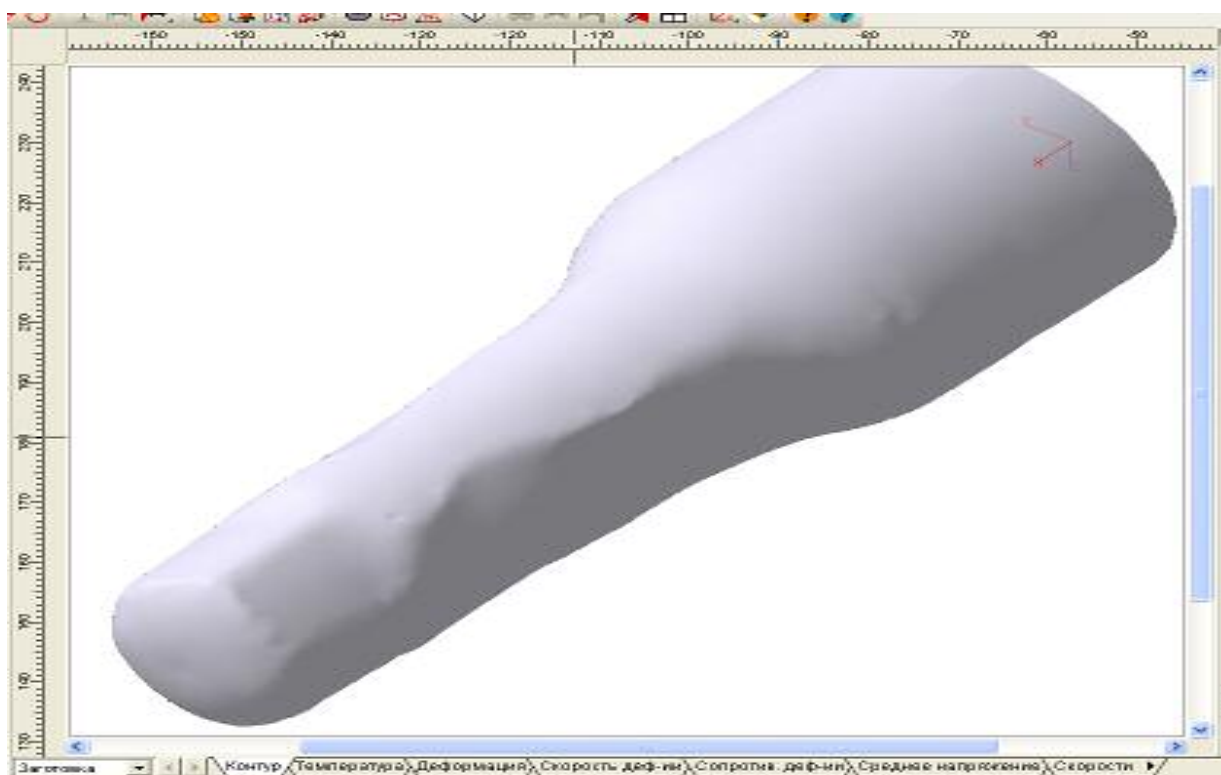


Рис.2.Заготовка после 2 прохода вальцовки

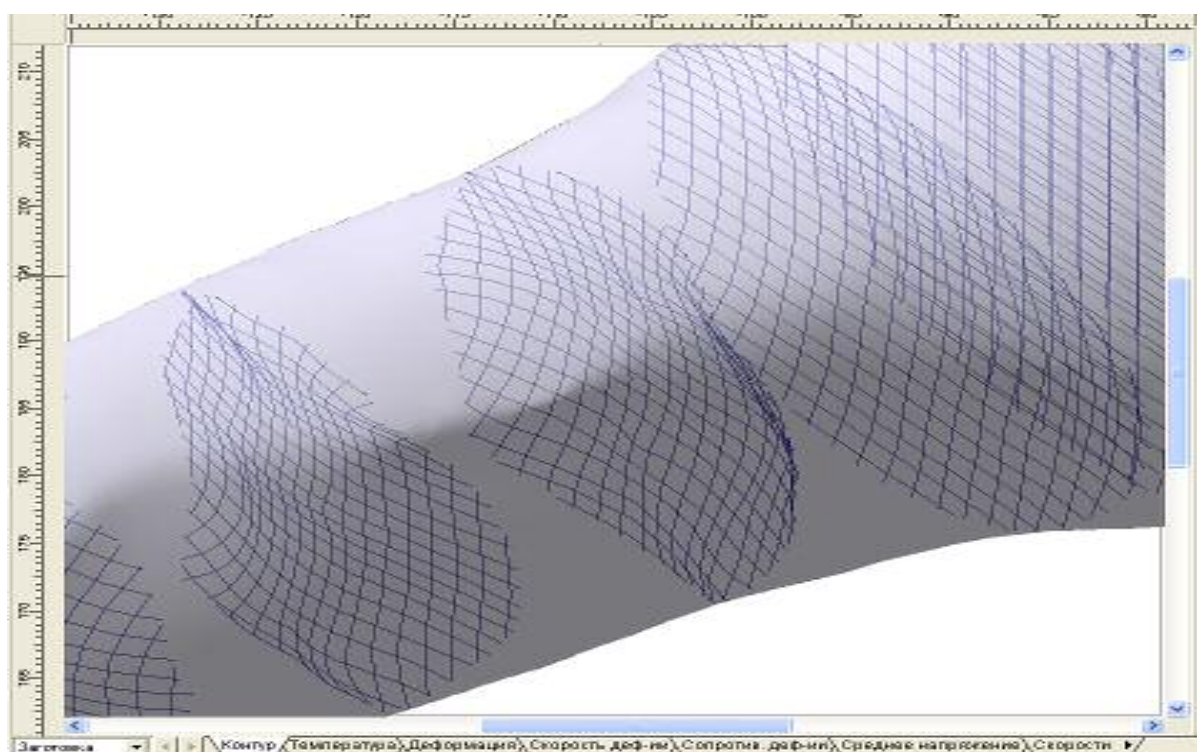


Рис.3.Линии Лагранжа при вальцовке

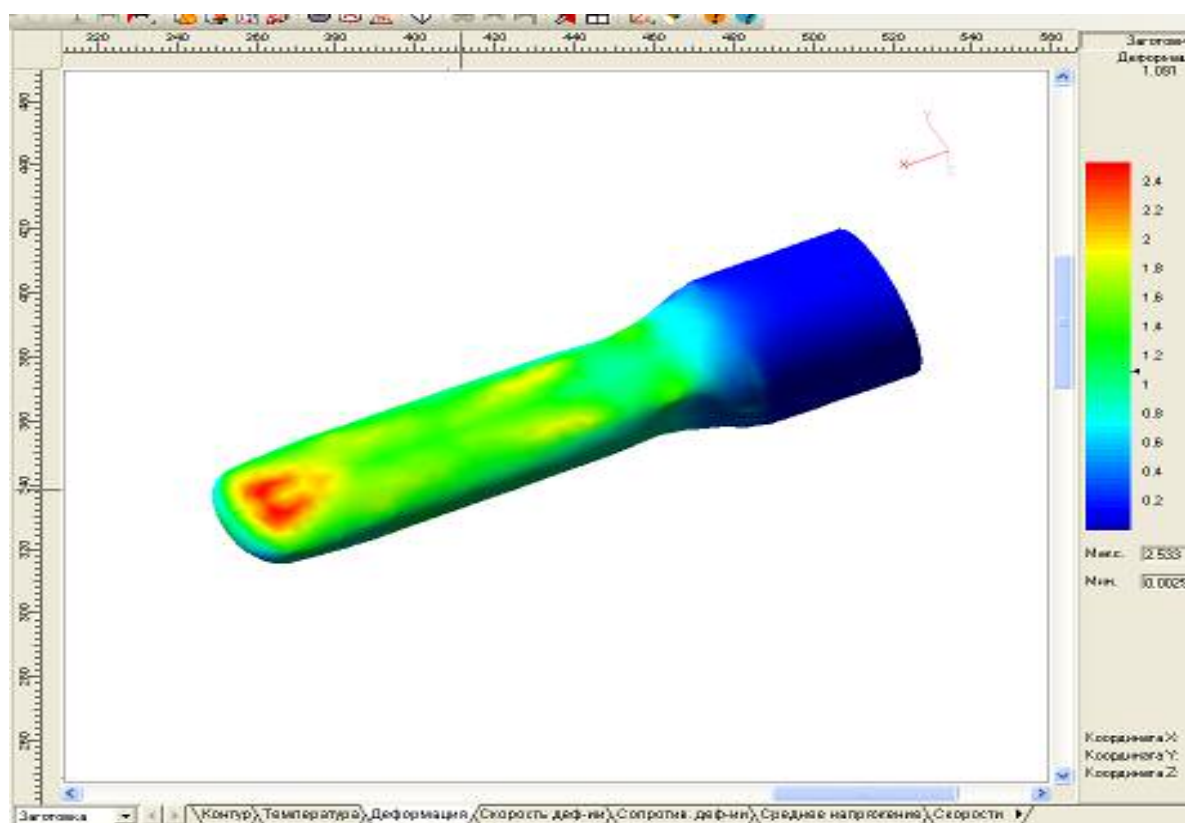


Рис.4.Заготовка после 3 прохода вальцовки в поле деформации.

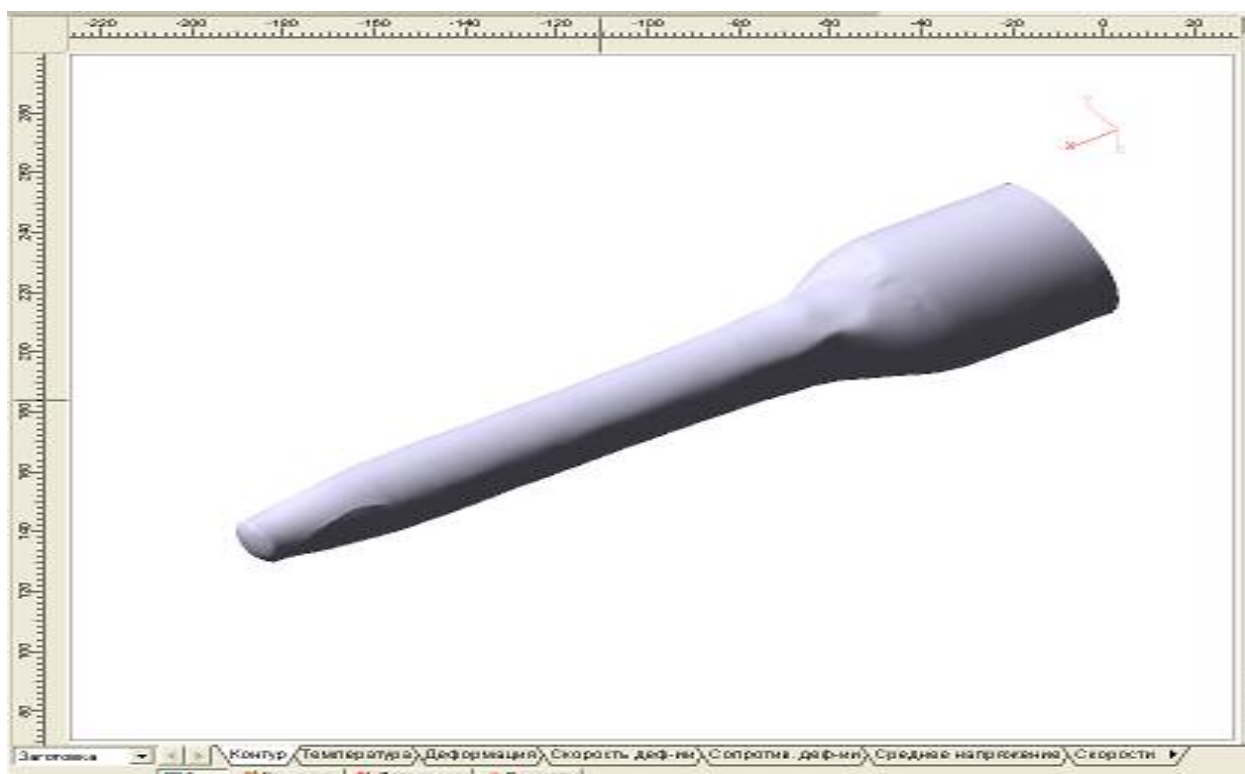


Рис.5.Заготовка после 4 прохода (последнего) вальцовки.

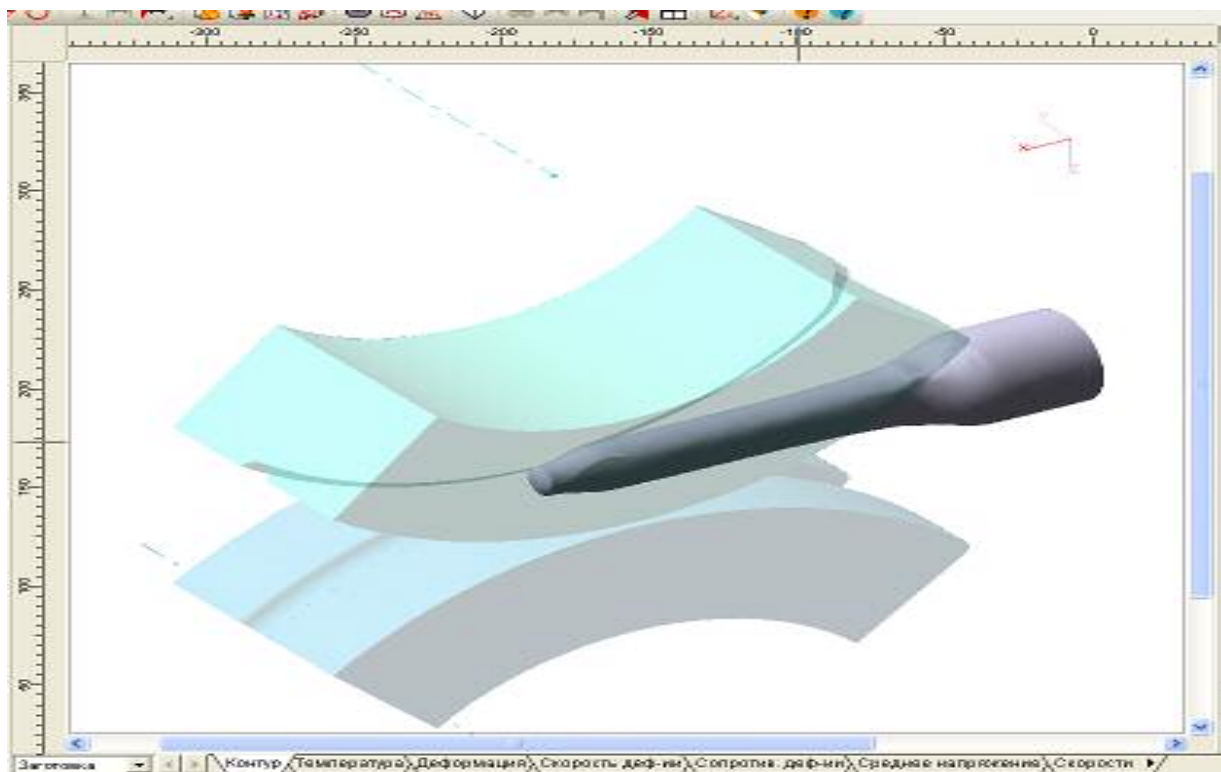


Рис.6.Заготовка после 4 прохода (последнего) вальцовки .Вид с инструментами.

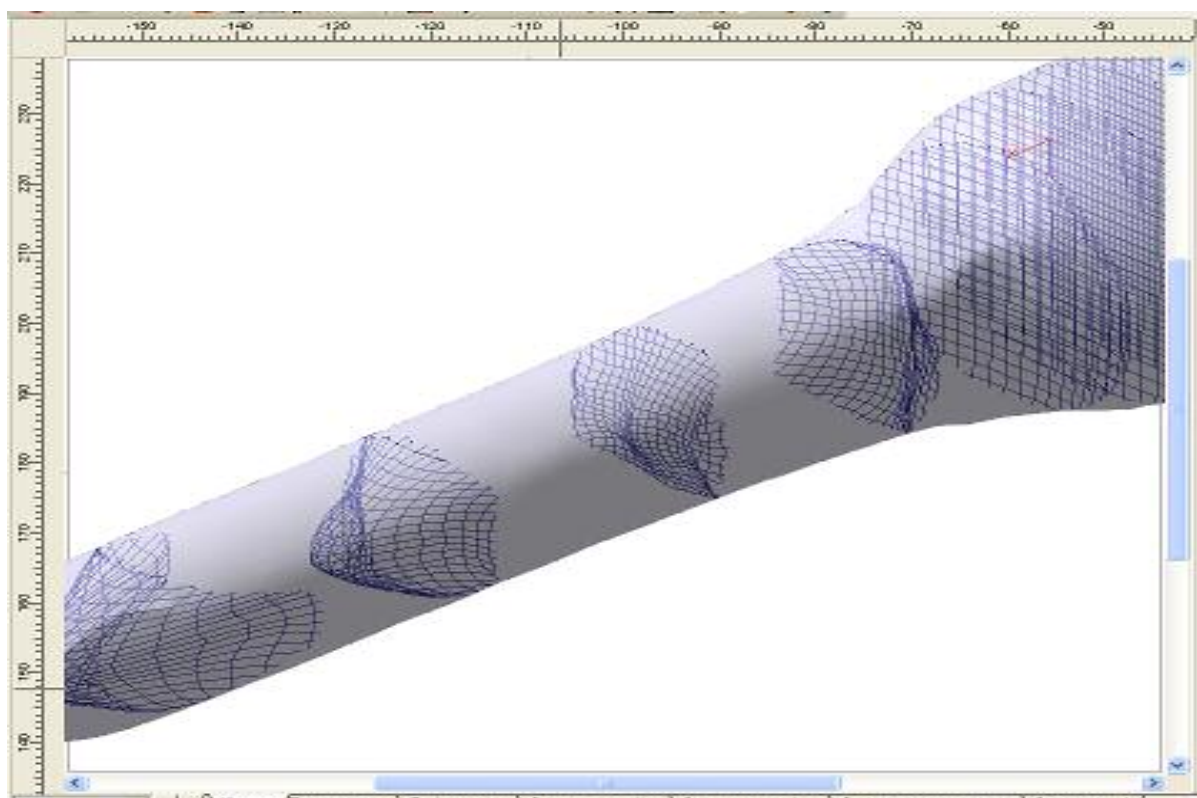


Рис.7. Макроструктура после 4 прохода вальцовки.

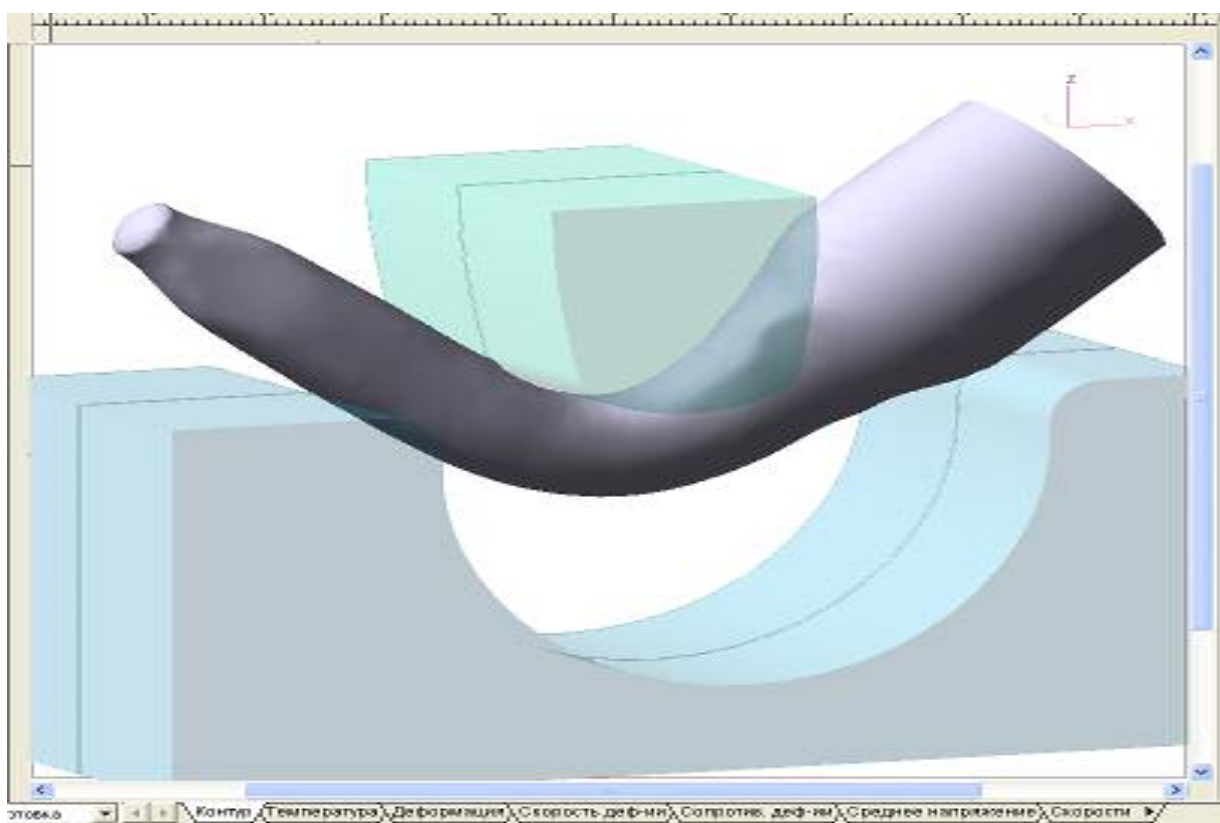


Рис.8.Процесс гибки на механическом прессе

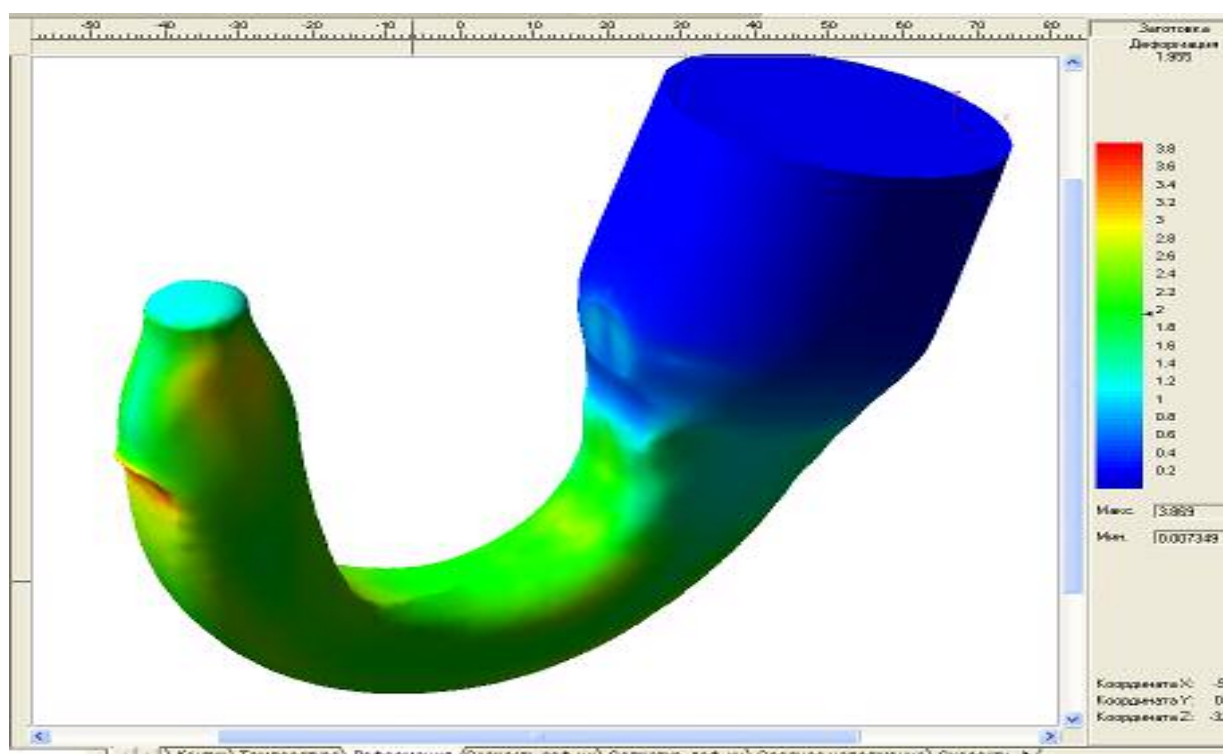


Рис.9.Гнутая заготовка в поле деформации

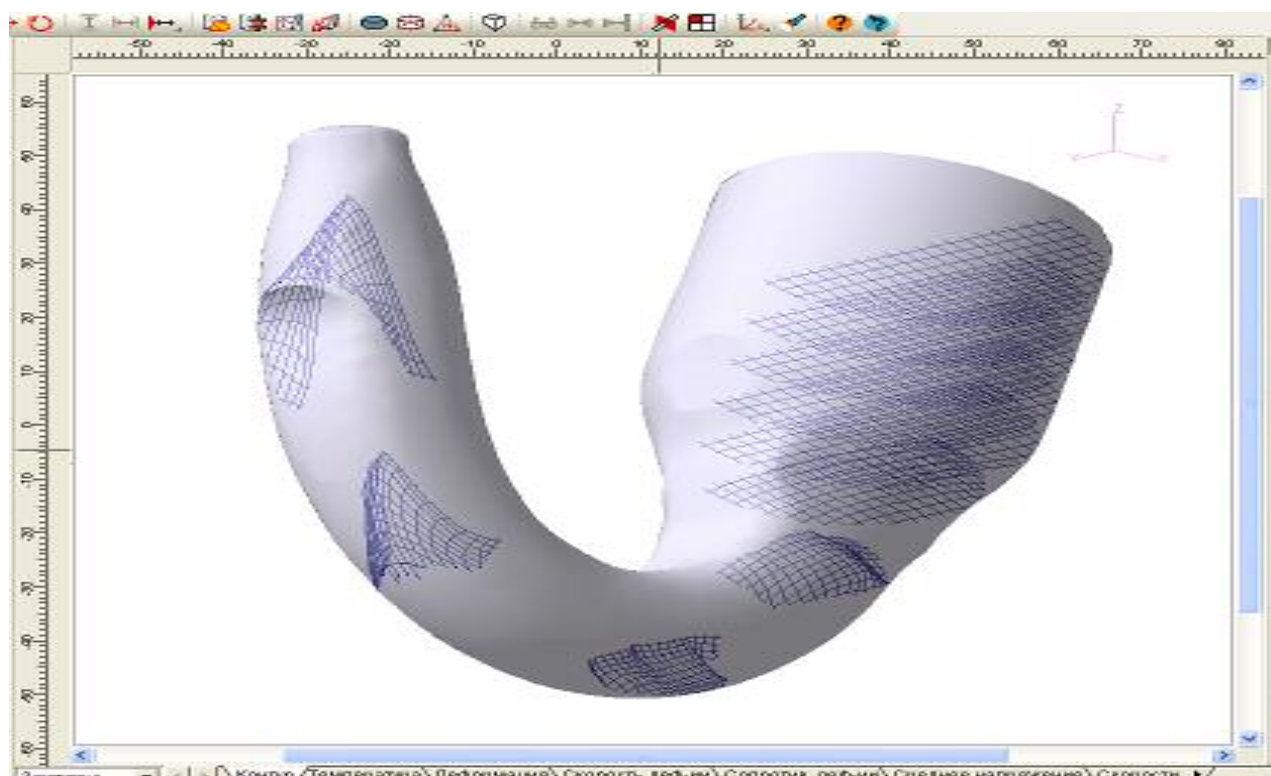


Рис.10.Линии Лагранжа. Макроструктура при гибке

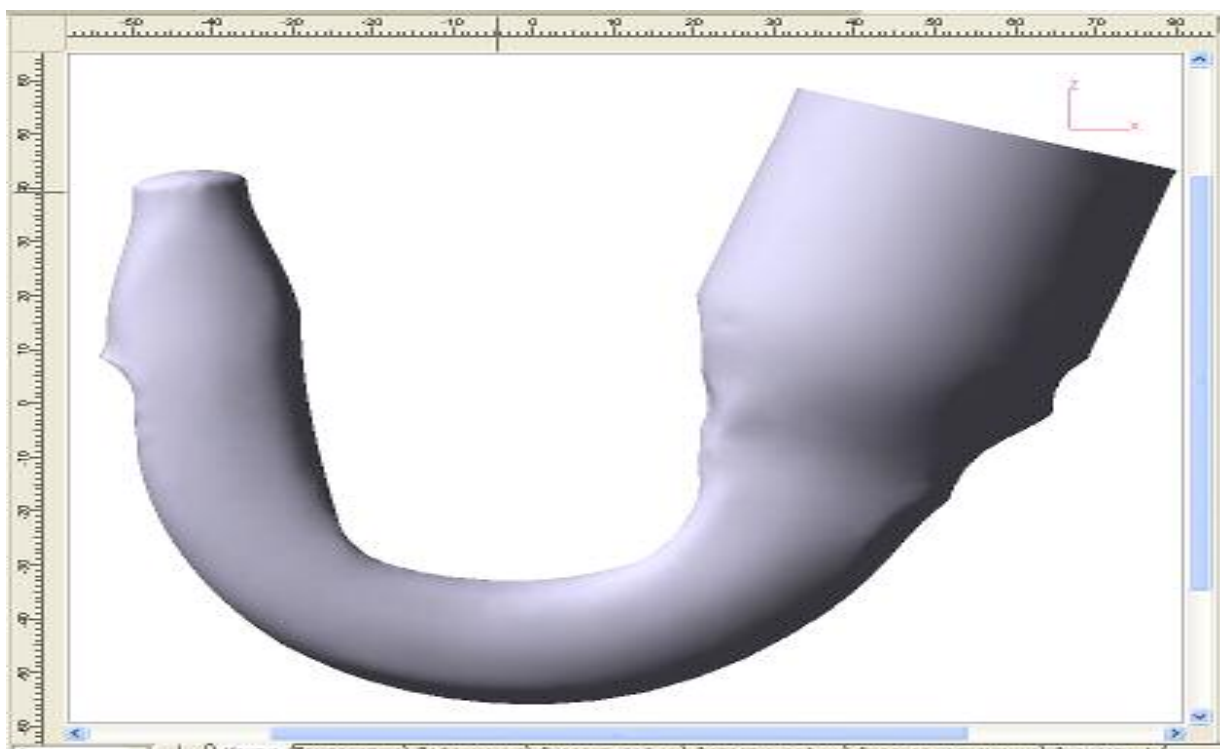


Рис.11.Гнутая заготовка



Рис.12.Заготовка под последующую окончательную штамповку

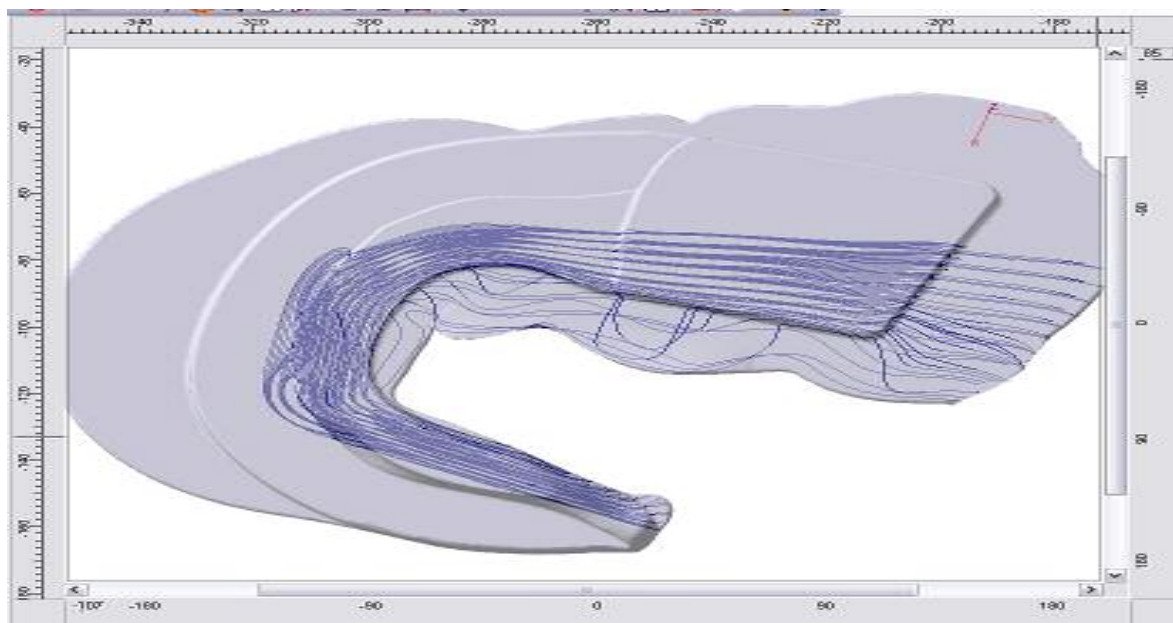


Рис.13.Макроструктура после окончательной штамповки

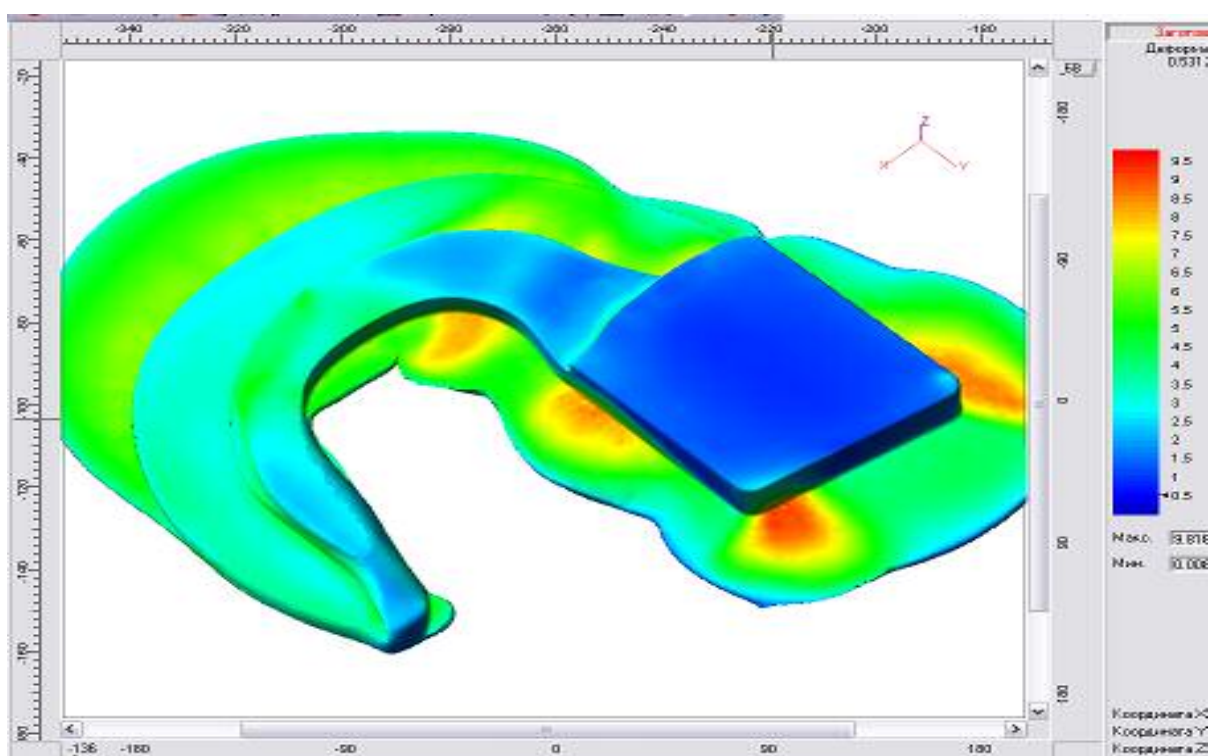


Рис.14.Поля распределения деформации при окончательной штамповке

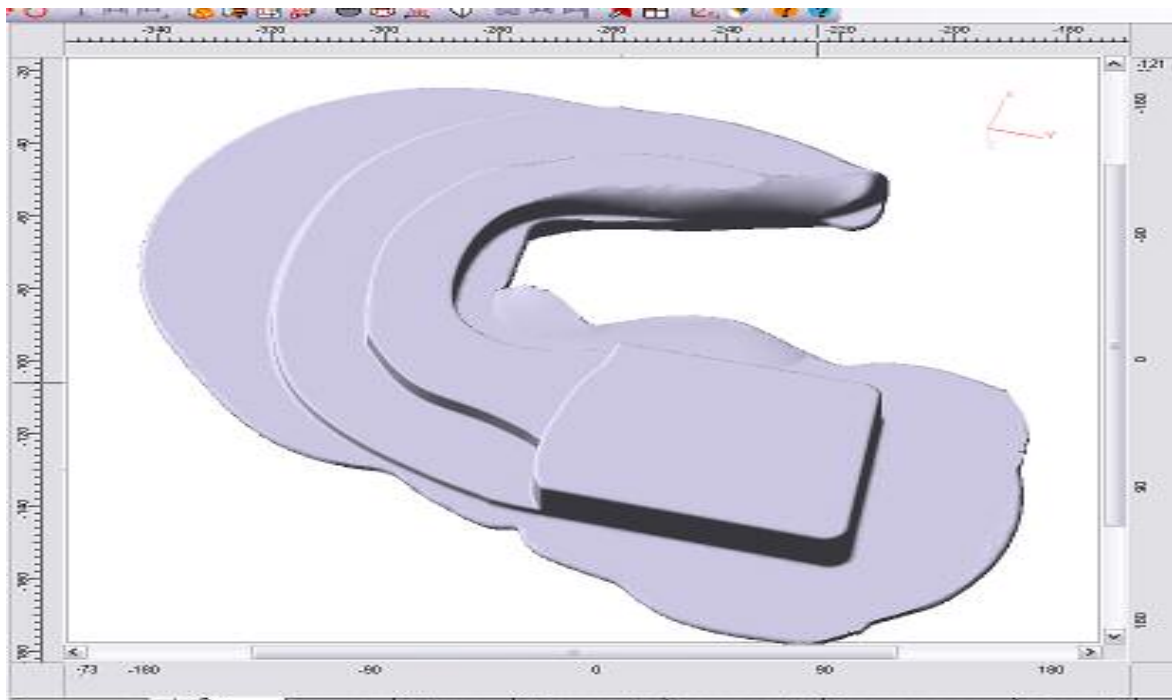


Рис.15. Поковка с облом

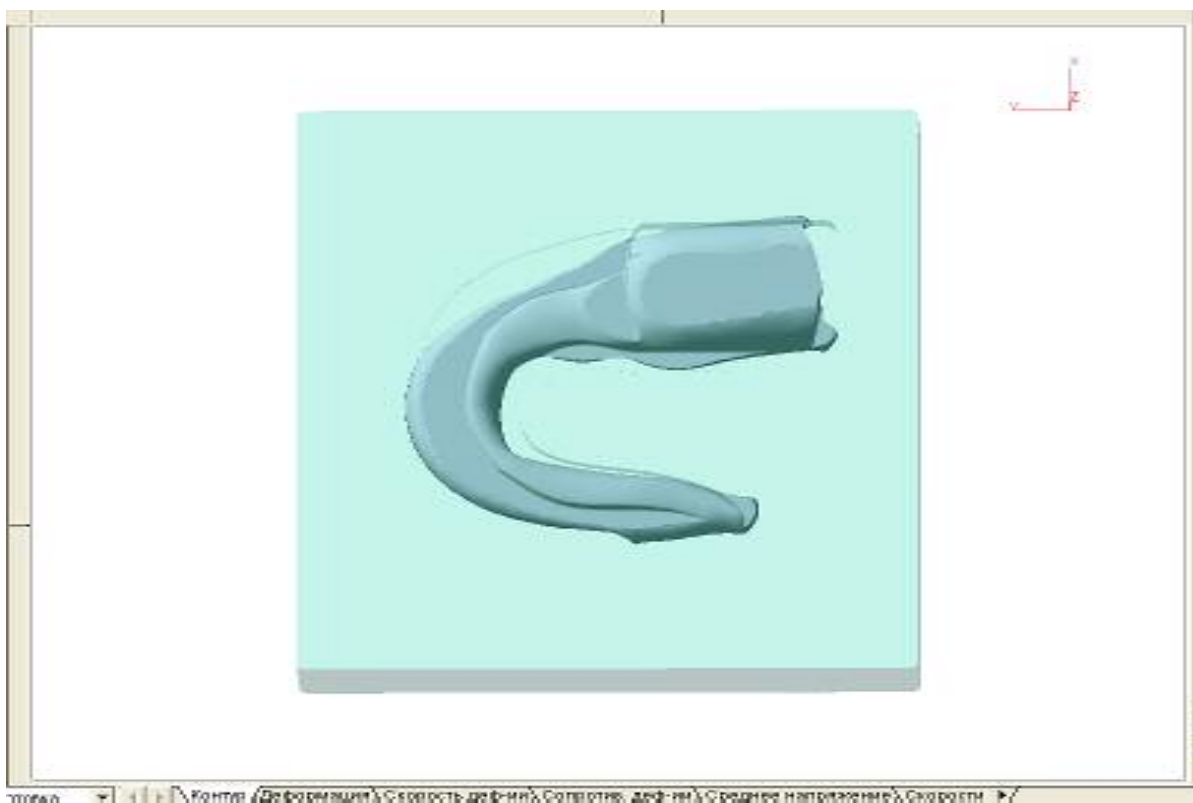


Рис.16. Процесс окончательной штамповки

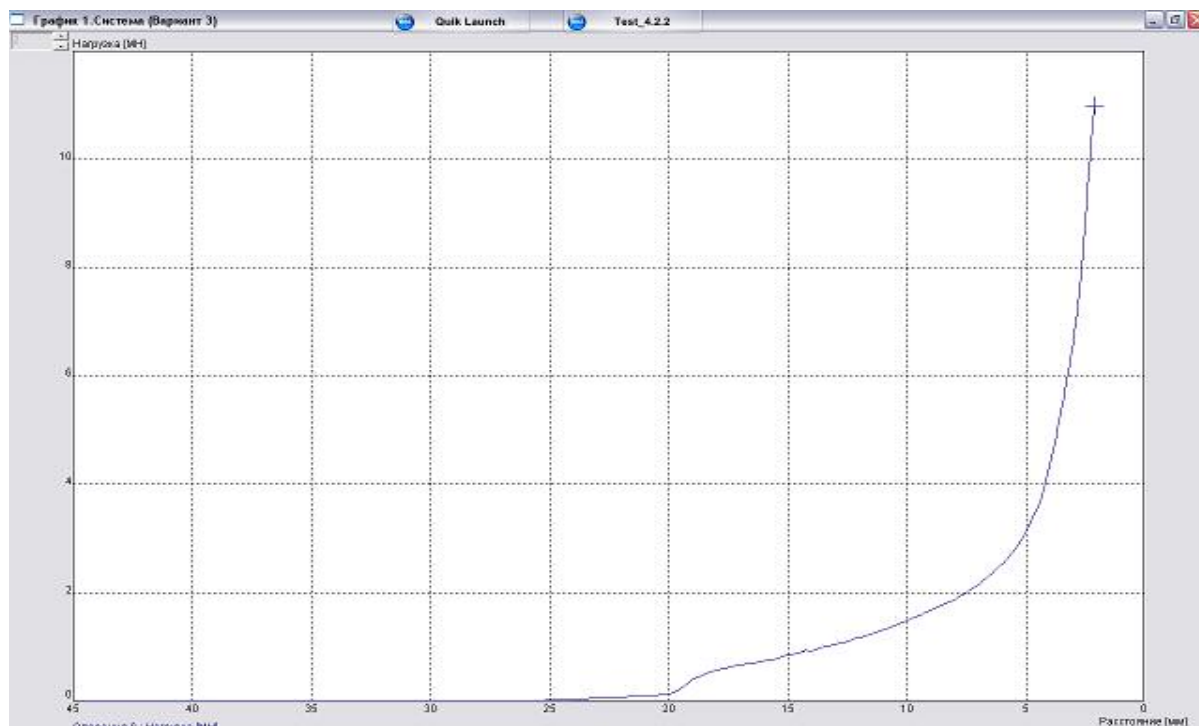


Рис.17.График изменения усилия при изменении расстояния между штампами при штамповке одинарной детали.

По графику видно, что с уменьшением расстояния между штампами до 5 мм, усилие резко возрастает.



Рис.18.График зависимости работы пластической деформации от расстояния между штампами.

Из графика видно, что при уменьшении расстояния между штампами работа пластической деформации резко изменяется, вследствие увеличения усилия штамповки.

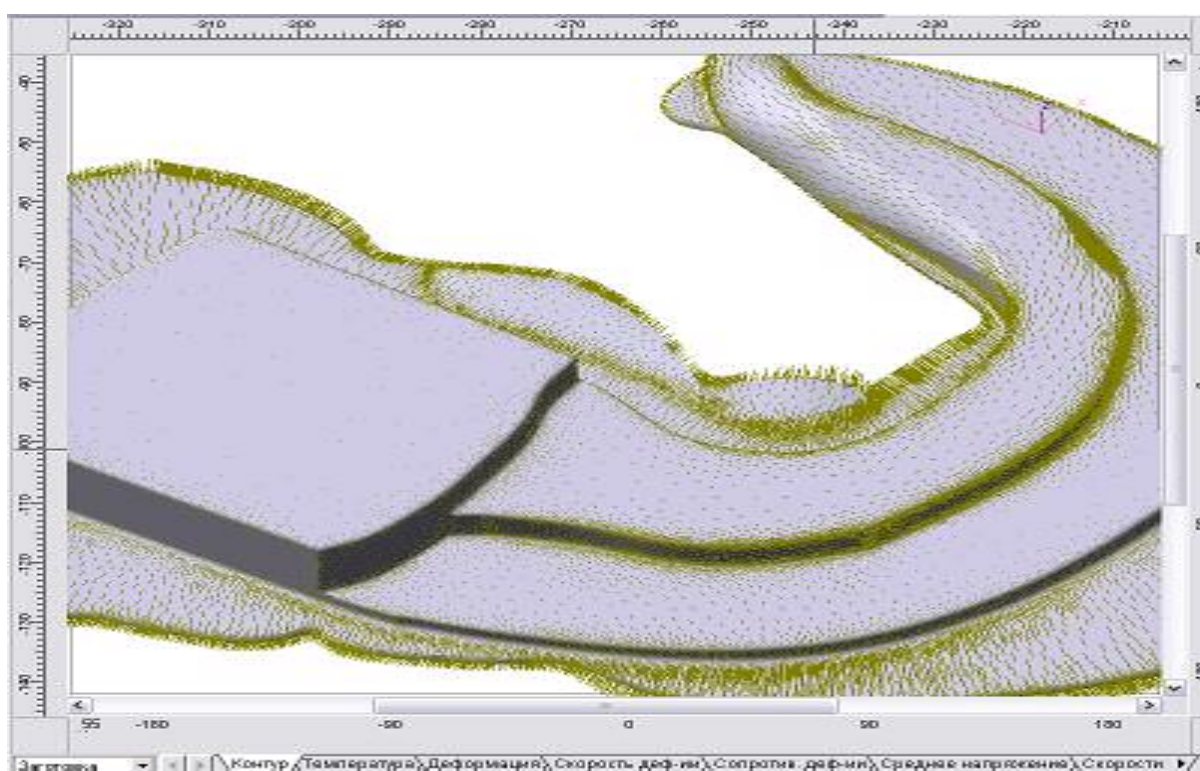


Рис.19.Напрвления скорости течения металла.

Спаренная деталь типа крюк

Порядок подготовки расчета и результаты:

Этап 1. Подготовить твердотельные модели инструментов и заготовки в CAD-системе и импортировать их в графический редактор QDraft.

Этап 2. Задать необходимые технологические параметры:

Для предварительной штамповки

- начальная температура заготовки-1200 °С
- время охлаждения(охлаждение на воздухе – 2с)

Выбрать из базы данных:

- подходящее оборудование(КГШП 20 МН)
- материал заготовки (Ст 45)
- используемую смазку (графит с водой для горячей штамповки)
- конечное расстояние между штампами 19 мм

Для штамповки в окончательном ручье:

- начальная температура заготовки-1150 °С
- время охлаждения(охлаждение на воздухе – 2 с)

Выбрать из базы данных:

- подходящее оборудование(КГШП 25 МН)
- материал заготовки (Ст 45)
- используемую смазку (графит с водой для горячей штамповки)
- конечное расстояние между штампами 3 мм

Этап 3. Запустить данные на счет, нажав соответствующую клавишу.

Процесс моделирования происходит автоматически и не требует вмешательства пользователя. Интеллектуальный Генератор Сеток системы обеспечивает оптимальную конечно-элементную сетку на любом этапе моделирования

Этап 4. Анализ результатов моделирования.

Удобный постпроцессор обеспечивает просмотр результатов, полученных моделированием – распределение в заготовке деформаций, напряжений и температур, а также контактных напряжений, усилие, работу и энергию деформации в зависимости от перемещения прессштемпера, и наконец напряжения, деформации и деформированный профиль инструмента.

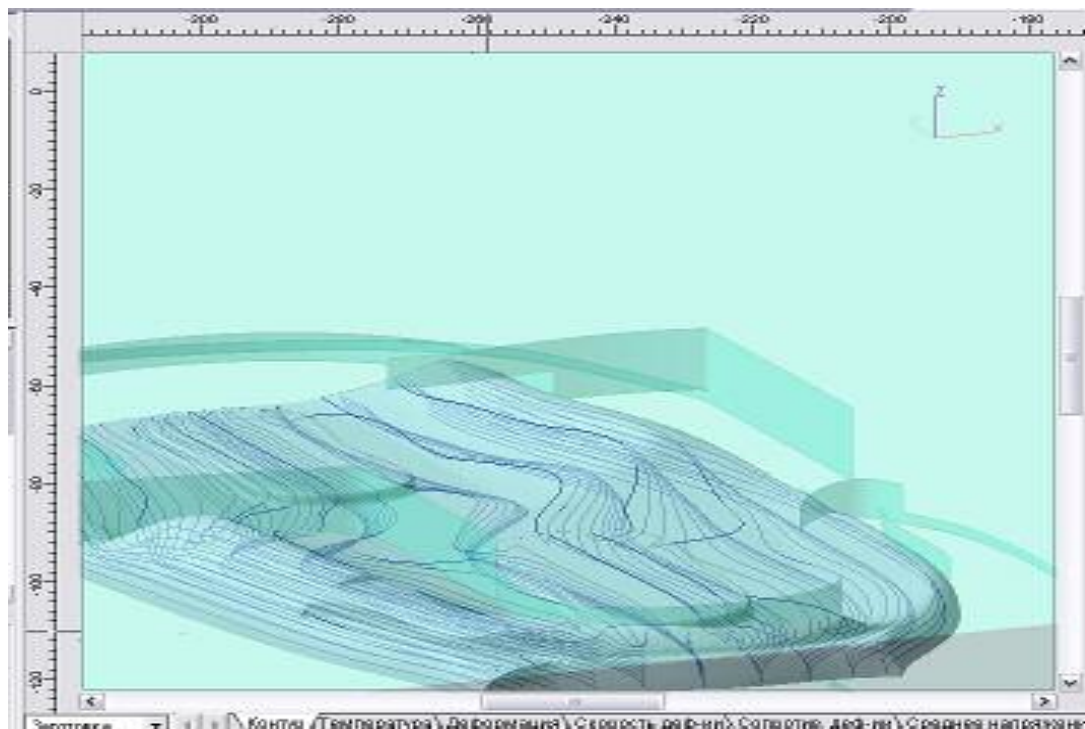


Рис.20.Лагранжевы линии по оси Y.Здесь видно как изменяется течение металла при штамповке.

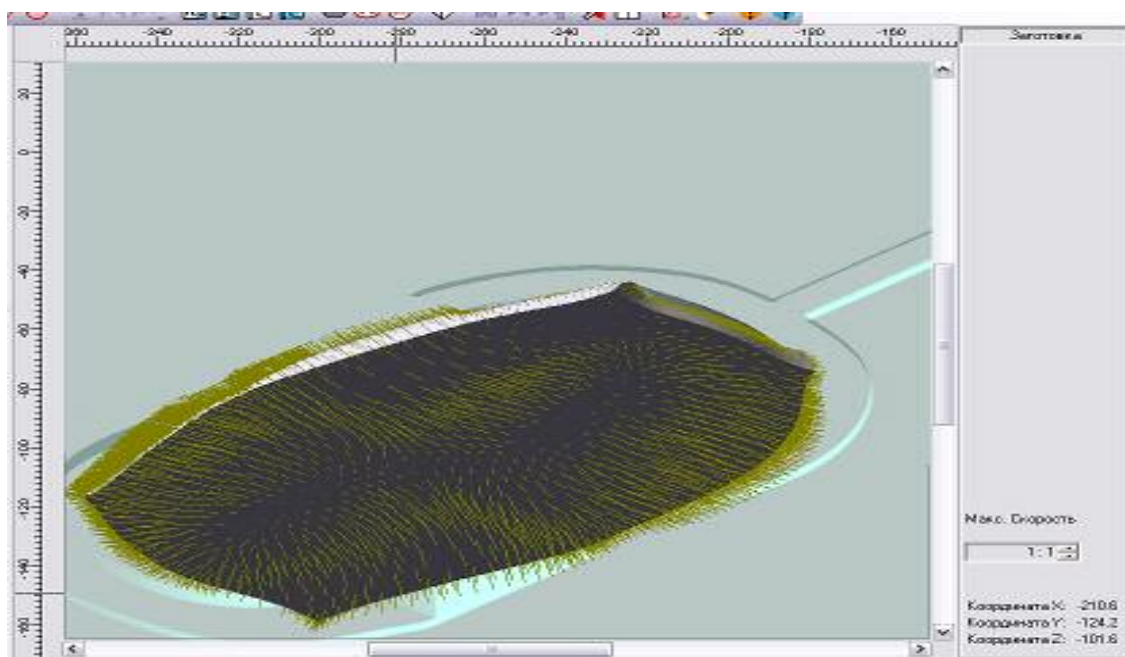


Рис.21.Направления скорости течения металла. Показано направления скорости течения металла между штампами.

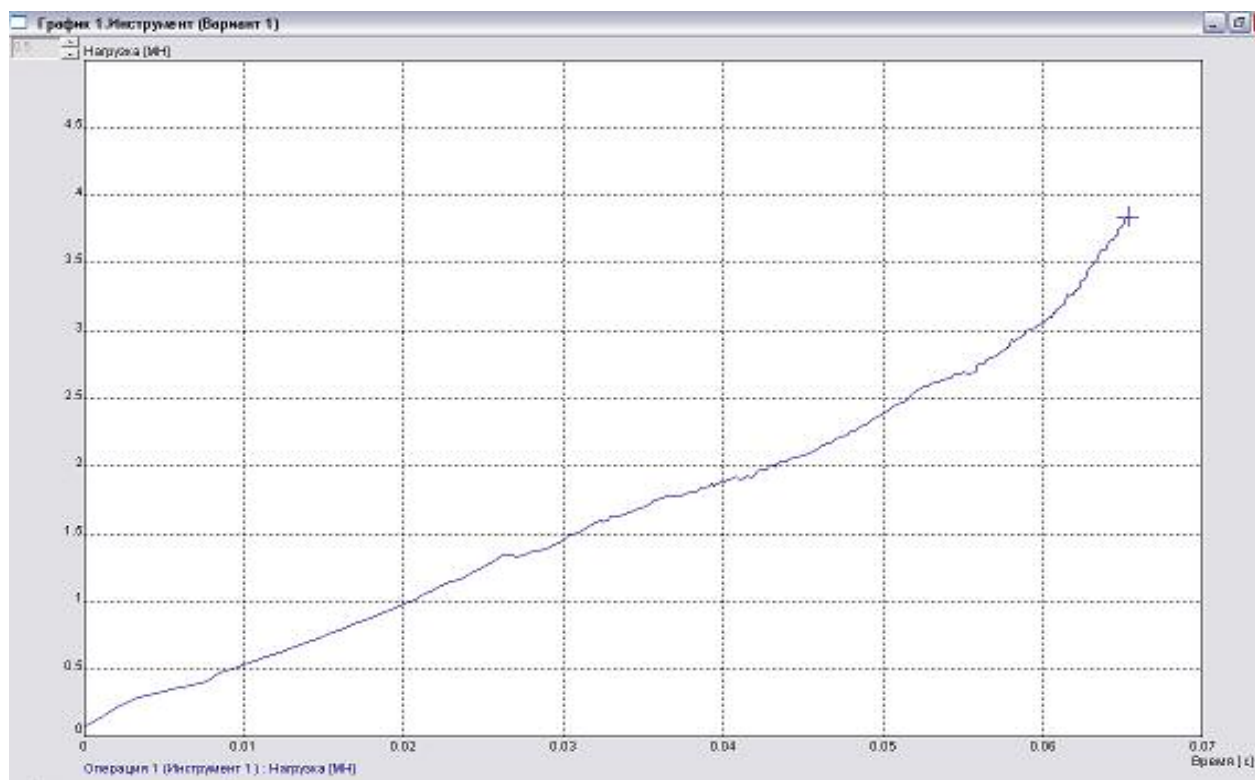


Рис.22.График изменения усилия от времени.

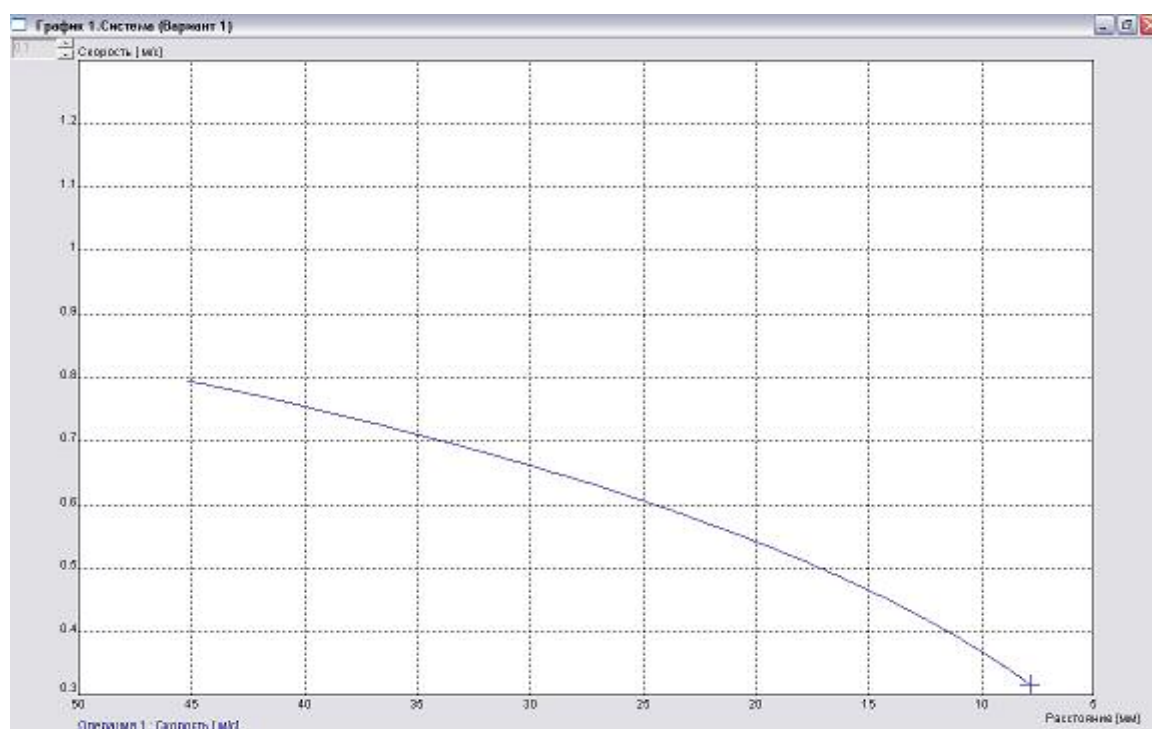


Рис .23.График изменения скорости инструмента от расстояния между штампа

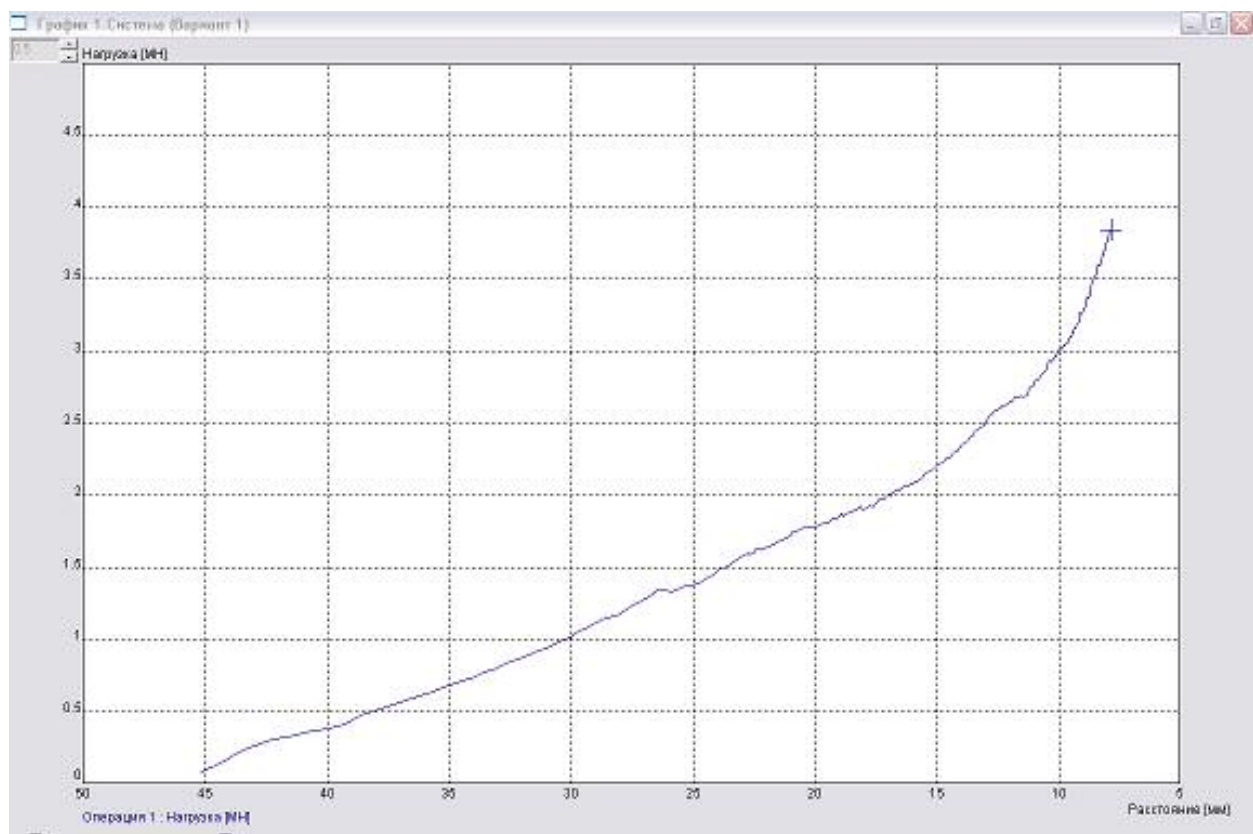


Рис.24.График изменения усилия от расстояния между штампами при ГОШ детали типа крюк .Анализируя график,можно увидеть ,что при уменьшении расстояния между инструментами усилие увеличивается.

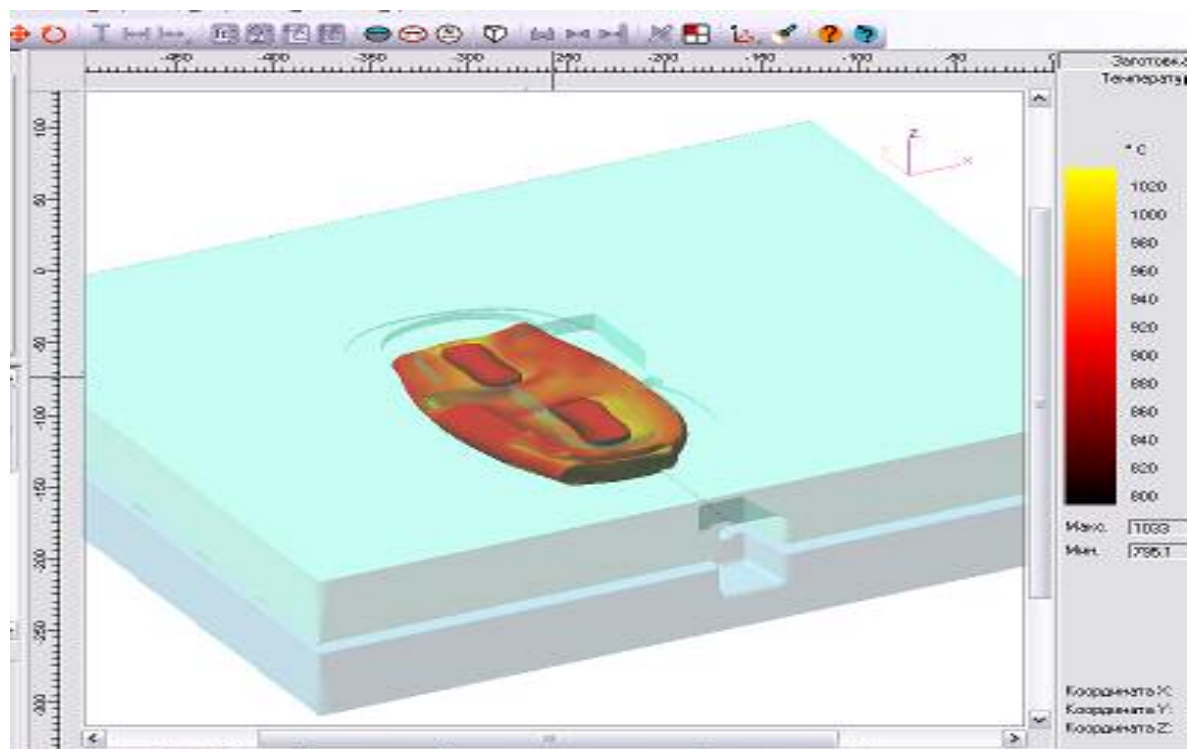


Рис. 25. Симметричный 3D вид процесса

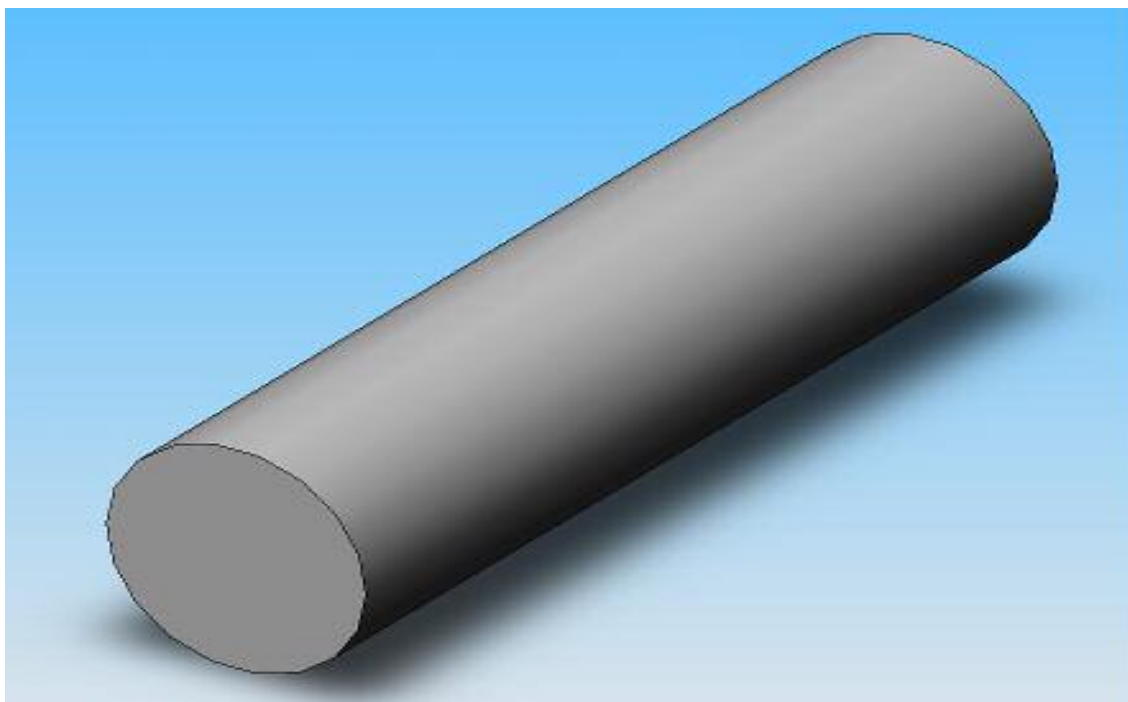


Рис.26.Заготовка для спаренной детали

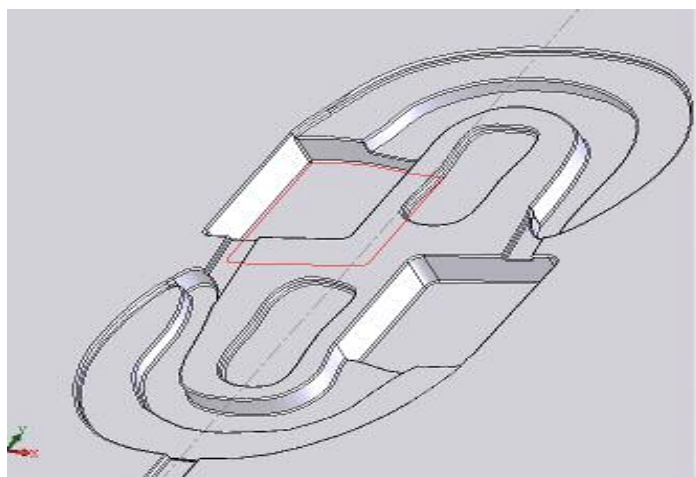


Рис .27. Штамп для окончательной штамповки

Заключение

На основе проделанной работы можно сделать вывод, что штамповка одинарной детали более выгодна, чем штамповка спаренной детали, потому что при одинарной штамповке нужно гораздо меньшее усилие деформирования (11 МН у одинарной детали, против 21 МН у спаренной). Ещё одним аргументом в пользу одинарной заготовки является меньшее количество облоя (7,6% от массы поковки - у одинарной, и 14% у спаренной детали).

Преимуществом спаренной детали является меньшее количество переходов - 2 перехода, в то время как для производства одинарной детали требуется 5 переходов.

Штамповка спаренной детали типа крюк является достаточно сложным и трудоёмким процессом.

По результатам проведённого математического моделирования, трещин (прострелов) и складок, как для одинарной, так и для спаренной поковки, не обнаружено.

Основываясь на графическом представлении процесса ГОШ детали типа крюк, легко выработать рекомендации по производству этой детали: какая температура нужна для штамповки, какое усилие деформации нужно приложить, как изменяется структура металла, направление течения металла; исключаются дефекты при штамповке.

Список литературы

1. ГОСТ 7505 - 89. Поковки стальные штамповочные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. - М.: Издательство стандартов, 1990, 52 с.
2. Е. И. Семенов. Ковка и штамповка. Справочник в четырех томах. - М.: Машиностроение, 1986. Т. 2. Горячая объемная штамповка. - М.: Машиностроение, 1986, 592 с., с ил.
3. Е. И. Семенов. Ковка и штамповка. Справочник в четырех томах. - М.: Машиностроение, 1986. Т. 1. Ковка. - М.: Машиностроение, 1986, 592 с., с ил.
4. Технология Ковки и горячей штамповки. Методические указания по выполнению курсового проекта.
5. И. С. Стерн. Машиностроительные материалы. Основы металловедения и термической обработки. - СПб.: Политехника, 2003. - 344 с.
6. Справочник сталей. Программа, написанная М. В. Евтеевым. 2001-2002 г.
7. Федорова Л. В. Пламенные нагревательные печи. Электронная программа - справка., Ульяновск 2000г.

