ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

INTERNATIONAL WORKSHOP

**«Multiscale Biomechanics and Tribology
of Inorganic and Organic Systems»**

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»

DOI: 10.17223/9785946218412/34

ДЕФОРМАЦИОННОЕ ПОВЕДЕНИЕ РЕНИЯ ПРИ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

¹Панфилов П.Е., ²Горностырев Ю.Н.

¹Уральский федеральный университет, Екатеринбург

²Институт физики металлов УрО РАН, Екатеринбург

Деформационное поведение рения остается загадочным, несмотря на то что прочностные свойства ГПУ-металлов подробно описаны в литературе. Одной из особенностей прочностных свойств этого тугоплавкого ГПУ-металла ($T_{\text{плав}}=3186^{\circ}\text{C}$) является аномально сильное упрочнение при деформировании и, как результат, термомеханическая обработка рения оказывается практически невозможной даже при повышенных температурах. Сообщается, что основными механизмами пластической деформации монокристаллов рения являются базисное и призматическое скольжение. В докладе обсуждается деформационное поведение поликристаллического рения при комнатной температуре и возможные причины его плохой обрабатываемости. Исследования проводили на образцах, полученных по технологиям, которые применяются при производстве рения: порошковой металлургии (ПМ) и электронно-лучевого переплава (ЭЛП). В качестве схем нагружения использовали прокатку, 3-х точечный изгиб и сдвиг под давлением. При прокатке пластины ПМ металла разрушались практически сразу после приложения нагрузки, тогда как ЭЛП металл выдерживал обжатие в 15-20% за один проход. При этом поверхность заготовки оказывалась покрытой трещинами, распространяющимися как внутри зерен, так и по межзеренным границам. При изгибе ПМ металл выдерживал изгиб до 4-6%, тогда как ЭЛП металл разрушался практически без деформации. Сравнение с поведением крупнозернистого сплава Ti4Al при изгибе показало, что механическое поведение ПМ рения близко к данному сплаву титана (при том, что сплав упрочняется значительно сильнее!), тогда как ЭЛП рений разрушается как этот сплав – за счет проскальзывания по границе зерна в области перегиба. При сдвиге под давлением, ПМ рений распадался на мелкие куски при малых поворотах до 15° , тогда как ЭЛП металл выдерживал поворот в 180° , после чего начинали разрушаться высокопрочные наковальни Бриджмена. Измерение микротвердости по Виккерсу показало, что ЭЛП металл демонстрирует значительное упрочнение. Деформационное поведение поликристаллического рения при комнатной температуре представляется довольно необычным: в зависимости от геометрии нагружения он может демонстрировать как хрупкое, так и пластическое поведение. При прокатке ЭЛП рений способен выдерживать значительные обжатия, при этом на поверхности заготовок возникает большое количество трещин. Этот же металл при изгибе ведет себя как хрупкий материал, а при сдвиге под давлением – как пластичный. ПМ рений, наоборот, при прокатке и сдвиге под давлением ведет себя как хрупкий материал, а при изгибе демонстрирует вязкое поведение. Большое количество зернограницных трещин, возникающих при холодной прокатке ЭЛП металла, рост которых оказывается заблокированным, указывает на наличие в поликристаллическом рении конкурирующего с растрескиванием канала релаксации упругой энергии. В данном случае это зернограницное проскальзывание, которое можно наблюдать в крупнозернистых образцах цинка, кадмия или сплава Ti4Al, но не дислокационное скольжение в объеме зерна. На это указывает и незначительное упрочнение образцов при прокатке и изгибе. Напротив, высокая пластичность ЭЛП рения при сдвиге под давлением достигается скорее всего за счет базисного и призматического скольжения, что приводит к сильному упрочнению материала. Данную «странность» можно связать с обстоятельством, что по шкале гомологических температур, комнатная температура является для рения очень низкой, когда напряжение течения (начала движения дислокаций) оказывается сравнимым с пределом прочности (напряжением открытия трещины). Действительно, если геометрия нагружения оказывается толерантной к росту трещины (прокатка и изгиб) деформация и разрушение конкурируют между собой и поликристаллический ведет себя на хрупкий манер. Если же схема приложения нагрузки эффективно «подавляет» рост трещин (сдвиг под давлением), то поведение рения оказывается пластическим. Работа выполняется при поддержке РФФ (грант № 18-19-00217).