

1
Диссертационный совет 31.1.007.01

При Государственном научном центре

ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина»

Ул. Радио, 23/9, г. Москва, 105005

ОТЗЫВ

на диссертацию Ролдугиной Анны Сергеевны

«Влияние сегрегационных эффектов на формирование кристаллографической текстуры и структуры на различных этапах производства электротехнической анизотропной стали с различным содержанием олова»,

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

Представленная работа посвящена изучению способов воздействия на структуру и текстуру электротехнической анизотропной стали. Данный материал является широко используется в энергетическом машиностроении. Поэтому актуальность направления исследования не вызывает никаких сомнений.

Структура работы включает все необходимые разделы. То есть соответствует предъявляемым требованиям. В работе использован целый ряд современных методов, получен большой объем экспериментальных данных. Вместе с тем анализ полученных результатов и обоснованность выводов вызывает ряд вопросов и сомнений.

Так, в главе 3 изучена кинетика первичной рекристаллизации изучаемых сталей, проведено её математическое описание, получено уравнение Колмогорова-Джонсона-Мела-Аврами. Однако достоверность полученных результатов вызывает некоторые сомнения.

Действительно, кинетика этого процесса может быть описана уравнением вида

$$X_{REX} = 1 - \exp(-kt^n).$$

При этом значение k может быть выражено уравнением Аррениуса

$$k = k_0 \cdot \exp(-Q/RT)$$

где Q – энергия активации процесса, которая зависит от химического состава стали. Именно в определении параметров k_0 , Q и n и состоит решение задачи о нахождении вида уравнения КДМА. При этом согласно общим представлениям и логике работы каждая из исследованных сталей должна иметь собственное значение этих величин.

В представленной работе уравнение КДМА получено путем изучения неизотермического превращения в условиях непрерывного нагрева, а затем был «проведен перерасчет температуры в эквивалентное время по методу Уиттакера» (*цитата по работе, с.62*). При этом сама процедура «пересчета температуры во время» не проиллюстрирована никакими расчетами, что делает невозможным проверку её адекватности.

Метод Уиттакера действительно позволяет привести неизотермические условия к изотермическим, но требует знания энергии активации Q , которая может быть получена при изучении рекристаллизации в изотермических условиях. Согласно представленной работе это значение равно 230 кДж/моль. При этом нигде не указывается как это значение было получено и почему оно было принято одинаковым для сталей разного состава.

Детальное изучение работы показывает, что оно могло быть заимствовано из литературного источника [16], указанного в списке источников публикации автора: А.С. Ролдугина и др. «Закономерности процесса первичной рекристаллизации высокопроницаемой электротехнической анизотропной стали с дополнительными легирующими добавками»//Физика металлов и металловедение, 2024, том 125, №7, с. 831-839. Эта публикация приведена в тексте диссертации в качестве одной из работ, где изложены основные результаты автора (с. 59, с. 160). В самой диссертации такой источник не обнаружен. Причем в этом источнике исследовалась сталь отличного от изученных в диссертации состава.

Возникает резонный вопрос, насколько соответствует такая «процедура» общему порядку представления результатов научных работ?

Дальнейший анализ работы обнаруживает, что коэффициенты уравнения КДМА, приведённые в публикации автора в журнале «Физика металлов и металловедение» не соответствуют уравнению КДМА, приведённому в тексте диссертации:

- из публикации в журнале «Физика металлов и металловедение»:

для стали А: $k = 0.47 \pm 0.02$, $n = 1.39 \pm 0.35$;

для стали В: $k = 0.54 \pm 0.02$, $n = 1.54 \pm 0.37$.

При этом из текста диссертации следует (с. 63 работы):

для стали А: $k = 0.345 \pm 0.140$, $n = 1.41 \pm 0.49$;

для стали В: $k = 0.375 \pm 0.152$, $n = 1.62 \pm 0.49$.

Возникает ещё более резонный вопрос, насколько это соответствует существующему Положению?

Относительно второй пары данных возникает вопрос о статистической значимости приведенных величин. Из их сравнения очевидно, различие между полученными коэффициентами статистически незначимо. Фактически это означает, что скорость первичной рекристаллизации в обеих изученных сталях одинакова, а найденное автором различие объясняется ошибкой эксперимента (либо изначально некорректным подходом к описанию процесса первичной рекристаллизации).

Такой вывод можно сделать, например, из анализа кинетических кривых, представленных на рис. 21 диссертации (с. 64 работы): из кривой для стали следует, что меньшему времени соответствует большая доля рекристаллизованного металла и наоборот. При этом никаких данных о точности представленных данных автор не приводит.

Дальнейший анализ выявленных закономерностей первичной рекристаллизации весьма затруднителен, так как достоверность полученных первичных невозможно подтвердить. Хотя и он вызывает много вопросов. Например, согласно данным рис. 20 (с. 63 работы) минимальная доля рекристаллизованного металла, учтенного в расчете, составляет более 20% (так как $\ln(-\ln(1-X_{rex})) \approx -3$).

Возникает вопрос: а чем обоснован выбор именно такой нижней границы? Как это значение было получено? По какому принципу, в таком случае, данные о доле рекристаллизации были разделены на три участка?

В главе 5 приведены результаты исследования процесса текстурообразования в ходе вторичной рекристаллизации, проведен основательный обзор литературы, получены обширные экспериментальные данные.

Однако сделанные выводы вызывают ряд вопросов. Неясно, как учтено, что формирование совершенной ребровой текстуры происходит лишь при формировании определенного количества частиц фаз-ингибиторов, определенного структурного состояния первично рекристаллизованной матрицы (среднего размера зерен и разнотекстурности), наконец, текстурного состояния по завершению первичной рекристаллизации. Примечательно, что автор говорит о роли частиц фаз-ингибиторов (например, с. 91, 92, 104 др.), однако, в работе не приведено никаких данных об их количестве и дисперсности. В их отсутствие дать объективную оценку представленных

4

результатов крайне сложно, а применение теорий, основанных исключительно на роли подвижности границ выглядит сомнительно.

Так, анализируя особенности текстуры, автор использует понятие зерен «не поглощенных зернами других ориентировок», имея в виду зерна малого размера отличных от ребровой ориентировок. При этом сделан вывод, что они изначально имеют размерное преимущество и растут по механизму нормального роста (с. 103 работы). Отсюда не совсем понятно, как объяснить сам факт нормального роста этих зерен в стали с большим содержанием олова и отсутствия такового в стали с меньшим содержанием олова? Почему не сыграло никакой роли формирование сегрегаций олова по границам зерен, ведь именно оно вынесено в название работы?

Весьма вероятно, что ответы на эти вопросы кроются в сравнении параметров частиц ингибиторных фаз, однако, каких-либо данных о них автором не предоставлено.

Нельзя не заметить, что в ходе обсуждения результатов автор говорит о роли разнотекстурности матрицы первичной рекристаллизации в процессах аномального роста (с. 103 работы). Однако и здесь никаких количественных данных не приведено. Не проведено и сравнение двух исследованных сталей по указанному признаку.

Далее, анализируя формирование текстуры, формирующейся в ходе аномального роста, автор предлагает собственную оригинальную формулу для расчета индукции (с. 115 работы)

$$B = \frac{B_s}{\cos\left(\frac{\alpha + \beta}{2}\right) + \sin\left(\frac{\alpha + \beta}{2}\right)} - 0.27 \times \sigma_{\alpha, \beta}$$

При этом никаких пояснений по её выводу не представлено. Это вызывает целую серию вопросов. Например, какой физический смысл имеет коэффициент равный 0,27? Какую размерность он имеет? Какова его погрешность и, соответственно, погрешность самой формулы? Как он был получен, иначе говоря, из каких физических соображений была получена сама формула? Выборка какого объема использовалась при выводе этой формулы?

Получаемое по предложенной формуле значение зависит от величины индукции насыщения B_s . Оно принято равным 2,03 Тл. Отсюда непонятно как было установлено, что для всех исследованных сталей это значение действительно справедливо? В самой представленной работе указано, что эта величина разными авторами принимается неодинаковой (с.114 работы). Тогда простой расчет показывает, что если, например, принять $B_s = 2,0$ Тл, то, вполне вероятно, более корректной станет формула других авторов.

5

В целом следует заключить следующее. Выполняя работу, автор проделала масштабную работу, имела возможность задействовать самые передовые методы исследования и оборудование для моделирования и имитации изучаемых процессов. Однако, анализ литературных источников производит впечатление некой «избирательности», когда из всего массива данных упоминаются лишь некоторые. Сам материал исследования - стали с различным содержанием олова, дополнительно отличались содержанием хрома, непонятно как было учтено влияние хрома на изучаемые эффекты. В виду того, что в работе использовались материалы, полученные промышленным способом, неясно как при этом учитывались неизбежные отличия фактических режимов предварительной обработки. Полученные результаты не были подвергнуты элементарной статистической обработке, по меньшей мере такие результаты не были представлены. В ходе изложения материала используются понятия, которые с трудом поддаются оценке (например, разбиение зерен на «маленькие, большие и средние», см. с. 68 работы).

Наконец, вызывает сомнение и упоминание в названии работы «сегрегационных эффектов». В работе не приведено никаких прямых доказательств формирования сегрегаций олова и оценок её степени в исследованных сталях на различных этапах производства, обработанных по промышленной технологии, однако, их наличием объяснена большая часть полученных результатов.

Отдельных разъяснений требует несоответствие данных публикации автора в журнале «Физика металлов и металловедение» и содержания диссертации. А эти данные положены в основу одного из положений, выносимых на защиту.

Всё это порождает значительное количество вопросов и сомнений, лишь малая часть из которых представлена выше, которые требуют детального разъяснения. В отсутствие таких разъяснений работа производит крайне неоднозначное впечатление, которое в итоге не позволяет прийти к однозначному заключению о соответствии выполненной работы критериям, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 «Металловедение и термическая обработка металлов», а сама автор работы – присвоения ученой степени кандидата технических наук.

Отзыв составил:

Никитушкин Сергей Иванович

Уч. Степень: -

Должность: старший преподаватель кафедры физического
металловедения

Место работы: ФГБОУ ВО Липецкий государственный технический
университет

Почтовый адрес: 398055, Россия, г. Липецк, ул. Московская, д.30

Тел. 8(920) 242-00-05

Электронная почта: nikitushkin_s@mail.ru

заявитель

Никитушкин Сергей Иванович

Российская Федерация

Город Липецк, Липецкая область

Двадцать третьего мая две тысячи двадцать шестого года

Я, Бурдачева Наталья Вячеславовна, нотариус нотариального округа города Липецка
Липецкой области, свидетельствую подлинность подписи Никитушкина Сергея Ивановича.

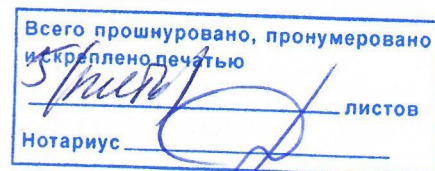
Подпись сделана в моем присутствии.

Личность подписавшего документ установлена.

Зарегистрировано в реестре: № 48/72-н/48-2026-3-1091.

Уплачено за совершение нотариального действия: 1600 руб. 00 коп.

Н.В. Бурдачева



Я, нижеподписавший Сергей Иванович, даю свое
согласие на включение своих персональных данных
во все документы, связанные с работой Совета
и их дальнейшую обработку.

23 мая 2026г.

Сергей Иванович