

Из этого распределения видны биполярный характер термоупругой волны и симметричное расположение участков сжатия и растяжения (рис. 1 а). Если создать несимметричный температурный нагрев, то соответственно несимметрично будут распределены участки сжатия и растяжения. При подходе волны к тыльной поверхности происходит отражение: участок сжатия в подающей волне компенсируется отраженной волной растяжения, и на расстоянии менее 0,2 (120 мкм) от тыльной поверхности напряжение нулевое на момент времени до 1,2 (рис.1 б, кривая 2). Начиная с момента времени 1,1, отраженная волна растяжения суммируется с участком растяжения в падающей волне, что приводит к удвоению напряжения (рис. 1 б, кривая 1). Такое возрастание напряжений приводит к возникновению откола. Более детальное исследование места возникновения откола требует учета времени действия растягивающих напряжений и использования модели временной прочности. Поэтому нахождение координаты места откола – отдельная задача.

Таким образом, на основании решения несвязанной термоупругой задачи с параболическим уравнением теплопроводности при заданном треугольном профиле температуры на поверхности показано, что биполярность термоупругой волны обусловлена сменами режимов нагрева и охлаждения. Выявлены участки удвоенного растяжения у тыльной границы и удвоенного сжатия у лицевой поверхности. Созданное поле напряжений приведет к перестройке дефектной структуры материала, и будет способствовать ускоренному массопереносу. Это обстоятельство может объяснить увеличение глубины упрочненного слоя, превышающую глубину теплового влияния.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук МК-4166.2015.2 и – докторов наук МД-2920.2015.8, РФФИ в рамках научных проектов №№ 13-02-12009 офи_м, 15-08-03411, 14-08-00506а, госзаданий Минобрнауки №№ 2708 и 3.1496.2014/К на выполнение научно-исследовательской работы.

Список литературы

1. Диденко А.Н., Лигачев А.Е., Куракин И.Б. Воздействие пучков заряженных частиц на поверхность металлов и сплавов. М.: Энергоатомиздат. 1987. 187 с.
2. Новацкий В. Динамические задачи термоупругости. М.: Мир, 1970. 256с.
3. Марков А.Б., Ротштейн В.П. Термический и деформационно-волновой механизмы упрочнения углеродистой стали при воздействии высокоэнергетического сильнофокусированного электронного пучка // ФиХОМ, 1997. №6. С. 36-41.

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ДИСЛОКАЦИОННУЮ СУБСТРУКТУРУ ТЕХНИЧЕСКИ ЧИСТОЙ МЕДИ ПРИ ПОЛЗУЧЕСТИ

**Ярополова Н. Г.¹, Коновалов С. В.¹, Загуляев Д. В.¹, Бондаренко К. Ю.¹,
Комиссарова И. А.¹, Иванов Ю. Ф.², Громов В. Е.¹**

¹*Сибирский государственный индустриальный университет*

Новокузнецк, Россия, konovalov@physics.sibsiu.ru

²*Институт сильноточной электроники СО РАН*

Томск, Россия, yufi@mail2000.ru

Настоящая работа, являющаяся продолжением исследований, начатых в [1, 2], посвящена установлению влияния слабого магнитного поля на параметры дислокационной субструктуры технической чистой меди, подвергаемой испытаниям на ползучесть. В каче-

стве материала для исследований использовали поликристаллическую медь марки М00б. Как и в [1] перед испытаниями на ползучесть структуру материала приводили в равновесное состояние путем рекристаллизационного отжига в течение 2 часов при температуре 700 °С с последующим охлаждением в воде. Испытания в режиме ползучести проводили при постоянном растягивающем напряжении $\sigma = 130$ МПа и температуре 25 °С до разрушения. Первая половина из них деформировалась в условиях внешнего магнитного поля с индукцией 0,35 Тл, вторая половина – в обычных условиях.

В объеме зерен меди выявлена разнообразная дислокационная субструктура (ДСС). Основным типом ДСС являются дислокации, относительное содержание которых ~56 %. Несколько меньший объем материала занимает ячеистая дислокационная субструктура – 36 %. Следует отметить, что в объеме ячеек и в полосовой субструктуре выявляется сетчатая дислокационная субструктура и дислокации, распределенные хаотически. Размеры ячеек изменяются в пределах от 0,5 до 1,0 мкм.

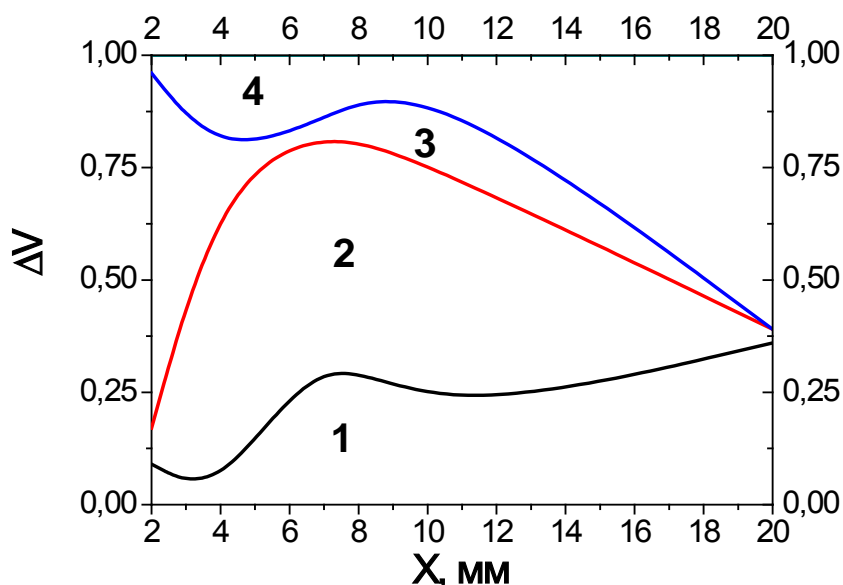


Рис.1. Диаграмма ДСС, выявленных в меди, разрушенной в условиях ползучести. 1 – ячейки; 2 – полосы; 3 – субзерна; 4 – другие типы ДСС зерна (хаотическая + сетчатая + сгущения)

Анализируя результаты, представленные на рис. 1, можно отметить, что при ползучести меди без наложения магнитного поля основным типом ДСС вблизи от зоны разрушения является субзеренная. По мере удаления от зоны разрушения объемная доля материала, занятого ячеистой ДСС и зернами, содержащими хаотически распределенные дислокации, дислокационные сетки и сгущения, увеличивается, субзернами – уменьшается, а полосовой ДСС изменяется по кривой с максимумом, достигаемым на расстоянии (4–10) мм от поверхности разрушения.

Анализируя результаты, представленные на рис. 2, можно сказать, что основными типами ДСС вблизи от зоны разрушения являются субзеренная и ячеистая. По мере удаления от зоны разрушения объемная доля материала, занятого ячеистой ДСС, изменяется незначительно; занятой зеренной, содержащими хаотически распределенные дислокации, дислокационные сетки и сгущения, увеличивается, субзернами – уменьшается, а полосовой ДСС изменяется по кривой с максимумом, достигаемым на расстоянии (4–7) мм от поверхности разрушения.

Сопоставляя результаты, представленные на рисунках 1 и 2 можно отметить, что условия ползучести (с магнитным полем или без магнитного поля) не оказывают влияния на градиент дислокационной субструктуры материала.

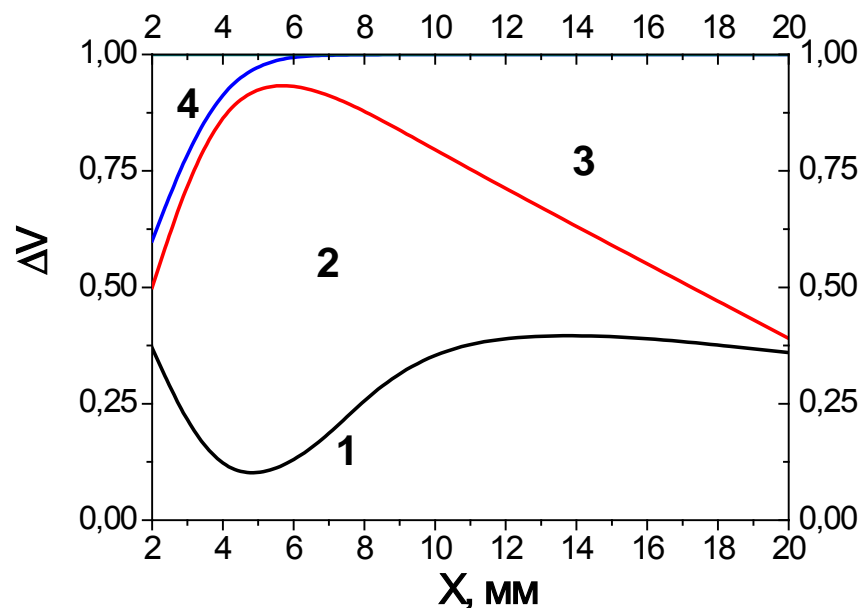


Рис. 2. Диаграмма ДСС, выявленных в меди, разрушенной в условиях ползучести при воздействии магнитного поля. 1 – ячеистая; 2 – полосовая; 3 – ДСС зеренная (хаотическая + сетчатая + сгущения); 4 – субзеренная

Таким образом было установлено, что в количественном отношении типов ДСС выявляются особенности при разрушении в магнитном поле. А именно, вблизи зоны разрушения основным типом ДСС в меди, деформированной в условиях ползучести без магнитного поля, является субзеренная структура. Наложение магнитного поля приводит к снижению относительного содержания в меди субзеренной структуры в 2 раза. Следовательно, магнитное поле замедляет скорость перестройки дислокационной субструктуры при ползучести меди.

Работа выполнена на оборудовании Центра коллективного пользования «Материаловедение» СибГИУ и при финансовой поддержке РФФИ (проект №14-08-00506а), гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - докторов наук (проект МД-2920.2015.8) и государственного задания № 3.1496.2014/К.

Список литературы

1. Загуляев Д.В., Литвиненко Н.Г., Комиссарова И.А. и др. Особенности и закономерности изменения кинетики ползучести меди в магнитном поле // Цветные металлы. – 2013. – № 4. – С. 74-77.
2. Загуляев Д.В., Коновалов С.В., Комиссарова И.А. и др. Изменение чувствительности микротвердости Al к магнитному полю при его многократном воздействии // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2012. – Т. 9. – № 3. – С. 295-298.