

**ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗБЫТОЧНОЙ ПЛОТНОСТИ ДИСЛОКАЦИЙ
В ОТДЕЛЬНЫХ ЗЕРНАХ ДЕФОРМИРОВАННОЙ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ¹**

И.А. Гиберт¹, Н.А. Попова², Н.А. Конева²

Научный руководитель: доцент, к.ф.-м.н. С.Ф. Киселева²

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск,
пр. Ленина, 30, 634050

²Томский государственный архитектурно-строительный университет, Россия, г. Томск,
пл. Соляная, 2, 634003

E-mail: kisielieva1946@mail.ru

**PECULIARITIES OF ARRANGMENT OF EXCESS DISLOCATION DENSITY IN THE GRAINS
OF DEFORMED AUSTENITIC STEEL**

I.A. Gibert¹, N.A. Popova², N.A. Koneva²

Scientific supervisor: associate professor, candidate of physics-mathematics sciences S.F. Kiseleva²

¹Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

²Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, Solyanaya sq.2, 634003

E-mail: kisielieva1946@mail.ru

Annotation. The research of accumulation of excess dislocation density in the deformed austenitic steel was carried out by the method of transmission diffraction electron microscopy (TEM). Distribution of the excess dislocation density was determined in grains with the different types of bending.

В деформированных поликристаллах возникают внутренние поля напряжений. Это приводит к появлению на электронно-микроскопических изображениях деформированного материала изгибных экстинкционных контуров [1-2], по параметрам которых можно определить градиент разориентировок и избыточную плотность дислокаций, а также восстановить поля напряжений, возникающие в деформированном теле. Целью настоящей работы является изучение распределения избыточной плотности дислокаций в отдельных зернах поликристалла.

Результаты исследований. Используя методику, изложенную в [3-5], по параметрам изгибных экстинкционных контуров, наблюдаемых на электронно-микроскопических изображениях, определялись градиент разориентировок и избыточная плотность дислокаций в зернах аустенитной стали, деформированной растяжением при комнатной температуре до $\varepsilon = 14\%$. Избыточная плотность дислокаций представляет собой тензор β_{ij} , который характеризует внесенную дислокациями кривизну-кручение кристаллической решетки [6]. Избыточная плотность дислокаций β_{ij} – это векторная величина и измеряется в m^{-1} в отличие от скалярной избыточной плотности дислокаций ρ_{\pm} , измеряемой в m^{-2} . На электронно-микроскопических изображениях (рис.1а-д) структуры α -аустенитной стали,

¹ Работа выполнена в рамках гос. задания Минобрнауки России №3.295.2014/К

деформованої до 14%, присутствуют дислокації, одиночні деформаційні мікродвійники і пакети мікродвійників. видні вигнуті екстинкційні контури. Присутствие вигнутих екстинкційних контурів свідчить про наявність в зернах локальних внутрішніх напружень. Електронно-мікроскопічні знімки окремого зерна полікристала для ступені деформації $\epsilon = 14\%$ були проведені при різних кутах нахилу гоніометра (рис.1а-д). При цьому вектор діючого відбиття був перпендикулярний осі гоніометра, а вибраний ділянку фольги, на якому проводились

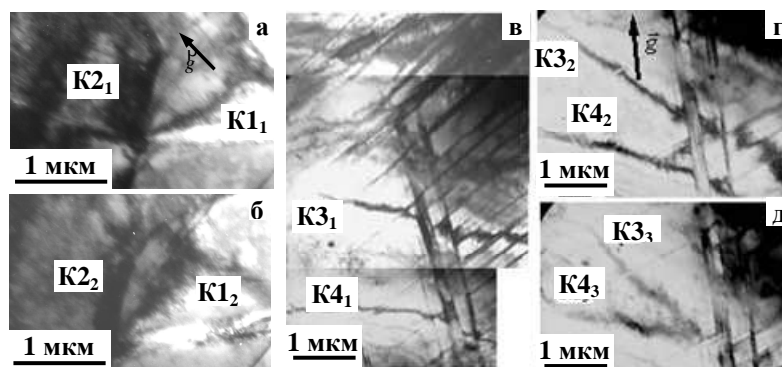


Рис. 1. Електронно-мікроскопічні зображення деформованої ($\epsilon = 14\%$) розтягненої сталі при різних кутах нахилу осі гоніометра: а – 1° , б – 3° , в – 0° , г – 9° , д – $10,5^\circ$. Відмічені вигнуті екстинкційні контури: а – $K1_1, K2_1$; б – $K1_2, K2_2$; в – $K3_1, K4_1$; г – $K3_2, K4_2$; д – $K3_3, K4_3$. Показано напрямлення дифракційного вектора

дослідження, не містив на шляху переміщення контура меж розділу або розорієнтовок. При нахилі фольги (рис.1а-б) спостерігалося паралельне переміщення вигнутих екстинкційних контурів в одному напрямку, що свідчить про простий вигин досліджуваного ділянки фольги. Переміщення ж контурів, представлених на рис.1в-д, відбувалося не паралельно самому собі, а саме: вони або зближались, або віддалялись одне від одного. Такий вигин досліджуваного ділянки фольги є складним. На рис.2 наведені розподіли надлишкової густоти

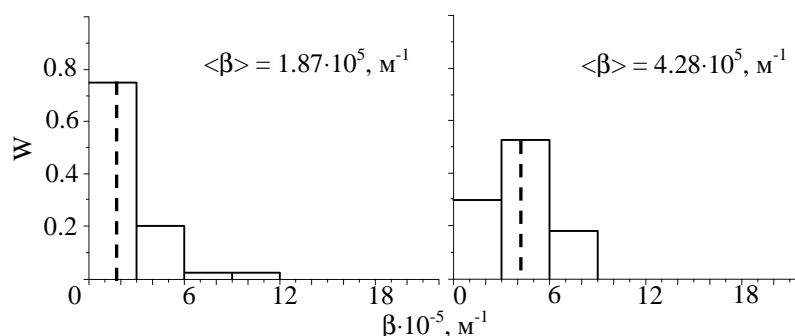


Рис.2 Розподіли (W) надлишкової густоти дислокацій ($\epsilon = 14\%$) для зерен з простим вигином (а) і зі складним вигином (б). Приведені середні значення надлишкової густоти дислокацій $\langle \beta \rangle$.

Пунктирні лінії вказують середні значення надлишкової густоти дислокацій

дислокацій в окремих зернах з простим і складним вигинами. Аналіз розподілів надлишкової густоти дислокацій (β) показав, що і при простому, і при складному вигині зерна гістограми є багатомодальними. Це свідчить про наявність в локальних ділянках зразка пластичної і еластичної складових внутрішніх напружень. При ступені деформації, рівній 14%,

в зерне с простым изгибом площадь первой моды больше в 3 раза, чем суммарная площадь других мод, а значит, и количество участков образца, для которых избыточная плотность дислокаций имеет значение не выше $3 \cdot 10^5 \text{ м}^{-1}$ в 3 раза больше числа участков с $\beta > 3 \cdot 10^5 \text{ м}^{-1}$. При $\varepsilon = 14\%$ для зерна с простым изгибом количество участков фольги с избыточной плотностью дислокаций выше $6 \cdot 10^5 \text{ м}^{-1}$ мало и внутренние напряжения в отдельном зерне, имеющем простой изгиб, при степени деформации $\varepsilon = 14\%$ невелики. В зерне со сложным изгибом ($\varepsilon = 14\%$) заметно возрастает площадь второй и третьей мод, а площадь первой моды уменьшается. Так площадь второй моды увеличивается в 2.7 раза, а площадь первой моды уменьшается в 2.5 раза. Наибольшее число участков образца имеет избыточную плотность дислокаций в интервале $\beta = (3 - 6) \cdot 10^5 \text{ м}^{-1}$. Число участков образца с $\beta < 3 \cdot 10^5 \text{ м}^{-1}$ соизмеримо с количеством участков, для которых $\beta > 6 \cdot 10^5 \text{ м}^{-1}$. Площадь второй моды в 2.4 раза больше, чем первой и в 3 раза больше, чем площадь третьей моды. Количество участков фольги, имеющих избыточную плотность дислокаций (β) не более $3 \cdot 10^5 \text{ м}^{-1}$, в зерне со сложным изгибом в 2.5 раза меньше, чем в зерне с простым изгибом. В зерне со сложным изгибом участков фольги, для которых величина избыточной плотности дислокаций находится в интервале $\beta = (3 - 6) \cdot 10^5 \text{ м}^{-1}$ больше, и их число примерно равно суммарному числу участков фольги с избыточными плотностями дислокаций $\beta < 3 \cdot 10^5 \text{ м}^{-1}$ и $\beta > 6 \cdot 10^5 \text{ м}^{-1}$. Всё это свидетельствует о больших внутренних напряжениях зерен со сложным изгибом при степени деформации 14%.

Заключение. В аустенитной стали при степени пластической деформации $\varepsilon = 14\%$ распределения избыточной плотности дислокаций являются многомодальными. Значения средней избыточной плотности дислокаций внутри отдельных зерен со сложным изгибом значительно выше, чем $\langle \beta \rangle$ в зерне с простым изгибом. Зерно со сложным изгибом оказывается более напряженным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конева Н.А., Козлов Э.В. Дальнедействующие поля внутренних напряжений в ультрамелкозернистых материалах // Структурно-фазовые состояния и свойства металлических систем / Под общ. ред. А.И. Потекаева. Томск: Изд-во НТЛ. - 2004. – С.83-110.
2. Тюменцев А.Н., Дитенберг И.А., Коротаев А.Д., Денисов К.И. Эволюция кривизны кристаллической решетки в металлических материалах на мезо- и наноструктурных уровнях пластической деформации // Физическая мезомеханика. 2013. Т.16. №3. С.63-79.
3. Киселева С.Ф., Попова Н.А., Конева Н.А., Козлов Э.В. Определение внутренних напряжений и плотности энергии, запасенной при упруго-пластической деформации изотропного тела, по кривизне-кручению кристаллической решетки // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2012. – Т.9. - №1. – С.7-14.
4. Киселева С.Ф., Попова Н.А., Конева Н.А., Козлов Э.В. Влияние микродвойников превращения на избыточную плотность дислокаций и внутренние напряжения деформированного ГЦК-материала // Изв. РАН. Серия физическая. – 2012. – Т.76. – №13. – С.70-74
5. Киселева С.Ф., Попова Н.А., Конева Н.А., Козлов Э.В. Распределение внутренних напряжений и плотности запасенной энергии внутри отдельного зерна деформированного поликристалла. // Письма о материалах. – 2012. – Т.2. – С.84-89.
6. Вайнштейн Б.К., Фридкин В.М., Инденбом В.Л. Структура кристаллов // Современная кристаллография. Т.2. М.: Наука, 1979. 359с.