

# **ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

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

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

1

**DOI: 10.17223/9785946217408/101**

**ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ТРЕНИЯ НА СТРУКТУРУ  
ДЕФОРМИРОВАННЫХ СЛОЕВ ПОСЛЕ АДГЕЗИОННОГО ФРИКЦИОННОГО  
КОНТАКТА С УЛЬТРАЗВУКОВЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ**

Гусарова А.В., Калашникова Т.А., Чумаевский А.В., Калашников К.Н.  
*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия*

Сварка трением с перемешиванием является современным и перспективным способом изготовления корпусных деталей ракетно-космической техники, автомобильных цистерн-полуприцепов, вагонов поездов и т.д. [1-10]. Ключевой особенностью данного процесса является термомеханическое воздействие инструмента на свариваемый материал. Одним из последствий такого процесса является образование интерметаллидов на поверхности инструмента, которые негативно сказываются на его износостойкости. Исследование особенностей образования интерметаллидов является актуальной и важной задачей для понимания условий разрушения инструмента и выбора рациональных режимов сварки трением с перемешиванием, особенно при сварке трением с перемешиванием с ультразвуковым воздействием. Возможный способ моделирования данного явления – изучение процесса сухого трения скольжения в паре трения "сталь–алюминиевый сплав" при различных температурах и с внедрением ультразвука в зону трения. Такая постановка задачи позволит выявить основные закономерности протекания процесса износа при высокотемпературном термомеханическом взаимодействии, минимизировав вклад в процесс сторонних факторов.

В настоящей работе проводились испытания на адгезионное трение алюминиевого сплава со стальным контртелом на лабораторной установке для сварки трением с перемешиванием в ИФПМ СО РАН. Испытания проводили по схеме «диск-кольцо» и «диск-диск». Диаметр контртела составлял 25-30 мм. Мощность ультразвукового воздействия составляла до 1 кВт. Скорость вращения контртела варьировалась от 100 об/мин до 500 об/мин. Сила нормального давления изменялась в пределах от 100 до 700 кг. Подвод ультразвука осуществлялся через основания зоны для крепления образцов. После испытаний проводили исследования образцов с применением конфокальной, оптической и растровой электронной микроскопии.

Проведенные исследования показывают, что при трении в условиях адгезионного взаимодействия происходит формирование ультрамелкодисперсной структуры и основных структурных зон, аналогично наблюдаемым при сварке трением с перемешиванием. Внедрение ультразвукового воздействия, также, как и при технологических операциях, приводит как к изменению макроскопических размеров структурных зон, так и к изменениям в структурно-фазовом состоянии. Благодаря упрощению в форме зоны трения выявлены закономерности температурного и деформационного вкладов в процесс пластической деформации и изнашивания при адгезионно-диффузионном изнашивании, в том числе с ультразвуковым воздействием.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, направление III.23 и при финансовой поддержке РФФИ и администрации Томской области, проект р\_мол\_а 18-48-703046.

**Литература**

1. Mishra R.S. Friction Stir Welding and Processing / R.S. Mishra, Z.Y. Ma // Materials Science and Engineering R: Reports. – 2005. – V. 50. – P. 1–78.
2. Tarasov S.Yu. Adhesion transfer in sliding a steel ball against an aluminum alloy / S.Yu. Tarasov, A.V. Filippov, E.A. Kolubaev, T.A. Kalashnikova // Tribology International. – 2017. – V. 115. – P. 191–198.
3. Tarasov S.Y. A proposed diffusion-controlled wear mechanism of alloy steel friction stir welding (FSW) tools used on an aluminum alloy / S.Y. Tarasov, V.E. Rubtsov, E.A. Kolubaev // Wear. – 2014. – V. 318 – P. 130-134.

**Секция 2. Неустойчивость и локализация деформации и разрушения  
в материалах с иерархической структурой**

---

4. Malopheyev S. Superplasticity of friction-stir welded Al–Mg–Sc sheets with ultrafine-grained microstructure / S. Malopheyev, S.Mironov, I. Vysotskiy, R. Kaibyshev // *Materials Science & Engineering A*. – 2016. – V. 649. – P. 85–92.
5. Kumar N. Critical grain size for change in deformation behavior in ultrafine grained Al–Mg–Sc alloy / N. Kumar R.S. Mishra, C.S. Huskamp, K.K. Sankaran // *Scripta Materialia*. – 2011. – V. 64. – P. 576–579.
6. Kumar N. Thermal stability of friction stir processed ultrafine grained Al-Mg-Sc alloy / N. Kumar, R.S. Mishra // *Materials Characterization*. – 2012. – V. 74. – P. 1–10.
7. Malopheyev S. Friction stir welding of an Al–Mg–Sc–Zr alloy in as-fabricated and work-hardened conditions / S. Malopheyev, V. Kulitskiy, S. Mironov, D. Zhemchuzhnikova, R. Kaibyshev // *Materials Science & Engineering A*. – 2014. – V. 600. – P. 159–170.
8. Zhemchuzhnikova D. Cryogenic properties of Al–Mg–Sc–Zr friction-stir welds / D. Zhemchuzhnikova, S.Malopheyev, S.Mironov, R.Kaibyshev // *Materials Science & Engineering A*. – 2014. – V. 598. – P. 387–395.
9. Тарасов, С.Ю. Контролируемое диффузией изнашивание стальных инструментов для сварки алюминиевых сплавов методом сварки трением с перемешиванием (СТП) / С.Ю. Тарасов, Т.А. Калашникова, К.Н. Калашников, В.Е. Рубцов, А.А. Елисеев, Е.А. Колубаев // *Известия высших учебных заведений. Физика*. – 2015. - № 6-2. – С. 275 – 279.
10. Тарасов С.Ю. Адгезионно-диффузионное изнашивание стального инструмента при сварке трением алюминиевого сплава АМг5М / С.Ю. Тарасов, Т.А. Калашникова, К.Н. Калашников, В.Е. Рубцов, А.А. Елисеев, Е.А. Колубаев // *Трение и смазка в машинах и механизмах*. – 2015. – №7. – С. 39–44.