

СТРУКТУРНЫЙ И ТЕКСТУРНЫЙ АНАЛИЗ КАПИЛЛЯРНОЙ МЕДНОЙ ТРУБКИ

Иванова М.А., Карабаналов М.С., Степанов С.И.

*Руководители – проф., к.т.н. Демаков С.Л., доц., к.т.н. Илларионов А.Г.
ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
г. Екатеринбург
m.a.ivanova@ustu.ru*

Медные капиллярные трубы применяются для изготовления измерительных приборов и испарителей холодильных установок.

Целью работы явилось установление структурных и текстурных характеристик медных капиллярных труб в двух различных состояниях: после интенсивной пластической деформации и после вакуумного рекристаллизационного отжига. Трубка была получена на ОАО «Ревдинский завод по обработке цветных металлов». Материал – медь марки М1р по ГОСТ 859-2001.

Исследование проводили на отобранных отрезках трубки, диаметром 2,10 мм и внутренним диаметром 0,8 мм, полученной в промышленных условиях. Структурный и текстурный анализ проводили на растровом электронном микроскопе ZEISS CrossBeam AURIGA с приставкой для дифракции обратнорассеянных электронов (EBSD) Oxford Inca.

На рис. 1 а, б приведено распределение текстурных компонент по радиусу стенки трубки в поперечном и продольном сечениях. С учетом того, что в тангенциальном направлении преобладающей компонентой текстуры является ориентировка $\langle 011 \rangle$, то в целом текстура в трубке характеризуется как многокомпонентная ограниченная с основными ориентировками $\langle 111 \rangle \{011\}$, $\langle 100 \rangle \{011\}$, где направление совпадает с осью трубки, а плоскость совпадает с продольным сечением трубки, проходящим через радиус. Анализ полюсной плотности основных компонент текстуры (рис. 1, в) показал, что соотношение ориентировок $\langle 111 \rangle / \langle 100 \rangle$ составляет приблизительно 3:1.

В продольном сечении наблюдается полосчатость, обусловленная тем, что зерна меди вытянуты на значительную длину и могут обеспечивать различную ориентировку при стохастическом расположении кристаллитов. В поперечном сечении прослеживается больший размер кристаллитов в радиальном направлении, что свидетельствует о преобладании тангенциальных деформаций укорочения.

Вблизи внутренней поверхности трубки наблюдается преимущественно направление $\langle 111 \rangle$ (в плоскости, совпадающей с направлением радиуса).

диаграмма Шмида имеет два максимума – один в области значения 0,33, а второй вблизи значений 0,45...0,46. Наличие этих максимумов хорошо коррелирует с основными текстурными компонентами в деформированном состоянии - $\langle 111 \rangle$ и $\langle 100 \rangle$, имеющими фактор Шмида $\sim 0,3$ и $\sim 0,45$ соответственно. Как видно из рисунков, пик частотного распределения фактора после отжига сдвигается в сторону больших значений, что свидетельствует об уменьшении доли зерен в структуре с преимущественным направлением типа $\langle 111 \rangle$ вдоль оси трубы.

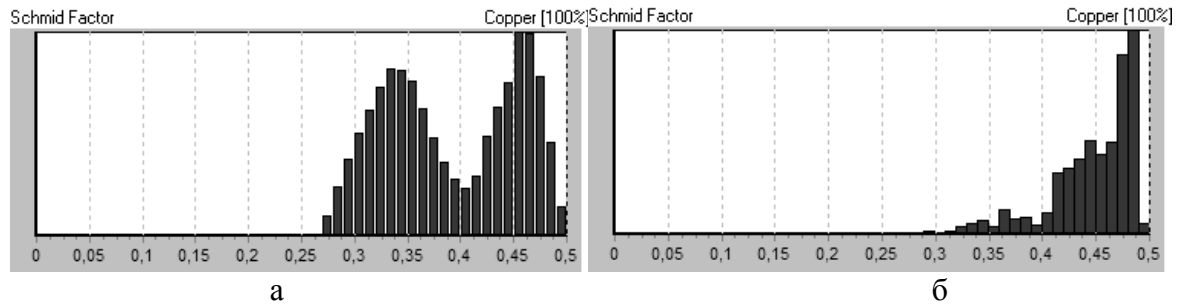


Рис. 3. Частотные диаграммы значений фактора Шмида (Schmid factor) для деформированного (а) и отожженного (б) состояния меди

Применительно к такому материалу, как медь при использовании ее в качестве теплопроводящего материала характеристика межзёренных границ становится важной, так как поверхности раздела зёрен (кристаллитов) создают дополнительный барьер на пути процессов теплопередачи. Был выполнен анализ состояния специальных границ в изучаемом материале, он показал, что для деформированного состояния достигается совпадение границ решеток на различных уровнях, а для отожженного состояния – наиболее высока вероятность совпадения каждого третьего атома и доля специальных границ типа $\Sigma 3$ близка к 100%.

По работе можно сделать следующие выводы:

1. Особенное распределение деформаций и текстурных составляющих при волочении с большими накопленными деформациями капиллярных медных труб позволяет оценить вклад этих явлений в технологию производства этих изделий. Методами текстурного анализа установлено, что вблизи внутренней поверхности капиллярной трубы наблюдается преимущественно направление $\langle 111 \rangle$ в плоскости, совпадающей с направлением радиуса, что подтверждает эффект неравномерного распределения компонент тензора деформации.

2. Выявлено, что проведение промышленного отжига в вакууме при температуре 550°C в течение 5,5 ч приводит теплотехническую медь к рекристаллизованному состоянию.

Работа выполнена при финансовой поддержке молодых ученых УрФУ в рамках реализации программы развития УрФУ