

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАВНОКАНАЛЬНОГО УГЛОВОГО ПРЕССОВАНИЯ

Камалетдинов И.Ш., Юсупов В.С.

Учреждение Российской академии наук Институт металлургии и материаловедения
им. А.А.Байкова

Равноканальное угловое прессование (РКУП) относится к процессам интенсивной пластической деформации, которые используются для получения ультрамелкозернистых и наноструктурных металлических материалов. РКУП позволяет реализовать большие значения накопленной деформации сдвига без изменений формы и размеров поперечного сечения заготовки [1], которые способствуют значительному измельчению зерна [1, 2].

В данном процессе, схема которого приведена на рис.1, заготовка 1 подается в вертикальную часть канала 3 и пуансоном 2 продавливается через перегиб канала. Основными технологическими параметрами процесса РКУП, влияющими на характер течения материала, являются: форма поперечного канала, абсолютные размеры сечения канала, геометрические размеры заготовки, скорость передвижения пуансона прессы, противодействие, маршрут прессования (А, В, С), условия трения в канале, температура заготовки, угол пересечения каналов, радиусы скругления мест пересечения каналов (r – внутренний радиус скругления; R – внешний).

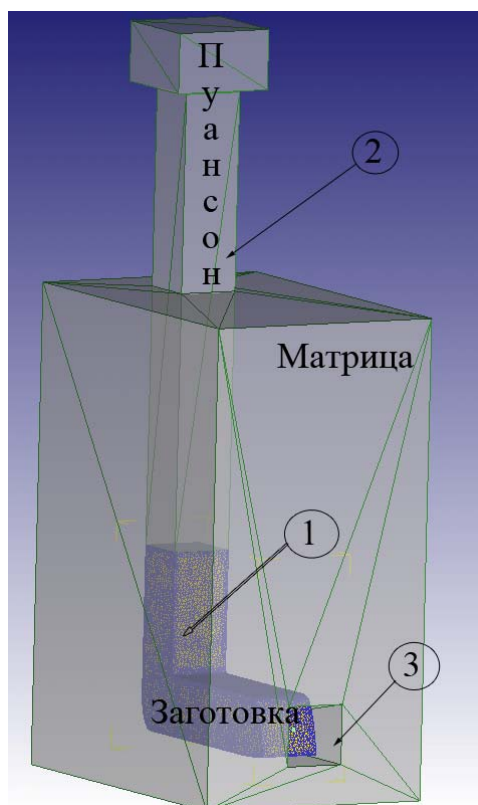


Рис.1. Схема процесса равноканального углового прессования (РКУП):

1 – заготовка; 2 – пуансон; 3 – канал.

В данной работе было проведено исследование процесса РКУП с помощью математического моделирования. Математическое моделирование осуществляли методом конечных элементов, с использованием программы Deform 3D. В результате расчета модели получают изображения заготовки с полями температур, напряжений, деформаций и другие параметры процесса.

В качестве материала образца был выбран алюминий, температура прессования 20 C^0 , угол пересечения каналов 90^0 . Остальные параметры, в зависимости от варианта расчета, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры моделирования процесса РКУП

№ варианта	Высота заготовки, мм	r/R, мм/мм	Коэф. трения	Скорость, мм/с
1	30	1/1	0	1
2	60	1/1	0	1
3	90	1/1	0	1
4	90	1/1	0,15	1
5	90	1/1	0,2	1
6	90	1/1	0,3	1
7	90	1/3	0,15	1
8	90	1/5	0,15	1
9	90	1/1	0,15	2
10	90	1/1	0,15	5
11	90	1/1	0,15	7
12	90	1/1	0,15	15
13	30	1/1	0,15	1
14	60	1/1	0,15	1

Характер течения металла при РКУП хорошо виден на рис.2, где показано изменение координатной сетки на центральном продольном сечении образца на разных стадиях прессования.

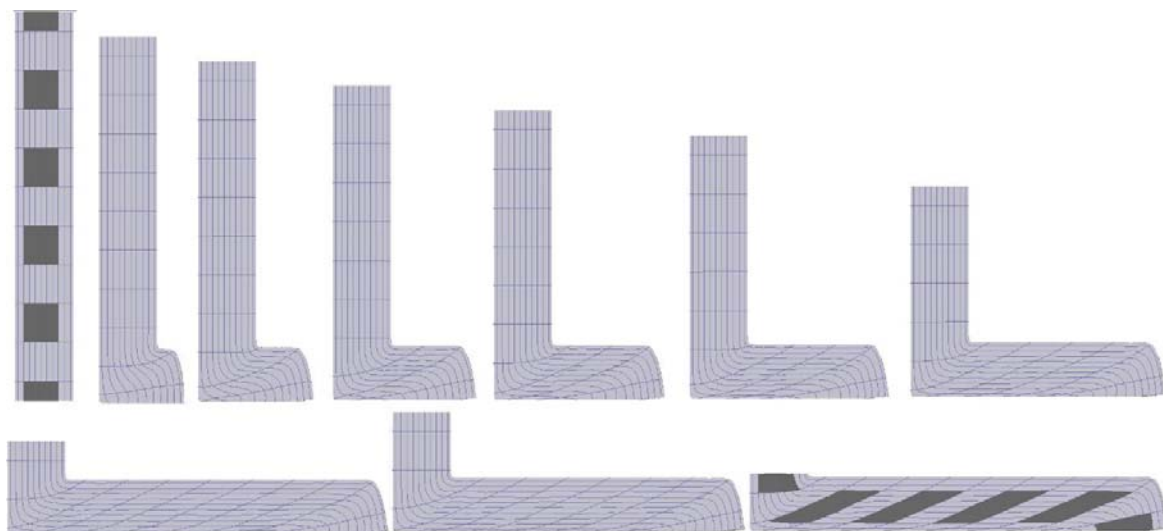


Рис.2. Течение металла в процессе РКУП

Видно, что деформация при РКУП является неравномерной по длине заготовки. Начальная и конечная части заготовки деформируются в меньшей степени, что связано со схемой нагружения и формой инструмента. Координатная сетка на концах заготовки практически не изменяется. Причина отсутствия деформации на концах заготовки в том, что они не проходят через очаг деформации, т.е. через зону пересечения каналов, где

осуществляется интенсивная сдвиговая деформация. В соответствии со схемой процесса они не могут пройти через эту зону, и поэтому всегда будут иметь меньшую деформацию близкую к нулю, что является характерным для многих процессов обработки металлов давлением (ОМД), имеющих внеконтактную зону деформации и использующие заготовки конечных размеров.

Деформация в процессе РКУП неравномерна как по длине, так и по высоте образца. На рис.3 представлено распределение деформации для различных вариантов моделирования (таблица.1)

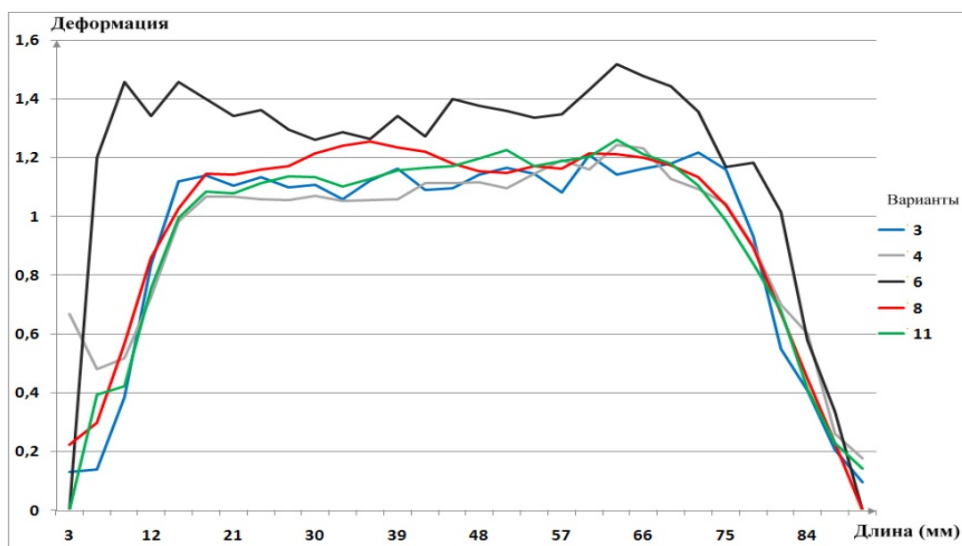


Рис.3. Распределение деформации по длине образцов

Из рис.3 видно, что при всех рассмотренных вариантах недеформированными остаются 15 мм с каждого конца заготовки, т.е. примерно на ширину канала. В остальной части распределение достаточно равномерно, за исключением варианта 6 с повышенным коэффициентом трения.

Распределение деформации по высоте образцов в продольном сечении показано на примере варианта 7 и 9 (рис. 4).

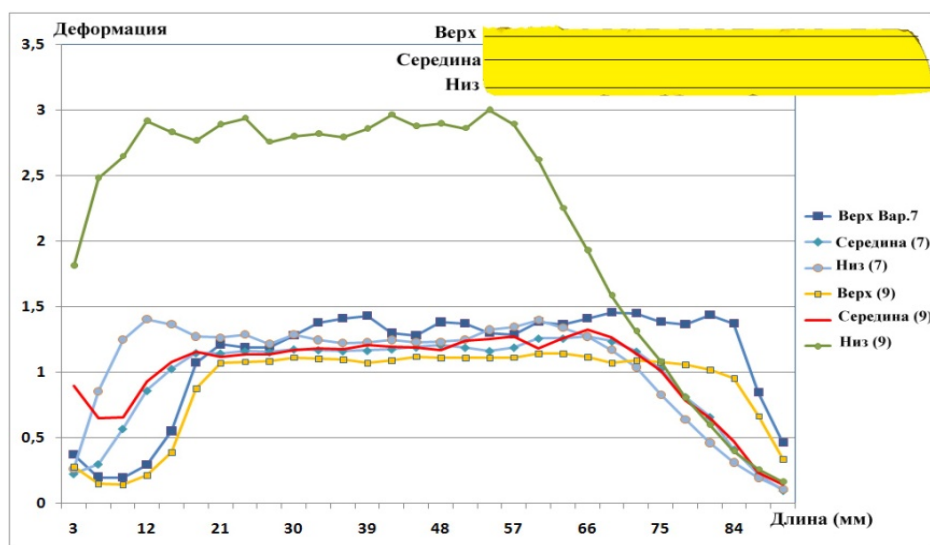


Рис.4. Распределение деформации по высоте образцов

Из рис. 4 видно, что уменьшение внешнего радиуса сопряжения вертикального и горизонтального каналов ведет к более равномерному распределению деформации. Деформация в нижнем слое продеформированного образца для варианта 9 более интенсивна, чем в середине и в верхнем слое образца. Такое распределения деформации является характерным для вариантов с малыми радиусами сопряжения каналов.

Так же были рассчитаны силовые параметры процесса. Влияние параметров процесса РКУП на необходимые усилия пресса показаны на рис. 5. Анализ приведенных графиков показывает, что максимальное усилие наблюдается в начальный момент прессования. Давление металла на пуансон быстро возрастает и достигает максимума в начальный момент пластической деформации. Далее давление монотонно уменьшается пропорционально уменьшению высоты деформируемого образца, т.е. площади контактной поверхности в вертикальном канале. Если принять коэффициент трения равным нулю (варианты 1, 2, 3), то видно, что усилие РКУП являются постоянным для каждого образца, т.е. расходуется только на сдвиговую пластическую деформацию в области пересечения каналов.

Увеличения максимального усилия прессования происходит при увеличении коэффициента трения (варианты 4, 5, 6), высоты заготовки (варианты 4, 13, 14) и скорости деформации (варианты 9, 10, 11, 12)

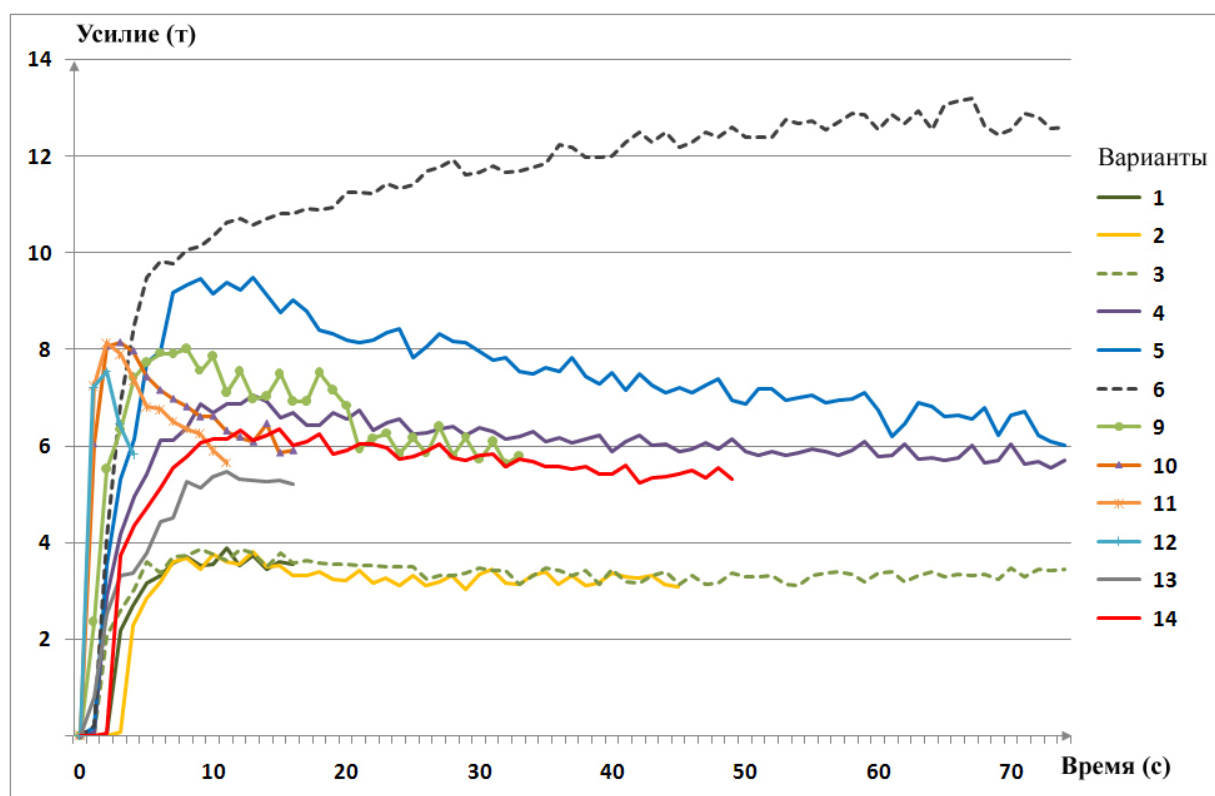


Рис.5. Необходимые усилия пресса

Напряженное состояние в образце при РКУП характеризуется так же крайней неравномерностью. На рис. 6 и 7 приведено поле среднего напряжения в образце продеформированному по варианту 4. Для наглядности анализа напряженного состояния на образце были зафиксированы 3 материальные точки: на внутреннем крае (P1), в середине (P2) и на внешнем крае (P3) (Рис.6). В данных точках проанализировано изменение напряженного состояния в процессе РКУП, представленное в виде графиков зависимости среднего напряжения от времени процесса РКУП на рис.7.

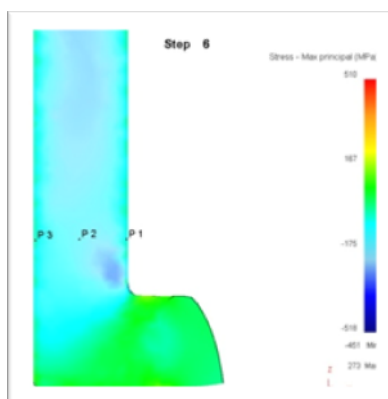


Рис.6. Поле напряжений в образце (вариант 4)

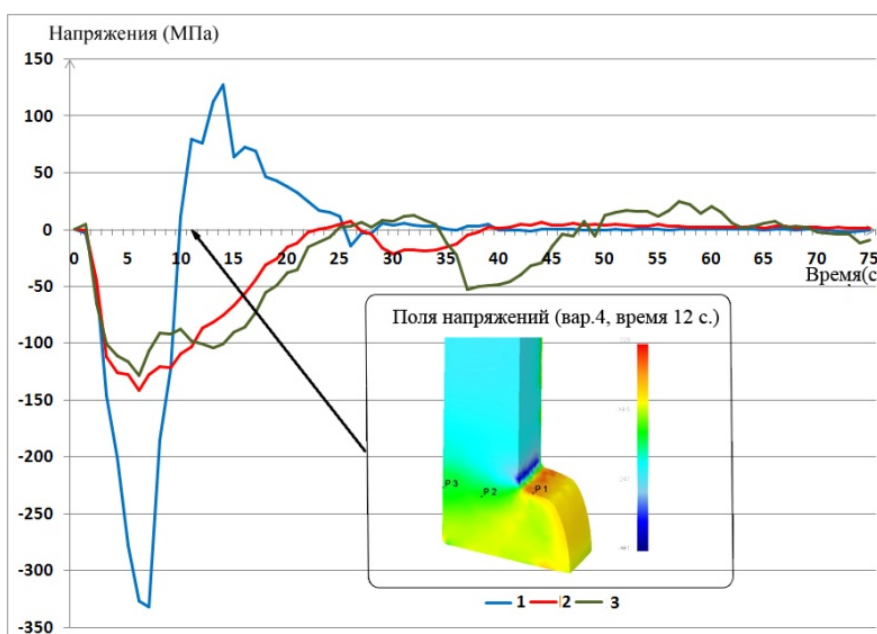


Рис.7. График распределения напряжений по сечению образца для варианта 4

Из графиков видно, что в части заготовки, находящейся в вертикальном канале возникают сжимающие напряжения. На внутренней стороне, что соответствует точке 1, перед перегибом находится область с более интенсивными сжимающими напряжениями (250 - 350 МПа), чем в остальной части вертикального канала, а после перегиба канала находится поле растягивающих напряжений (100-150 МПа). Возникновение растягивающих напряжений в этой части заготовки связано с неравномерностью течения металла по высоте заготовки, что может приводить к возникновению характерных трещин и разрывов, проникающих на глубину действия растягивающих напряжений.

Выводы:

1. Исследовано распределение деформации по длине и сечению образца после РКУП
2. Показано, что напряженное состояние характеризуется неравномерностью на примере исследования среднего напряжения. Слои металла находящиеся в области внутреннего сопряжения каналов в вертикальной части испытывают сжимающие напряжения, а в горизонтальной части растягивающие напряжения.
3. Исследовано влияние параметров РКУП на усилие прессования.

Список литературы:

1. Сегал В.М. Процессы пластического структурообразования металлов. Минск. Наука и техника. 1994, 232 с.
2. Валиев Р.З., Александров И.В. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. Москва. Логос. 2000, 272 с.