

ФОРМОИЗМЕНЕНИЕ МЕТАЛЛА ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ РАВНОКАНАЛЬНОМ УГЛОВОМ ПРЕССОВАНИИ

А.Е. Экк, М.Ю. Семашко, В.Г. Шеркунов

Проведено моделирование процесса непрерывного прессования «Конформ». Показаны области распределения напряжений и деформаций по объему заготовки.

В основе способа непрерывного прессования «Конформ» лежит использование активных сил трения. На рис. 1 изображена схема процесса непрерывного прессования «Конформ». Устройство состоит из движущегося контейнера (колеса) и неподвижного инструмента (называемого башмаком), который вместе с колесом создает закрытый калибр. Заготовка задается в зазор между башмаком и колесом, силами трения втягивается в зону перед матрицей, где подвергается интенсивному пластическому деформированию. По мере поворота колеса давление перед матрицей увеличивается и за счет этого заготовка прессуется через матрицу [1].

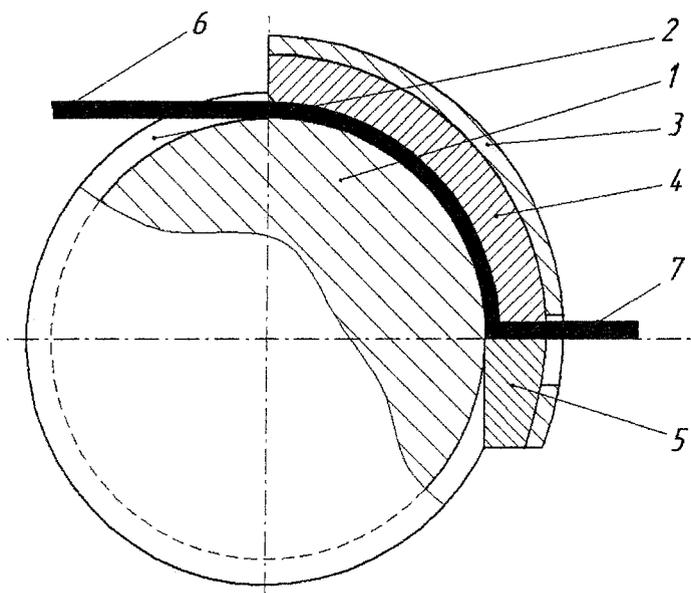
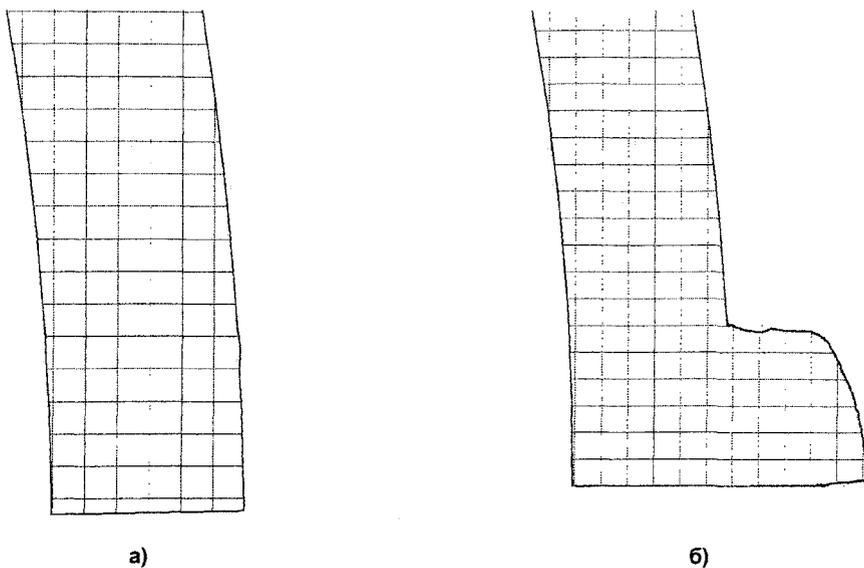


Рис. 1. Схема процесса непрерывного прессования «Конформ»: 1 – рабочее колесо; 2 – П-образная канавка; 3 – башмак; 4 – кольцевая вставка; 5 – упор; 6 – заготовка; 7 – изделие

Так как процесс является малоизученным, при моделировании процесса непрерывного равноканального прессования «Конформ» ставится задача получение информации о реальном течении материала и распределении деформации по объему заготовки.

Процесс прослежен на примере прессования заготовки поперечного сечения 12x12 мм. Установка имеет следующие геометрические данные: радиус колеса $R=200$ мм, угол обхвата колеса заготовкой $\phi_k=75^\circ$, угол обхвата колеса башмаком $\phi_b=75^\circ$. Размеры канала образованного П-образной канавкой колеса и башмаком 12x12 мм. Коэффициент трения на всех стенках канала одинаковый $f=0,1$. Угловая скорость колеса $\omega_k=0,15$ рад/с.

Наибольшая деформация происходит в конце прессового канала перед упором, а в верхней части канала присутствуют упругие деформации, по этому на рис. 2 показана только интересующая часть исходной заготовки с нанесенной сеткой конечных элементов.



**Рис. 2. Положение части заготовки с нанесенной сеткой:
а) перед началом прессования;
б) перестроенная сетка**

На рис. 3 показан эскиз заготовки перед началом прессования. На рис. 4-6 представлены следующие стадии, соответствующие 3, 7 и 11 шагу моделирования процесса относительно исходного положения. Процесс имеет сходство с осадкой с односторонним боковым течением. Боковая кромка изгибается к внутреннему углу пересечения каналов прессования.

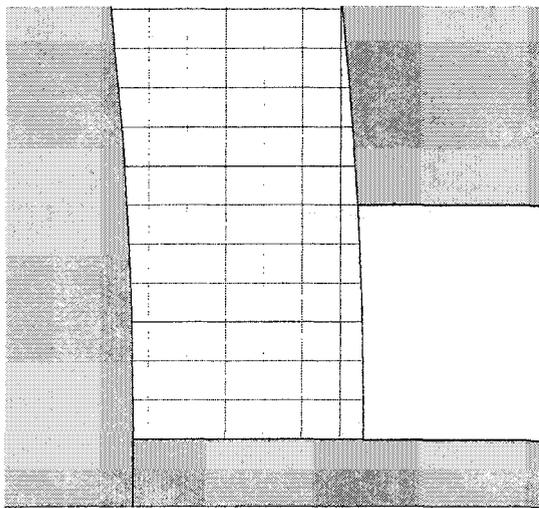


Рис. 3. Положение заготовки перед началом прессования

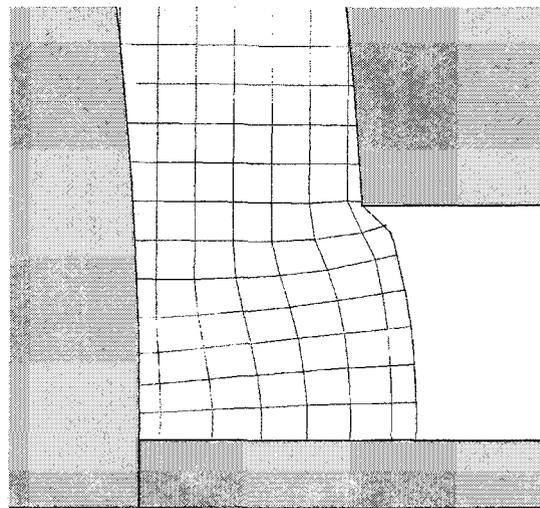


Рис. 4. Положение заготовки на 3-м шаге моделирования

На рис. 7 изображены области поперечных ϵ_x и высотных ϵ_y деформаций, соответствующие положению заготовки на 7 шаге моделирования. Поскольку пластические деформации велики, соотношение между этими компонентами деформации практически подчиняются условию постоянства объема. Максимальный уровень деформации ϵ_x и ϵ_y наблюдается в районе линии, соединяющей угловые точки канала. В остальной части канала пластические деформации практически отсутствуют. В вертикальной части канала имеют место упругие деформации, обусловленные всесторонним почти равномерным сжатием; нижний треугольник в горизонтальной части канала перемещается как единое целое без заметных искажений исходной сетки конечных элементов (см. рис. 4-6).

Дальнейшее прослеживание процесса потребовало перестроения искаженной сетки конечных элементов (с сохранением истории нагружения и деформирования). Новая сетка представлена на рис. 2, б. Анализ течения металла продолжен на перестроенной сетке конечных элементов.

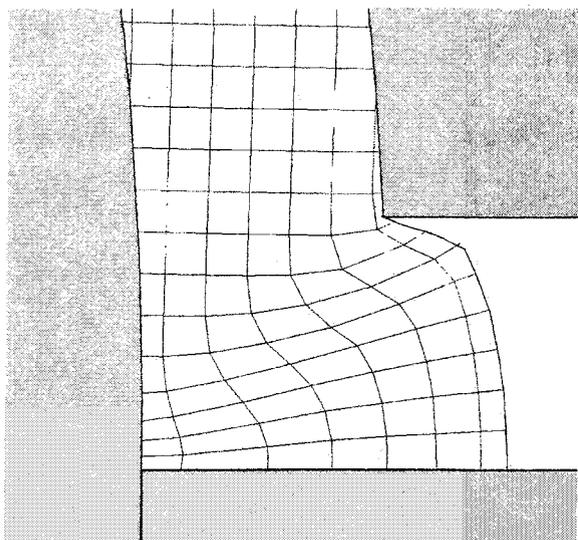


Рис. 5. Положение заготовки на 7-м шаге моделирования

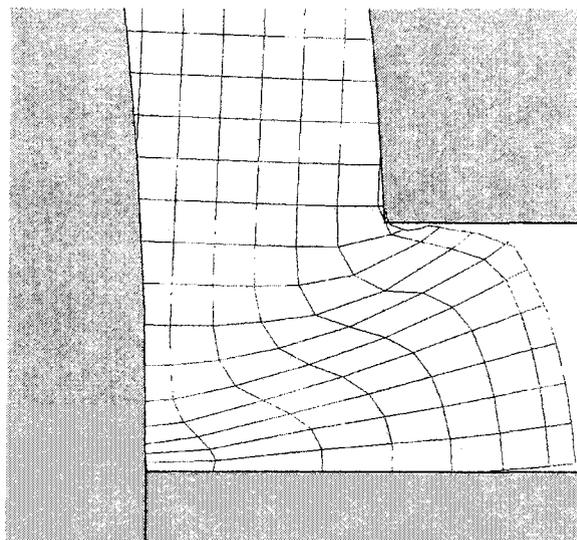
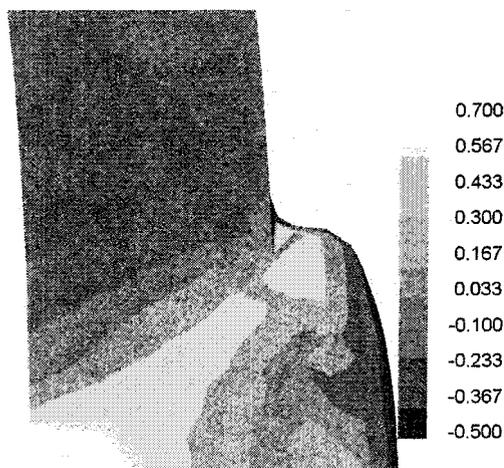
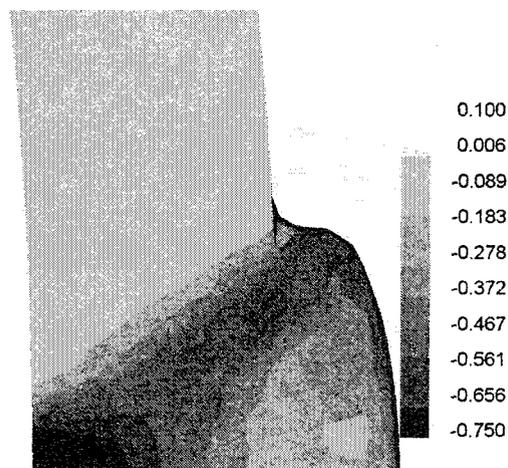


Рис. 6. Положение заготовки на 11-м шаге моделирования



а)



б)

Рис. 7. Области деформаций на 7-м шаге моделирования:
а) поперечные деформации;
б) высотные деформации

На рис. 8 и 9 показаны про деформированные сетки конечных элементов для двух стадий процесса, рассчитанных на сетке, изображенной на рис. 2, б. Характер формоизменения повторяет закономерности, показанные на рис. 4-6. Конечные элементы вытягиваются вдоль линии, соединяющей угловые точки канала и разделяющей вертикальный и горизонтальный потоки. Области высокой интенсивности деформации постепенно распространяются на горизонтальный участок канала. Основной вклад в интенсивность деформации вносят деформации удлинения и укорочения.

На рис. 10 представлены инвариантные характеристики напряженного состояния: среднее, или гидростатическое напряжение σ_0 и интенсивность напряжений σ_i . Области высоких средних сжимающих напряжений находятся в вертикальной части канала; в горизонтальной части канала у свободной поверхности гидростатические напряжения растягивающие. Область интенсивностей напряжений, равных пределу текучести, (область пластических деформаций) сосредоточена на стыке вертикальной и горизонтальной частей канала.

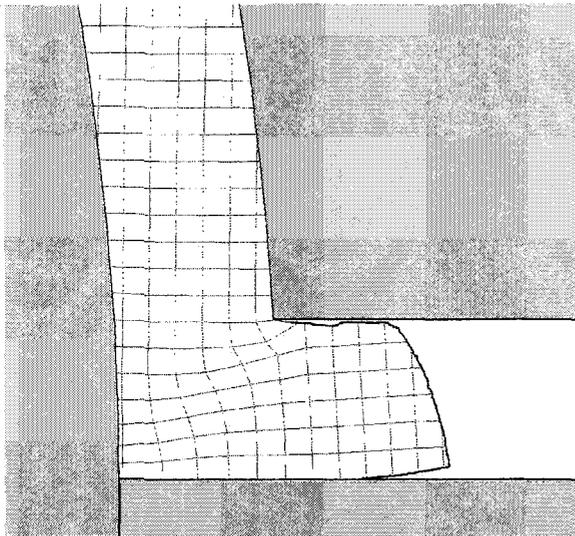


Рис. 8. Положение заготовки в канале на 16-м шаге моделирования

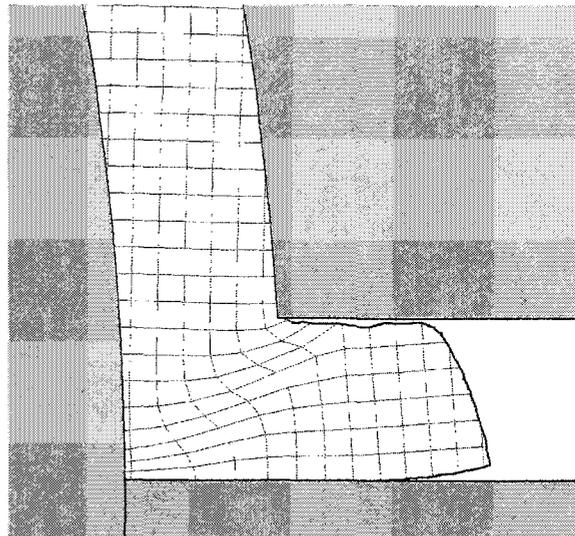
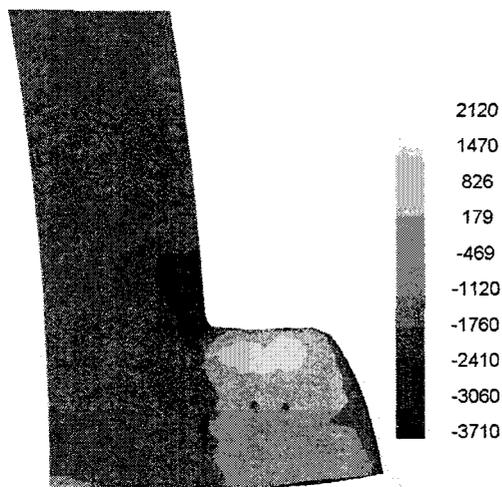
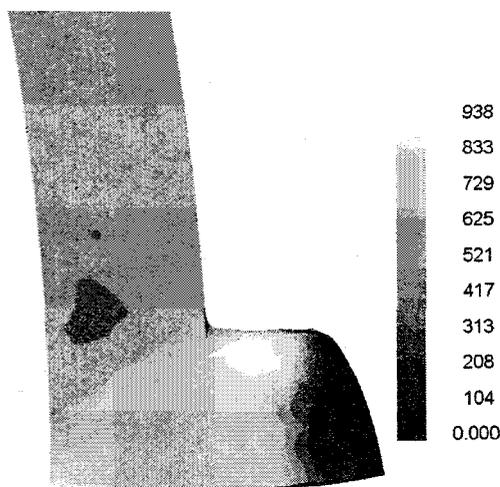


Рис. 9. Положение заготовки в канале на 20-м шаге моделирования



а)



б)

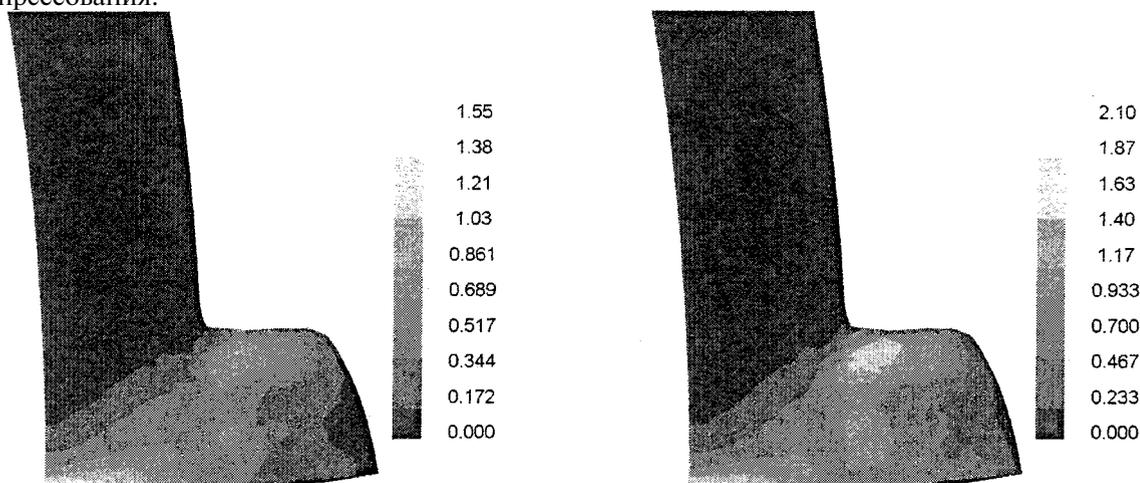
Рис. 10. Области уровней напряжений:
а) гидростатического напряжения σ_0 ;
б) интенсивности напряжения σ_i

При положении заготовки, показанном на рис. 9, протяженность заполненного металлом горизонтального участка канала оказывается соизмеримой с шириной канала. Величины продольной ϵ_y и поперечной ϵ_x деформации достигают предельного значения - около 150 %, величина накопленной интенсивности деформации - 200 % (рис. 11 и 12). Начинается установившийся процесс прессования. Новые порции металла, поступающие из верхней части канала, вынуждают продеформированный металл смещаться как единое целое вдоль канала в горизонтальном направлении, в угловой области канала они получают те же значения величин деформации и уходят в открытую часть канала.

Продеформированный металл, перемещающийся в горизонтальной части канала как единое целое, имеет накопленную интенсивность деформации около 100 %, не считая нижнего слоя, прошедшего через угол канала, где деформация достигает 200 % и больше. Полученные значения совпадают с данными, полученными в работе [2] для равноканального углового прессования заготовки шириной 16 мм.

Из рис. 6 и 9 следует, что угол наклона сетки после прохождения деформированным металлом угла пересечения каналов равен 26...27°, эти значения совпадают с данными работы

В.М. Сегала для равно-канального углового прессования с пересечением углов 90° [2]. Величина интенсивности деформации $\epsilon_i = 1,1$, что соответствует интенсивности сдвиговых деформаций $\Gamma = \epsilon_i \sqrt{3} = 1,9$ и совпадает с данными, рассчитанными В.М. Сегалом для равноканального углового прессования.



а)

б)

Рис. 11. Области уровней деформаций на 20-м шаге моделирования:
а) поперечной деформации ϵ_x ;
б) накопленной интенсивности деформаций ϵ_i

В ходе исследования процесса непрерывного прессования «Конформ» было доказано его сходство с процессом равноканального углового прессования. Поэтому допустимо сделать вывод о том, что непрерывное прессование «Конформ», можно использовать для получения длинномерных изделий с мелкодисперсной структурой, обеспечивающей повышенный уровень прочности при достаточно высоком уровне пластичности.

Литература

1. Непрерывное прессование со сваркой алюминиевых сплавов. Корнилов В.Н. - Красноярск: Изд-во педагогического института, 1993. - 216 с.
2. Сегал В.М., Резников В.И, Копылов В.И. Процессы пластического структурообразования металлов. - Минск: Наука и техника, 1994.