

**Чувашский государственный университет**

**Исследование технологии  
сварки трением с перемешиванием  
для соединения разнородных  
алюминиевых и медных сплавов,  
применяемых в машиностроении и  
электротехнике**

# Сварка трением с перемешиванием

## **Физическая сущность метода**

Механическое соединение конструкционных металлических элементов посредством воздействия на кромки соединяемых деталей специального вращающегося инструмента, который переводит металл в области стыка в пластическое состояние и перемешивает его.

## **Преимущества данного способа сварки**

Отсутствие остаточных механических напряжений, отсутствие расходных материалов, отсутствие вредных выбросов в атмосферу и светового излучения, увеличенная скорость сварки, возможность сварки различных металлов.

Союз Советских  
Социалистических  
Республик



Комитет по делам  
изобретений и открытий  
при Совете Министров  
СССР

# О П И С А Н И Е 195846

## ИЗОБРЕТЕНИЯ

### К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

Зависимое от авт. свидетельства № —

Заявлено 09.XI.1965 (№ 1036054/25-27)

с присоединением заявки № —

Приоритет —

Опубликовано 04.V.1967. Бюллетень № 10

Дата опубликования описания 15.VI.1967

Кл. 49h, 35/02

МПК В 23k

УДК 621.791.14(088.8)

Автор  
изобретения

Ю. В. Климехо

Заявитель

### СПОСОБ СВАРКИ МЕТАЛЛОВ ТРЕНИЕМ

Известен способ сварки металлов трением, заключающийся во вращении в зазоре между свариваемыми деталями вспомогательного элемента.

Предложенный способ состоит в том, что после доведения деталей до состояния повышенной пластичности к вспомогательному элементу прикладывают осевое усилие, вдавливая элемент между свариваемыми деталями. Описываемым способом можно сваривать массивные детали.

В качестве вспомогательного элемента используют стальной стержень с твердосплавным наконечником из сплава Ti5K6, напаянным медью на торец стержня. Для привода стержня используют вертикально-фрезерный станок, дополнительно оборудованный тормозом шпинделя.

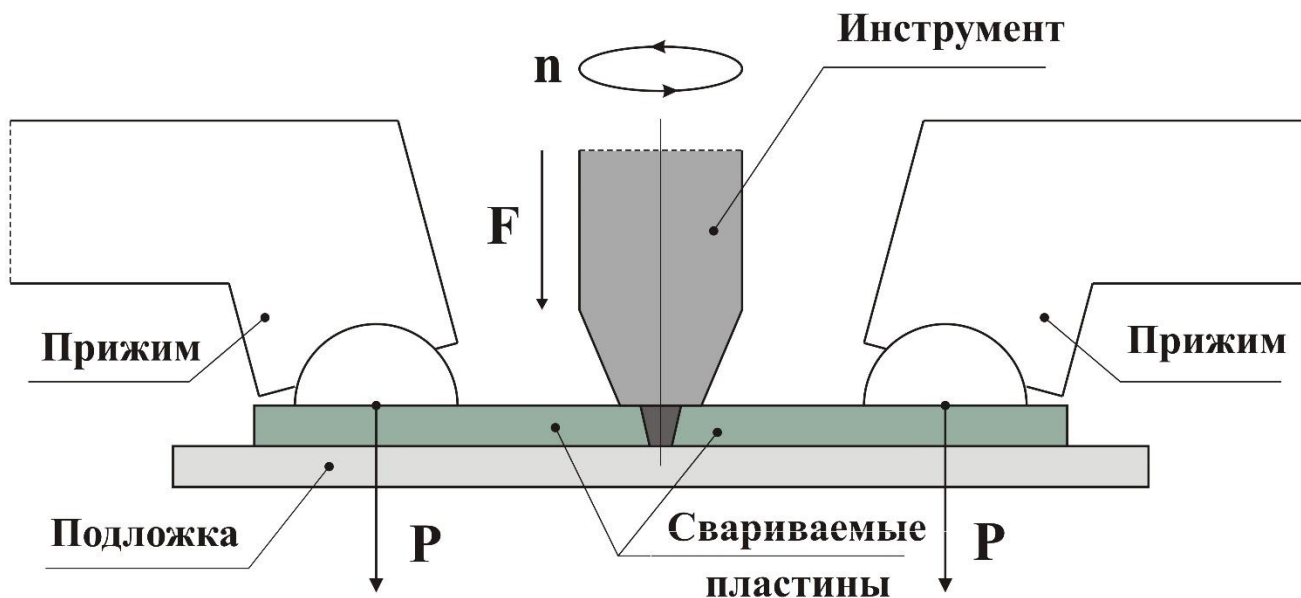
Концевой хвостовик стержня зажимают в шпинделе станка, а свариваемые детали уста-

навливают в машинных тисках. При выключенной горизонтальной подаче станка сварка производится отдельными точками. При включенной горизонтальной подаче станка образуется сплошной сварной шов.

### Предмет изобретения

Способ сварки металлов трением, заключающийся во вращении в зазоре между свариваемыми деталями вспомогательного элемента, отличающийся тем, что, с целью обеспечения возможности сварки массивных деталей, после доведения их до состояния повышенной пластичности к вспомогательному элементу прикладывают осевое усилие, вдавливая элемент между свариваемыми деталями.

# Сварка трением с перемешиванием. Элементы конструкции



$F$  - осевое усилие со стороны инструмента на материал.

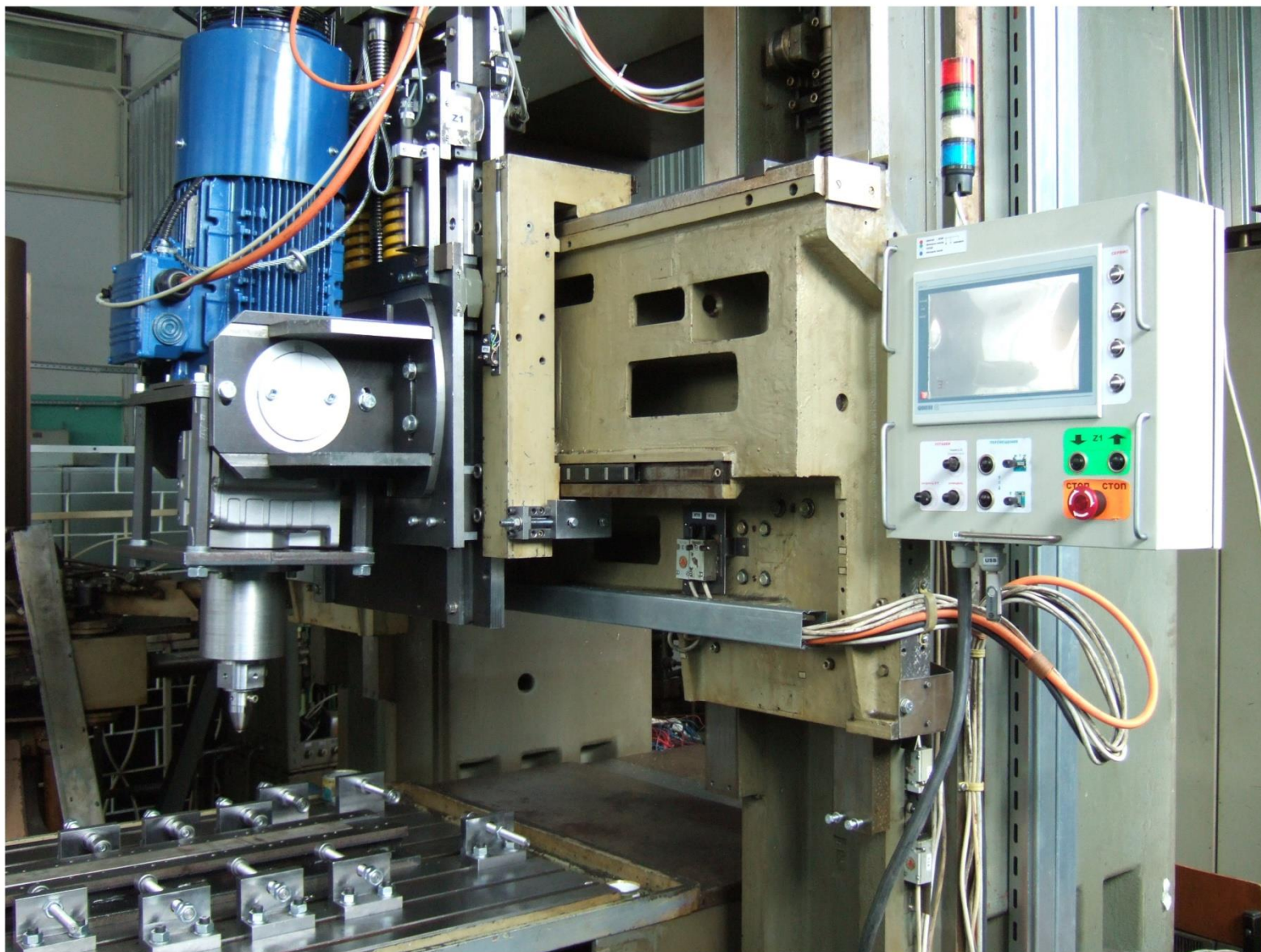
$n$  - частота вращения инструмента.

$P$  - усилие прижима свариваемых деталей к подложке..

**Обработкающий центр СВКоZ 900x1400/7  
производства фирмы “VEB Mikromat Dresden”.**



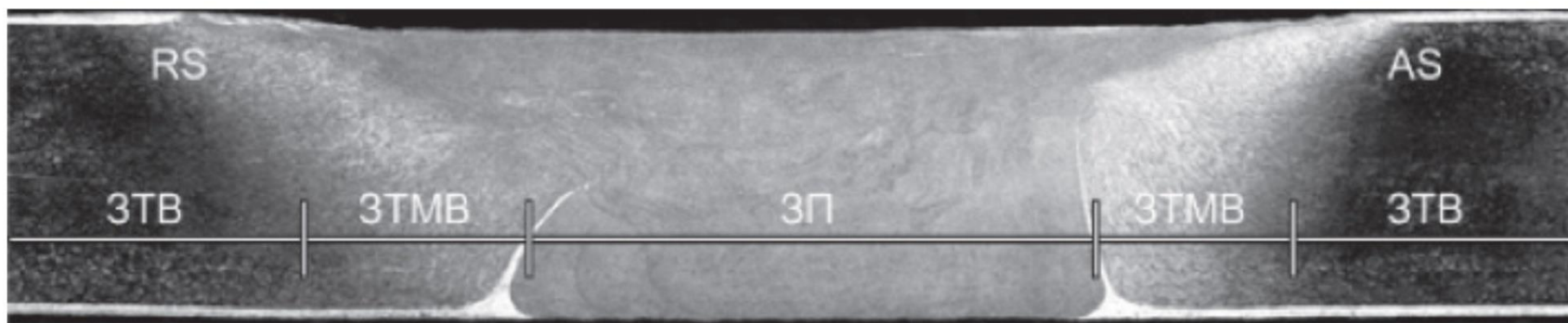
## Установка фрикционной сварки “ERNEST”.



## Технические характеристики установки фрикционной сварки “ERNEST”.

Характеристика	Величина
Диапазон толщин свариваемых встык плоских образцов сплава типа АМг5, мм	2 - 10
Максимальная длина сварного шва по оси X, мм	1000
Максимальная длина сварного шва по оси Y, мм	500
Рабочий ход инструмента по оси Z, мм	600
Скорость сварки, мм/сек	1 - 15
Частота вращения инструмента, об/мин	100 - 1000
Усилие на инструменте по оси Z, кгс	500-3500
Угол наклона инструмента, град	0 - 4
Мощность электродвигателя шпинделя, кВт	12

**Стыковой шов Д16Т - Д16Т. S = 5 мм.**  
Двухсторонняя сварка инструментом h = 3 мм.



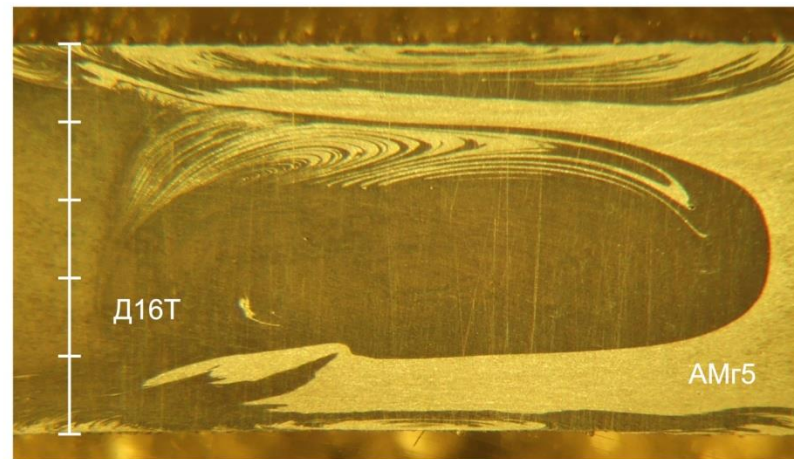
Формирование дефекта сварного шва на плакированном алюминии сплаве Д16Т (2024).  
Тарасов С.Ю., Рубцов В.Е., Колубаев Е.А., Иванов А.Н. // ИФПМ РАН. г. Томск.

№ образца	Временное сопротивление $\sigma_b$ , МПа
1	417
2	404
3	418
4	417
5	391

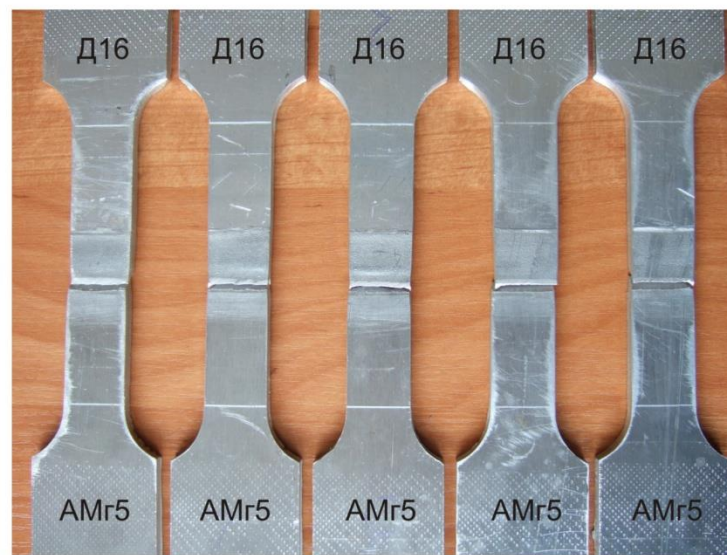




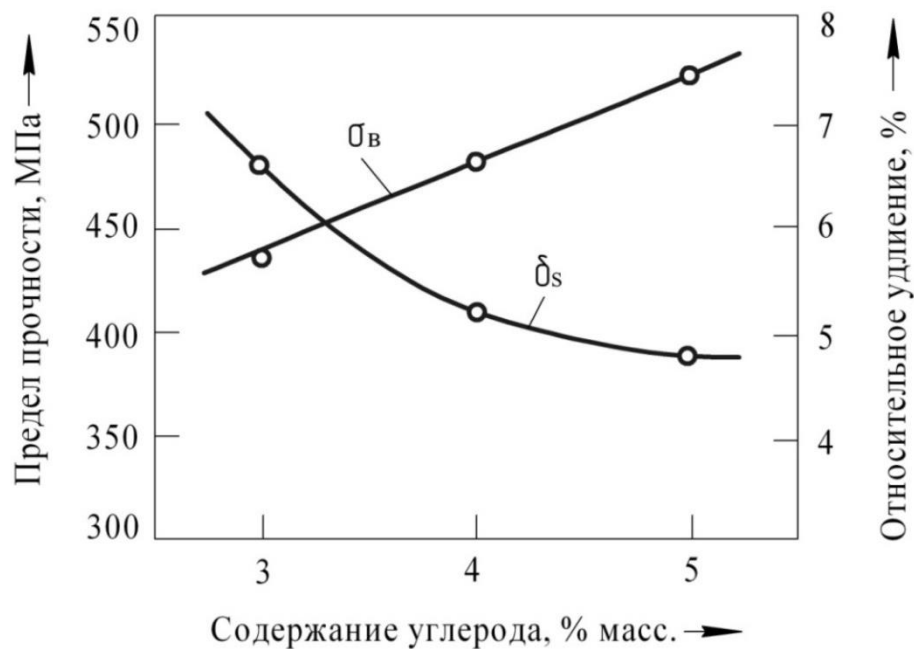
**Стыковой шов АМг5 - Д16Т. S = 5 мм.**  
**Двухсторонняя сварка инструментом h = 3 мм.**



<b>№ образца</b>	<b>Временное сопротивление, МПа</b>
<b>1</b>	<b>322</b>
<b>2</b>	<b>330</b>
<b>3</b>	<b>322</b>
<b>4</b>	<b>318</b>
<b>5</b>	<b>320</b>



## Композит Al-C. Стыковой шов. $S = 6$ мм. Двухсторонняя сварка инструментом $h = 3$ мм.

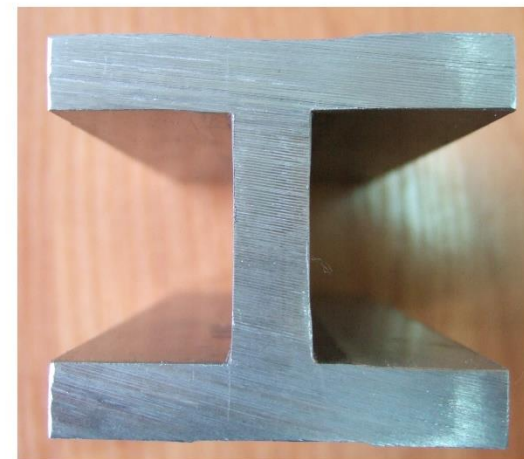
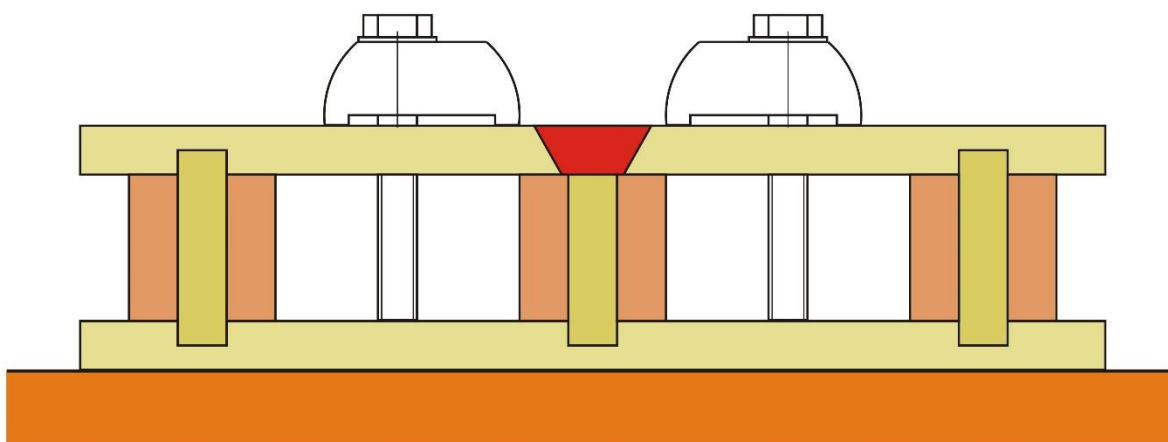


Шалунов Е.П., Шведов М.А., Архипов И.В. Вестник Чувашского госуниверситета. 2014 г. № 2. С. 165 - 172.

№ образца	Временное сопротивление, МПа	Примечание
1	390	Шов по оси прессования образца.
2	377	
3	387	
4	437	Шов поперек оси.
5	442	
6	505	Основной металл. Вдоль оси.
7	512	

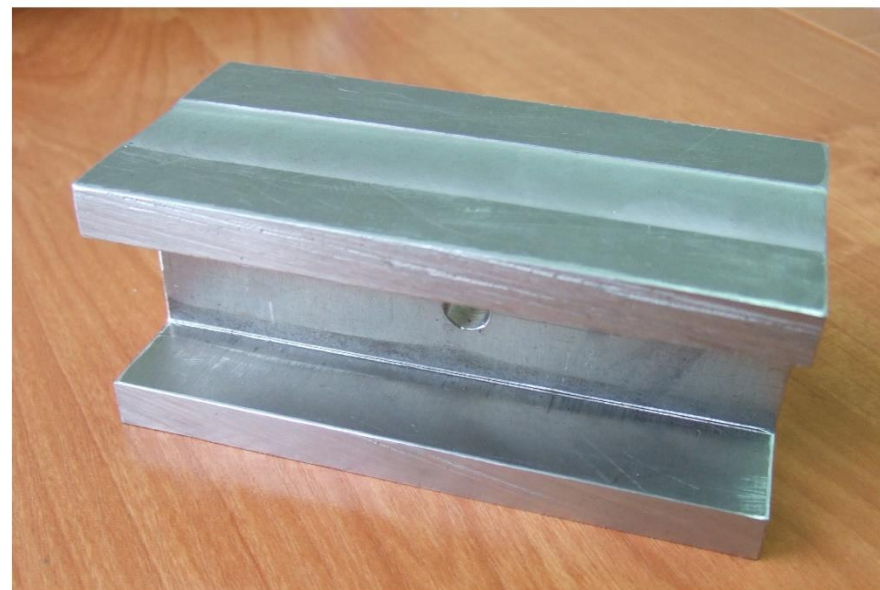


**Сплав 1915.  $S = 10$  мм. Сварка таврового соединения.  
Сварка внахлест. Инструмент  $h = 10$  мм.**



Стыковой двухсторонний шов.  
 $S = 10$  мм. Инструмент  $h = 5$  мм.  
Естественное старение 30 суток.

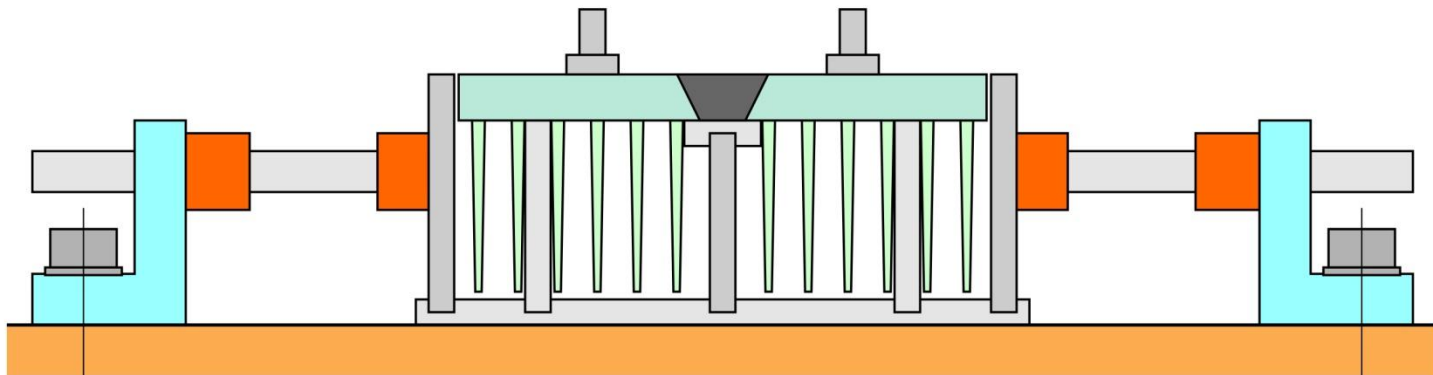
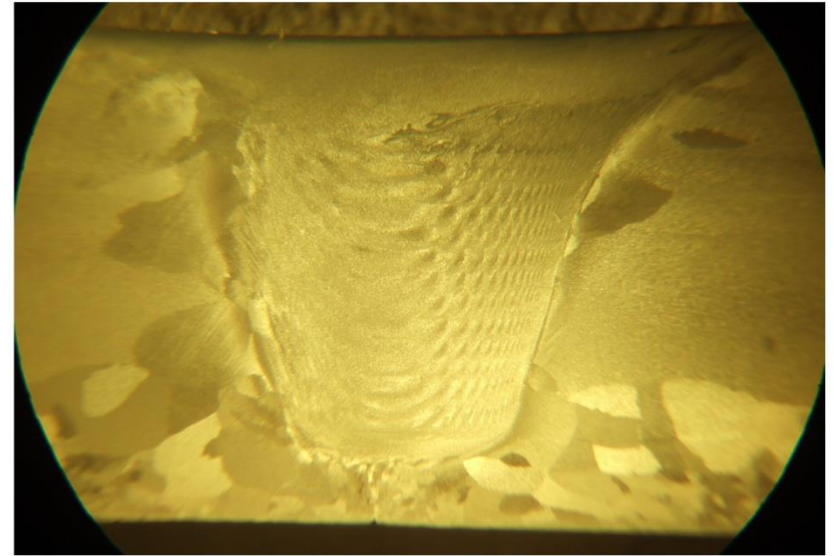
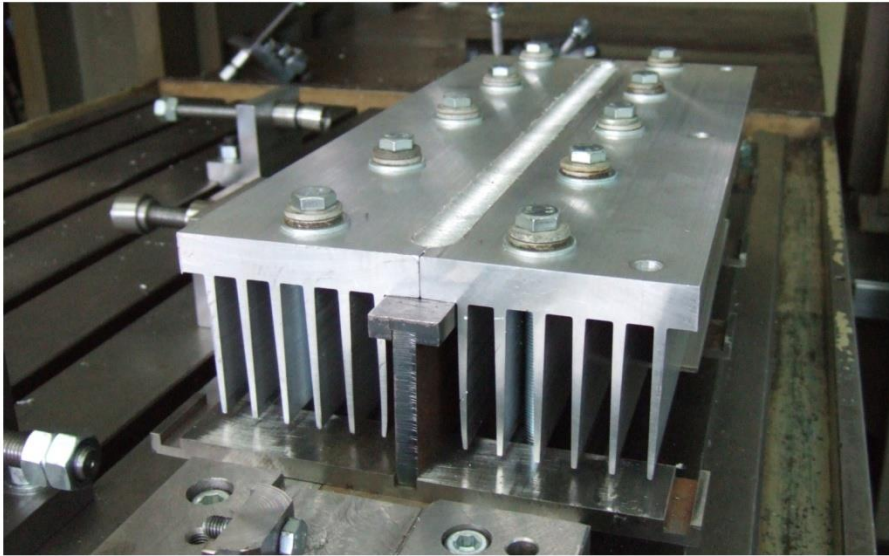
№ образца	Временное сопротивление $\sigma_b$ , МПа	
	Шов	Осн. металл
1	332	348
2	336	364
3	321	372



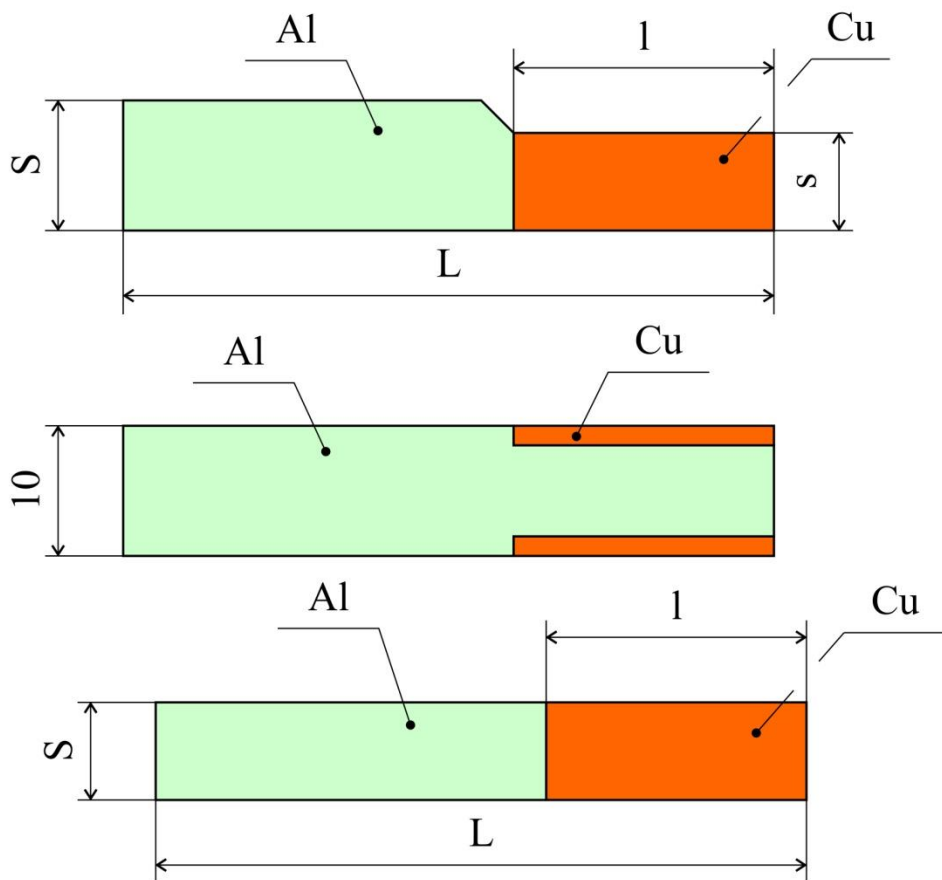
# Охладитель силовых полупроводниковых приборов.

Сплав АД31. Стыковой шов.  $S = 18$  мм.

Инструмент  $h = 15$  мм.  $n = 400$  об/мин.  $V = 3$  мм/сек.  $N = 7,5$  кВт.



# ГОСТ 19357-81 Пластины переходные медно-алюминиевые. Общие технические условия.



Обозначение	L, мм	l, мм	S, мм	s, мм
МАР 50x6/4	160	60	6	4
МАР 60x8/5	250	90	8	5
МАР 80x8/5	250	90	8	5
МАР 100x10/6	290	110	10	6
МАР 120x10/6	290	110	10	6

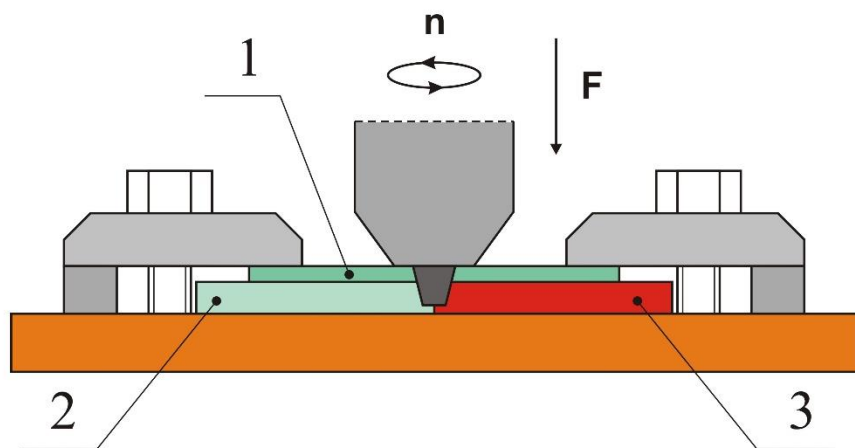
Обозначение	L, мм	l, мм	B, мм	S, мм
МА 40x4	160	60	40	4
МА 50x6	160	60	50	6
МА 60x8	240	80	60	8
МА 80x8	250	90	80	8
МА 100x10	290	100	100	10
МА 120x10	320	120	120	10

Материал:

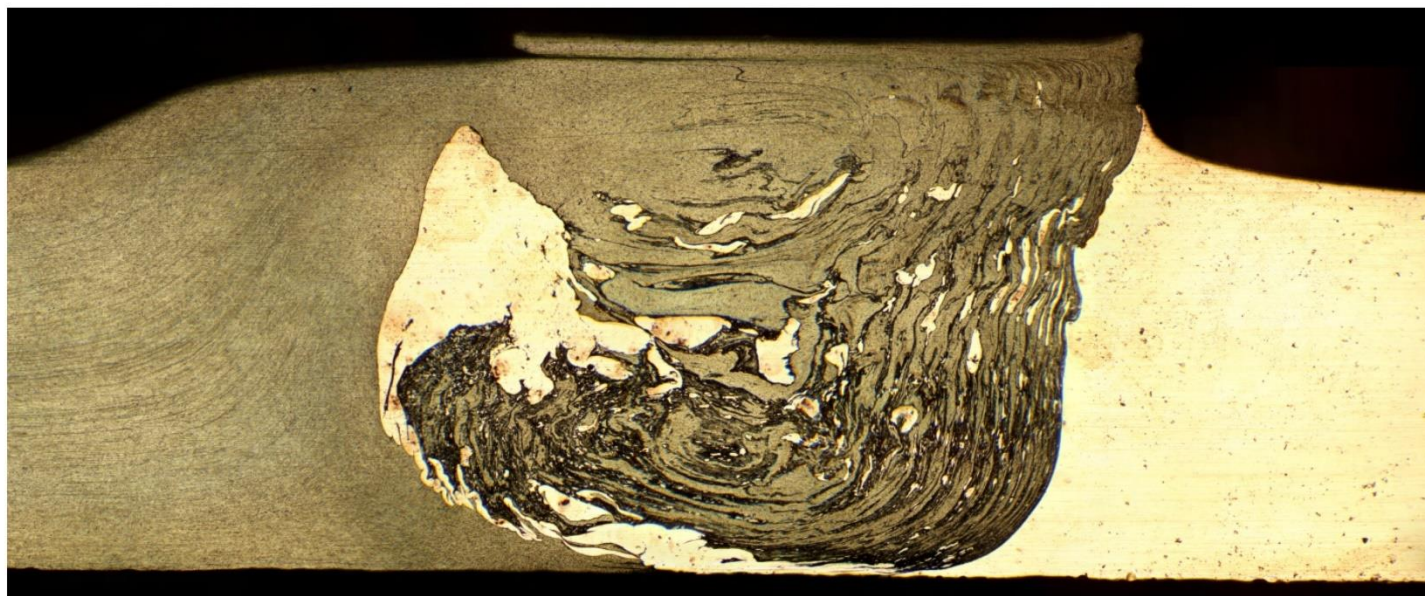
Al - шина из алюминия марки АД0, Cu - шина медная ШММ.

Пластины должны выдерживать изгиб в обе стороны с последующим выравниванием:  
пластина МА на угол  $(15\pm 3)^\circ$ , пластина МАР - на угол  $(10\pm 2)^\circ$ .

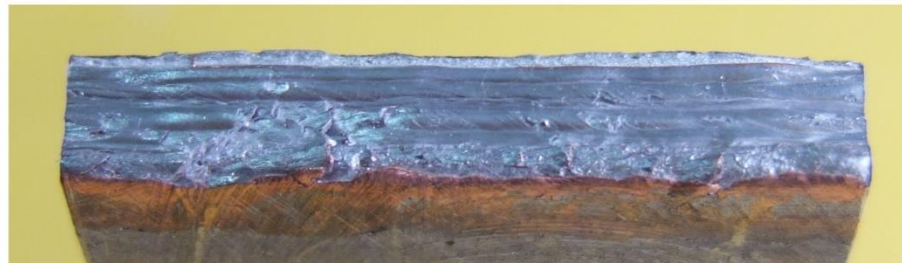
## Сварка трением с перемешиванием. Al - Cu.



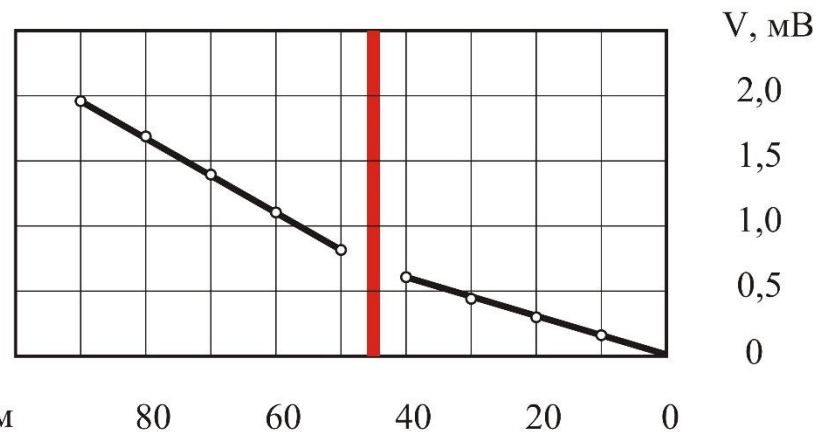
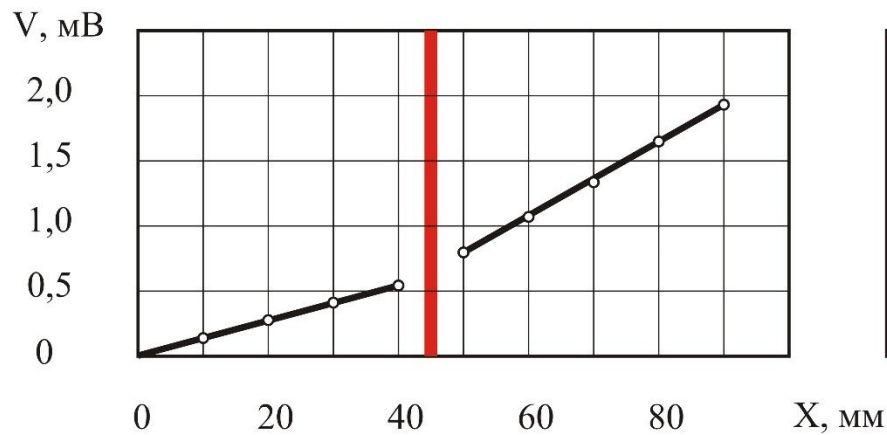
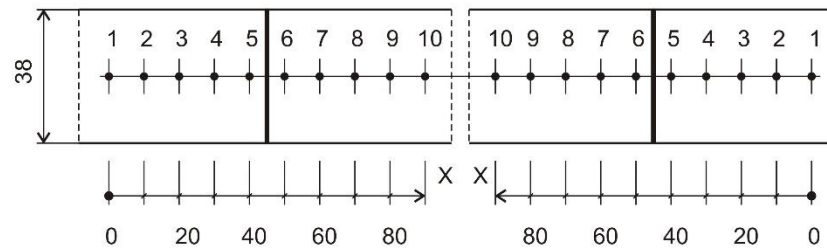
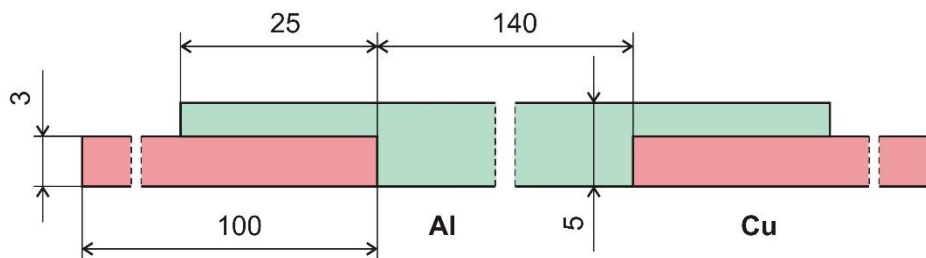
1 - АМГ5,  $s = 1,5$  мм. 2 - АМГ5,  $S = 3$  мм. 3 М1,  $S = 3$  мм



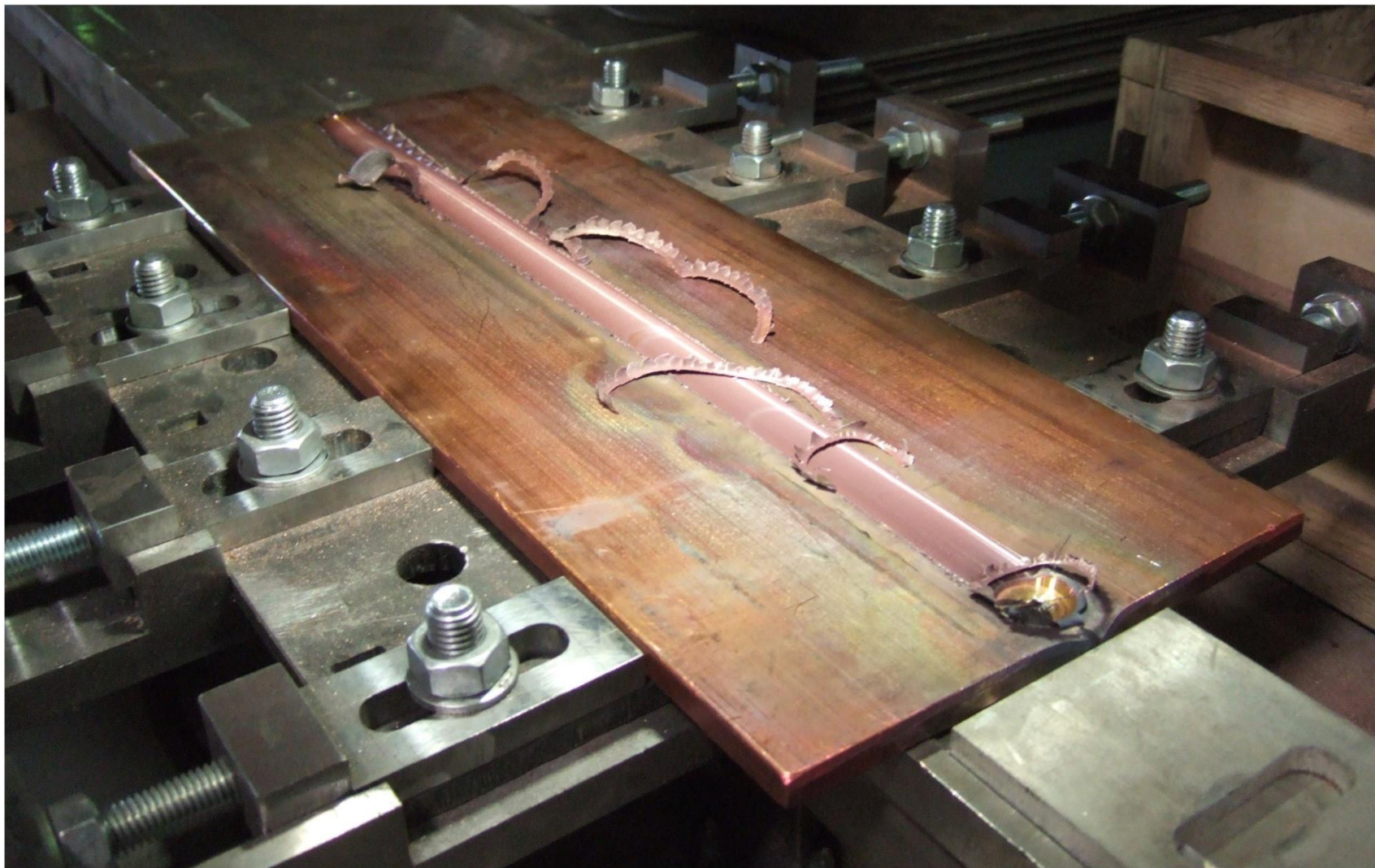
# Сварка трением с перемешиванием. АМг5 - М1. Механические и электрические свойства.



$\sigma_{B1} = 151 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_{B2} = 158 \text{ МПа}$ .



**Опытный образец сварного соединения образца М1 толщиной 10 мм, полученного по технологии сварки трением с перемешиванием. Сторона 1.**





## Результаты испытаний на статическое растяжение

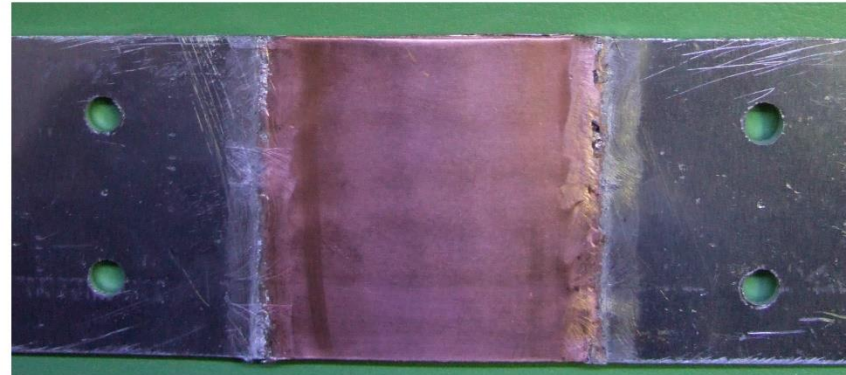
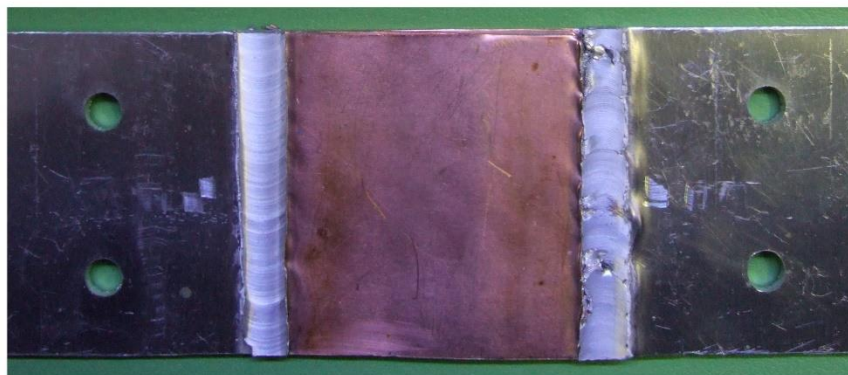
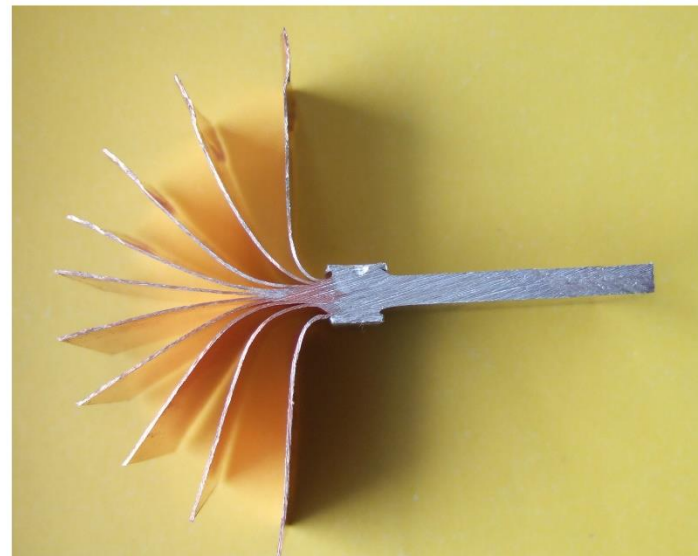
Образец	1	3	2
Предел прочности, МПа	222	221	222

## Технологические параметры режима сварки

Образец	Усилие на шпинделе, кгс	Частота вращения, об/мин	Скорость сварки, см/мин	Мощность на валу, кВт
Сторона 1	2000	650	30	9,25
Сторона 2	2000	550	30	8,16



# Сварка трением с перемешиванием. АМг5 - М1. Сварка пакета.



## Публикации по теме

- 1 **Сварка трением с перемешиванием. Алюминий и медь.** Васильев П.А., Шведов М.А., Гусева О.Б., Григорьев В.С. //Сварщик в России. 2016. № 5. С. 6–7.
- 2 **Шинопроводы алюминий-медь. Новые возможности.** Васильев П.А., Шведов М.А., Христофоров О.В., Григорьев В.С. //Силовая электроника. 2017. № 1. С. 78-79.
- 3 **Сварка трением с перемешиванием. Композит Al-C.** Васильев П.А., Шведов М.А., Смирнов В.М., Христофоров О.В. //Сварщик в России. 2017. № 4. С. 6-7.
- 4 **Установка фрикционной сварки ERNEST.** Васильев П.А., Осанов В.Н., Евграфов А.В., Калинин А.Г., Шведов М.А., Христофоров О.В., Григорьев В.С. //Заготовительные производства в машиностроении. 2017. Т. 15. № 9. С. 392-398.

# **Чувашский государственный университет**

**[www.chuvsu.ru](http://www.chuvsu.ru)    [welding@chuvsu.ru](mailto:welding@chuvsu.ru)**

**[www.cad21.ru](http://www.cad21.ru)    [wsgrig@cad21.ru](mailto:wsgrig@cad21.ru)**