

ОТЗЫВ

официального оппонента Бецофена Сергея Яковлевича
на диссертацию Данилова Сергея Владимировича
«Особенности формирования текстуры металлических материалов с ОЦК и ГЦК
решетками при термомеханической обработке», представленную на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности
05.16.01 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Исследования формирования текстуры конструкционных материалов получило широкое распространение для решения двух типов задач. Во-первых, это изучение особенностей термомеханического воздействия на материал при технологических операциях. Здесь используются уникальные возможности текстуры, как инструмента исследования процессов деформации и термической обработки, которые связаны с высокой чувствительностью текстуры к любым термомеханическим воздействиям. Однако для практического использования результатов текстурных исследований для оптимизации и контроля технологии, необходимо развитие теоретической базы, включающей выявление механизма текстурообразования при деформации, рекристаллизации и фазовых превращениях. Несмотря на многочисленные работы в этой области остается много нерешенных проблем.

Вторым направлением исследований является изучение формирования анизотропии физико-механических свойств в полуфабрикатах, которая оказывает существенное влияние на комплекс служебных свойств материалов. Ясно, что это направление тесно связано с первым, поскольку для создания контролируемой анизотропии свойств необходимо знать, каким образом построить технологию, чтобы получить такую анизотропию. Наиболее трудными для исследования являются процессы текстурообразования в сплавах на основе полиморфных металлов, таких как стали, титановые и циркониевые сплавы, для которых характерно сложное взаимодействие процессов формирования текстуры деформации и рекристаллизации в отдельных фазах и их изменение при фазовом превращении. В этой связи представляется весьма актуальной тема диссертационной работы Данилова С.В., направленной на установление закономерностей текстурообразования сплавов с ОЦК и ГЦК решетками при пластической деформации, рекристаллизации и фазовых превращениях для оптимизации анизотропии физико-механических свойств материалов и изделий.

Среди наиболее важных научных результатов полученных в диссертации следует отметить обнаруженный эффект текстурной наследственности, который заключается в том, при каждом фазовом переходе независимо от того это деформация или термообработка воспроизводятся кристаллографически обусловленные специальные границы типа $\Sigma 3$ и $\Sigma 11$, которые формируются между стабильными ориентировками аустенитных зерен в процессе горячей прокатки. Показано, что формирование текстуры рекристаллизации можно интерпретировать в терминах доминирующей роли специальных границ, образованных кристаллитами, принадлежащими компонентам деформационной текстуры в процессах дальнейших структурных превращений. В материалах с ОЦК-решеткой формирование текстуры рекристаллизации может быть объяснено подвижностью межзеренных границ близких к специальной границе $\Sigma 9$, в материалах с ГЦК-решеткой увеличение количества зерен с ориентировкой близкой к $(100)[001]$, предполагается результатом преимущественного роста границ близких к $\Sigma 25b$.

С практической точки зрения важным результатом является обнаруженный эффект сохранения текстуры Госса (110)[001] при горячей прокатке сплава Fe-3%Si за счет наличия в твердом растворе углерода, который стабилизирует дислокационную структуру. Выявлен механизм образования макродефектов в виде расщеплений при разрушении малоуглеродистых низколегированных трубных сталей с бейнитной структурой и предложен конкретный способ устранения этих дефектов, обусловленных наличием в структуре металла протяженных вытянутых областей с ориентировкой (001)[110]. Разработана численная модель формирования структуры листов трубной стали, на которую получен патент РФ на изобретение.

При общей оценке работы, следует отметить ее фундаментальный характер, о чем свидетельствует не только 12 публикаций в журналах, индексируемых в Scopus и WoS, но и полученные результаты. В работе показано, что метод EBSD способен решать очень сложные проблемы, связанные с формированием контролируемых текстур рекристаллизации и фазовых превращений. Диссертанту и его руководителю удалось не только восстановить доверие к важнейшей роли специальных границ в механизме процесса рекристаллизации, но и наметить перспективы использования этой концепции для решения практических задач.

В качестве замечаний отметим:

1. В диссертации приведен исчерпывающий объем информации о текстуре, полученный методом EBSD, вместе с тем было бы полезно на ограниченном количестве объектов сопоставить эти результаты с данными полученными рентгеновским методом, по крайней мере, для того, чтобы оценить адекватность используемого в методе EBSD количества исследуемых зерен с учетом более высокой статистической достоверности рентгеновского метода, естественно при разумной продолжительности EBSD эксперимента.

2. В работе исследовали формирование текстуры в сталях при температурах существования ГЦК (γ) и ОЦК (α) фаз, а также в ГЦК(Al) и ОЦК (Mo) металлах, не обладающих полиморфизмом, что позволило разделить вклад в текстуру процессов дислокационного скольжения, рекристаллизации и фазовых превращений, при этом полагаем, что аустенитная сталь явилась бы более подходящим модельным ГЦК материалом по сравнению с алюминиевым сплавом.

3. Метод EBSD дает возможность получить важную информацию об ориентировке зерен поликристалла, в том числе оценить доли специальных границ зерен, при этом важно понять насколько эти доли отличаются от среднестатистических, к сожалению, процедура сопоставления этих данных не была реализована, что не позволяет в полной мере оценить обоснованность интерпретации механизмов рекристаллизации в терминах формирования определенных специальных границ.

4. В 6-й главе диссертации значительное место уделяется анализу образования расщеплений в трубной стали, анализируются тонкие структурные механизмы, ответственные за склонность сталей к образованию этих макродефектов, при этом не ясно как влияют эти расщепления на работоспособность изделий, поскольку показатели ударной вязкости у сталей, склонных к расщеплению не уступают, сталям, не склонным к образованию расщеплений (табл. 2.3, стр.48 диссертации).

Сделанные замечания носят дискуссионный характер и не снижают общей положительной оценки работы, опубликованные статьи полностью отражают ее содержание, достоверность выводов и рекомендаций не вызывает сомнения. Диссертация

