

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«Физическая мезомеханика.
Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»,**

посвященная 90-летию со дня рождения
основателя и первого директора ИФПМ СО РАН
академика Виктора Евгеньевича Панина

в рамках
**Международного междисциплинарного симпозиума
«Иерархические материалы: разработка и приложения
для новых технологий и надежных конструкций»**

**5–9 октября 2020 года
Томск, Россия**

Томск
Издательство ТГУ
2020

Секция 11. Перспективные интеллектуальные производственные технологии для создания конструкций и изделий с улучшенными функциональными характеристиками, в том числе для эксплуатации в экстремальных условиях

DOI: 10.17223/9785946219242/376

ГРАДИЕНТНАЯ СТРУКТУРА СЛОЯ ПЕРЕНОСА В СОЕДИНЕНИИ СПЛАВА Д16, ПОЛУЧЕННОМ СВАРКОЙ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ

Елисеев А.А., Осипович К.С.

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

Несмотря на более чем двадцатилетнюю историю исследования сварки трением с перемешиванием, до сих пор не достигнуто полное понимание её процессов. В частности, большинство работ рассматривает сварку трением с перемешиванием только в рамках термомеханических процессов без учета механизмов формирования соединения. Согласно современной концепции адгезивно-когезионного взаимодействия, в процессе сварки сварочный инструмент осуществляет перенос материала в результате сил адгезии и когезии. На качество массопереноса сложным образом влияют сила трения, тепловыделение и напряжение. Новейшая модификация сварки – сварка трением с перемешиванием с ультразвуковым воздействием – должна интенсифицировать массоперенос в результате акустопластического эффекта без существенного нагрева. Однако на практике это не всегда происходит, поскольку ультразвук может уменьшать силу трения. В итоге инструмент может проскальзывать, а массоперенос – ухудшаться. Явным критерием массопереноса может служить толщина слоя переноса и его свойства. Известно, что толщина слоя переноса примерно равна отношению скорости подачи инструмента к частоте его вращения. В предыдущих работах авторов также обнаружено, что на толщину слоя переноса влияет нагрузка на инструмент. В частности, при увеличении нагрузки толщина слоя переноса плавно увеличивается до равенства соотношения скорости и частоты, а затем так же плавно уменьшается. Ультразвуковое воздействие незначительно влияло на толщину слоя переноса.

Данные исследования были возможны, поскольку в термически упрочняемых алюминиевых сплавах границы слоев переноса обладают определенным оптическим контрастом и выявляются методами металлографии. Данный факт давно известен, однако в поле научного дискурса не вводился, поэтому до сих пор не было известно, чем вызван контраст. В данной работе поставлена цель исследовать структуру и свойства слоя переноса и как они изменяются в зависимости от условий сварки. Для этого листовой прокат термически упрочняемого алюминиевого сплава Д16 толщиной 8 мм был обработан трением с перемешиванием при различных режимах. Режимы обработки отличались нагрузкой (2450 – 3000 кг), а скорость подачи и частота вращения оставались постоянными (90 мм/мин и 450 об/мин, соответственно). Также производилась обработка трением с перемешиванием с ультразвуковым воздействием на этих режимах, чтобы выявить влияние ультразвука. Использование обработки оправдано тем, что она аналогична сварке, но технологически проще, поскольку используется сплошная заготовка. В качестве параметров структуры и свойств выбиралась размер зерна, объемная доля и размер частиц некогерентных фаз и микротвердость. Данные параметры измерялись по толщине слоя с мелким шагом – от 25 до 50 мкм при толщине слоя около 200 мкм.

Было обнаружено, что к центру слоя переноса зерна уменьшаются, а к границам – увеличиваются. Кроме того, часто в центре присутствует локальное увеличение размера. Данное наблюдение является систематическим от слоя к слою и от образца к образцу. Повышение нагрузки приводит к увеличению размера зерна в целом по слою. Приложение ультразвука в процессе обработки несущественно повлияло на размер зерна. Также центру слоя наблюдается уменьшение объемной доли частиц и среднего размера частиц, поскольку в центре слоя минимальное тепловыделение. Приложение ультразвука приводит к уменьшению объемной доли частиц и среднего размера в результате деформационно индукционного растворения частиц в виду действия акустопластического эффекта. Градиентная структура слоя переноса подтверждается измерениями микротвердости. В центре слоя микротвердость систематически выше, чем по границам. Это объясняется

Секция 11. Перспективные интеллектуальные производственные технологии для создания конструкций и изделий с улучшенными функциональными характеристиками, в том числе для эксплуатации в экстремальных условиях

эффектом дисперсионного упрочнения. Однако приложение ультразвука привело к уменьшению микротвердости, несмотря на то, что ультразвук привел к растворению крупных разупрочняющих частиц. Предположительно это объясняется уменьшением сварочных напряжений, поскольку данный эффект наблюдался в работах других авторов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Томской области в рамках научного проекта № 19-42-700002.