

700°C в структуре образуется зона столбчатых зерен на поверхности наряду с равноосными зернами в центральной зоне. Это можно объяснить критическими степенями деформации. Такой отжиг приводит к резкому падению пластичности.

Пластическая деформация помимо накопления дефектов вызывает ряд процессов в деформируемом металлическом материале. Тип и закономерности процессов зависят от природы деформируемого материала. Так, в стареющих сплавах происходит перераспределение дисперсных фаз и образование новых, изменение стехиометрического состава и кристаллической структуры имеющихся в них выделений и другие сложные процессы (4).

Применительно к трубам это выглядит так: деформация штрипса при формовке и редуцировании трубы вызывает вырывание закрепленных дислокаций, образование свежих дислокаций и перераспределение атомов внедрения, закрепляющих дислокации, т.е. деформационное старение труб.

Многие процессы, происходящие в металлах и сплавах при пластической деформации, хорошо изучены. Однако недостаточно изученной является природа взаимосвязи превращений дислокационной субструктуры с другими процессами, происходящими в сплавах. Все это определяет важность исследований закономерностей эволюции дислокационной структуры труб и сопутствующих процессов.

#### **Список литературы**

1. Новиков, И.И. Дефекты кристаллического строения металлов: Учеб. пособие для вузов/ И.И. Новиков -М.: Металлургия, 1983.- 232с.
2. Конева, Н.А. Классификация, эволюция и самоорганизация дислокационных структур в металлах и сплавах/Н.А. Конева // Соросовский образовательный журнал.- 1996.- №6- с. 99-107.
3. Бернштейн, М.Л. Структура деформированных металлов/М.Л. Бернштейн - М.: «Металлургия», 1976.- 430с.
4. Бабич, В.К., Гуль, Ю.П., Долженков, И.Е. Деформационное старение стали./В.К. Бабич, Ю.П. Гуль, И.Е. Долженков - М.: «Металлургия», 1972-. 320с.

### **ХАРАКТЕР И МЕХАНИЗМЫ РАЗРУШЕНИЯ ДВУМЕРНЫХ ПОЛИКРИСТАЛЛОВ АЛЮМИНИЯ, ДЕФОРМИРОВАННЫХ В УСЛОВИЯХ АКТИВНОГО НАГРУЖЕНИЯ**

**Бадиян Е. Е., Тонкопряд А. Г., Шеховцов О. В., Шуринов Р. В.**

*Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, г. Харьков, Украина*  
[Evgeny.E.Badiyan@univer.kharkov.ua](mailto:Evgeny.E.Badiyan@univer.kharkov.ua)

В реальных поликристаллах, отличающихся исходной дефектной структурой, кристаллографической ориентацией зерен и наличием границ зерен (ГЗ) разного типа, вопрос о возникновении и развитии трещин при пластическом деформировании является достаточно сложным.

В настоящей работе изучены условия возникновения и закономерности развития трещин и характер разрушения двумерных поликристаллов алюминия со средним размером зерна  $\bar{d}$  от 1 до 20 мм, прошедших различную предварительную термомеханическую обработку и деформированных в условиях одноосного растяжения со скоростью деформирования  $\dot{\epsilon} \approx 10^{-5} \text{ с}^{-1}$  при комнатной температуре. В двумерных поликристаллах из-за отсутствия стесненности в направлении, перпендикулярном поверхности образца, все структурные и ориентационные эффекты, предшествующие возникнове-

нию трещин, проявляются намного ярче, чем в трехмерных поликристаллах. Для изучения ориентационных структурных изменений *in situ*, происходящих в процессе деформации и разрушения образцов, использовалась оригинальная методика, основанная на дифракции света на квазипериодической структуре поверхности образца, возникающей в результате химического травления [1]. Для проведения полной аттестации границ зерен и определения кристаллографической ориентации зерен использовали метод Лауэ.

Экспериментально установлено, что разрушение двумерных поликристаллов алюминия в зависимости от исходной зеренной структуры может носить транскристаллитный, зернограничный или смешанный характер. В крупнокристаллических образцах ( $\bar{d} \geq 10$  мкм) преимущественно происходит транскристаллитное разрушение: трещина возникает в теле зерна и при переходе через границу всегда меняет направление развития, которое определяется кристаллографией зерна. Установлено, что возникновение трещин в двумерных поликристаллах алюминия при транскристаллитном разрушении возможно в трёх случаях. В образце до деформирования должно быть одно из зерен с ориентацией оси растяжения, близкой к кристаллографическому направлению [311], а нормали к поверхности зерна – к направлению [411]. Если зерна с такой кристаллографической ориентацией в образце нет, то при деформировании происходят ориентационные изменения, приводящие к достижению такой ориентации в одном из зерен, в котором впоследствии и возникает трещина. Если невозможна реализация ни одного из указанных вариантов, возникновение и развитие трещины происходит в развитой ротационной структуре, которая возникает в процессе деформации. Определена вероятность транскристаллитного разрушения в зависимости от среднего размера зерна. Из полученной зависимости следует, что зернограничное разрушение происходит практически всегда в образцах с  $\bar{d} < 3$  мкм. В промежуточном интервале размеров зерна  $3 < \bar{d} < 10$  мкм возможно смешанное разрушение: трещина возникает в ГЗ, а при дальнейшем развитии может переходить в тело зерна.

Установлено, что зернограничное разрушение может иметь различные закономерности: 1 – трещина возникает в одной из ГЗ и последовательно переходит в другую ГЗ и т.д. до окончательного разрушения образца; 2 – трещины возникают в разных ГЗ, удаленных друг от друга, возможно одновременное развитие всех трещин, возможно и последовательное возникновение и развитие трещин в различных границах; 3 – трещины возникают последовательно в разных ГЗ и невозможно предсказать, какая из них приведет к разрушению. Показано, что зернограничное разрушение обусловлено наличием в образцах границ зерен общего типа, число которых растет с уменьшением размера зерна. Возможной причиной возникновения трещин в ГЗ можно считать наличие зернограничных пор. Такой вывод основывается на результатах исследования разуплотнения образцов с различной предысторией. Установлено, что максимальное разуплотнение имеет место в образцах с минимальным размером зерна и оно локализуется в процессе деформирования в области границ зерен.

Таким образом, полученные результаты показывают, что характер разрушения двумерных поликристаллов алюминия определяется не только исходной микродефектной структурой образца, но и особенностями её развития в процессе деформирования.

## Список литературы

1. Патент на изобретение № 89743, МПК (2009) G01В 11/16, Украина. Способ контроля ориентационных и структурных изменений в кристаллических материалах *in situ* в процессе внешнего воздействия / Бадиян Е. Е., Тонкопряд А. Г., Шеховцов О. В., Шуринов Р. В. – Заявл. 22.06.2009, номер заявки: а 2009 06455. Оpubл. 25.02.2010, бюл. № 4.