

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ МИКРОНАПРЯЖЕНИЙ И СУБСТРУКТУРНАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ В ТЕКСТУРОВАННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ: МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ВЫЯВЛЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ

Перлович Ю. А., Исаенкова М. Г., Фесенко В. А.

Московский инженерно-физический институт (Государственный университет)
perlovich@hotmail.com

Автоматизация рентгеновских измерений и использование компьютерной обработки получаемых результатов позволили резко расширить возможности дифрактометрических методов исследования и перейти на уровень многомерного описания структуры металлических материалов. Новый подход к рентгеновскому изучению материалов основывается на совмещении текстурной съемки и регистрации профиля рентгеновской линии при последовательных положениях образца в рамках единой измерительной процедуры, так что массив получаемых данных содержит теперь информацию о зернах всех ориентаций, присутствующих в текстуре образца. Величины межплоскостных расстояний, блоков когерентного рассеяния, микроискажений кристаллической решетки, плотности дислокаций, упругой деформации и других характеристик субструктуры могут быть представлены в виде распределений в зависимости от ориентации зерен, а также в виде корреляционных зависимостей, связывающих между собой дифракционные и субструктурные параметры. Распределения измеренных дифракционных параметров или вычисленных субструктурных параметров в ориентационном пространстве, называемые Обобщенными Поллюсными Фигурами (ОПФ), дают наиболее полное доступное описание структуры исследуемого материала.

Впервые построены распределения упругой микродеформации в различных прокатанных металлических моно- и поликристаллах. Полученные ОПФ были систематизированы с учетом их текстурных особенностей. Было установлено, что микронапряжения уравновешены в пределах исследуемого объема таким образом, что каждый структурный элемент с некоторой ориентацией оси $\langle hkl \rangle$, вдоль которой кристаллическая решетка упруго сжата, имеет в ориентационном пространстве пару, где вдоль оси $\langle hkl \rangle$ с зеркальной ориентацией решетки растянута на ту же самую абсолютную величину.

Реализация этого принципа четко прослеживается при постепенном усложнении текстуры прокатки материала – от простых одно- и двухкомпонентных текстур прокатанных монокристаллов до сложных текстур прокатанных поликристаллов. Если текстура прокатки содержит единственную компоненту, эта компонента распадается на две близкие субкомпоненты, различающиеся знаком упругой деформации вдоль одних и тех же направлений. Если текстура образована двумя кристаллографически эквивалентными компонентами, равновесие упругих микронапряжений в образце обеспечивается тем, что взаимно соответствующие компоненты тензоров деформации их кристаллитов имеют противоположные знаки. Большинство прокатанных поликристаллических материалов имеют перекрестный характер распределения микронапряжений, состоящий в чередовании на полюсной фигуре квадрантов с преобладанием упругого растяжения и упругого сжатия.

Показано, что структура металлических материалов с развитой текстурой включает предельно широкий спектр субструктурных состояний, развитие которого сопряжено с формированием в материале кристаллографической текстуры в результате закономер-

ной переориентации зерен при действии в них механизмов пластической деформации. В зависимости от исходной ориентации зерен и их соседей, в них активизируются различные деформационные механизмы, обуславливая разные уровни наклепа и формирование разных субструктур. Установлен ряд общих, ранее неизвестных закономерностей, контролирующих субструктурную неоднородность материалов с развитой текстурой. Показано, что ориентация зерен по отношению к текстурным максимумам и минимумам является наиболее эффективным критерием систематизации субструктурных неоднородностей. Зерна, соответствующие по ориентации центральным участкам текстурных максимумов, обладают наиболее совершенной кристаллической решеткой и самыми крупными блоками когерентного рассеяния, а по мере перехода к текстурным минимумам блоки измельчаются и микронсажения решетки растут.

РАЗВИТИЕ ТЕКСТУРЫ И СТРУКТУРЫ В МЕТАЛЛАХ С ГЕКСАГОНАЛЬНОЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКОЙ ПРИ РАВНОКАНАЛЬНОМ УГЛОВОМ ПРЕССОВАНИИ

Перлович Ю.А., Исаенкова М.Г., Фесенко В.А., Грехов М.М.

Московский инженерно-физический институт (Государственный университет)
perlovich@hotmail.com

Равноканальное угловое прессование (РКУ-прессование) рассматривается как перспективный способ получения прутков с однородной структурой, ультрамелким зерном и повышенными прочностными свойствами. Продемонстрированы возможности современных методов рентгеновской дифрактометрии при изучении процессов формирования текстуры и структуры в прутках из циркония, подвергнутых РКУ-прессованию с числом циклов от 1 до 4 при температуре 350°C.

Образцы для исследования размером 3×3×3 мм вырезали электроискровым методом из различных участков поперечного сечения прутка диаметром 10 мм. Их рентгеновское исследование включало съемку полных текстурных полюсных фигур и восстановление профиля рентгеновских отражений от зерен всех ориентаций, представленных в текстуре образца. Для описания структурной неоднородности прутков строили распределения объемных долей зерен, характеризующихся различными величинами параметров этого профиля, определяемых субструктурными особенностями отражающих зерен.

В исходном прутке, находившемся в рекристаллизованном состоянии, существовала обычная для ГПУ-металлов аксиальная текстура. В результате РКУ-прессования текстура исходного прутка принципиально меняется в соответствии со схемой нагружения, при которой, как явствует из особенностей распределения базисных нормалей, ось растяжения отклонена от оси прутка на 20°-30° в сторону внутренней поверхности L-образного канала, а ось сжатия – на 60°-70° в сторону его внешней поверхности. Формирующаяся при этом конечная текстура РКУ-прессования характеризуется асимметричным компактным расположением базисных нормалей на угловом расстоянии 45°-60° от оси прутка. Причем, по сечению прутка текстура РКУ-прессования заметно меняется, отражая локальный поворот осей деформации. Перед каждым следующим проходом прутков поворачивают на 90° или 180° (маршруты В_С и С, соответственно), вследствие чего при каждом проходе исходная текстура резко отличается от конечной текстуры РКУ-прессования, так что ее повторное воспроизведение требует значительной переориентации кристаллической решетки в зернах α-Zr. Поэтому степень совпа-