

- вые переходы, упорядоченные состояния и новые материалы [Electronic resource]. Mode of access : http://www.ptosnm.ru/_files/Moduls/catalog/items/2009_12_9.pdf
4. XMD – Molecular Dynamics for Metals and Ceramics // [Electronic resource]. Mode of access : <http://xmd.sourceforge.net/about.html>.
 5. Бабичев А.П., Бабушкина Н.А., Братковский А.М., и др. Физические величины: справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.
 6. Гладких Н.Т., Дукаров С.В., Крышталь А.П., и др. Поверхностные явления и фазовые превращения в конденсированных пленках. – Харьков: ХНУ имени Н.В. Карамзина, 2004. – 276 с.

НАКОПЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ В ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ДЕФОРМАЦИОННОГО РЕЛЬЕФА

Е.А. Алфёрова, к.ф.-м.н., доцент, А.А. Черняков, студент
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652050, г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451) 6-22-48
E-mail: katerina525@mail.ru

Изучение неоднородности деформации является важной задачей при исследовании пластической деформации. Вопросами неоднородности деформации поликристаллов занимались Надаи А., Кузнецов В.Д., Губкин С.И. и др.

В основе изучения пластической деформации лежит исследование картины деформационного рельефа для анализа сдвиговой деформации и использование рентгеноструктурного метода для анализа кристаллографических разориентировок. Если поверхность металлического образца отполировать, а затем подвергнуть нагружению, то на поверхности можно обнаружить системы параллельных тонких линий – линий скольжения. Указанные линии являются проявлением неоднородности деформации, в этом случае деформация локализована в плоскости скольжения. В начале XX века Розенхайн и Эвинг показали, что эти линии представляют собой ступеньки на поверхности, возникающие в результате микроскопических сдвиговых смещений вдоль кристаллографических плоскостей [1]. Согласно Хирту Дж. и Лоте И. [2]. Скольжением называется смещение, реализовываемое движением единичных дислокаций. В случае, когда скольжение осуществляется при участии многих дислокаций его называют сдвигом. В этом случае линии, образующиеся на полированной поверхности кристалла, более правильно было бы называть линиями сдвига [3]. В указанных линиях сдвига также локализуется пластическая деформация.

Изучению неоднородности деформации монокристаллов посвящено значительно меньше работ. Вместе с тем, результаты, полученные при изучении неоднородности деформации монокристаллов могут быть полезны при рассмотрении деформации отдельного зерна поликристалла, а также при проектировании деталей из монокристаллов.

Важную роль в изучении неоднородности деформации монокристаллов играют томские металлофизики. В ИФПМ СО РАН Паниным В.Е., Зуевым Л.Б., Даниловым В.И., Деревягиной Л.С. и их коллегами деформация монокристаллов изучается с использованием метода спеклинтерферометрии и полей векторов смещения [4-5].

В Томском государственном архитектурно-строительном университете неоднородность деформации монокристаллов изучают по картине деформационного рельефа. В этом направлении большая работа проделана Коневои Н.А., Козловым Э.В., Старенченко В.А., Тепляковой Л.А., Лычагиным Д.В., Абзаевым Ю.А. с сотрудниками [3, 6-7].

Ранее авторами с коллегами было количественно определена неоднородность пластической деформации монокристаллов никеля в зависимости от ориентации оси сжатия и боковых граней. Выявлены и систематизированы структурные элементы деформационного рельефа, определены их доли, что позволило выявить роль областей, занятых этими элементами на макро- и мезоуровне, в пластической деформации исследованных монокристаллов. Было установлено, что внутри деформационных доменов, сформированных различными структурными элементами рельефа неоднородность деформации близка, а места локализации деформации наблюдаются на стыках доменов [8-10]. В связи с чем, задачей данной работы является изучение способа организации деформации в группах параллельных структурных элементов деформационного рельефа.

Материал и методика

В работе в качестве объекта исследования были выбраны монокристаллы никеля с ориентациями оси сжатия в углах стандартного стереографического треугольника. В работе использовали образцы с отношением высоты (h) к ширине (d) равной двум. Данное соотношение наиболее принято при испытании образцов на сжатие, т.к. с одной стороны они обладают достаточной степенью устойчивости искривлению, чем более высокие образцы, с другой стороны в них еще имеется достаточный объем, в котором действует схема одноосного сжатия (при $h/d=1$ реализуется схема всестороннего сжатия).

В работе исследовали монокристаллы чистого никеля (примеси менее 0,01%), выращенные по методу Бриджмена). Никель обладает высоким значением энергии дефекта упаковки (200 мДж/м^2). При комнатной температуре деформация в нем осуществляется сдвигом по октаэдрическим плоскостям скольжения. Все это делает никель хорошим модельным материалом для исследования организации деформации октаэдрическим скольжением.

Ориентировку образцов осуществляли на рентгеновском аппарате ИРИС 3 по эпиграммам с точностью $\pm 1^\circ$, а уточнение ориентации выполняли на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3 с точностью $\pm 0,02^\circ$. Поверхность образцов готовили механическим шлифованием и полированием, после чего проводили заключительное электролитическое полирование в насыщенном растворе хромового ангидрида в ортофосфорной кислоте при напряжении 20 В.

Деформирование сжатием проводили на испытательной машине Instron ElektroPuls E10000 со скоростью $1,4 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ при комнатной температуре. Для уменьшения силы трения на торцевых поверхностях применяли графитовую смазку.

Картину деформационного рельефа исследовали на оптическом микроскопе Leica DM 2500P и растровом электронном микроскопе Tescan Vega II LMU. Количественные данные по величине неоднородности деформации получали методом делительных сеток по методике, изложенной в [11].

На рис. 1 показана картина деформационного рельефа и структурные элементы рельефа, характерные для той или иной кристаллографической ориентации оси сжатия. Рассмотрение оптических снимков позволяет увидеть, что масштаб структурных элементов рельефа отличается. Как было указано ранее, масштаб структурного элемента деформационного рельефа не оказывает влияния на величину неоднородности деформации внутри домена.

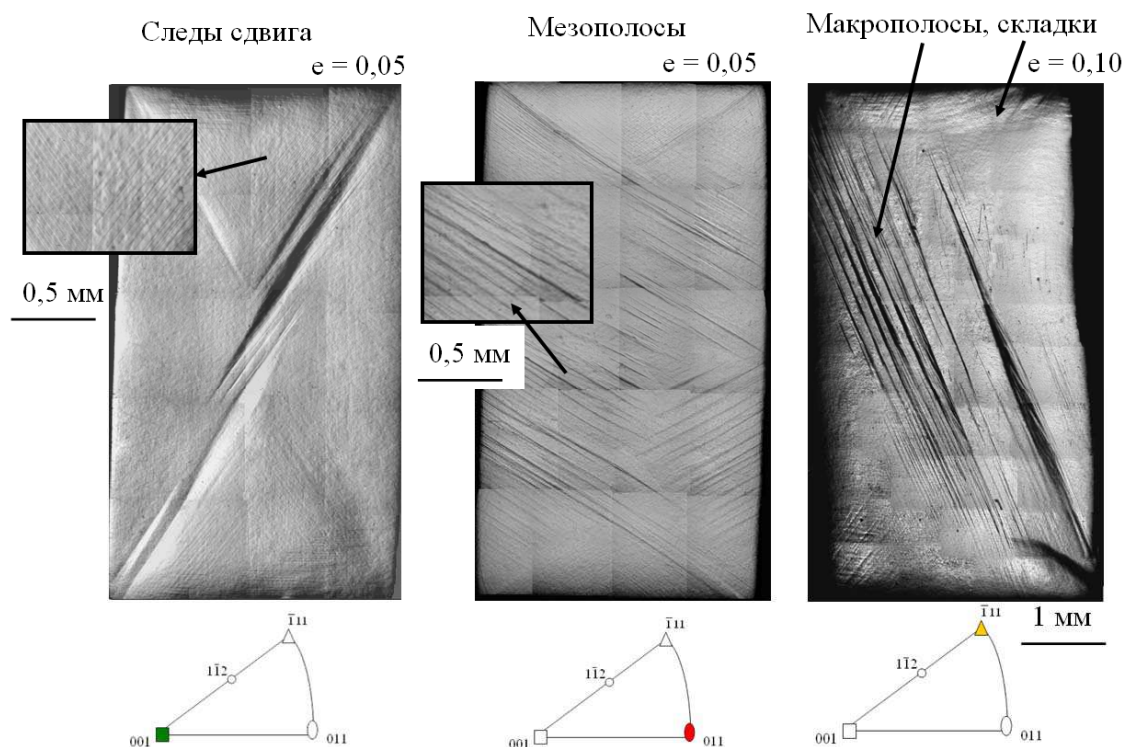


Рис. 1. Структурные элементы деформационного рельефа монокристаллов никеля с разной ориентацией оси сжатия

Для изучения организации деформации в параллельных структурных элементах деформационного рельефа в работе было рассмотрено распределение компонент деформации вдоль макрополос деформации, мезополос и следов сдвига. Измерения проводили вдоль структурных элементов (рис. 2), Результаты показаны тонкими линиями на рис. 2. Для всех рассмотренных в работе случаев наблюдается осциллирующий характер изменения компонент деформации вдоль структурных элементов деформационного рельефа.

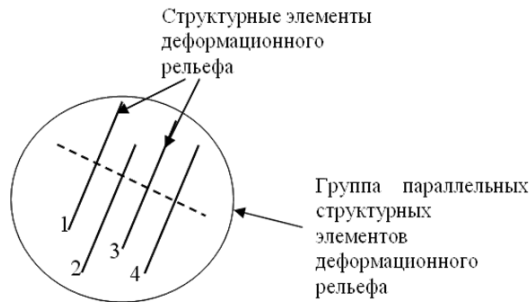


Рис. 2. К методике определения суммарной деформации в параллельных структурных элементах деформационного рельефа

В работе также было изучено распределение деформации в параллельно расположенных структурных элементах. Сравнение и суммирование деформации осуществляли перпендикулярно структурным элементам, при одном значении координаты X . Полученные данные показаны на рис. 3 толстыми линиями со звездочками.

Качественное рассмотрение поведения локальной деформации при одном значении координаты X с видительствует о том, что осциляция происходит таким образом, чтобы компенсировать деформацию в параллельных структурных элементах. Количественная оценка деформации в параллельных соседних структурных элементах показала,

что значения приближаются к среднему, и уменьшается амплитуда осциляции этих значений, т.е. неоднородность деформации не накапливается, а компенсируется.

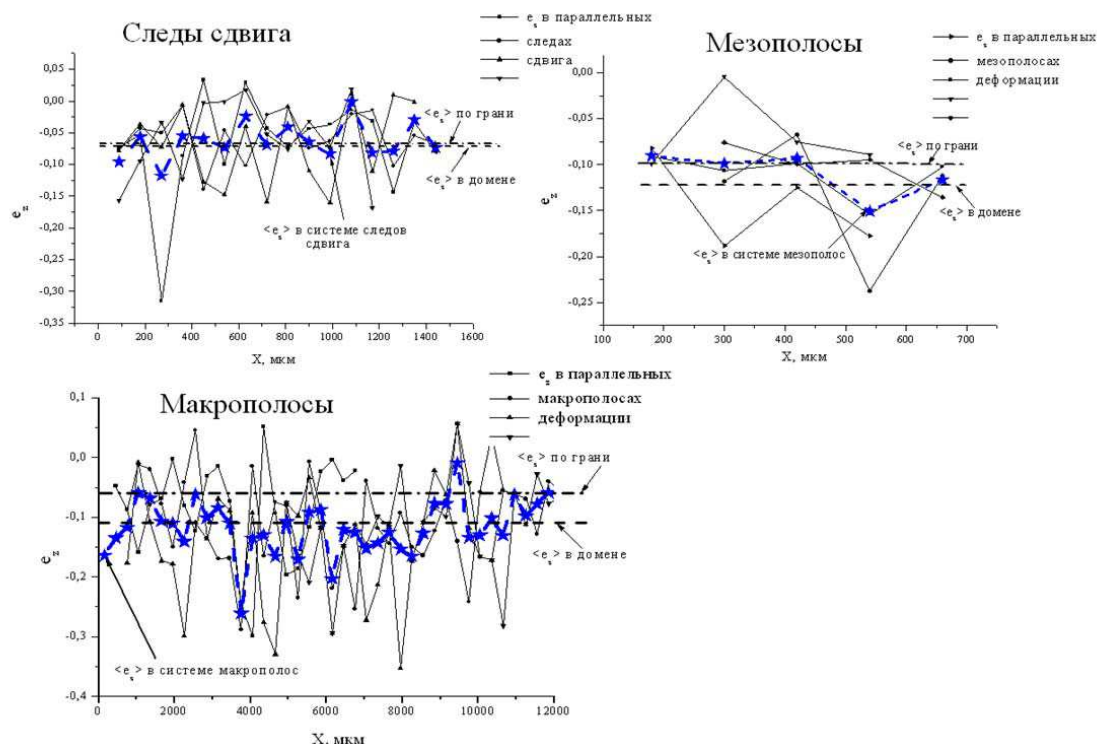


Рис. 3. Накопление деформации в параллельных структурных элементах деформационного рельефа

Следовательно, организация деформации в параллельных структурных элементах деформационного рельефа, образующих домен происходит таким образом, чтобы снизить неоднородность деформации внутри домена, а деформацию в данном локальном месте приблизить к средней деформации

ции. Этот факт также подтверждают данные о том, что неоднородность деформации внутри деформационного домена ниже, чем на всей грани [8-10]. При этом с увеличением размеров структурных элементов повышается неоднородность деформации в местах стыка деформационных доменов, образованных этими структурными элементами.

Таким образом, независимо от масштаба структурного элемента деформационного рельефа наблюдается осцилляция компонент деформации вдоль отдельного элемента (следа сдвига, мезо- и макрополосы). Организация деформации в группе параллельных структурных элементов рельефа направлена на снижение внутримонодоменной деформации и понижение неоднородности ее протекания.

В заключении авторы благодарят профессора Лычагина Дмитрия Васильевича за плодотворное сотрудничество и обсуждение результатов.

Литература.

1. Хоникомб Р. Пластическая деформация металлов / Р. Хоникомб. – М.: Мир, 1972. – 408 с.
2. Хирт Дж. Теория дислокаций / Дж. Хирт, И. Лоте. – М.: Атомиздат, 1972. – 600 с.
3. Лычагин Д.В., Старенченко В.А., Соловьева Ю.В. Классификация и масштабная иерархия структурных элементов деформации ГЦК-монокристаллов // Физическая мезомеханика. – 2005. – Т. 8. – №6. – С. 67-77.
4. Зуев Л.Б. Физика макролокализации пластического течения / Л.Б. Зуев, В.И. Данилов, С.А. Баранникова. – Новосибирск: Наука, 2008. – 328 с.
5. Данилов В.И., Заводчиков С.Ю., Баранникова С.А., Зыков И.Ю., Зуев Л.Б. Прямое наблюдение автоволны пластической деформации в циркониевом сплаве // Письма в ЖТФ. – 1998. – Т. 24. – № 1. – С. 26-30.
6. Деревягина Л.С., Панин В.Е., Гордиенко А.И. Самоорганизация пластических сдвигов в макрополосах локализованной деформации в шейке высокопрочных поликристаллов и ее роль в разрушении материала при одноосном растяжении // Физическая мезомеханика. – 2007. – Т.10. – №4. – С. 59-71.
7. Лычагин Д.В., Теплякова Л.А., Шаехов Р.В., Конева Н.А., Козлов Э.В. Эволюция деформационного рельефа монокристаллов алюминия с ориентацией оси сжатия [001] // Физическая мезомеханика. – 2003. – Т.6. – №3. – С. 75-83.
8. Лычагин Д.В., Шаехов Р.В., Алфёрова Е.А. Влияние кристаллогеометрической установки на неоднородность сдвиговой деформации ГЦК-монокристаллов при сжатии // Фундаментальные проблемы современного материаловедения – 2008. – Т.5. – №2. – С. 101 – 108.
9. Lychagin D.V., Alfyorova E.A., Starenchenko V.A. Effect of crystallogometric states on the development of macrobands and deformation inhomogeneity in $[\bar{1}11]$ nickel single crystals // Physical Mesomechanics – 2011. – Т. 14. – №1-2 – С. 66-78.
10. Алфёрова Е.А., Лычагин А. Д., Лычагин Д. В., Старенченко В.А. Неоднородность деформации монокристаллов никеля с разной кристаллогеометрической установкой // Фундаментальные проблемы современного материаловедения – 2012. – Т.9. – №2. – С. 218 – 224.
11. Кукса Л.В., Ковальчук Б.И., Лебедев А.А., Эльманович В.И. Исследование микрокартины пластической деформации металлов в различных условиях нагружения // Проблемы прочности. – 1976. – №4. – С. 10-15.

СТОЛКНОВЕНИЕ ДВИЖУЩИХСЯ ДИСКРЕТНЫХ БРИЗЕРОВ И ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ВАКАНСИЕЙ В ДВУМЕРНОМ КРИСТАЛЛЕ

А.А. Кистанов, ст. лаборант, Р.Т. Мурзаев, к.т.н., Л.З. Хадеева, аспирант

Институт проблем сверхпластичности металлов РАН

E-mail: andrei.kistanov.ufa@gmail.com

Для двумерного моноатомного кристалла с морзевским межатомным взаимодействием описан способ возбуждения движущегося дискретного бризера (ДБ). Изучено столкновение двух ДБ, движущихся навстречу друг другу в одном плотноупакованном атомном ряду. Изучено взаимодействие движущегося ДБ с вакансией, расположенной в том же плотноупакованном атомном ряду, по которому движется ДБ.

Дискретный бризер (ДБ) это локализованная в пространстве колебательная мода большой амплитуды в бездефектной нелинейной решетке [1]. В настоящее время возрос интерес к изучению свойств ДБ в различных кристаллах [2-18]. Концепция ДБ начинает активно использоваться для объяснения различных физических явлений в кристаллах [19-22]. Для физических приложений важным является понятие квазibriзера [23], имеющего конечное время жизни и не удовлетворяющего условию строгой периодичности.