



Weldex 2023



Свойства стыковых соединений плит сплава 1901Т1, выполненных односторонней сваркой трением с перемешиванием

11.10.2023

А.М. Дриц АО «СМЗ»
В.В. Овчинников «Мосполитех»

Химический состав и механические свойства плиты из сплава 1901

Содержание легирующих элементов, масс %

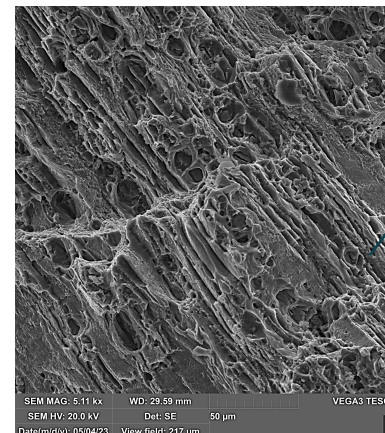
Mn	Cr	Si	Fe	Cu	Al	Ti	Zn	Zr	Mg	Be
0.1-0.3	0.12-0.25	≤0.2	≤0.3	≤0.2	Ост.	0,03-0,1	5,4-6,2	0,07-0,12	2,4-3	0,0002-0,005

Механические свойства плит сплава 1901 в состоянии Т1 и после дополнительного старения при 170 °С, 2 часа

Закалка+искусственное старение Т1				Закалка+искусственное старение Т1 + нагрев 170°С, 2 часа			
σв, МПа	σ0.2, МПа	δ, %	ψ, %	σв, МПа	σ0.2, МПа	δ, %	ψ, %
526	446	15,6	29,6	495	436	17,0	33,6



Микроструктура
плиты сплава 1901Т1
в состоянии закалка
+ искусственное
старение



Фрактограмма излома
образца плиты из сплава
1901Т1 после
испытаний на
статическое
растяжение: закалка +
искусственное старение

Режим сварки трением с перемешиванием сплава 1901Т1



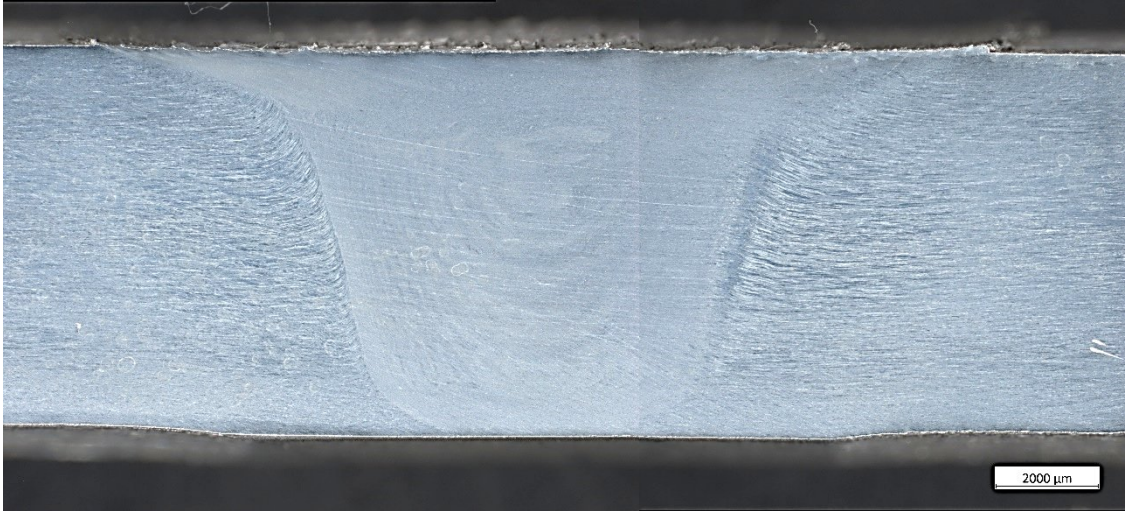
Схема выполнения СТП	Частота вращения инструмента, об/мин	Скорость сварки, мм/мин	Угол наклона инструмента в плоскости стыка (против часовой стрелки), град	Усилие прижатия буртика инструмента к поверхности деталей, кН
Односторонняя на воздухе	550	215	3	2,3 - 2,7
Односторонняя в воде	750	215	3	2,3 - 2,7

Механические свойства сварных соединений плиты из сплава 1901Т1

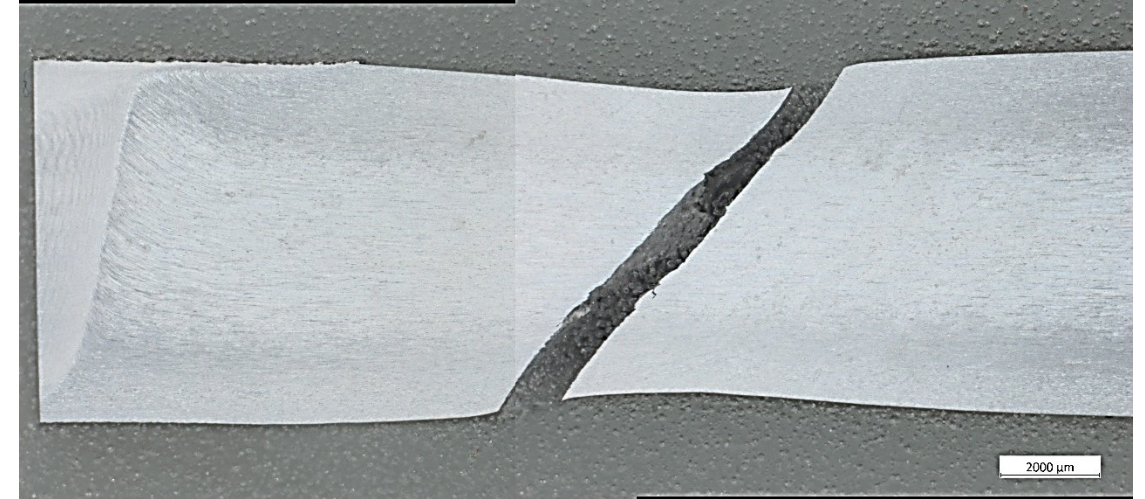


Временное сопротивление сварного соединения σ_B , МПа	Коэффициент прочности сварного соединения K	Зона разрушения сварного соединения	Временное сопротивление металла шва σ_B^w , МПа	Угол изгиба α , град.	Ударная вязкость по шву KCU , Дж/см ²
Непосредственно после сварки в воде					
<u>457,3–491,5</u> 476,7	<u>0,86–0,93</u> 0,90	Зона термического влияния	<u>528,3–547,7</u> 537,5	<u>36–44</u> 40	<u>21,3–25,9</u> 24,0
Непосредственное после сварки на воздухе					
<u>445,5–454,6</u> 452,3	<u>0,84–0,86</u> 0,85	Зона термического влияния	<u>518,2–531,6</u> 526,7	<u>20–46</u> 35	<u>21–24</u> 22,5
СТП в воде после нагрева 170 °С, 2 часа					
<u>389,4–400,3</u> 394,5	<u>0,78–0,80</u> 0,79	Зона термического влияния	<u>470,3–492,9</u> 481,2	<u>44–53</u> 47	<u>28,9–33,6</u> 32,4
СТП на воздухе после нагрева 170 °С, 2 часа					
<u>387,5–394,6</u> 390,3	<u>0,78–0,79</u> 0,78	Зона термического влияния	<u>459,6–481,9</u> 469,9	<u>31–47</u> 42	<u>27–37</u> 30

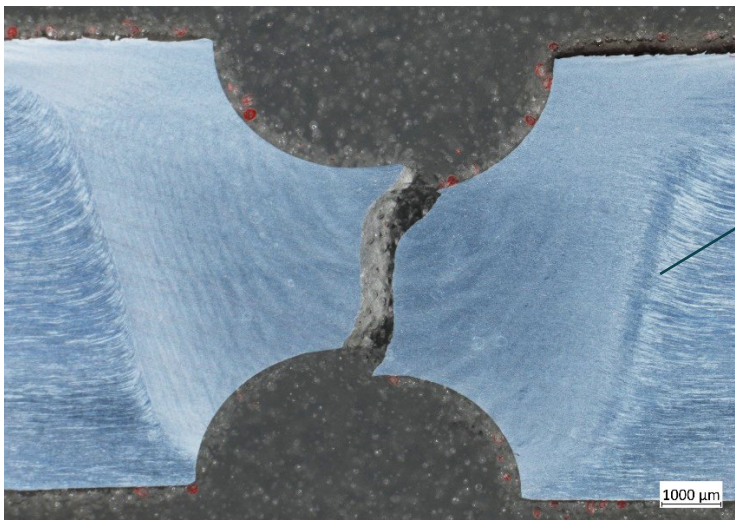
Результаты исследования макроструктуры



Макроструктура сварного соединения плиты сплава 1901Т1, выполненного СТП на воздухе и в воде



Разрушение сварного соединения при испытании на растяжение образцов сварных соединений плит из сплава 1901Т1



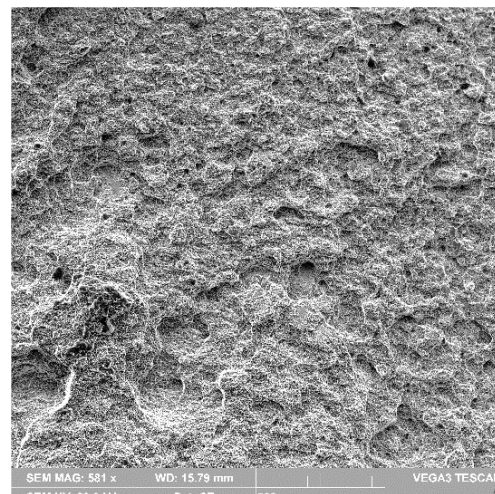
Разрушение сварного соединения металла шва при испытании на растяжение образцов сварных соединений плит из сплава 1901Т1

Зависимость величины угла изгиба от варианта проведения испытаний

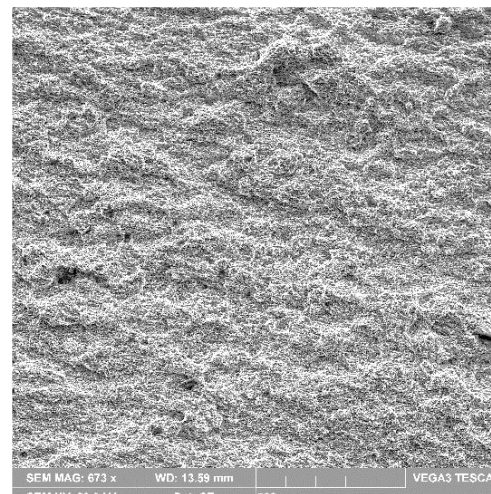
Вариант выполнения соединения	Угол изгиба α , град	
	Растянутая зона с корневой части соединения	Растянутая зона с лицевой стороны соединения
СТП на воздухе	$\frac{20-46}{35}$	$\frac{65-80}{70}$
СТП на воздухе + нагрев 170 °С, 2 часа	$\frac{31-47}{42}$	$\frac{68-95}{82}$
СТП в воде	$\frac{36-44}{40}$	$\frac{72-84}{78}$
СТП в воде + нагрев 170 °С, 2 часа	$\frac{44-53}{47}$	$\frac{83-103}{94}$

Фрактограмма излома шва при испытании на статическое растяжение

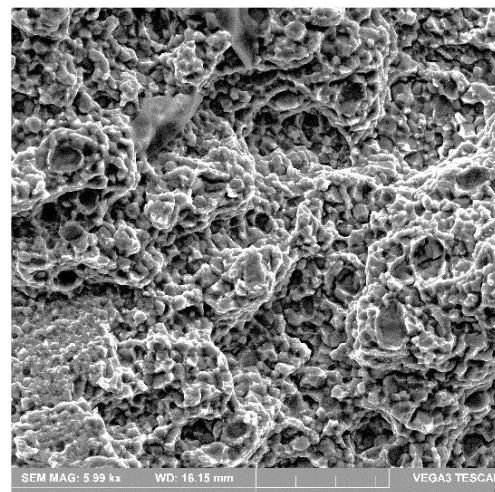
СТП на воздухе



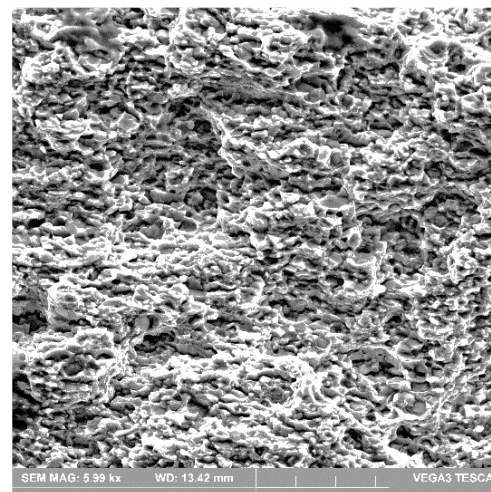
*СТП на воздухе + старение 170 °С,
2 часа*



СТП в воде



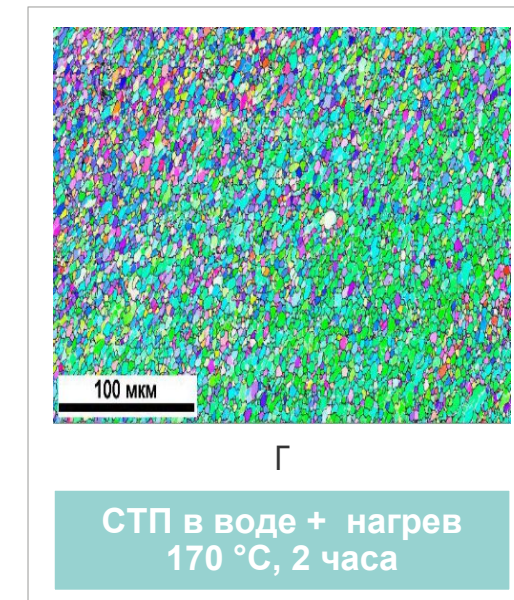
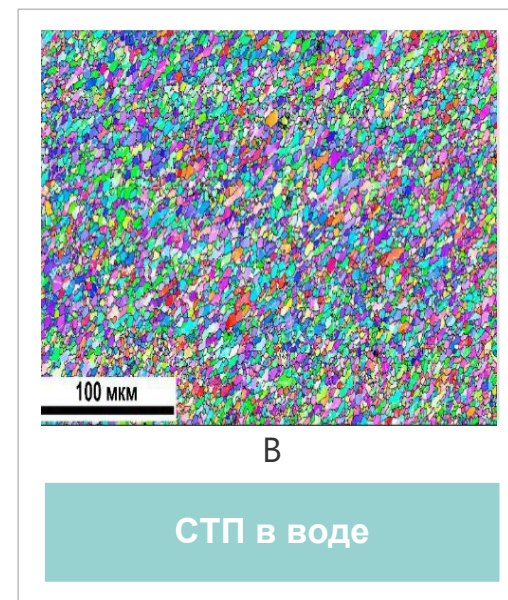
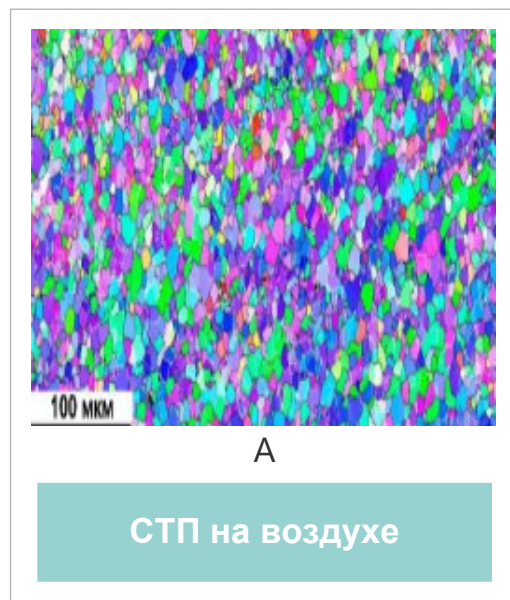
*СТП в воде + старение 170°С, 2
часа*



Средний размер зерна в зоне перемешивания

Вариант сварки	Средний размер зерна в шве, мкм	
	СТП	СТП + нагрев 170 °С, 2 часа
СТП на воздухе	9,12±0,77	9,42±0,85
СТП в воде	5,33±0,45	5,52±0,68

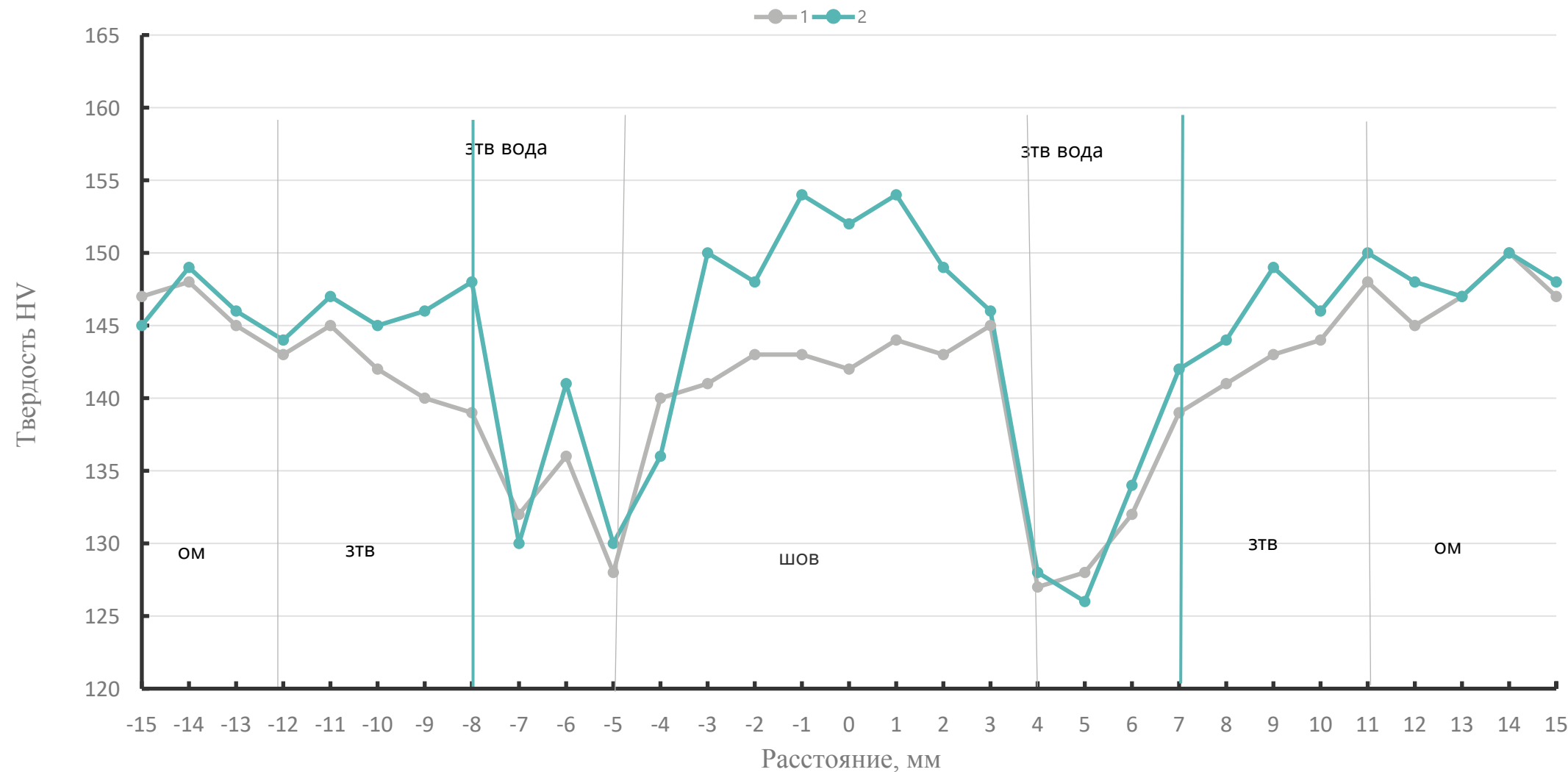
Панорамная карта EBSD с зоны сварного шва:



Распределение твердости по Виккерсу по различным зонам сварного соединения сплава 1901 (АБТ101) непосредственно после СТП



Ширина ЗТВ: 7 - 7,5 мм на воздухе (1) и 3,0 - 3,5 мм в воде (2)

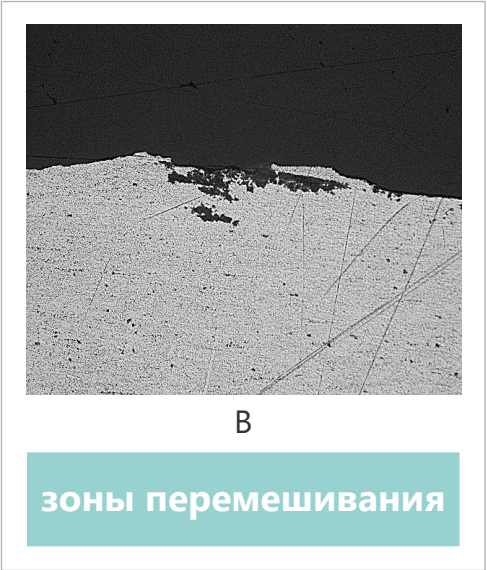
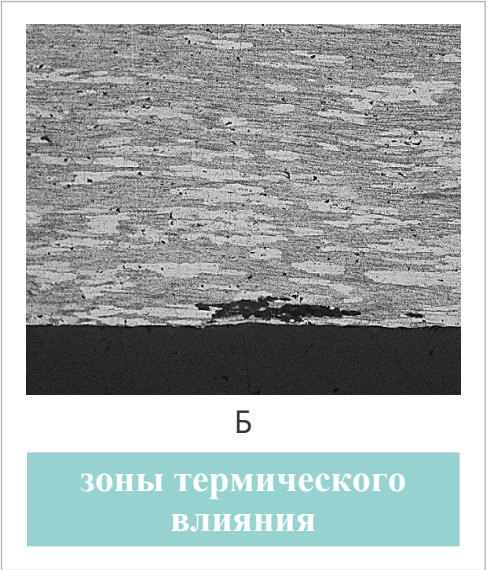
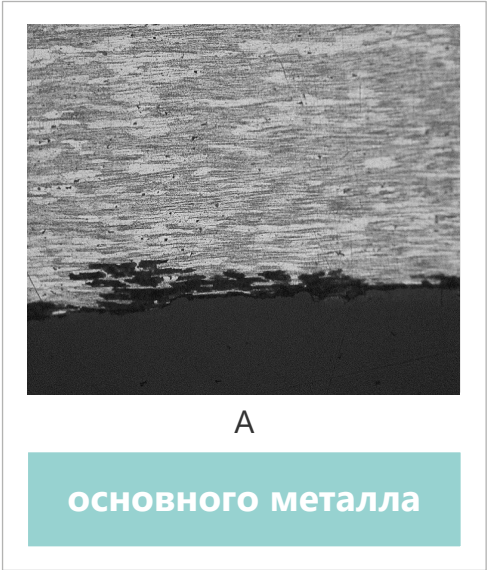


Результаты испытаний образцов сварных соединений плит сплава 1901Т1 на склонность к межкристаллитной коррозии (МКК)



Вариант СТП	Склонность к межкристаллитной коррозии (МКК), мкм			
	Основной металл	ЗТВ	ЗТМВ	Зона перемешивания
СТП на воздухе	84	90	92	86
СТП на воздухе + 170 °С, 2 часа	31	34	38	28
СТП в воде	84	35	42	27
СТП в воде + 170 °С, 2 часа	35	33	30	22

Поражение межкристаллитной коррозией:



1. Сварка трением с перемешиванием плит сплава 1901Т1 толщиной 10 мм в воде способствует повышению значения временного сопротивления сварного соединения и металла зоны перемешивания, а также повышает пластичность, ударную вязкость шва и коррозионную стойкость всех зон сварного соединения (ЗТВ,ЗТМВ,ЗП).

2. СТП плит сплава 1901Т1 в воде обеспечивает формирование зоны перемешивания со средним размером зерна 5,33 мкм, в то время как средний размер зерна в шве при СТП на воздухе составил 9,12 мкм. Снижает в два раза ширину ЗТВ с 7–7,5 до 3–3,5 мм. Нагрев после СТП до температуры 170 °С в течение 2 часов не вызвал заметного роста зерна и изменения ширины ЗТВ.

3. Дополнительное старение сварного соединения при температуре 170 °С , 2 часа приводит к следующему:

- снижает прочностные свойства основного металла, сварного соединения и металла шва на 13–17%, повышает пластичность и ударную вязкость на 33–35%;
- существенным образом (в два раза) повышает коррозионную стойкость к межкристаллитной коррозии.



САМАРСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД