

ПРОЧНОСТЬ СОЕДИНЕНИЙ НИКЕЛЯ, ПОЛУЧЕННЫХ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКОЙ ПО РАЗНЫМ РЕЖИМАМ

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

Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, Уфа, Россия

elvina1408@yandex.ru

ВВЕДЕНИЕ

Одним из перспективных способов получения твердофазных соединений металлов и сплавов является ультразвуковая сварка (УЗС). К преимуществам УЗС относят энергоэффективность, короткое время цикла сварки, низкое и локализованное тепловыделение. Ультразвуком можно сваривать практически любые металлы и большинство их комбинаций. Однако наибольший опыт накоплен при сварке «мягких» металлов и сплавов на основе алюминия или меди. Данные о структуре и свойствах соединений более прочных металлов, в частности никеля, на сегодняшний день ограничены.

Факторы, определяющие качество соединения

Основные параметры процесса УЗС:

- амплитуда колебаний ($\xi=15-40$ мкм)
- время воздействия ультразвука (от десятых долей до 1-3 с)
- величина сжимающего усилия (от десятков до тысяч Н)

Возможности используемого оборудования

Свойства соединяемых материалов
Толщина сечения заготовок
Состояние поверхности и т.д.

Величина деформации и температуры вблизи поверхностей контакта

Структура и прочность сварного соединения

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Анализ структуры и свойств соединений листов никеля, полученных УЗС по различным режимам

Материал и условия сварки

Для получения соединений использовали пластины размерами $50 \times 20 \times 0,5$ мм³, вырезанные из листов технического чистого никеля НП2 толщиной 0,5 мм. УЗС проводили на лабораторной установке

Установка для ультразвуковой сварки, созданная в ИПСМ РАН

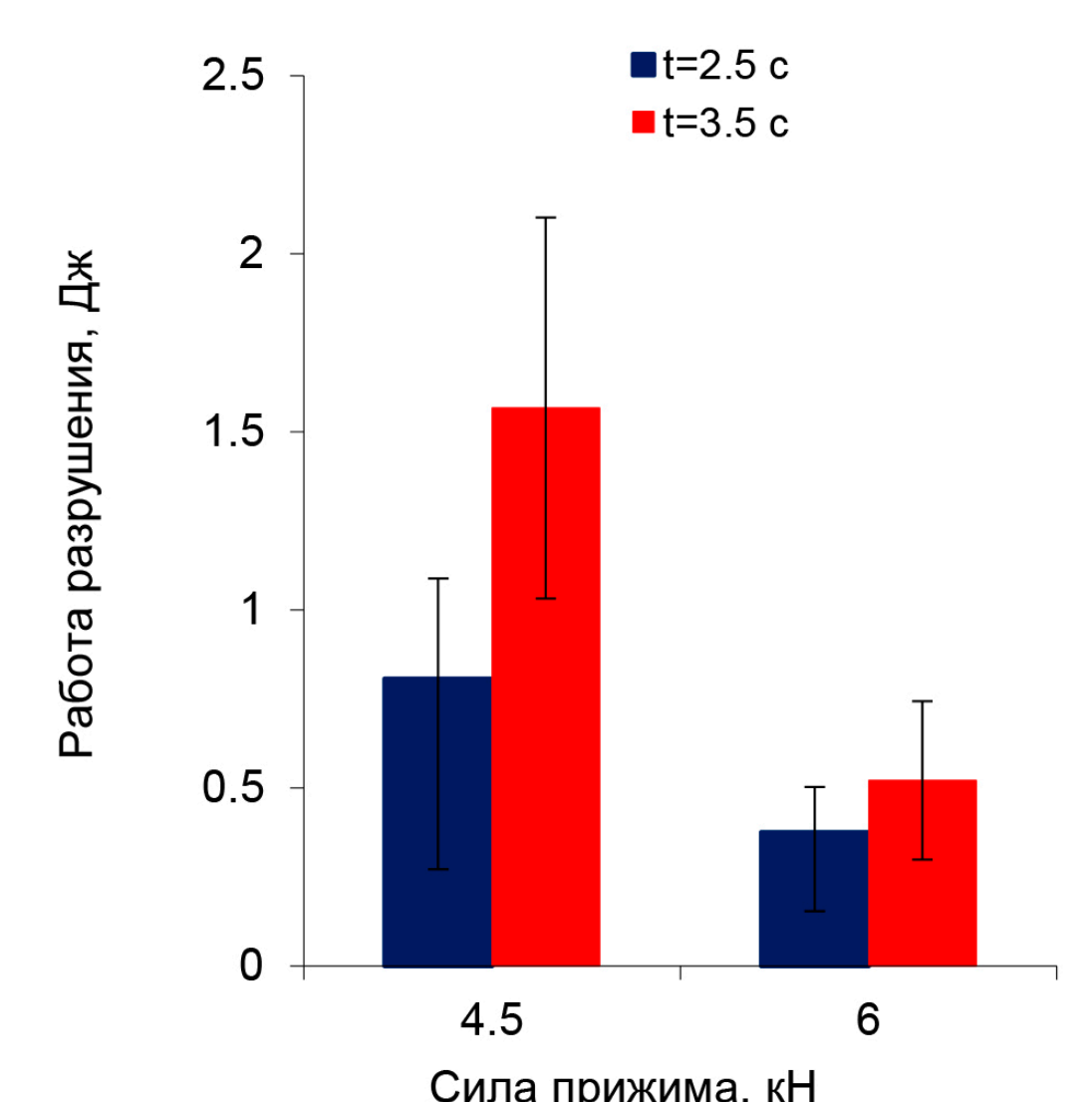
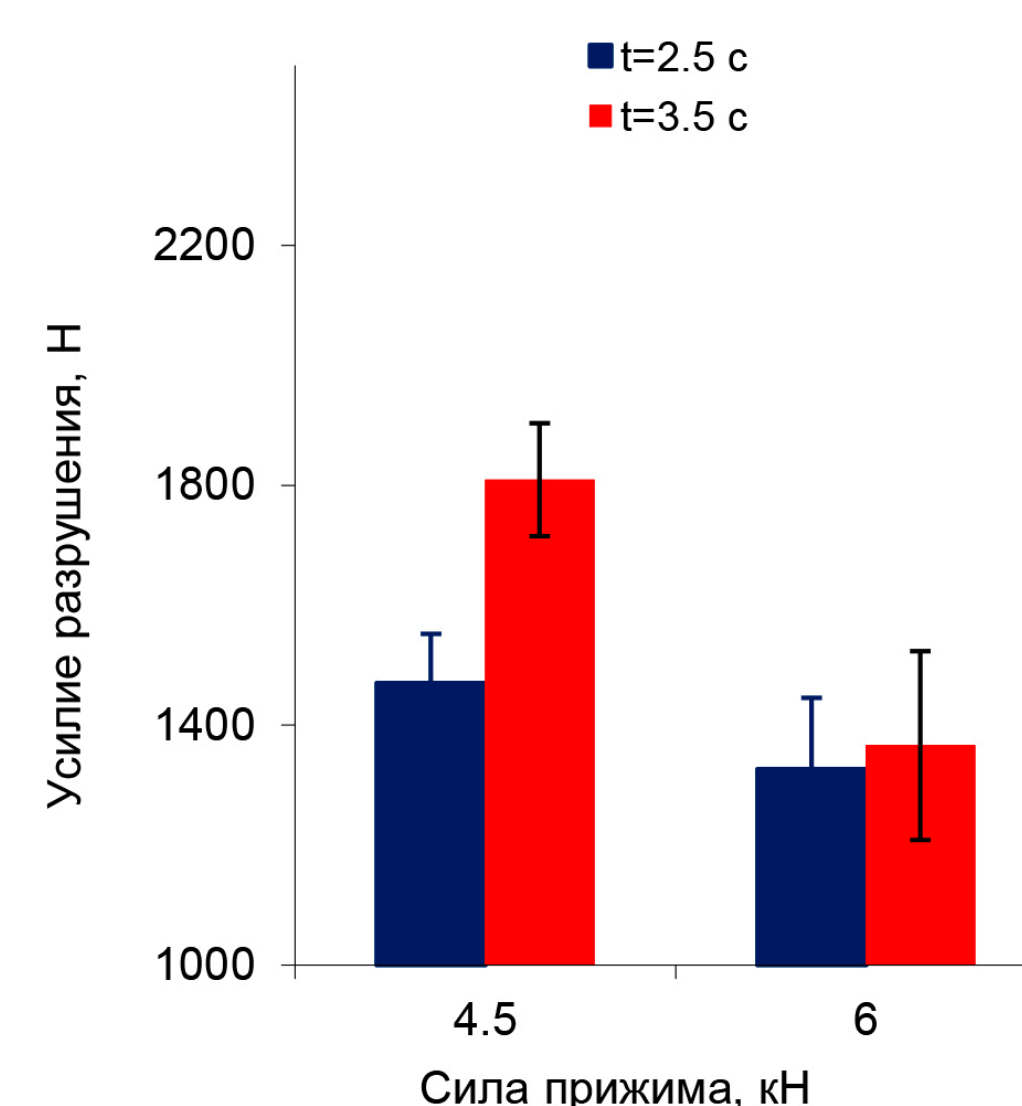
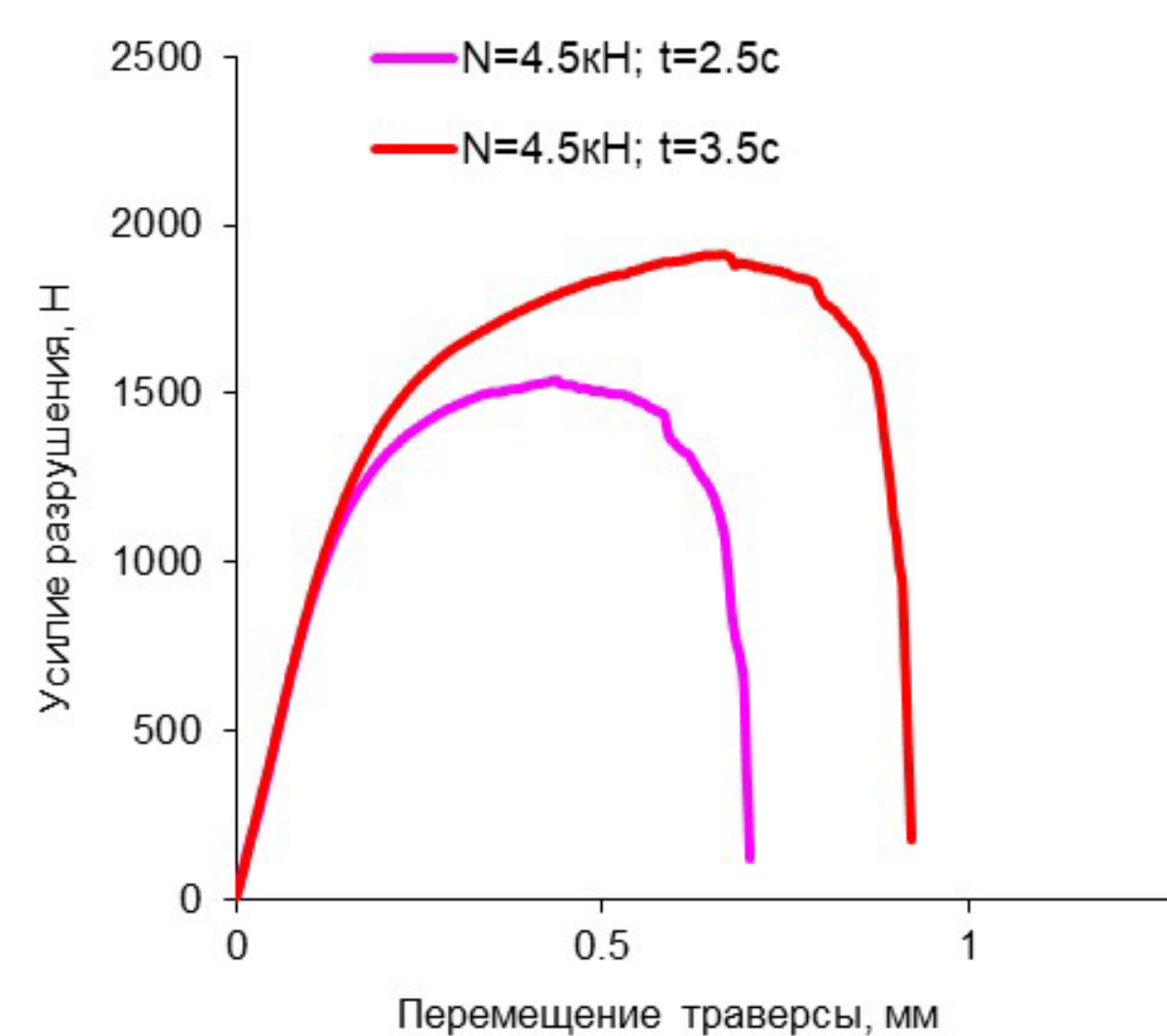


Условия сварки:

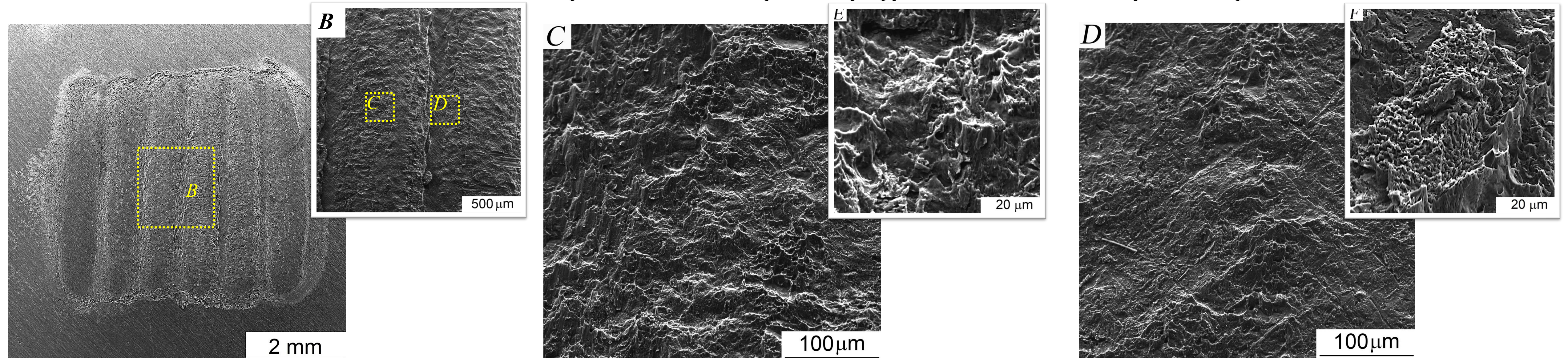
- частота колебаний: 20 кГц
- амплитуда: 17-20 мкм
- величина сжимающей силы (N): 4,5 и 6,0 кН
- длительность УЗС (τ): 2,5 и 3,5 с

РЕЗУЛЬТАТЫ

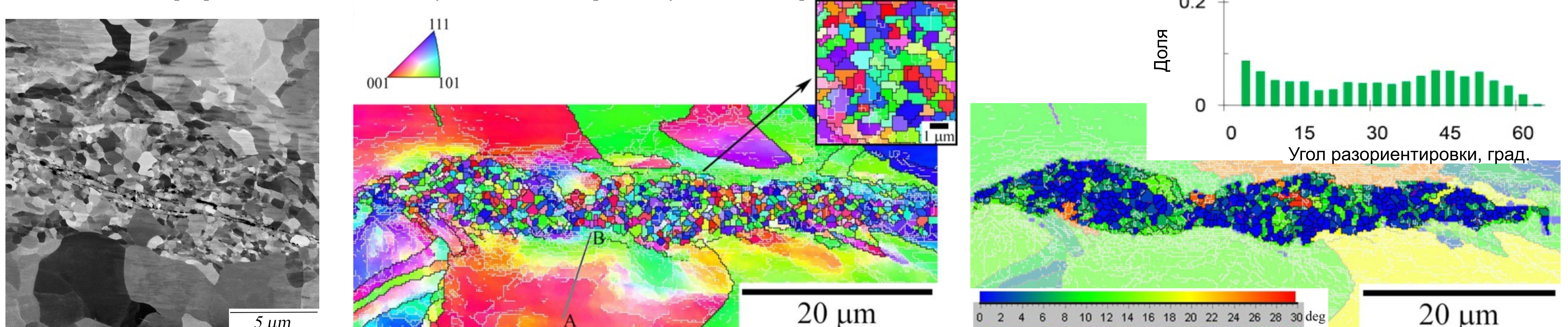
Прочность соединений. Наиболее прочные соединения были получены после УЗС в течение 3,5 с под действием сжимающей силы $N=4,5$ кН. Уменьшение времени воздействия ультразвука до 2,5 с, при той же величине $N=4,5$ кН привело к снижению усилия и работы разрушения, что связано с меньшим количеством подведенной энергии. Увеличение сжимающего усилия N с 4,5 до 6 кН тоже сопровождалось снижением усилия и работы разрушения соединений, что, вероятно, обусловлено значительным уменьшением коэффициента трения и, соответственно, температуры в зоне контакта соединяемых листов, которое имеет место при увеличении нормального давления. Все образцы разрушались по поверхности контакта соединяемых листов, что свидетельствует о невысоком качестве полученных соединений.



Фрактография. Поверхности разрушения образцов имеют волнообразный (шиферный) макрорельеф, состоящий из выгнутых и вогнутых полос. Широкие выгнутые полосы (область С) на поверхностях разрушения образуются в результате вдавливания зубьев сварочного наконечника в соединяемые листы, а узкие вогнутые (область D) – в результате выдавливания металла в полости между зубьями наконечника в ходе УЗС. На поверхности выгнутых полос преобладают области с развитым ямочным рельефом, которые являются очагами схватывания металла. В очагах схватывания ямки вытянуты в направлении сдвига при выбранной схеме испытаний, но размеры ямок существенно отличаются в соседних полях зрения (области E и F). Вершины очагов часто образуют борозды, ориентированные по направлению вибрации сварочного наконечника, а боковые поверхности – часто образуют острые изогнутые протяженные кромки. В узких вогнутых полосах очаги схватывания окружены гладкими участками, на которых отчетливо видны следы предварительной шлифовки поверхности пластин, и, следовательно, соединение отсутствовало. На периферии сварной точки таких участков значительно больше, чем в центре. Количественная оценка доли площади, занятой очагами схватывания, показала, что она не превышает 50% поверхности разрушения даже наиболее прочных образцов.



Микроструктура в зоне соединения. В зоне соединения сформировались новые равноосные зерна размером 0,5-3 мкм, внутризеренная разориентировка которых не превышает 2° в 30% случаев. В области с мелкозернистой структурой преобладают границы с углом разориентировки более 15°. Следовательно, формирование соединения в процессе УЗС сопровождалось развитием динамической рекристаллизации, что согласуется с выводами ранее опубликованных работ.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

- Ультразвуковая сварка листов никеля толщиной 0.5 мм по режиму: $f=20$ кГц, $A=17-20$ мкм, $N=4,5$ кН, $\tau=2,5$ с, позволила получить твердофазные соединения, сдвиговая прочность которых достигала 53 МПа.
- Очаги схватывания в зоне соединения располагались неравномерно и занимали не более половины площади поверхности разрушения сварных соединений.
- В процессе УЗС в зоне соединения сформировался слой мелких рекристаллизованных зерен.

Работа выполнена в рамках гранта Республики Башкортостан для государственной поддержки молодых ученых



Министерство
образования и науки РБ

Исследования проводились на базе ЦКП ИПСМ РАН "Структурные и физико-механические исследования материалов".