

РЕЦЕНЗИЯ

на работу Александра Борисовича Страумала «Полное, неполное и псевдонеполное смачивание границ зерен твердыми и жидкими фазами», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Диссертационная работа А.Б. Страумала выполнена в актуальной области физики твердого тела: изучение структуры и свойств границ зерен твердых тел. С практической точки зрения актуальность подобных исследований обусловлена прежде всего необходимостью улучшения свойств конструкционных материалов при сохранении их химического состава путем оптимизации микроструктуры. В работе получен ряд новых и принципиальных результатов, среди которых следует отметить подтверждение существования псевдонеполного смачивания на границах зерен при смачивании их как жидкой, так и твердой фазами. Особенно интересным и важным представляется обнаружение явления псевдонеполного смачивания в системе Al-Zn, вызванного деформацией материала кручением под давлением. Установлено существование реверсивного фазового перехода смачивания в системе Cu-In. Установлена количественная корреляция между спектром энергией границ (точнее долей высоко-угловых границ) и температурным диапазоном существования фазового перехода смачивания в системе. Эти результаты получены впервые и представляют несомненный интерес для исследований в области фазовых переходов границ зерен.

Работа состоит из введения, пяти глав и выводов со списком цитируемой литературы.

Литературный обзор выполнен на должном уровне, он достаточно полностью отражает состояние работ по фазовым переходам смачивания границ зерен. Перечислены ключевые факты, игравшие принципиальную роль для постановки задачи исследования, в том числе существование псевдонеполного смачивания внешней поверхности жидкими фазами. Тем самым сформулирована одна из центральных задач исследований - обнаружение подобного эффекта для внутренних границ раздела. В автореферате однако не указано, рассматривает ли автор фазовый переход смачивания границ как одно из проявлений более общего явления фазовых переходов границ, включая структурные фазовые переходы.

Как один из ключевых моментов в успехе диссертации следует отметить подробное и всестороннее изучение изменений микроструктуры, вызванных фазовыми переходами

смачивания, целым комплексом современных методов исследования, среди которых несомненно нужно отметить сканирующую и просвечивающую электронную микроскопию. Причем эти методы использованы на самом современном уровне включая HAADF STEM и HR-TEM.

Достоверность полученных А.Б. Страумалом результатов не вызывает сомнения в силу их соответствия известным экспериментальным данным других авторов, убедительной интерпретации, а также использованием современных экспериментальных методов. Практическая значимость работы заключается, в частности, в установлении возможности оптимизации свойств материалов выбором подходящих структур границ при их контролируемом смачивании второй фазой, что открывает путь к инженерии границ зерен (grain boundary engineering). Особенно интересной является возможность получения сверхпластичного состояния в системе Al-Zn путем точного и контролируемого выбора состава и условий механо-термической обработки.

Положения вынесенные на защиту представляются значимыми и полностью подтвержденными полученными экспериментальными результатами.

Работа прошла необходимую апробацию ввиду достаточного количества рецензированных публикаций (девяти) и была убедительно доложена на большом количестве (более 10) научных конференций и семинаров, включая международные.

Работа не лишена однако и недостатков, среди которых можно отметить следующие:

1. На стр. 5 автор вводит понятие «более твердой фазы» по сравнению с жидкой. Данное определение представляется неподходящим и является скорее всего опiskой.
2. Использование стандартного метода EBSD позволяет определять кристаллографию границ с точностью до 1° , но не намного лучше. Для более точного определения разориентировок необходимы специальные методы и определения плотностей дислокаций вблизи границ. Из литературы известно, что для адекватного определения скажем диффузионных параметров границ необходима точность измерения кристаллографии зерен $\pm 0.1^\circ$. Насколько высокой должна быть точность для полного описания явления зернограницного смачивания? Этот вопрос представляется недостаточно освещенным в работе.
3. Измеренные ширины зернограницных выделений вторых фаз методами STEM и HAADF-STEM достигают 5 нм согласно автору. Однако необходимо учитывать существование методического уширения, связанного с особенностями формирования сигнала. Для более точного определения ширины простоек необходимо использование прямого разрешения в TEM и/или использование APT.

Указанные недостатки не умаляют несомненных достоинств диссертационной работы. По совокупности перечисленных ранее признаков считаю, что в целом работа А.Б. Страумала полностью отвечает требованиям предъявляемых к работам на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07, а ее автор безусловно заслуживает присвоения искомой степени.

доктор физико-математических наук



Дивинский С.В.