

УДК 621.762
МЕХАНИЗМ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ МЕХАНИЧЕСКИ
ЛЕГИРОВАННОЙ ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННОЙ МЕДИ

А.И. ХАБИБУЛЛИН, Ф.Г. ЛОВШЕНКО, *Г.Ф. ЛОВШЕНКО, **Б.Б. ХИНА,
В.Ф. ПАЦЕЙ

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

* Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

** Государственное научное учреждение
«ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ НАН Беларуси»
Могилев, Минск, Беларусь

Для крупносерийного и массового производства жаропрочных изделий электротехнического назначения большое значение имеет способность материала подвергаться обработке давлением.

Был проведен ряд высокотемпературных испытаний механически легированной дисперсно-упрочненной меди (ДУМ) и типовых промышленных медных сплавов. Из анализа результатов испытаний можно сделать ниже следующие выводы.

1. Пластичность ДУМ не зависят от температуры.

2. Сопротивление деформированию у него значительно выше, чем у медных сплавов при любых температурах, что объясняется наличием микрокристаллической структуры матрицы с развитой поверхностью границ зерен, стабилизированных дисперсными включениями.

3. Степень упрочнения при любых температурах остается на постоянном низком уровне (около 1,03), т.е. наблюдается практическое отсутствие наклепа в процессе деформации. Это явление обусловлено тем, что скопление дислокаций у многочисленных препятствий подавляет деятельность источников размножения дислокаций, поэтому плотность дислокаций до и после деформации остается неизменной.

4. Обработку давлением необходимо производить в условиях неполной холодной деформации (при температурах 800–600 °С).

В результате исследований был установлен механизм пластической деформации в условиях всестороннего сжатия, который имеет важные особенности, обусловленные микроструктурой. При деформировании сплавов с размером зерен около 1 мкм действие механизмов внутриверных деформаций затруднено. Поэтому, наибольший вклад в пластическую деформацию ДУМ вносит межзеренный механизм. Согласно модели Эшби-Веррала мелкие округлые зерна находятся среди толстых межзеренных прослоек, имеющих аморфное строение, что облегчает их проскальзывание в условиях аналогичных течению вязкой жидкости с твердыми включениями.

Характерной структурной особенностью пластической деформации ДУМ является то, что в ее процессе размер и форма зерен не изменяется.



Постоянной остается и плотность дислокаций, не образуются полосы скольжения, не формируются сложные дислокационные структуры внутри зерен (диполи, петли, дислокационные стенки), т.е. не наблюдается деформационного упрочнения. Это свидетельствует о том, что внутри зерен не работают источники Франка-Рида. Эти структурные свойства, присущие разработанному материалу, обусловлены специфическим механизмом деформации, –зернограничным проскальзыванием. Границы зерен являются стоками для дислокаций. При этом дислокации скользят от одной границы к другой, не пересекаясь друг с другом. Поэтому не происходит образования сложных дислокационных структур, что обеспечивает отсутствие деформационного упрочнения. Поле напряжений, возникающее у границы зерен, приводит к превращению дислокации в зернограничную за счет локального переползания. Затем происходит переползание зернограничных дислокаций, которое приводит к зернограничному проскальзыванию – смещению зерен относительно друг друга. Таким образом, зернограничное проскальзывание – это эффективный механизм аккомодации зерен и "залечивания" несплошностей, который обеспечивает сохранение размера и формы зерен при пластической деформации. Предложен механизм пластической деформации в условиях всестороннего неравномерного сжатия применительно к композиционным материалам с микрокристаллическим размером зерна, которые содержат дисперсные частицы упрочняющей фазы как внутри зерен, так и по их границам. Если скользящая дислокация натывается внутризеренное включение, ее скольжение тормозится и образуется скопление дислокаций возле границы с частицей. Это приводит к возникновению локальных напряжений, и дислокации начинают огибать включения за счет переползания, выходя далее на границу зерен. В остальном механизм зернограничного проскальзывания соответствует описанному выше. В материалах с нанокристаллической матрицей возможно проскальзывание отдельных групп нанозерен относительно других по механизму, аналогичному вышеизложенному, при этом внутри самой группы деформация отсутствует. Подтверждением этой важной особенности материала является то, что во-первых, он проявляет более высокую пластичность, чем любые медные сплавы при холодной деформации в условиях всестороннего сжатия, а во-вторых, что плотность дислокаций и размеры и форма зерен практически не меняются.

Эти особенности материала необходимо учитывать при разработке технологии обработки давлением (например, при выдавливании глубоких отверстий не требуются дополнительные переходы и промежуточные рекристаллизационные отжиги).