

УДК 539.37

Ю. В. Тугбаев

УрФУ им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

chilly_willy1@mail.ru

Научный руководитель – проф., д-р техн. наук *Ю. Н. Логинов*

ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ПРЕССОВАНИИ ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКИ ИЗ ЦИРКОНИЕВОГО СПЛАВА Э110

АННОТАЦИЯ

Проведено исследование скоростей перемещений и деформаций при прессовании трубной заготовки из циркониевого сплава Э110, основанное на данных, полученных после выполнения расчета в программном комплексе Deform 2D.

Ключевые слова: цирконий, деформация, скорость перемещения

ABSTRACT

A study of stroke speed and strain rate during the tube billet of E110 zirconium alloy extrusion, based on a data obtained after the calculation in the software package Deform 2D were provided.

Keywords: zirconium, deformation, movement speed

Цирконий и его сплавы относятся к группе этих материалов и их особенностью является то, что их кристаллическое строение соответствует ГПУ решетке. Применение циркония в атомной промышленности говорит о необходимости иметь адекватное представление о механизме формирования свойств материала. Прессование является главной заготовительной операцией в технологии производства трубных заготовок из циркониевых сплавов. Как показано в публикациях [1; 2], при прессовании материалов с ГПУ – решеткой, к которым относятся цирконий и альфа-сплавы титана, параметры прессования определяют общий уровень механических свойств, а также степень анизотропии [3], формирующуюся в зависимости от напряженно-деформированного состояния. Для описания этого состояния в настоящее время применяются, в основном, методы конечно-разностного моделирования [4; 5]. Поскольку прессование является энергоемким процессом обработки давлением, то назначение его параметров должно преследовать также цель достижения минимальной энергоемкости [6].

Для определения напряженно-деформированного состояния в заготовке в процессе прессования использован программный комплекс Deform 2D. В качестве моделируемого материала при проведении расчетов использован циркониевый сплав Э110, температура прессования 700 °С. Температура

инструмента 400 °С. При постановке задачи использовали закон трения по Зибелю с показателем трения $\psi = 0,25$. Используемые в расчете размеры заготовки и инструментов: $D_0 = 249$ мм и $D_1 = 90$ мм – внешний диаметр заготовки соответственно до и после прессования, $D_{и} = 48$ мм – диаметр иглы, $S_0 = 200$ мм и $S_1 = 42$ мм – толщина стенки заготовки соответственно до и после прессования, $L = 420$ мм – длина заготовки до подхода к поверхности матрицы, $\alpha = 75^\circ$ – угол наклона матрицы (угол между образующей рабочей поверхности матрицы и осью симметрии). Коэффициент вытяжки равен 10,386; что соответствует степени деформации $\square = \ln 10,386 = 2,34$. Законы взаимодействия между заготовкой и инструментом при прессовании подробно рассмотрены в источнике [7].

На рис. 1, а приведены изолинии радиальной компоненты деформации, а на рис. 1, б – изолинии радиальной скорости перемещения.

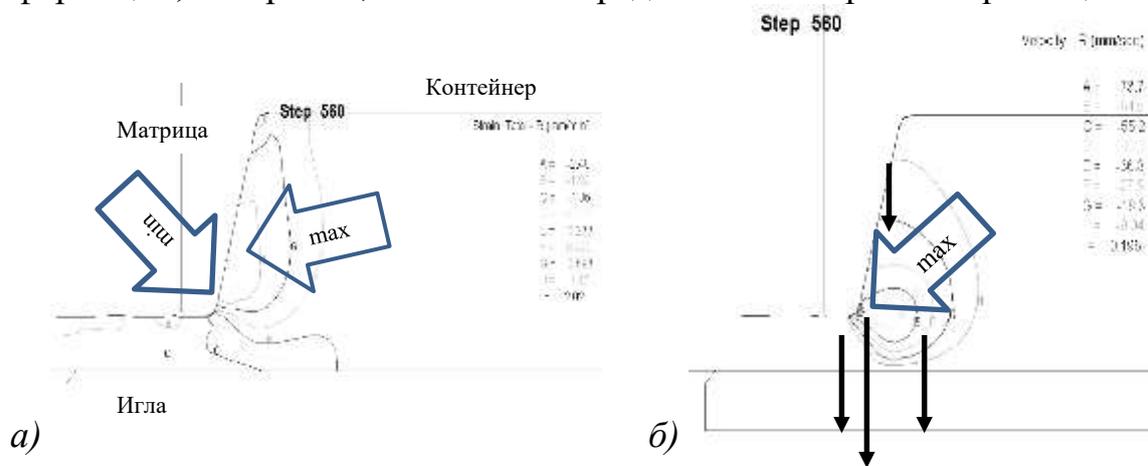


Рис. 1. Изолинии радиальной компоненты деформации (а) и радиальной скорости перемещения (б)

На рис. 1, а белыми стрелками показаны области локализации максимальных и минимальных значений параметра. Изолинии F , G , H описывают радиальные деформации со знаком «+», т. е. это деформации растяжения. При этом примерно на середине контактной поверхности матрицы наблюдается максимальное значение параметра, по мере перемещения в сторону выхода калибрующего пояска наблюдается минимум, затем радиальные деформации вновь нарастают.

В соответствии с теорией пластичности радиальная компонента тензора деформации рассчитывается по формуле $\varepsilon_{rr} = \int_t \xi_{rr} dr$, где ξ_{rr} – радиальная компонента тензора скорости деформации. В свою очередь, компонент тензора находится как частная производная $\xi_{rr} = \frac{\partial v_r}{\partial r}$, где v_r – радиальная компонента вектора перемещения. Поэтому для объяснения причин описанных выше изменений радиальной деформации на рис. 1, а построено поле изолиний для радиального перемещения. Здесь также выявлен максимум функции, показанный белой стрелкой. Он находится вблизи контактной поверхности. Черными стрелками показан вектор радиального перемещения, причем его

длина пропорциональна модулю этого вектора. Само поле скорости перемещения не соответствует радиальному построению, принятому в теории прессования. В известном радиальном построении радиус проводится из центра, полученного пересечением образующей матрицы с осью прессования. Однако методом конечных элементов получено, что центр смещен в глубину очага деформации.

В наружных слоях отпрессованной трубы наблюдаются радиальные деформации на уровне 1,92, что составляет $100 \cdot 1,92 / 2,34 = 82 \%$ от уровня степени деформации, определенной через коэффициент вытяжки. Принято считать, что деформации удлинения при прессовании приводят к наличию двух деформаций укорочения в тангенциальном и радиальном направлениях, причем последние примерно равны, т.е. составляют около 50 % от деформации удлинения. Повышение этого уровня до 82 % объясняется наличием дополнительных деформаций сдвига, которые не учтены в расчете степени деформации через коэффициент вытяжки.

В результате расчета определены также другие компоненты вектора перемещений и тензоров деформации и скоростей деформации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пузанов Д. Н., Сатин А. А. Анализ и обобщение данных по свойствам циркониевых сплавов, применяющихся в качестве конструкционных материалов. Материалы научно-технической конференции молодых специалистов, ОКБ «Гидропресс», 2011. URL: <http://www.gidropress.podolsk.ru/files/proceedings/kms2011/documents/kms2011-013.pdf>.
2. Логинов Ю. Н., Соловей В. Д., Котов В. В. Преобразование условия текучести при деформации металлических материалов с ГПУ решеткой // *Металлы*. 2010. № 2. С. 93–99.
3. Логинов Ю. Н., Котов В. В. Проявления анизотропии в процессах деформации альфа-сплавов титана: учебное пособие. Екатеринбург: УрФУ. 2009. 189 с.
4. Ershov A. A., Kotov V. V., Loginov Yu. N. Capabilities of QForm-extrusion based on an example of the extrusion of complex shapes. *Metallurgist*. 2012, vol. 55, № 9-10. P. 695–701.
5. Логинов Ю. Н., Котов В. В. Метод конечных элементов в описании напряженно деформированного состояния процесса прессования. Екатеринбург: УрФУ. 2010. 320 с.
6. Логинов Ю. Н., Буркин С. П. Энергосбережение в процессах прессования. *Цветные металлы*. 2002. № 10. С. 81–87.
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.