

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗЕРЕННОЙ СТРУКТУРЫ В СТАЛЯХ ПОСЛЕ ТМСП С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОРИЕНТАЦИОННОЙ МИКРОСКОПИИ

Данилов С.В.¹, Масленников К.Б.^{2,3}, Урцев Н.В.^{2,3}, Лобанов М.Л.^{1,4}

¹ Уральский федеральный университет им. первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

² ИТЦ “Аусферр”, г. Магнитогорск, Россия

³ Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова,
г. Магнитогорск, Россия

⁴ Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: s.v.danilov@urfu.ru

THE STUDY OF STEEL GRAIN STRUCTURE BY ORIENTATION MICROSCOPY AFTER TMCP

Danilov S.V.¹, Maslennikov K.B.^{2,3}, Urtsev N.V.^{2,3}, Lobanov M.L.^{1,4}

¹ Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

² Ausferr Research and Technology Center, Magnitogorsk, Russia

³ Nosov Magnitogorsk state technical university, Magnitogorsk, Russia

⁴ M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

The method EBSD is used to study the grain structure of low-carbon, low-alloy pipe steel sheets processed by controlled thermomechanical processing (TMCP). The possibilities of obtaining different grain characteristics depending on the specified analysis limitations are shown.

Работа направлена на оценку возможностей ориентационной микроскопии (ОР) [1], основанной на дифракции обратно рассеянных электронов (EBSD), для анализа зеренной структуры в сложных случаях: разнотернистость как по размерам, так и по формам кристаллитов; большое количество мелких зерен; наличие заметного количества малоугловых границ, поскольку структура возникла в результате сдвигового превращения и т.п.

Исследование проводилось на образцах стали 06Г2МБ с преимущественно бейнитно-мартенситной структурой, приобретенной в результате контролируемой термомеханической обработки (Thermo Mechanical Controlling Processing – ТМСП) [2, 3].

Высокая точность идентификации ориентаций, и, соответственно, локальных разориентаций при проведении EBSD-анализа (выше 90 % распознавания для всех исследуемых областей) позволили использовать программное обеспечение Oxford Instruments для определения параметров микроструктуры образцов по распределению всех межкристаллитных границ, характеризующихся углами разориентации, образующих их зерен (кристаллитов). Методом ОР были определены следующие характеристики кристаллитов или «зерен»: 1) средний размер, как диаметр окружности эквивалентной средней площади кристаллитов; 2)

максимальный размер кристаллита; 3) среднее количество соседних кристаллитов; 4) вытянутость кристаллитов в направлении прокатки.

Все характеристики определялись для трех случаев, отличающихся условным определением понятия «кристаллит» (или «зерно»): I – в качестве кристаллита принимался объект, ограниченный со всех сторон границами с углами разориентации не менее 7° , анализ проводился по всем кристаллитам, в том числе имеющими размер ≤ 1 мкм (рис. 1, а); II – в качестве кристаллита принимался объект, ограниченный со всех сторон границами с углами разориентации не менее 15° , анализ проводился по всем кристаллитам, в том числе имеющими размер ≤ 1 мкм (рис. 1, б); III – в качестве кристаллита принимался объект, ограниченный со всех сторон границами с углами разориентации не менее 15° , анализ проводится по всем кристаллитам, за исключением размером ≤ 1 мкм (рис. 1, в). Учет 10-и градусных (то есть от 7 до 15°) связан с возможностью их возникновения в структурах, образующихся по сдвиговому механизму согласно [4], причем в заметном количестве ($\sim 15\%$ от общего количества высокоугловых границ). То есть случай I представляется наиболее правильным.

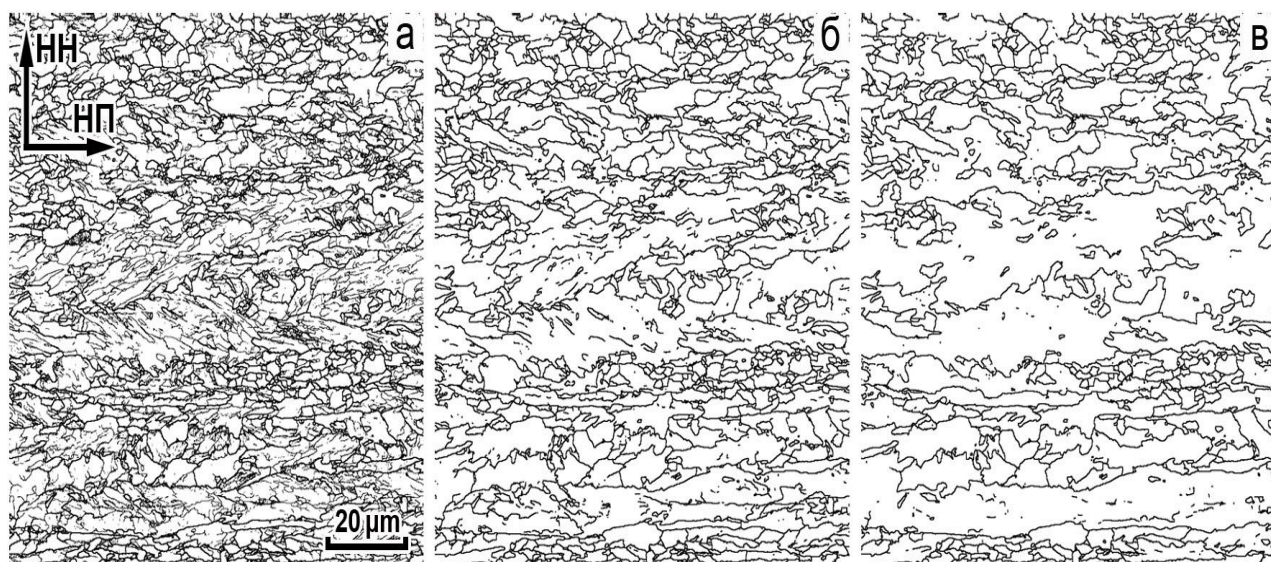


Рис. 1 Микроструктура стали 06Г2МБ после ТМСП, выявленная при различных условиях ОР: а – I, б – II; в – III

Учет границ только с углом разориентации более 15° соответствует «классическому» подходу к понятию «высокоугловая межзеренная граница», то есть соответствует классическому определению «зерна». Исключение кристаллитов, размером ≤ 1 мкм, заметная часть которых всегда соответствует не идентифицированным микрообластям максимально приближает изображение EBSD к металлографическому. Однако в случае ОР процедура, соответствующая случаю III, фактически, выделяет не зерна, а области с практически одинаковой кристаллографической текстурой, т.е. области возможного распространения трещин при разрушении, согласно [3].

*Работа выполнена при поддержке стипендии Президента Российской Федерации
Проект СП-259.2018.1.*

1. Лобанов М.Л., Юровских А.С., Кардолина Н.И., Русаков Г.М. Методы исследования текстур в материалах: учебное пособие, Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, (2014)
2. Лобанов М.Л., Бородина М.Д., Данилов С.В., Пышминцев И.Ю., Струин А.О., Известия высших учебных заведений. Черная металлургия, Т. 60, С. 910–918, (2017).
3. Данилов С.В., Струина Е.Р., Бородина М.Д., Известия высших учебных заведений. Черная металлургия, Т. 60, С. 247–249, (2017).
4. Лобанов М.Л., Русаков Г.М., Редикульцев А.А., Беликов С.В., Карабаналов М.С., Струина Е.Р., Гервасьев А.М., Физика металлов и металловедение, Т. 117, С. 266–271, (2016).

ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТИ ГАЛЛУАЗИТНЫХ НАНОТРУБЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ЭПР СПЕКТРОСКОПИИ pH-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ НИТРОКСИДНЫХ РАДИКАЛОВ

Давыдов Д.Р.¹, Антонов Д. О.¹, Ковалева Е. Г.¹

¹) Уральский Федеральный университет имени первого Президента России
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: Danil25998@yandex.ru

ELECTROSTATIC PROPERTIES OF THE HALLOYSITE NANOTUBULAR MINERAL SURFACE BY EPR SPECTROSCOPY OF pH- SENSITIVE NITROXIDE RADICALS

Davydov D. R.¹, Antonov D. O.¹, Kovaleva E. G.¹

¹) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The research of the properties of the Halloysite nanoclay by EPR spectroscopy using 2 pH-sensitive nitroxide radicals as spin probe and label has been carried out. Electrostatic surface charge and potential (SEP) were measured from EPR spectra of NR simulation.

Галлуазит является уникальным природным минералом, имеющим нанотрубчатую структуру. На внутренней поверхности нанотрубок располагаются Al–OH группы, в то время как на внутренней поверхности располагаются Si–O–Si группы, при этом появляются положительные и отрицательные заряды на внутренней и внешней поверхности, соответственно [1]. Благодаря своим свойствам и структуре галлуазит легко модифицировать и расширять возможности применения, среди которых сорбция красителей, биологически активных веществ, ионов металлов, применение в качестве катализатора многих органических реакций. Электроповерхностные свойства данного минерала, такие как