

УДК 504.064.36

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИБКИ ДЕТАЛИ «СКОБА»

Е. Д. Козлов¹, А. В. Боткин²

¹egorkozlov025@gmail.com, ²botkin.av@ugatu.su

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» (УУНИТ)

Аннотация. В работе показано эффективное использование компьютерного моделирования гибки детали «Скоба» для обоснования технических решений, принятых при проектировании гибочного штампа с поворотным элементом. Конструкция спроектированного штампа с поворотным элементом обеспечивает совмещенное выполнение радиусной гибки и угловой гибки за один рабочий ход штампа.

Ключевые слова: Поворотный элемент, моделирование, DEFORM-3D, матрица, пуансон, заготовка, пружина.

ВВЕДЕНИЕ

В представленной работе представлены результаты разработки технологического процесса штамповки детали «Скоба». Данная деталь применяется для крепления трубопроводов в условиях повышенной влажности при низких и высоких температурах, в кораблестроении.

Основной операцией технологии штамповки детали являются операции гибки из плоской заготовки: гибка радиусная и гибка угловая. Поэтому анализ технологичности детали выполняли исходя из условий технологичности деталей, получаемых гибкой.

Важнейшими критериями технологичности при гибке деталей являются длина полок после гибки, радиусы гибки и углы, получаемые в результате гибки.

Гибка сопровождается упругой деформацией, определяемой законом Гука. После прекращения силового воздействия элементов гибочного штампа на деталь происходит, за счет накопленной упругой деформации, так называемое пружинение, вследствие чего происходит изменение размеров изделия по сравнению с размерами, заданными инструментом.

Упругое пружинение обычно выражается в изменении угла между частями детали или в изменении радиуса гибки по сравнению с этими параметрами, заложенными в конструкцию штампа. Поэтому при проектировании матрицы и пуансона для гибки, для компенсации пружинения, углы и радиусы этих деталей уменьшают на величину пружинения чтобы получить требуемый угол и радиус изогнутой детали после гибки.

При гибке с большими радиусами закруглений или при U-образной гибке необходимо определить не угловое пружинение, а упругое изменение радиуса после гибки. Для этого определяют упругую, остаточную и полную деформации.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИБОЧНОЙ ОПЕРАЦИИ В DEFORM 3D

Для определения силы деформирования, рабочего хода штампа и силы, с которой заготовка действует на поворотный элемент, в положении, когда поворотный элемент должен оставаться неподвижным при гибке заготовки в представленной работе проводили моделирование гибочной операции. Чтобы обосновать геометрические размеры пружины штампа, обеспечивающей конструкционно неподвижность поворотного элемента при работе штампа на начальном этапе операции, совмещающей радиусную и угловую гибки, требуется произвести

расчеты силы. Для это с помощью системного продукта КОМПАС 3D, были созданы модели деталей для штампа, представленные на рисунках 1, 2, 3:

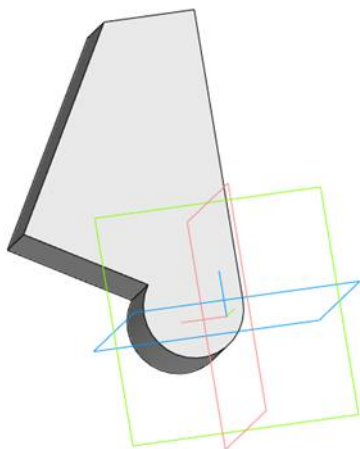


Рис. 1. – Пуансон для гибки

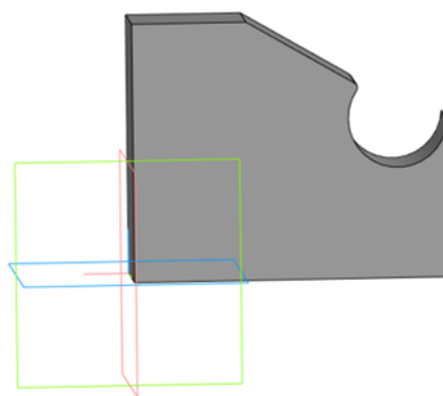


Рис. 2. – Поворотный элемент матрицы

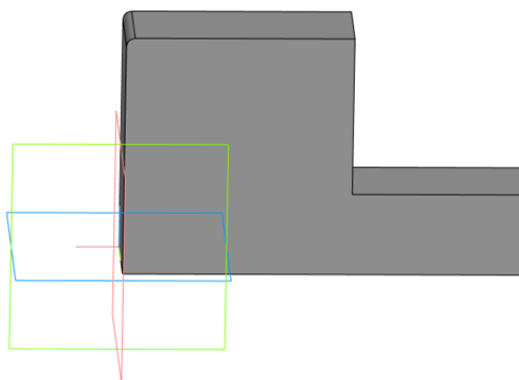


Рис. 3. – Неподвижный элемент матрицы для гибки

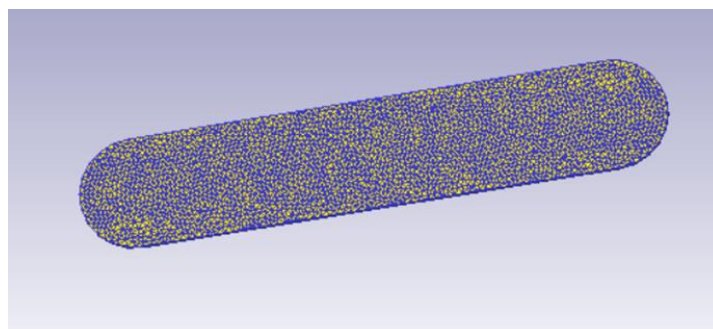


Рис. 4. – Заготовка, разбитая на 50000 конечных элементов

Само моделирование было проведено в программном обеспечении DEFORM-3D. В ходе решения задачи были приняты следующие условия и допущения, при моделировании, а именно: материал заготовки в исходном состоянии (до деформации) являлся изотропным и в нем отсутствовали начальные напряжения и деформации; заготовку принимали целой, без предварительно выполненных отверстий; пуансон и матрица принимались абсолютно жесткими телами, учет геометрии инструмента производился автоматически; геометрические 3D модели инструмента были предварительно созданы в программном обеспечении КОМПАС-3D и сохранены в двоичной версии формата stl; заготовка принималась пластичным телом, зарубежный аналог марки материала заготовки, имеющийся в базе данных программного

обеспечения DEFORM-3D – AISI 1060; заготовки разбивались на 50000 конечных элементов; значение коэффициента трения соответствует процессу холодной штамповки (Cold forming) и равен 0.08; количество шагов моделирования основной задачи деформирования – 300, шаг по перемещению 0.1 секунда; заданы были следующие параметры пресса: total stroke: 200 мм (полный ход пресса) forging stroke: 30 мм (рабочий ход пресса) cycles/sec: 0.5 (количество ходов в секунду) connecting rod length: 500 мм (длина шатуна). После принятых допущений и условий было произведено моделирование работы гибочного штампа с поворотным элементом.

На первом этапе исследования определяли силу, с которой заготовка действовала на поворотный элемент, результаты были представлены в виде графиков:

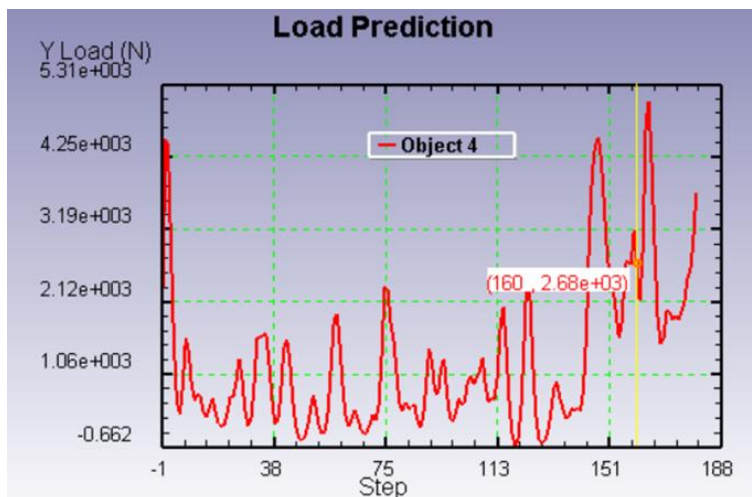


Рис. 5. – График зависимости значения проекции силы, с которой заготовка действует на поворотный элемент, на ось у от шага

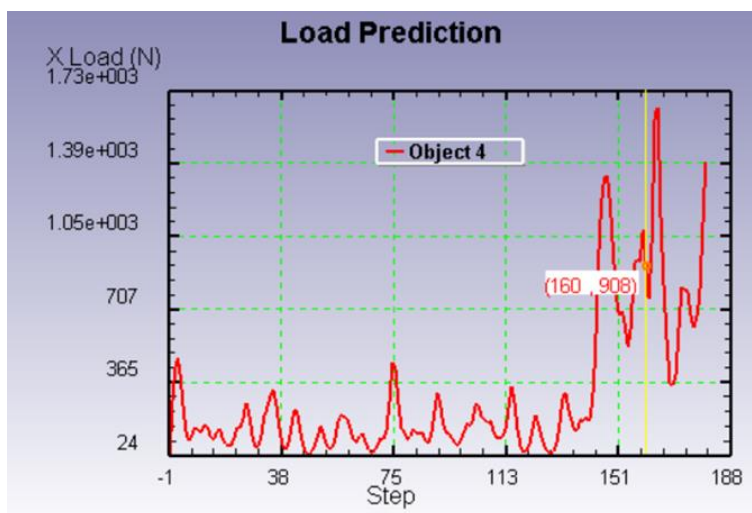


Рис. 6. – График зависимости значения проекции силы, с которой заготовка действует на поворотный элемент, на ось x от шага

С помощью графиков было определено:

Максимальное значение с графика на шаге, когда заготовка касается поворотного элемента на ось у:

$$P = 2.68 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

Максимальное значение с графика на шаге, когда заготовка касается поворотного элемента на ось x:

$$P = 908 \text{ Н}$$

В ходе работы было сделано допущение, что линии действия проекций сил на поворотный элемент матрицы проходят через середину точек соприкосновения детали с поворотным элементом и плечи (определяем из геометрических построений) сил показаны на рисунке 7, где:

F_x - линия действия проекции силы, с которой заготовка действует на поворотный элемент, на ось x ;

L_x - плечо линии действия проекции силы на ось x ;

F_y - линия действия проекции силы, с которой заготовка действует на поворотный элемент, на ось y ;

L_y - плечо линии действия проекции силы на ось y ;

F_{np} - линия действия силы пружины;

L_{np} - плечо линии действия проекции силы пружины.

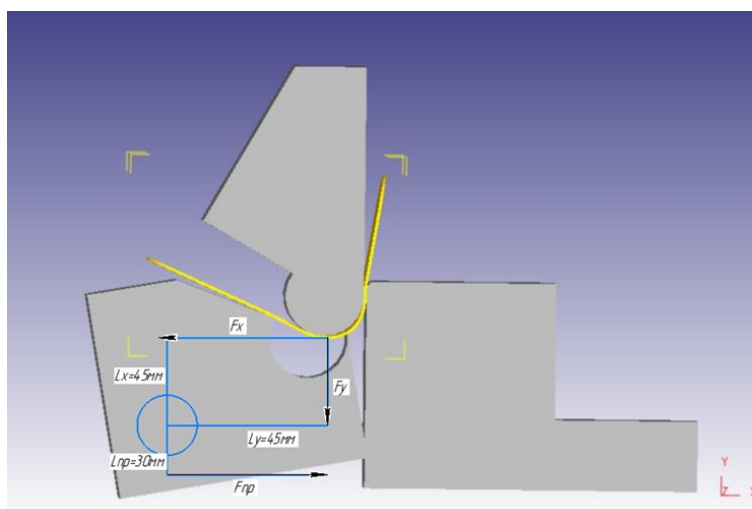


Рис. 7. – Проекция сил и плечи сил, действующих на поворотный элемент

Для обеспечения штамповки детали и удержания поворотного элемента, были рассчитаны моменты сил, для того чтобы определить размеры и характеристики пружины, которые будут действовать на поворотный элемент, расчеты и схемы представлены ниже:

Момент, который стремится повернуть поворотный элемент матрицы определяется:

$$M_{\Sigma} = M_y - M_x$$

$$M_{\Sigma} = M_y - M_x$$

$$M_{\Sigma} = 2680 \cdot 0.045 - 908 \cdot 0.045 = 120.6 - 40.86 = 79.74 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Чтобы матрица оставалась в неподвижном состоянии надо, чтобы момент пружины был равен моменту вращению:

$$M_{\Sigma} = M_{np}$$

$$M_{\Sigma} = M_{np}$$

Тогда сила пружины будет равна:

$$F_{np} = \frac{M_{\Sigma}}{L_{np}} = \frac{79.74}{0.03} = 2658 \text{ Н}$$

По произведенным расчетам определили какую и сколько пружин будут поставлены на штамп. С учетом, действующей силы на штамп были поставлены 2 пружины, сила каждой пружины составила по 1329 Н. По ГОСТ 18793-80 выбрали пружину 1086-0985 с силой 1500 Н. Диаметр пружины при силе 1500 Н равен 25 мм.

Размеры пружины представлены на рисунке 8:

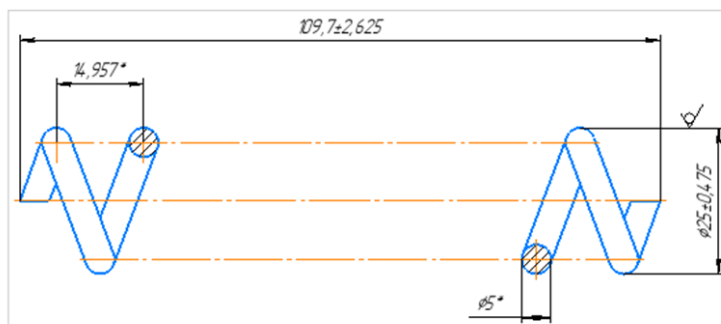


Рис. 8. – Пружина сжатия

Характеристики пружины: сила рабочей деформации – 1500 Н; наружный диаметр пружины – 25 мм; диаметр проволоки – 5 мм; длина пружины в свободном состоянии – 109.7 мм; длина нагруженной пружины – 59.7 мм; число рабочих витков – 7; полное число витков – 9.

Для того, чтобы обеспечить перемещение края поворотного элемента при сжатии пружины был произведен расчет, с целью нахождения оптимального расстояние перемещения для выполнения гибочной операции, результаты и схемы также представлены ниже:

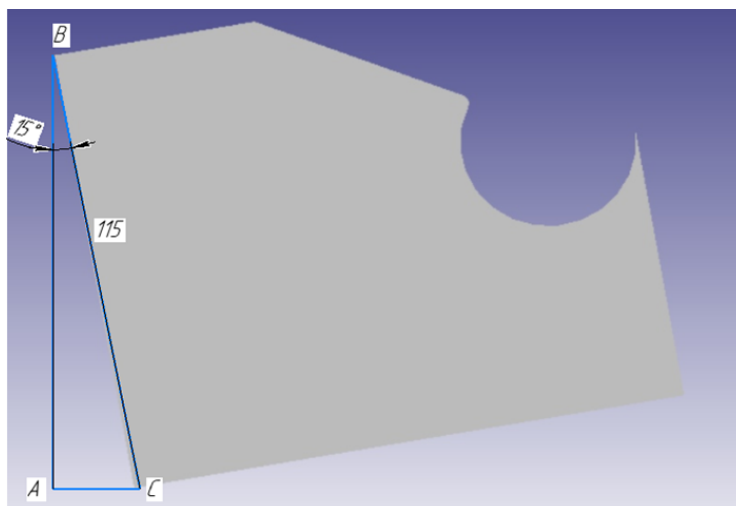


Рис. 9. – Перемещение края поворотного элемента

Расчет перемещения края поворотного элемента при сжатии пружины:

$$AC = BC \cdot \sin 15^\circ = 115 \cdot 0.258 = 29 \text{ мм}$$

В штампе, для того чтобы поворотный элемент удерживался до соприкосновения с деталью, необходимо подтягивать пружину до 1500 Н, для этого к гнезду пружины будет вкручиваться болт, который обеспечит данную силу.

Исходя из этих соображений, в начальный момент времени пружина будет нагружена на 1500 Н и сжата на 10 мм, после соприкосновения детали с поворотным элементом, ход пружины будет равен 30 мм, это полностью обеспечит поворот элемента, так как перемещение края поворотного элемента меньше хода пружины $29 < 30$ мм [ГОСТ 18793-80].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С использованием результатов моделирования были определены все необходимые параметры для проектирования штампа такие как: ход пружины; перемещение края поворотного элемента; характеристики пружины; моменты поворотного элемента; силы, действующие на поворотный элемент; расположение пружин, действующих на поворотный элемент с целью его удержания.

Спроектирован штамп совмещенного действия, обеспечивающий за один рабочий ход выполнение радиусной и одно угловой гибки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Романовский, В. П.** Справочник по холодной штамповке / В. П. Романовский.— 6-е изд., перераб. и доп. — Л. : Машиностроение, 1979.— 520 с. : ил. ; 21 см.— Библиогр.: с. 512-516 (220 назв.) .— Предм. указ.: с. 517-518.— 02.50.
2. **Марченко, В. Л.** Справочник конструктора штампов: листовая штамповка / В. Л. Марченко [и др.]; под ред. Л. И. Рудмана.— Москва : Машиностроение, 1988.— 495 с. : ил. ; 21 см.— (Библиотека конструктора) .— Библиогр.: с. 487-489.— ISBN 5-217-00249-2.
3. **Стеблюк, В.И.** Технология листовой штамповки. Учебное пособие для вузов / В.И. Стеблюк, В.Л. Марченко, В.В. Белов, А.Г. Марченко, А.Г. Гривачевский.— Киев : Вища школа, 1983.— 280с : ил. ; 21см.— 80к.
4. Кузнечно-штамповочное оборудование: [учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Машины и технология обработки металлов давлением"] / под ред. А. Н. Банкетова, Е. Н. Ланского.— 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Машиностроение, 1982.— 576 с. : ил. ; 21 см.— Библиогр.: с. 563-564 (47 назв.) .— Предм. указ.: с. 565-568.— 01.60

ОБ АВТОРАХ

Козлов Егор Дмитриевич, студ. каф. МифМ.

Боткин Александр Васильевич, профессор, д/н, доцент МифМ.

METADATA

Title: Computer modeling of bending of the part "Staple"

Author: E.D. Kozlov¹, A.V. Botkin²

Affiliation:

^{1,2} Ufa University of Science and Technology (UUST), Russia.

Email: ¹ egorkozlov025@gmail.com, ² botkin.av@ugatu.su

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa University of Science and Technology), no. 1 (30), pp. 60-65, 2024. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: The paper demonstrates the effective use of computer modeling of the bending of the "Staple" part to justify the technical solutions adopted when designing a bending die with a rotary element. The design of the designed die with a rotary element ensures the combined execution of radius bending and angular bending in one working stroke of the die.

Key words: Rotary element, modeling, DEFORM-3D, matrix, punch, blank, spring.

About authors:

Kozlov Egor Dmitrievich, student, Dept. of MATERIALS SCIENCE AND PHYSICS OF METALS (UUST).

Botkin Alexander Vasilievich, professor, Dept. of MATERIALS SCIENCE AND PHYSICS OF METALS (UUST).