

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Ивановой Марии Александровны: «Закономерности изменения структуры и текстуры электротехнической медной проволоки в процессе ее получения», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Диссертационная работа Ивановой Марии Александровны посвящена установлению закономерностей формирования текстуры деформации при волочении медной проволоки различного диаметра и ее влиянию на текстуру рекристаллизации при отжиге. Особое внимание в работе уделено изучению характера распределения компонент текстуры деформации по радиусу медной проволоки в процессе волочения, а также поведению частиц оксида меди и их взаимодействию с медной матрицей в процессе волочения и отжига.

### **Актуальность темы диссертационной работы.**

На протяжении многих лет вопросы формирования и развития текстуры в ГЦК-металлах и сплавах в ходе деформации и рекристаллизации интересовали большой ряд исследователей. Промышленный контроль текстуры при производстве полуфабрикатов осуществляют как дифракционными методами, так и методами, основанными на анизотропии физических свойств материалов. Практически во всех процессах производства и обработки металлов и сплавов происходит последовательное и закономерное превращение текстур: изменение компонентного состава, усиление одних и ослабление других компонент и т.д., что в свою очередь оказывает влияние на свойства конечного продукта. В настоящее время аналитический подход к описанию текстуры материалов находит большое применение среди исследователей, чему во многом содействует совершенствование аппаратуры и методов для текстурного анализа.

Медь остается одним из наиболее используемых функциональных материалов. Изменения в технологиях производства изделий из меди, а так же повышение чистоты самой меди, приводят к появлению все новых вопросов о процессах формирования

Вх. №05-19/1-262  
от 18.11.14 г. 1

структуры и текстуры в ходе деформации и отжига, в том числе при больших накопленных деформациях.

Проведение исследований в области изучения особенностей трансформации текстуры в меди с использованием современных методов структурного анализа позволяет научно-обоснованно разрабатывать подходы по управлению эксплуатационными и функциональными свойствами исследуемых материалов и является значимым как с научной, так и с практической точки зрения.

Несомненно, большой интерес представляет изучение взаимодействия включений с медной матрицей в ходе термомеханической обработки.

В связи с этим настоящая работа, целью которой являлось исследование процессов структурообразования и формирования текстуры заготовок, полученных в условиях промышленного производства из меди марки М001, на всем этапе производства медной проволоки, является, несомненно, актуальной и важной в научном и практическом отношении.

### **Структура диссертационной работы.**

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы из 98 наименований и двух приложений. Содержание диссертации изложено на 168 страницах, включая рисунки и таблицы.

### **Характеристика научной новизны.**

Научная новизна диссертационной работы Ивановой М.А. заключается в установлении закономерностей формирования текстуры и структуры в медных полуфабрикатах на различных этапах получения медной проволоки.

Из полученных в работе результатов наибольший интерес представляют следующие:

1. Экспериментально установлено сложное текстурное строение деформированной медной проволоки. Показано наличие зональности в распределении основных текстурных компонент по сечению заготовок. В центральной зоне формируется аксиальная текстура  $\langle 100 \rangle + \langle 111 \rangle$  с известным классическим соотношением компонент 40 и 60%, соответственно. По мере удаления от центра проволоки происходит трансформация текстуры и периферийный слой характеризуется локальной ограниченной двухкомпонентной текстурой  $\{111\} \langle 112 \rangle$ .

Предложена схема развития текстуры по сечению проволоки от центра к периферии и диаграмма изменения текстурных параметров в зависимости от степени деформации.

2. Установлена наследственность структурной зональности деформированной медной проволоки при последующем кратковременном отжиге в интервале 300-550°C при скоростном нагреве.

3. Показано формоизменение пор, прилегающих к частицам оксида меди, по всему маршруту волочения медной проволоки, а так же при проведении отжига.

### **Практическая значимость работы**

На основании проведенных исследований был предложен способ изучения первичной рекристаллизации в медной проволоке по изменению модуля упругости методом ДМА при нагреве и получен патент на изобретение RU 2496103. А так же предложен способ оценки правильности настройки литейной машины по симметричности дисперсий твердости и модуля упругости проб катанки в поперечном сечении, что позволит проводить настройку работы агрегата непрерывного литья и деформации без его остановки.

Несомненно, практический интерес имеют также и полученные в диссертационной работе данные об изменениях среднего размера зерна, механических свойств и текстурного состояния в зависимости от силы тока при электроконтактном отжиге. Определена оптимальная сила тока при отжиге для получения требуемого сочетания прочностных и пластических свойств медной проволоки после промежуточного отжига.

### **Рекомендации по использованию результатов работы и выводов диссертации.**

Результаты диссертационной работы могут быть рекомендованы для использования в научно-исследовательской и производственной деятельности учреждений и предприятий, занимающихся производством изделий электротехнического назначения из меди и ее сплавов, в частности на таких предприятиях ЗАО СП «Катур-Инвест» (г. Верхняя Пышма), ОАО «Ревдинский завод по обработке цветных металлов» (г. Ревда), ОАО «Екатеринбургский завод по обработке цветных металлов» и других.

### **Достоверность полученных результатов.**

Достоверность результатов диссертации и корректность сформулированных выводов не вызывают сомнений. Исследования базируются на корректном применении теоретических основ физического металловедения. Достоверность результатов подтверждается применением комплекса современных высокоэффективных методов структурного и текстурного анализа, применением высокоточных методов измерения механических свойств, широким спектром методов обработки и представления результатов экспериментов.

### **Замечания и вопросы по диссертации:**

1. Поры, примыкающие к частицам оксида меди формируются еще в процессе горячей прокатки меди, то есть до начала волочения. Далее на стадии «грубого», а затем и «тонкого» волочения происходит вытягивание пор по длине проволоки. Однако, когда в главе 6 речь идет о количественном описании формоизменения поры с увеличением степени накопленной деформации, стадия «грубого» волочения исключается. Относительное изменение длины поры рассматривается при изменении относительного обжатия от 39 до 96,2%. Почему расчеты производились, начиная от значения 39%, а не меньших значений относительного обжатия?
2. На рисунках 6.8 и 6.9 невозможно определить увеличение. Непонятно также с какой целью в каждом из этих рисунков присутствует по 4 микрофрагмента. Для демонстрации характера распределения частиц в структуре медной катанки, а так же формы пор, примыкающих к этим частицам, вполне достаточно было привести по два микрофрагмента в каждом рисунке.
3. Для более наглядной демонстрации формоизменения пор в медной проволоке при разных вариантах отжига (рисунок 6.11) следовало привести микрофотографии с одинаковым увеличением.

### **Общее заключение**

Отмеченные замечания не снижают общей высокой оценки диссертационной работы. Полученные результаты изложены корректно и грамотно. Диссертационная работа представляет собой завершенное научное исследование, выполненное на высоком научно-техническом уровне. В целом по актуальности решенной проблемы, научной новизне и практической значимости результатов, объему и оформлению диссертация соответствует требованиям, отраженным в п. 9 «Положения о

присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.08.2013 года № 842. Автореферат и опубликованные по работе материалы, включающие 10 статей в рекомендованных ВАК изданиях, полностью отражают структуру и содержание диссертации, а ее автор Иванова Марии Александровна, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Metallovedeniye i termicheskaya obrabotka metallov.

17.11.2014 г.

Старший научный сотрудник лаборатории  
физического металловедения  
Федерального государственного бюджетного  
учреждения науки Института физики металлов  
Уральского отделения Российской академии наук,  
кандидат технических наук

**Хлебникова Юлия Валентиновна**

620990, г. Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, д. 18,  
тел. 8(343) 378-35-55, e-mail: yulia\_kh@imp.uran.ru



Подпись *Хлебниковой*  
заверяю  
Ведущий документовед  
*Л.В. Келлер*  
" 17 " 11 2014 г.