

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕССОВАНИЯ ТРУБ

THE MATHEMATICAL SIMULATION OF TUBE EXTRUSION

А.Е. Первухин, Н.А. Бабайлов

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», г. Екатеринбург, ул. Мира, 19
alex_pervukhin@hotmail.com

Abstract

The mathematical models of direct tube extrusion were developed on the base of the existing technological processes of metal forming by means of CAE-system QFORM. The strain-stress state of deformed workpiece was defined in the article.

Следует отметить, что математическое моделирование процессов позволяет исключить дорогостоящие этапы физического моделирования. Это возможно при использовании современных компьютерных систем инженерного анализа (Computer-Aided Engineering, CAE), в основе которых заложен метод конечных элементов.

В УрФУ на кафедре обработки металлов давлением программы САЕ активно используются в учебных целях, а также в различных исследовательских проектах. Например, лицензионный пакет инженерного анализа QFORM, разработчиком которого является ООО КванторФорм, Россия. Опыт использования QFORM на кафедре имеется и представлен в работах Логинова Ю.Н и Котова В.В. [1 – 2]. Для решения поставленной в исследовательском проекте задачи выбрана программа инженерного анализа QFORM.

В работе выполнен анализ разработанных математических моделей технологического процесса прямого прессования и проведен вычислительный эксперимент. Анализ полученных результатов расчета позволяет выбрать рациональные технологические параметры процесса прессования труб, в т.ч. при производстве бесшовных труб из цветных металлов и сплавов (например, из алюминиевых, медных и титановых сплавов).

Для постановки задачи [3] был использован реальный технологический процесс производства трубы с размером $240 \times 35 \times 1700$ мм из алюминиевого сплава АД31 по ГОСТ 4784-97. В реальной технологической схеме производства, для прессования труб используются полые слитки с поперечными размерами 610×660 мм и отверстием диаметром 200 мм. Качество изготавливаемой трубной продукции регулируется ГОСТ 18482-79.

Схема процесса прессования трубы представлена на рис.1. Основные размеры прессового инструмента и заготовки имеют следующие значения:

- диаметр контейнера $d_K = 650$ мм;
- диаметр заготовки $d_3 = 650$ мм (равен диаметру контейнера пресса, так как в

данной конкретной постановке не рассматривается начальный процесс распрессовки слитка в контейнере пресса);

- диаметр оправки $d_{И} = 170$ мм (равен внутреннему диаметру получаемой трубы);
- диаметр матрицы $d_M = 240$ мм (равен наружному диаметру получаемой трубы);
- длина заготовки до деформации $l_3 = 660$ мм;
- коэффициент вытяжки в процессе прессования трубы равен $\lambda = 47,02$.

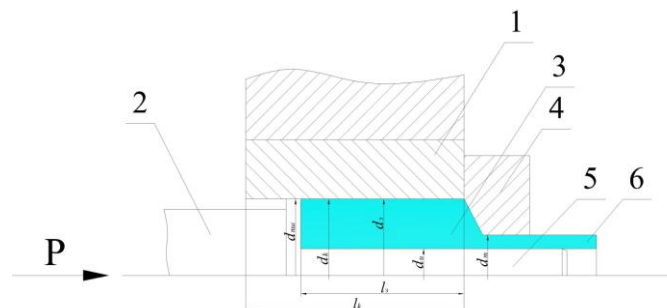


Рис.1. Схема прессования трубы: 1 – контейнер, 2 – пресс-штемпель с закрепленной пресс-шайбой, 3 – заготовка, 4 – матрица, 5 – игла, 6 – труба

При выполнении проекта для построения математической модели процесса разработаны твердотельные модели прессового инструмента и заготовки, которые были представлены в двух постановках задач – объемной и осесимметричной.

В представленном проекте определено напряженно-деформированное состояние в объеме полой деформируемой заготовки на всех этапах ее деформирования. Получены траектории движения частиц металла полой заготовки на различных этапах деформирования. Также была решена связанная тепловая задача с целью определения температурных полей в сечении заготовки и прессового инструмента на всех этапах прессования (варьируемыми параметрами в математической модели являлась температура нагрева заготовки, теплофизические свойства

материала заготовки и прессового инструмента и др.).

В работе выполнен расчет энергосиловых параметров процесса прямого прессования с целью обеспечения материало- и энергосбережения в реальных процессах прессования на металлургическом производстве. В частности, расчет выполнен для прессования труб на горизонтальном гидравлическом прессе усилием 60 МН.

Полученные результаты анализа математических моделей прессования металла можно представить для каждой точки деформируемого тела в виде следующих зависимостей (или полей распределения исследуемых величин, выделенных различным цветом) на любом временном этапе деформирования металла:

- для напряженного состояния – напряжения, интенсивность напряжений, главные напряжения;
- для деформированного состояния – сетка конечных элементов, интенсивность деформации, главные деформации, скорость прессования, степень пластической деформации металла, линии тока, распределение скоростей деформации по сечению деформируемой заготовки (см. рис.2);
- температура (поля температур) по сечению заготовки в процессе деформации (см. рис.3).

Математическая модель процесса прессования разработана с учетом изменения параметров исследуемого процесса, т.е. разработана параметрическая модель. В параметрической модели прессования заложена возможность быстрой смены материала заготовки и прессового инструмента, геометрических размеров заготовки и получаемого изделия (трубы), а также размеров прессового инструмента. Варьирование параметров модели позволяет исследовать

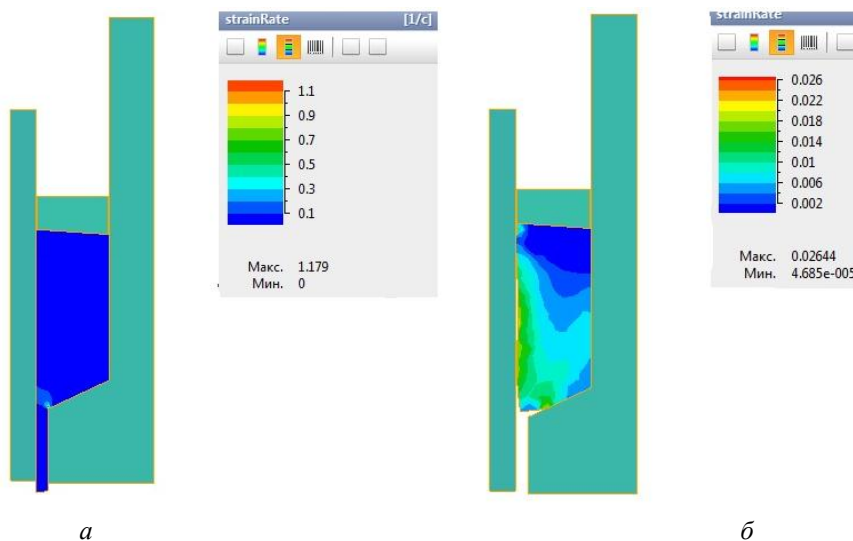
реальный процесс без затратного по ресурсам и времени физического моделирования.

Результаты анализа разработанной модели процесса прессования позволили предложить инженерам-технологам промышленных предприятий технологически обоснованные режимы деформирования металла (так называемые температурно-скоростные условия прессования: температуру нагрева слитка и прессового инструмента, скорость прессования, коэффициент вытяжки металла, исходные размеры заготовки и выбор технологического оборудования).

Исследование математических моделей и полученных решений при вычислительных экспериментах, реализованных в данной работе, позволяет осуществить технологически обоснованный выбор температурно-скоростных условий течения металла в процессах прямого прессования труб с целью получения качественных металлоизделий, не имеющих брака по геометрии и сплошности получаемой трубы.

Программа расчета параметров прессования труб прошла апробацию при организации практических занятий по специальным дисциплинам для студентов специальности «Обработка металлов давлением» ГБОУ СПО СО «Верхнесалдинский авиаметаллургический техникум»).

Построенные математические модели прямого прессования труб и результаты вычислительных экспериментов могут быть интересны металлургическим предприятиям Свердловской области и Уральского региона, имеющим в своем составе производство прессованных труб, в т. на ОАО «КУМЗ» (г.Каменск-Уральский) – из алюминиевых сплавов, на ОАО «ВСМПО-АВИСМА» (г.Верхняя Салда) – из титановых сплавов, на ОАО УГМК (г.Ревда) – из медных сплавов и на других промышленных предприятиях, например предприятиях трубной промышленности.



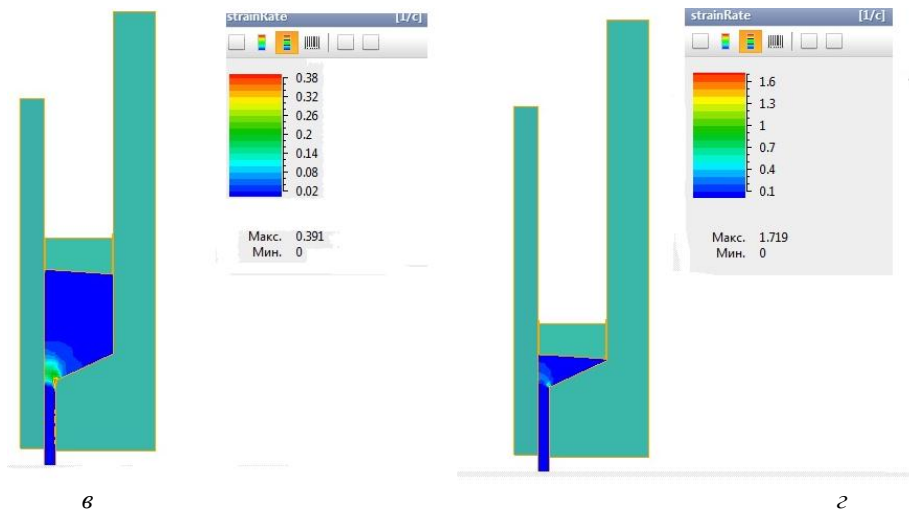


Рис.2. Результаты математического моделирования (распределение скоростей деформации по сечению деформируемой заготовки):

a – стадия распрессовки; *б* – момент вытекания металла из канала матрицы;
в – стационарная стадия; *г* – конец процесса прессования

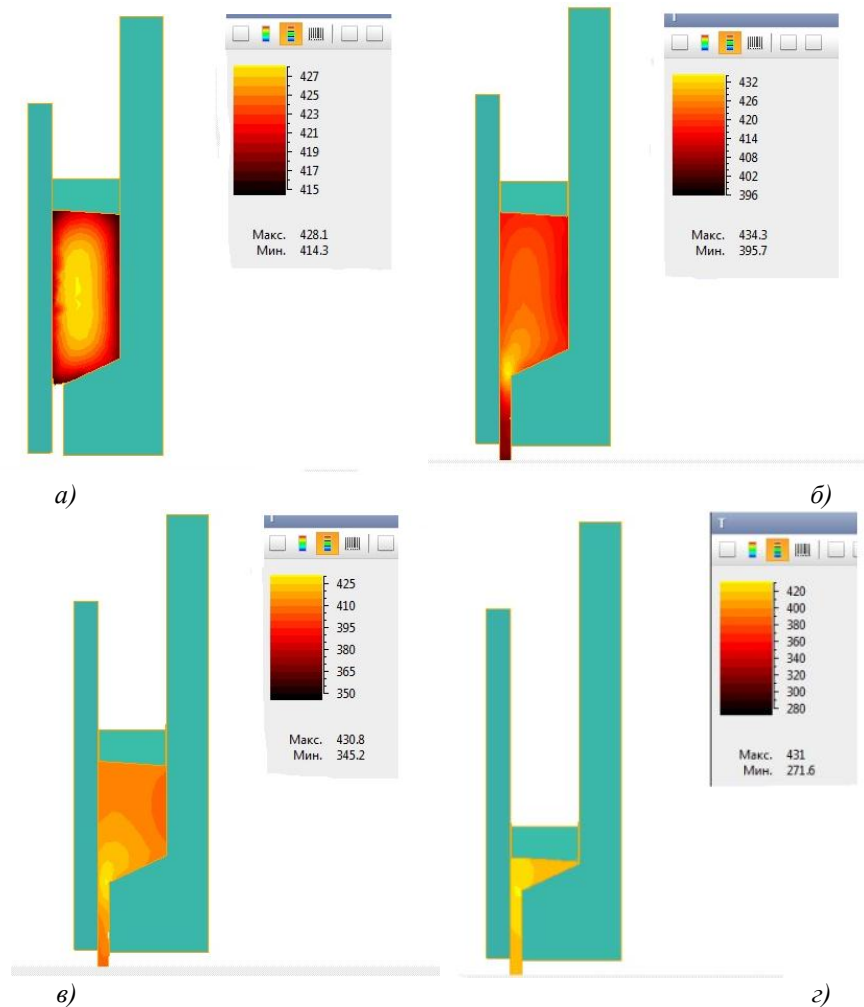


Рис.3. Результаты моделирования: распределение температуры (поля температур) в деформируемой заготовке при прессовании:

a) стадия распрессовки; *б*) момент вытекания металла из канала матрицы;
в) стационарная стадия; *г*) конец процесса прессования

Научно-исследовательская работа
 магистранта Первухина А.Е. по прямому
 прессованию алюминиевых сплавов была

представлена для участия в XVI Областном
 конкурсе 2013 года на лучшую научную работу
 студентов высших и средних специальных учебных

заведений Свердловской области «Научный Олимп» по направлению «Технические науки» (секция «Новая промышленная техника и технологии»).

Список литературы

1. Метод конечных элементов в описании напряженно деформированного состояния процесса прессования / Логинов Ю.Н., Котов В.В. Екатеринбург: УрФУ, 2010. 320 с.

2. Логинов Ю.Н., Котов В.В. Моделирование процесса прессования трубной заготовки из титанового сплава в программе QFORM 2D/3D. Кузнечно-штамповочное производство // 2010, №12. С.36-40.

3. Первухин А.Е., Бабайлов Н.А. Моделирование прямого прессования в программе инженерного анализа QFORM // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2013, № 3. С.29-32.