

ОТЗЫВ

На автореферат диссертации Миронова Сергея Юрьевича «Механизмы пластической деформации и эволюция микроструктуры при обработке металлов трением с перемешиванием», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Представленная работа посвящена исследованию особенностей пластического течения и эволюции микроструктуры в ходе обработки металлов трением с перемешиванием (ОТП).

В ходе работы показано, что:

1) Текстура, образующаяся в ходе ОТП, обычно близка к идеальной текстуре простого сдвига. В отдельных случаях, однако, отмечено формирование текстур рекристаллизации. В гранецентрированных кубических (ГЦК) металлах уменьшение энергии дефекта упаковки (ЭДУ) ведет к изменению преимущественных кристаллографических ориентировок от $B/\bar{B}\{112\}\langle 110\rangle$ к $A/\bar{A}\{111\}\langle 110\rangle$. Данный эффект возможно связан с затруднением поперечного скольжения дислокаций. В ОЦК металлах выявлено преимущественное образование текстуры $D_2(11\bar{2})[111]$, что свидетельствует о преобладании скольжения по плоскости $\{112\}$. В ГПУ металлах формирующаяся текстура зависит от соотношения c/a и, как следствие, задействованных семейств скольжения. В магниевых сплавах преобладает аксиальная текстура типа $\{0001\}\langle uvw\rangle$, обусловленная базисным скольжением. В α титане отмечено формирование текстуры типа $P_1\{1\bar{1}00\}\langle 11\bar{2}0\rangle$, связанной с призматическим скольжением. При ОТП магниевых сплавов обнаружено образование исключительно сильной текстуры, максимальная интенсивность которой может в 50 раз превышать уровень фона.

2) Формирование зеренной структуры в ходе ОТП представляет собой довольно сложный процесс, который обычно включает в себя геометрический эффект деформации, фрагментацию и прерывистую рекристаллизацию. В качестве дополнительных механизмов также возможна активизация механического двойникования, образование двойников отжига и конвергенция зерен. Преобладание того или иного механизма в основном определяется природой материала, но также в некоторой степени может зависеть и от температуры ОТП. В частности, при ОТП кубических металлов с относительно высокой ЭДУ доминирующую роль в эволюции микроструктуры играет фрагментация. Данный эффект скорее всего связан с очень большими деформациями, испытываемыми материалом в ходе обработки. При обработке ГЦК-металлов с относительно низкой ЭДУ основным механизмом эволюции микроструктуры является прерывистая рекристаллизация. Показано, что рекристаллизационные зародыши преимущественно формируются по механизму образования зернограничных «языков». В ходе этого процесса они наследуют кристаллографическую ориентировку приграничных районов деформированной матрицы. При промежуточной величине ЭДУ отмечен переход от фрагментации к прерывистой рекристаллизации с повышением температуры обработки. При ОТП гексагональных металлов формирование зеренной структуры тесно связано с эволюцией кристаллографической текстуры. Образование очень острой текстуры в зоне перемешивания ведет к частичной конвергенции кристаллографических ориентировок соседних зерен.

3) Фазовое превращение $\beta \rightarrow \alpha$, имеющее место в ходе ОТП титанового сплава ВТ6, в целом подчиняется ориентационному соотношению Бюргерса $\{110\}_\beta // \{000\}_\alpha$, $\langle 111\rangle_\beta // \langle 11\bar{2}0\rangle_\alpha$. Однако наличие развитой субструктуры в высокотемпературной β фазе ведет к небольшим, но систематическим отклонениям от этого соотношения. Показано, что низкотемпературная α фаза наследует деформационную кристаллографическую текстуру простого сдвига, сформировавшуюся в высокотемпературной β фазе.

4) Вследствие наличия значительного ориентационного градиента в мартенситной фазе, рассмотрение мартенситного превращения в ходе ОТП феррито-мартенситных сталей в рамках обычного ориентационного соотношения Курдюмова-Закса $\{11\}_\gamma // \{110\}_\alpha$, $\langle 110\rangle_\gamma // \langle 111\rangle_\alpha$ или Нишиямы-Вассермана $\{11\}_\gamma // \{110\}_\alpha$, $\langle 112\rangle_\gamma // \langle 111\rangle_\alpha$ является не вполне корректным. Более целесообразным представляется использование смешанной модели, в соответствии с которой оба эти ориентационных соотношения задействованы

одновременно. В ходе фазового превращения мартенсит наследует кристаллографическую текстуру простого сдвига, сформировавшуюся в аустените.

5) Аномальный рост зерен, имеющий место в ходе отжига материалов, подвергнутых ОТП, связан с макроскопической неоднородностью структуры в зоне обработки. Кристаллографическая ориентация аномально крупных зерен не является произвольной. В технически чистом алюминии, подвергнутом ОТП, аномальный рост зерен ведет к развороту исходной текстуры простого сдвига на $25-35^\circ$ относительно кристаллографической оси $\langle 111 \rangle$ и соответствующему формированию текстуры рекристаллизации. Данный эффект связан с зонами сильной кривизны кристаллической решетки, которые формируются под действием моментных напряжений при ОТП. В междоузлиях зон кривизны кристаллической решетки возникают разрешенные структурные состояния, которых нет в трансляционно-инвариантном кристалле. Эта новая степень свободы обуславливает аномальный рост зерен и их разворот в поле моментных напряжений. Данный аспект в автореферате не обсуждается.

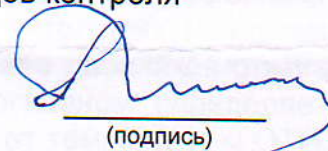
Основное содержание диссертации отражено в 94 публикациях, из них 53 статьи в зарубежных изданиях и изданиях, включенных в перечень ВАК, и 41 работа в материалах всероссийских, иностранных и международных конференций и симпозиумов.

Актуальность выбранной темы не вызывает сомнений. Все научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, являются обоснованными, а их достоверность и новизна подтверждаются публикациями в ведущих отечественных и международных журналах.

Выполненная работа по объему, актуальности, научной новизне и практической значимости соответствует критериям ВАК, а её автор, Миронов С.Ю., заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния».

Зав. лабораторией физической мезомеханики и неразрушающих методов контроля
ФГБУН ИФПМ СО РАН

Доктор физико-математических наук, профессор, академик РАН
Панин Виктор Евгеньевич



(подпись)

Тел.: +7(382-2) 49-24-81

Факс: +7(382-2) 49-25-76

E-mail: paninve@ispms.tsc.ru

Адрес: 634055, г. Томск, пр. Академический, 2/4

18.04.2016.

«ЗАВЕРЯЮ» УЧЕНЫЙ
СЕКРЕТАРЬ ИФПМ СО РАН
В. С. ПЛЕШИНОВ

