

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](mailto: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<sub>С</sub> 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  $\alpha$ -Zr. Поэтому степень совпа-

дения текстур, формирующихся в прутке при последовательных проходах РКУ-прессования, отражает склонность материала к деформационному наклепу и к измельчению его структуры, сказывающихся на активизируемых механизмах пластической деформации.

Малая угловая ширина рентгеновских линий свидетельствует об относительном совершенстве кристаллической решетки  $\alpha$ -Zr, резко отличающем прутки, претерпевшие РКУ-прессование, от других деформированных изделий из циркониевых сплавов. Очевидно, в условиях прессования в материале прутков интенсифицируются процессы возврата, приводящие к падению плотности дефектов и устраняющие искаженность кристаллической решетки. Вместе с тем, установлено, что способность материала к воспроизведению одной и той же текстуры РКУ-прессования меняется при переходе от одного участка поперечного сечения прутка к другому и минимальна на его стороне, прилегающей к внешней поверхности L-образного канала.

## ГЕТЕРОГЕННОЕ ЗАРОЖДЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ДВОЙНИКОВ ПРИ ИНДЕНТИРОВАНИИ

Башмаков В. И., Чикова Т. С.\*

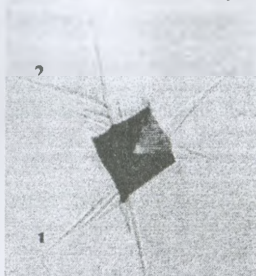
*Мозырский государственный педагогический университет, Мозырь, Беларусь.*

*\*Санкт-Петербургский государственный университет, Россия*

[mozvuz@mail.gomel.by](mailto:mozvuz@mail.gomel.by)

При индентировании металлического кристалла сосредоточенной нагрузкой на рабочей поверхности образца остается отпечаток алмазной пирамидки с серией клиновидных двойников у ее граней (см. рис.).

У отпечатка индентора всегда имеются области предпочтительного зарождения двойников. Обнаружено, что при многократном вдавлении алмазной пирамидки со статической нагрузкой в плоскость спайности монокристалла висмута при идентичных условиях нагружения и неизменной взаимной ориентации действующих плоскостей двойникования и деформирующего устройства, картина расположения ансамбля клиновидных двойников вокруг отпечатка заметно повторяется. Более 70% двойниковых прослоек возникают в одних и тех же местах граней пирамидки. Аналогичный результат получен при замене пирамидки на стальной шарик. Геометрические особенности индентора и качество обработки его поверхности задают набор стабильных концентраторов напряжений, инициирующих зарождение двойникования. Места появления остальных двойников заранее предсказать невозможно. Их возникновение активируется случайными концентраторами напряжений, роль которых выполняют скрытые внутренние дефекты кристаллической решетки. Зарождение двойников на неоднородностях структуры может происходить как у отпечатка индентора, так и за его пределами. Это, как правило, двойники, расположенные на некотором расстоянии от грани отпечатка (двойник 1 на фото) или двойники-ветви (двойник 2 на фото), находящиеся на скоплениях двойникоующих дислокаций в наиболее искривленной части границы двойникового клина. Однако во всех случаях гетерогенное зарождение двойников происходит в зоне вокруг отпечатка, деформированной



Микрофотография отпечатка алмазной пирамидки на плоскости (111) монокристалла висмута с серией клиновидных двойников