

ОЦЕНКА ДЕФОРМАЦИЙ И СКОРОСТЕЙ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ПРЕССОВАНИИ ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКИ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ QFORM

ASSESSMENT OF DEFORMATIONS AND STRAIN RATE WHEN PRESSING BILLETS IN THE SOFTWARE QFORM

Н.Ф. Костоусова, Ю.Н. Логинов, В.В. Котов

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» г. Екатеринбург
omd@mtf.ustu.ru

Abstract

The problem of extrusion billets made of titanium alloy in two variants: for conic and flat die was solved with the finite element method. It was identified that strain distribution and strain rates were different. The differences were described.

В последнее время в технологии прессования большее внимание стало уделяться влиянию конфигурации инструмента на характер истечения металла, поскольку это предопределяет возможность получения бездефектного металла и сообщение ему необходимого уровня свойств [1-5].

Целью работы являлась оценка напряженно-деформированного состояния при прессовании трубных заготовок с различной формой образующей матрицы. В качестве инструмента для анализа использован программный продукт QForm2D/3D, который разрабатывается и

поддерживается компанией КванторФорм(Россия). Подробная постановка задачи прессования в упомянутой программе описана в статье [6].

В качестве модельного материала при проведении расчетов использован титановый сплав ВТ6. Плотность: 4430 кг/м³, точка плавления: 1668°C, температура α - β -перехода: 980-1010°C, модуль упругости первого рода: 115 ГПа. На рис. 1-3 показаны температурная зависимость теплопроводности сплава, температурная зависимость удельной теплоемкости сплава и кривые деформационного упрочнения сплава ВТ6.

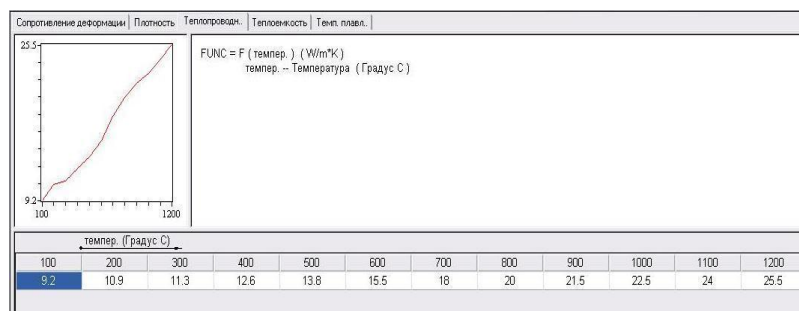


Рис. 1. Температурная зависимость теплопроводности сплава ВТ6

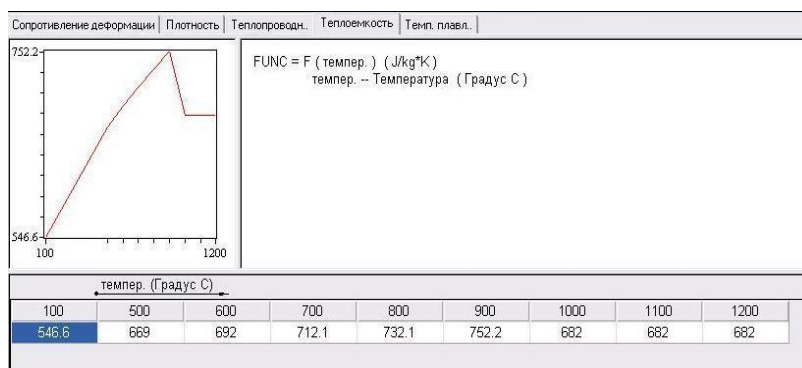


Рис. 2. Температурная зависимость удельной теплоемкости сплава ВТ6

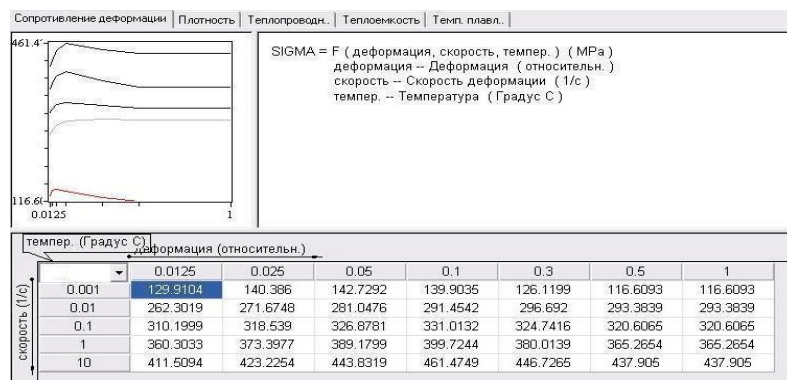


Рис. 3. Кривые деформационного упрочнения сплава VT6

При постановке задачи использовался закон трения по А.Н.Леванову с факторами трения $\mu=0,3$ и $\mu=0,8$.

В таблице представлены размеры заготовки и инструмента, примененные в расчетах.

Таблица

Размеры заготовки и инструментов

№	D_0 , мм	D_1 , мм	$D_{и}$, мм	S_0 , мм	S_1 , мм	L , мм	α
1	169	86	46	61,5	20	170	45°
2	169	86	46	61,5	20	170	90°
3	285	86	46	119,5	20	170	45°
4	285	86	46	119,5	20	170	90°

В этой таблице D_0 и D_1 – внешний диаметр заготовки соответственно до и после прессования, $D_{и}$ – диаметр иглы, S_0 и S_1 – толщина стенки заготовки соответственно до и после прессования, L – длина заготовки до подхода к поверхности матрицы, α – угол наклона матрицы (угол между образующей рабочей поверхности матрицы и осью симметрии).

Далее будет проанализировано влияние угла наклона образующей матрицы на двух уровнях: 45° и 90°.

На рис. 4 изображена схема прессования для коэффициента вытяжки 5, а областями равного уровня показано распределение деформации в очаге деформации и в готовом изделии в двух вариантах расчетов: при применении конической матрицы с углом наклона образующей 45°; и плоской матрицы, имеющей радиус закругления на уровне калибрующего пояска. Радиус закругления при калибрующем пояске равен 3 мм.

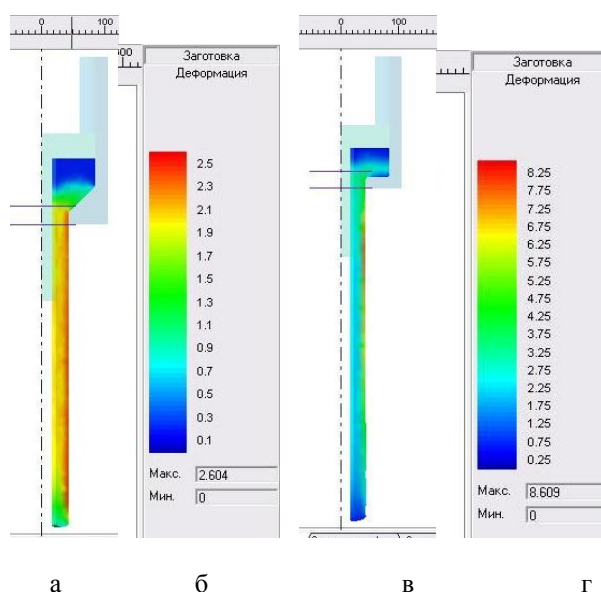


Рис. 4. Распределение степени деформации при прессовании с изменением профиля матрицы для коэффициента вытяжки 5: а – коническая с углом наклона образующей 45°, в - плоская; б и г – соответствующие цветовые ключи

Анализ деформированного состояния показывает, что наибольшая степень деформации наблюдается на внешней стенке трубы, что соответствует решениям [7,8]. Это явление объясняется повышением доли сдвиговых деформаций по мере удаления от оси прессования. Однородное по длине распределение степени деформации начинается на длине участка трубной заготовки, равной примерно двум диаметрам. Именно эту часть заготовки обычно принято отрезать от пресс-изделия как дефектную часть, ее деформационная проработка не достаточна для достижения необходимого комплекса свойств.

Степень деформации в локальных очагах при угле наклона матрицы $\alpha = 90^\circ$ заметно выше, чем при угле наклона матрицы $\alpha = 45^\circ$. Это можно объяснить наличием больших сдвигов при применении именно плоской матрицы. Обычно энергетические затраты на процесс прессования в этом случае оказываются также выше.

На рис.5 показано распределение скоростей деформации в двух вариантах проведения процесса для коэффициента вытяжки 5. Скорость деформации наглядно демонстрирует границы очага деформации. Выявлено, что скорость деформации принимает свои максимальные значения в области выхода металла из матрицы.

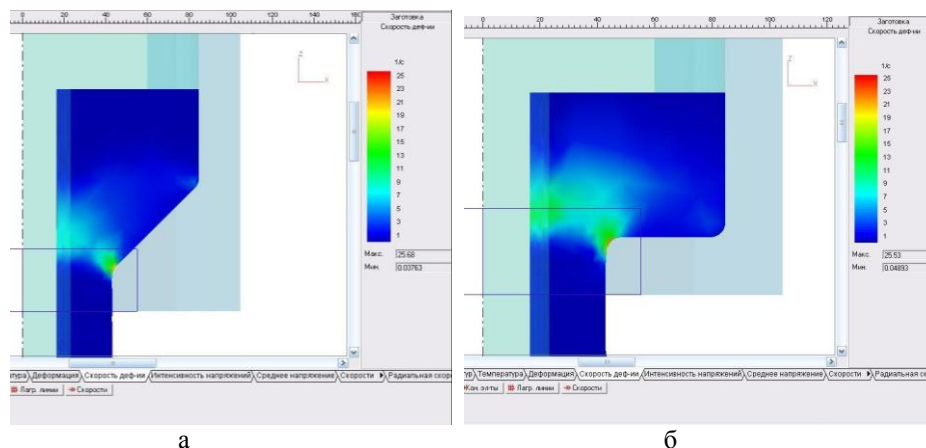


Рис.5. Распределение скорости деформации при прессовании с изменением профиля матрицы для коэффициента вытяжки 5: а – коническая с углом наклона образующей 45° ; б – плоская

Конфигурация поля скоростей может быть описана следующим образом. При продвижении металла по контейнеру увеличиваются скорости деформации до максимальных значений, наблюдаемых в области, которую можно описать радиальными поверхностями. По радиальной координате можно выделить два максимума: один вблизи поверхности иглы, а второй вблизи калибрующего пояса матрицы. При этом преобладает второй максимум – у матрицы. Это говорит о том, что локальный разогрев металла здесь достигается большей величины. На фоне максимумов существует область с пониженными значениями скорости деформации – в центре стенки трубной заготовки.

Таким образом, установлены различия в деформированном состоянии при прессовании трубной заготовки через коническую и плоскую матрицы: большая степень деформации достигается при прессовании через плоскую матрицу. Более однородно степень деформации распределена при прессовании через коническую матрицу.

Список литературы

1. Duan Xinjian, Velay X., Sheppard T. Application of finite element method in the hot extrusion of aluminium alloys. Materials Science and Engineering A. 2004. V. 369. P. 66–75.
2. Ершов А.А., Котов В.В., Логинов Ю.Н. Возможности QFORM-EXTRUSION на примере

прессования сложных профилей. Металлург, 2011, №10. С.32-37.

3. Lin Chao, Ransing Rajesh S. An innovative extrusion die layout design approach for single-hole dies Journal Of Materials Processing Technology. 2009. V. 209. P. 3416–3425.

4. Логинов Ю.Н., Ершов А.А., Котов В.В. Тестирование системы DEFORM в режиме расчета деформаций при прессовании титана в 2D и 3D-постановках. Титан, 2011, №3. С.18-24.

5. Gordon W.A., Van Tyne C.J., Moon Y.H.. Overview of adaptable die design for extrusions. Journal of Materials Processing Technology. 2007. V.187–188. P. 662–667.

6. Логинов Ю.Н., Ершов А.А. Аналитическое исследование с использованием МКЭ прессования альфа – титановых сплавов и прогнозом ориентации текстуры. Технология легких сплавов. 2012. №3. С.79-87.

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

8. Логинов Ю.Н., Антоненко Л.В. Изучение напряженно-деформированного состояния для предупреждения образования продольных трещин в прессованных трубах. Цветные металлы, 2010, №5. С.119-122.