

## ВЛИЯНИЕ СХЕМЫ РАВНОКАНАЛЬНОГО УГЛОВОГО ПРЕССОВАНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА МЕДИ М06

Сенникова Л.Ф., Ткаченко В.М., Гангало А.Н., Бурховецкий В.В., Волкова Г.К.  
Глазунова В.А.

Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина. Донецк  
Sennikova\_lf@ukr.net

Микроскопические поры и трещины образуются в процессе пластической деформации твердых тел или вследствие технологических особенностей получения последних. Как правило, увеличение деформационной пористости ведет к деградации физико-механических характеристик материалов [1].

Предполагается, что накопление больших значений суммарной деформации с малыми разовыми степенями вносит меньше деформационных повреждений, чем в случае применения больших разовых деформаций, что позволит повысить физико-механические свойства материала [2]. Поэтому, была выбрана схема равноканального углового прессования (РКУП), позволяющая деформировать материал при сдвиговой деформации в дробном режиме ( $e < 1$ ), а для сравнения – традиционная схема РКУП ( $e \geq 1$ ).

Цель настоящей работы заключалась в изучении эволюции зеренной и дефектной структуры (микропоры) меди в результате деформации разными схемами равноканального углового прессования и влияния этих структурных характеристик на механические свойства материала.

Исходным материалом служили промышленные горячепрессованные прутки меди М06 диаметром 50 мм, которые прессовали до диаметра 30 мм, а затем часть из них с диаметра 30 мм до диаметра 20 мм, а часть до диаметра 16 мм. Полученные заготовки отжигали при температуре 600°C в течение 2 часов. Деформационную обработку образцов осуществляли РКУП при комнатной температуре по двум схемам представленным на рис. 1 а, б.

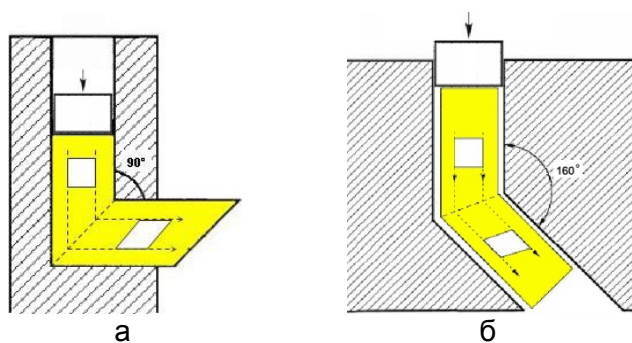


Рисунок 1- Схемы деформационной обработки заготовок методом РКУП с разными углами пересечения каналов φ (а – φ=90°, б – φ=160°)

Для деформации методом РКУП с углом пересечения каналов  $\theta = 90^\circ$  (рис.1 а) заготовки диаметром 20 мм проходили через каналы деформирующей матрицы от 1 до 6 раз с поворотом заготовки на  $180^\circ$ . Разовая эквивалентная деформация за один цикл прессования составляла  $e = 1$ .

На рис. 1 б показана схема деформации РКУП с углом пересечения каналов  $\phi = 160^\circ$ . Заготовки диаметром 16 мм проходили через каналы деформирующей матрицы от 5 до 30 раз с поворотом заготовки на  $180^\circ$ . Разовая эквивалентная деформация за один цикл прессования составляла  $e = 0.2$ .

Накопленная суммарная деформация образцов в первом и во втором случаях была одинакова.

Термическую обработку образцов проводили в лабораторной печи СНОЛ-7,2 /1100.

Дефектную структуру (микропоры, микротрещины), свойства образцов в исходном состоянии и после деформации анализировали методами дюротрических (твердомер Викакса HV-5), волюметрических (весы SHIMADZU) исследований,

растровой электронной микроскопии (JEOL JSM-6490), а также электронной микроскопии на просвет и рентгеноструктурного анализа на установке ДРОН – 3 с использованием  $K_{\alpha}$  и  $K_{\beta}$  излучений.

Сканирование поверхности поперечного шлифа медных прутков, диаметром 20 мм и 16 мм проводили с помощью растровой электронной микроскопии в ВЕС – режиме с шагом 1 мм.

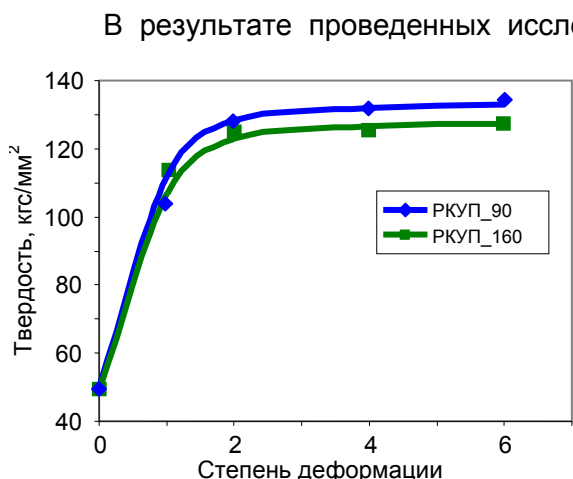


Рисунок 2 - Изменение твердости меди при разных режимах РКУП.

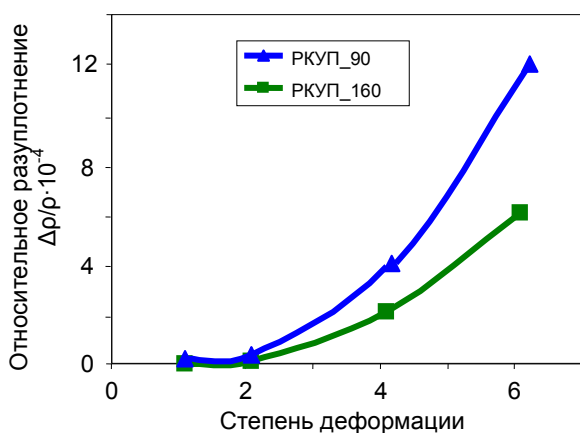


Рисунок 3 - Величина относительного разуплотнения материала при разных режимах РКУП.

На рис.3 представлен график зависимости деформационного разуплотнения от степени деформации.

Установлено, что при деформации РКУП с большой суммарной степенью, но в дробном режиме ( $e < 1$ ), деформационная пористость меди меньше по сравнению с традиционным РКУП, где  $e \geq 1$ , при небольшой разнице в твердости.

Рентгеноструктурные исследования тонкой структуры показали, что в данном случае, при больших накопленных деформациях, уровень микродеформации решетки меди и плотность хаотично расположенных дислокаций меньше на порядок по сравнению с образцами после традиционного РКУП (рис.4).

Получены данные и построены гистограммы распределения пор по размерам. Подавляющее большинство пор имеют размеры десятых и сотых долей микрона, что совпадает с размерами блоков мозаики по данным рентгеноструктурного анализа и электронной микроскопии на просвет.

Получены данные и построены гистограммы распределения пор по размерам. Подавляющее большинство пор имеют размеры десятых и сотых долей микрона, что совпадает с размерами блоков мозаики по данным рентгеноструктурного анализа и электронной микроскопии на просвет.

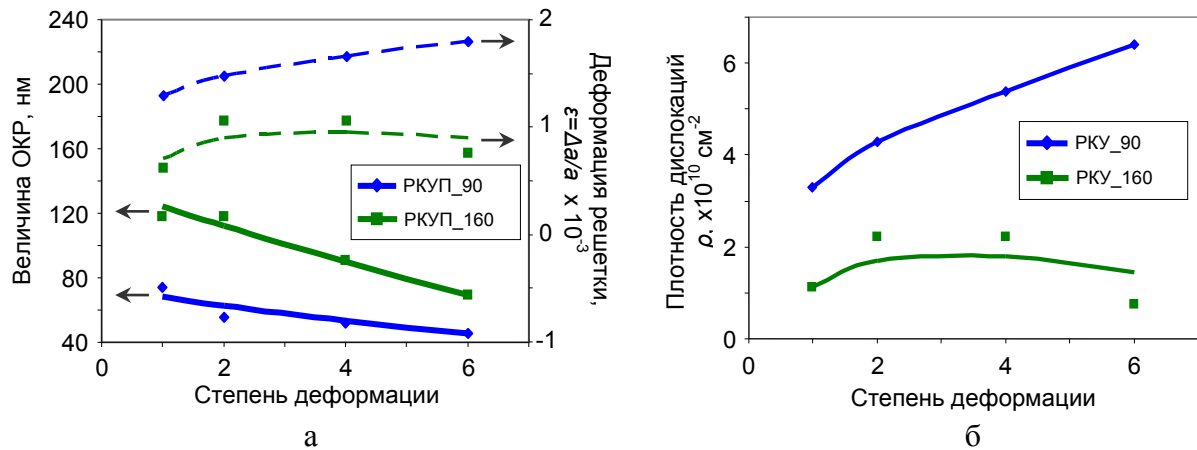


Рисунок 4 - Данные рентгеноструктурного анализа для меди, деформированной РКУП при разных режимах.

На рис.5 показаны снимки электронной микроскопии образца, деформированного в дробном режиме ( $\epsilon < 1$ ) со степенью деформации  $\Sigma \epsilon = 2$ , которые иллюстрируют зародышевую пору, ее структурное расположение и превращение в микротрещину в процессе деформации сдвигом.

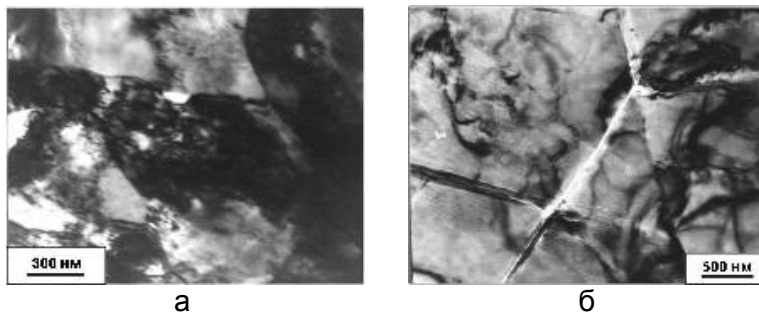


Рисунок 5 - ПЭМ изображения формирования при РКУП микропор (а) и микротрещин (б).

### Выводы

В результате проведенных исследований выявлено влияние различных схем РКУП на деформационную пористость материала и его физико-механические свойства.

Определена связь между деформационным разуплотнением, тонкой структурой и твердостью материала. Показано, что с увеличением степени деформации до  $\Sigma \epsilon = 6$  количество несплошностей в материале резко увеличивается, а твердость практически не повышается, что характерно для обеих схем РКУП.

Анализ полученных экспериментальных данных по структуре, упрочнению и деформационной пористости медных образцов в результате применения различных схем РКУП показал, что с точки зрения уменьшения дефектности материала, более предпочтительной является схема деформации меди в дробном режиме ( $\epsilon < 1$ ).

### Литература

- 1.Черемской П.Г., Слезов В.В., Бетехтин В.И. Поры в твердом теле. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 376 с.
- 2.Матросов Н.И., Сенникова Л.Ф., Павловская Е.А. и др. Субмикроструктурная структура меди после больших пластических деформаций. // Металлофизика и новейшие технологии.-2003.- Т.25, № 10. – С. 1321 – 1328.