

НЕОДНОРОДНОСТЬ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРЯЧЕКАТАННОЙ МЕДИ М1 ПОСЛЕ РАВНОКАНАЛЬНОЙ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Землякова Н.В.

Институт проблем машиностроения РАН - филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федерального исследовательского центра Института прикладной физики Российской академии наук» (ИПМ РАН), г. Нижний Новгород, Россия, E-mail: serti222@yandex.ru

В настоящее время ставятся задачи получения нового, прежде всего высокотекстурованного материала. Для этого необходимо иметь физическое представление о динамических процессах формирования структуры с упорядоченной морфологией. Эволюция кристаллографической текстуры после РКУП для меди зависит от количества циклов или проходов [1-4]. Первый проход приводит к формированию сильной преимущественной ориентации зерен. Увеличение степени накопленной деформации способствует усилению кристаллографической текстуры. В результате многопроходного (более 8 проходов) РКУ прессования в меди формируется текстура, которая описывается идеальными кристаллографическими ориентировками $\{111\} \langle uvw \rangle$ и $\{hkl\} \langle 111 \rangle$, типичными для текстур простого сдвига в металлах с ГЦК решеткой [1]. Другим фактором, влияющим на текстуру в поверхностном слое медной полосы, является коэффициент трения: при коэффициенте трения 0,2 в поверхностных слоях возникает текстура (100) [011], а при коэффициенте трения 0,5 появляется ориентировка (111) [110]. Важно учитывать, что на поверхности образца формируется своя текстура, на которую влияет коэффициент трения.

Цель работы: Изучить неравномерное распределения структурных параметров и физико-механических свойств после РКУП обработки для образцов меди М1 разного направления вырезки (45° и 0° к направлению прокатки).

В исходном состоянии материал представлял горячекатаный лист. Степень деформации за 1 проход РКУП составила 1,08 [4], маршрут Вс, 8 проходов, комнатная температура.

Для решения поставленной задачи необходимо: провести моделирование процесса интенсивной деформации и подтвердить неоднородность акустическими и макроструктурными исследованиями.

Для моделирования течения материала через пресс при РКУП использовали образец размерами $78 \times 20 \times 20$ мм, составленный из продольных слоев пластилина разного цвета толщиной каждого слоя 5мм. На продольном сечении образца после 8 проходов по маршруту Вс через угловой канал в 90° с сечением 20мм видно, что толщина слоев изменяется от 5мм до 0,3мм (рис.1). Для образца меди ($8 \times 8 \times 55$ мм) со 2 по 8 проход РКУП произошли похожие изменения с размером зерна от 5мкм до 0,3мкм [5,6]. Расположение слоев течения пластилина у поверхности образца составляет 30° и 60° в центральной части образца (рис.1 и схемы рядом). После РКУП в макроструктуре медного образца образованы волокна, шириной 0,6 мкм, расположенные под теми же углами 35° и 60° относительно направления деформации (рис.2).

Измерения на ПМТ – 3 показали неоднородное распределение микротвердости по центру в продольном направлении: отклонения составляют ± 200 МПа (рис.3).

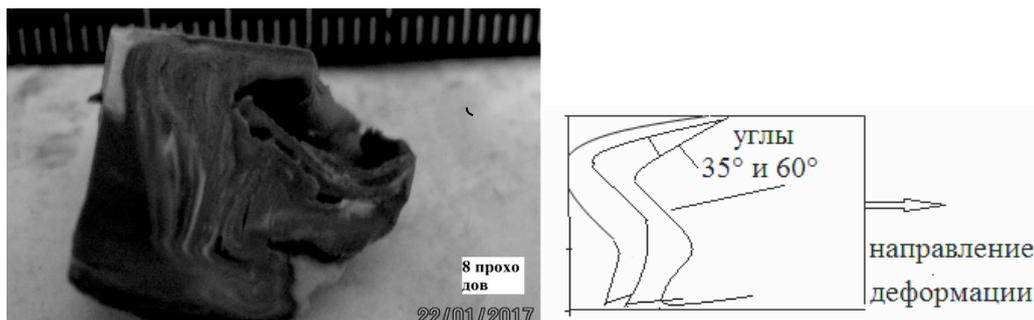


Рисунок 1 – Расположение волокон после 8 проходов по маршруту Вс равноканальной деформации на продольных гранях из пластилина и схема расположения волокон



Рисунок 2 – Макроструктура продольного образца

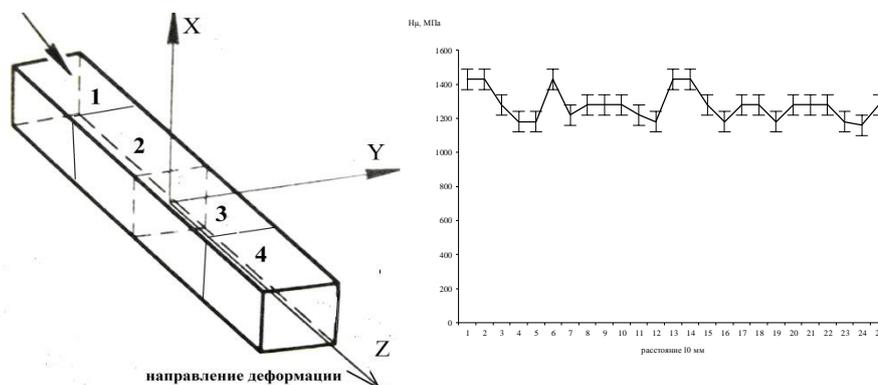


Рисунок 3 – Схема замера для определения собственной акустической анизотропии и гистограмма распределение микротвердости в центральной части образца

Для измерения акустических параметров использовали установку, состоящую из генератора, зондирующих сигналов, высокочастотного усилителя, цифрового осциллографа PC SCOPE 1000VS и ПК. Центральная частота пьезоэлектрических преобразователей составляла ~ 5 МГц. Исследования проводились при комнатной температуре. Для получения амплитудно-временной диаграммы серии отраженных импульсов использовался цифровой осциллограф PCS500 Velleman. Полученные данные обрабатывались в программе MathCad. Относительная погрешность измерения времени распространения поперечных волн составила 0.0040.02%, продольных волн 0.0140.04 %. Перед исследованием образец шлифовали, боковую поверхность разделили на 4 зоны (1, 2, 3, 4) длиной по 10мм каждая, замеры проводили на двух перпендикулярно расположенных плоскостях образца (zox), (zoy), согласно схеме (рис. 1).

$$A = \frac{2(t_1 - t_2)}{t_1 + t_2} = \frac{2(V_1 - V_2)}{V_1 + V_2} = k^w W^{420} = k^w W^{400} [7, 8, 9] \quad (1)$$

где k^w – коэффициент и W^{420} – коэффициент функции распределения ориентировок кристаллов в поликристаллическом материале, V_1, V_2 – скорости упругих поперечных волн, поляризованных вдоль и поперек направления проката соответственно, t^1 и t^2 времена распространения поперечных волн, поляризованных вдоль и поперек направления проката соответственно.

Из формулы (1) следует, что скорости сдвиговых волн зависят от кристаллографической анизотропии. Значения акустической анизотропии для обр. №1 составили $A^1 = -0,024$ (0,048) и для продольного обр. № 2 – $A^2 = -0,092$ (-0,020). Малое значение анизотропии равно $A = 0,02$ соответствует изотропному материалу [7]. Для образца №2 анизотропия имеет только отрицательное значение и образца №1 анизотропия двух знаков. Объяснить полученный результат, с учетом выше изложенного, можно следующим образом. В образце продольного направления текстурные изменения происходят в одной кристаллографической плоскости, и, согласно данным работы [1,3], – это плоскости простого сдвига (111). Изменение направления вырезки под углом в 45° имеет текстуру деформации уже в двух

кристаллографических плоскостях (111) и, вероятно, согласно работе, это расположение зерен в плоскости (100) [1].

Вывод: Интенсивная пластическая деформация образцов меди размерами 8x8 x55 мм методом РКУП создает в сечении (8 x 55 мм) макроструктуру в виде волокон, толщиной менее 0,6 мкм, расположенных под разными углами у поверхности и в центре образца. Результатом неоднородной деформации становится неоднородное распределение микротвердости и появление кристаллографической анизотропии.

Автор благодарит Данилову Н.В. за помощь в проведении замеров по акустике

Список литературы:

1. Валиев Р.З. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. М.: Логос, 2000. - 272с.
2. Утяшев Ф. Р. Современные методы интенсивной пластической деформации. Уфа, 2008. - 314с.
3. Сегал В.М. и др. Процессы пластического структурообразования металлов. Минск. Наука и техника. - 1994. - 231с.
4. Коршунов А.И. Физико-механические свойства материалов после равноканального углового прессования. Особенности появления. Монография. Саров, 2013. - 256с.
5. Землякова Н.В. Влияние большой пластической деформации на изменение структуры меди М 1. // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. - 2016. - Т. 13. - № 3. - С. 326-330
6. Кикин П.Ю., Мишакин В.В., Перевезенцев В.Н., Землякова Н.В. Исследование корреляции структурных параметров и механических свойств с акустическими характеристиками ультрамелкозернистого сплава 1421. // Вопросы материаловедения. 2008. №3 (55). С.19.
7. Лившиц Б.Г. Физические свойства металлов и сплавов. Москва. Металлургия, 1986.-320с.
8. Труэлл Р. Ультразвуковые методы в физике твердого тела. – М.: Мир, 1972. - 308с.
9. Sayers C.M. Ultrasonic velocities in anisotropic polycrystalline aggregates // J. Phys. D: Appl. Phys, 1982. - №15. - P. 2157 - 2167.