

# Исследование соединений меди, полученных ультразвуковой сваркой

**Э.Р. Шаяхметова**, А.А. Мухаметгалина, М.А. Мурзинова, А.А. Назаров

Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, Уфа, Россия

# elvina1408@yandex.ru

# Международная конференция «Физика и технологии перспективных материалов-2021» ("Physics and Technology of Advanced Materials – 2021") 5-8 октября 2021 г., г. Уфа

## АННОТАЦИЯ

Путем ультразвуковой сварки получены твердофазные соединения медных листов с исходной крупнозернистой структурой. Показано, что в процессе ультразвуковой сварки в материале происходят значительные структурные изменения. Вблизи поверхности контакта листов формируется слой с ультрамелкозернистой структурой с размером зерна менее 1 мкм, а в объеме листов в зоне сварки наблюдаются удлиненные зерна с развитой субструктурой. За пределами зоны сварного шва структурных изменений нет. Средняя прочность образцов на срез составила 36 МПа. Показано, что произошедшие при сварке структурные изменения приводят к увеличению микротвердости меди примерно в 1,2 и 1,5 раза в объеме листов в области сварной точки и непосредственно в области соединения по сравнению с микротвердостью исходного листа (соответственно 1200, 950 и 790 МПа).

### введение

Ультразвуковая сварка (УЗС) металлов - относительно новый и в значительной степени универсальный метод, который широко используется в различных отраслях промышленности как электротехническая, электронная, автомобилестроение, авиакосмическая промышленность и медицина [1,2]. Одним из материалов, которые лучше всего свариваются ультразвуком, является медь. Медь и ее сплавы широко используются в электрических батареях, автомобильных проводах и во многих других областях благодаря своим преимуществам, таким как высокая электро- и теплопроводность. Соединение меди с помощью обычных процессов сварки плавлением затруднено из-за высокой теплопроводности и интенсивного окисления при температуре сварки [3,4]. По тем же причинам резистивная точечная сварка также неэффективна [5,6]. Поэтому во многих случаях ультразвуковая сварка рассматривается как перспективный метод сварки медных деталей, например, при производстве электрических батарей. УЗС имеет также дополнительные преимущества заключающиеся в малой продолжительности и низком энергопотреблении [7].

Целью данной работы является исследование влияния ультразвуковой сварки на микроструктуру медных листов, в областях зоны сварки и вблизи нее соответствующих изменений микротвердости в зоне сварки, а также прочности полученных соединений.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для исследований была выбрана технически чистая медь марки М1 (чистота 99,9%). Образцы размером 40 × 20 мм вырезали из листов в состоянии поставки, толщиной 0.8 мм.



Общий вид образцов до (а) и после (б) механических испытаний

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Исходная микроструктура промышленного медного листа в поперечном сечении: BSE-изображение (а), EBSD-карта (б) и спектр разориентировок границ зерен (в)



EBSD-карта сварного соединения в зоне I-II (а) и распределение углов разориентировок в УМЗ прослойке (б) и прилегающих участках (в)



Значения микротвердости в разных зонах образца



#### выводы

Методом ультразвуковой точечной сварки получены качественные Работа выполнена в рамках государственного задания сварные швы медных листов толщиной 0,8 мм. Исследования ИПСМ РАН. Микроструктурные исследования и показали, что при протекающих во время УЗС процессах в листах механические испытания проводились на базе ЦКП ИПСМ формируются неоднородные микроструктуры. Вблизи границы РАН "Структурные и физико-механические исследования сварного шва образуется ультрамелкозернистая микроструктура, материалов" состоящая из вызванных деформацией, рекристаллизованных зерен. Объемные области листов, испытывающие деформацию сдвига. имеют структуру с меньшим размером зерен/субзерен. чем исходный лист. В областях за пределами сварного шва структурных изменений не происходит. Структурные изменения приводят к увеличению микротвердости меди примерно в 1,2 и 1,5 раза в объеме листов и на границе сварного шва соответственно по сравнению с исходным листом



Макроструктура сварного образца и зоны исследования микроструктуры и микротвердости



BSE-изображения микроструктуры сварного образца: зона сварного соединения (I-II); зоны взаимодействия материала с инструментом (I-1, II-1): вне зоны взаимодействия материала с инструментом I-2. II-2):



#### БЛАГОДАРНОСТИ

#### ЛИТЕРАТУРА

Li Lee SS, Kim TH, Hu SJ, Cai W. Characterization of joint quality in welding of battery tabs. Journal of Manufacturing Science and Engin 2013;153(2): 1-13. Available from: DDI:10.1118/14023364 [2] Prangnell P, Haddadi F, Chen YC. Ultrasonic spot welding of alum for automotive avoid-sufficient and science and scie 2013;13:04:07 2014;13:04:07 2014;13:04:07 2014;14:0 velding of aluminium to sl ation. Materials Science

Erguneening A. 2010;22: V8714-0886. Available from: DOI:10.1016/im.mes.2010.07.030 [5] Feng M-N, Xie Y. Zhao C-F, Luo Z. Microstructure and mechanical performance of ultrasonic spot welded open-cell Cu foamAl/a)ioni. Journal of Manufacturing Processes. 2018;33: 86-96. Available from: DOI:10.1016/ji.magnc.2018.04.022 [6] Zhou K, Yao D. Overview of recent advances of process analysis and quality control in nesistance spot welding. Mechanical Systems and Signal Processing. 2019;124: 170-188. Available from: DOI:10.1016/ji.mags.2019.01.041 [7] Zhou L, Zhang R, Li G, Zhou W, Huang Y, Song X. Effect of pin profile on micro-structure and memory. 2016;00:107