

«Влияние условий охлаждения при сварке трением с перемешиванием на свойства сплавов системы Al-Cu-Mg и Al-Mg-Mn»

Дриц А.М., Овчинников В.В., Бакшаев В.А.



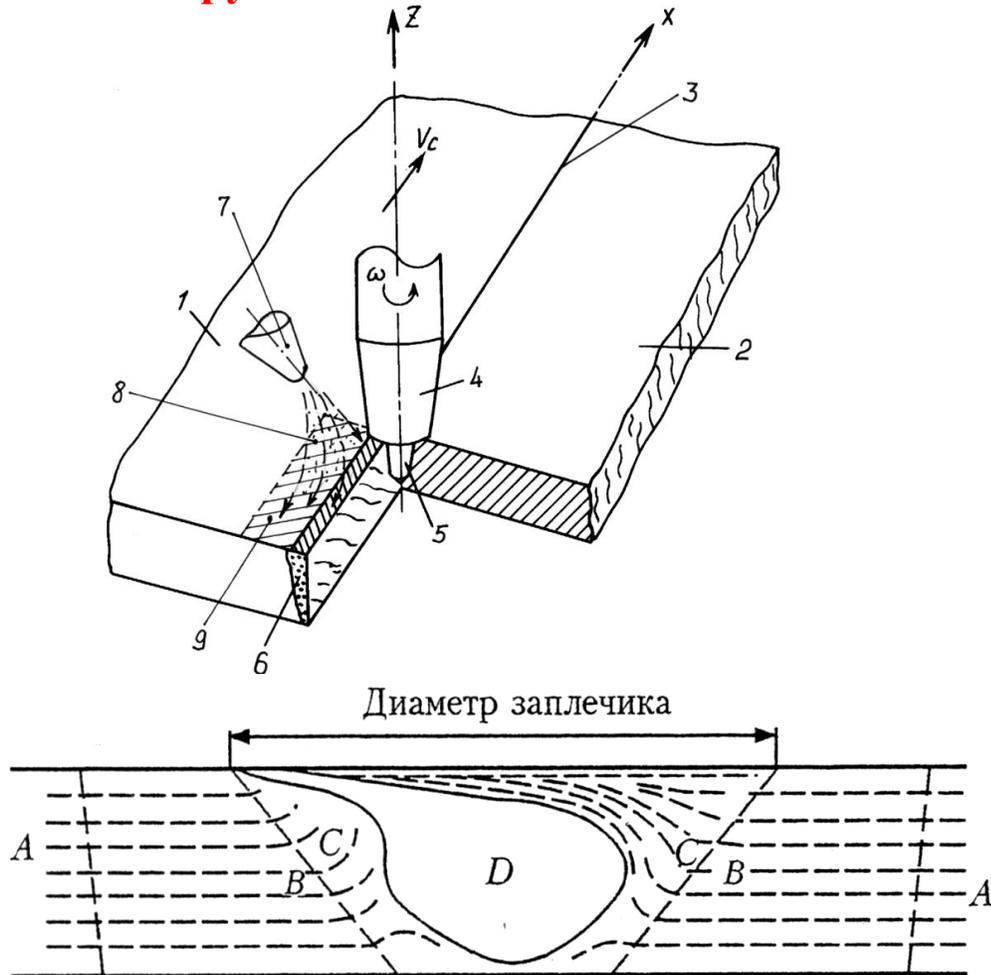
ARCONIC



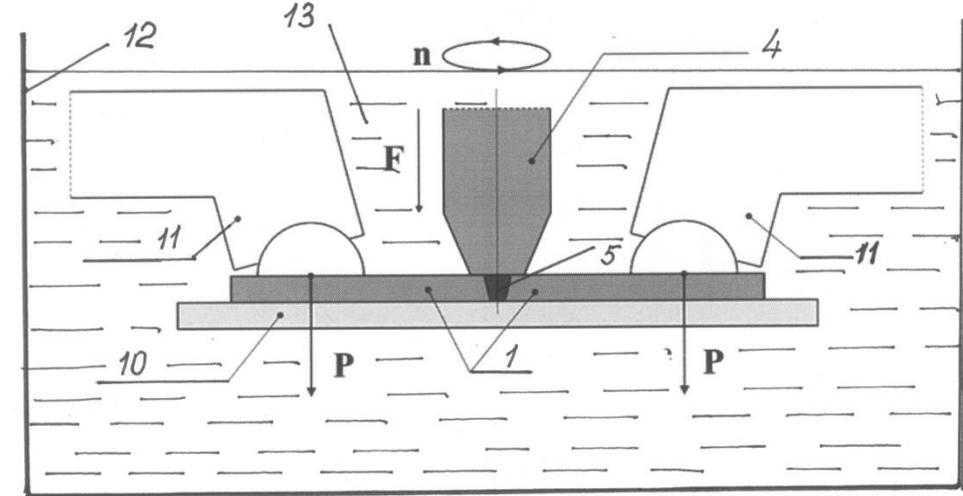
СТП С ПРИНУДИТЕЛЬНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ

Схема процесса

Струйное охлаждение



Охлаждение погружением в ванну с водой



1, 2 – заготовки; 3 – плоскость стыка; 4 – заплечик инструмента; 5 – стержень инструмента; 6 – сварной шов; 7 – спрейер; 8 – охлаждающая смесь; 9 – зона охлаждения; 10 – подкладка; 11 – прижимы; 12 – ванна; 13 – охлаждающая вода

A – основной металл; B – зона термического влияния; C – зона термомеханического воздействия; D – ядро шва

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЛИСТОВ ИССЛЕДУЕМЫХ СПЛАВОВ

Марка сплава	Содержание легирующих элементов, масс. %									
	Al	Mg	Mn	Be	Ti	Cu	Zn	Cr	Fe + Si	Сумма прочих примесей
1151	Осн.	2,05	0,50	0,002	0,08	5,46	0,01	0,01	0,20	0,15
1565ч	Осн.	5,60	0,74	Zr 0,11	0,038	0,07	0,65	0,07	0,26	0,15

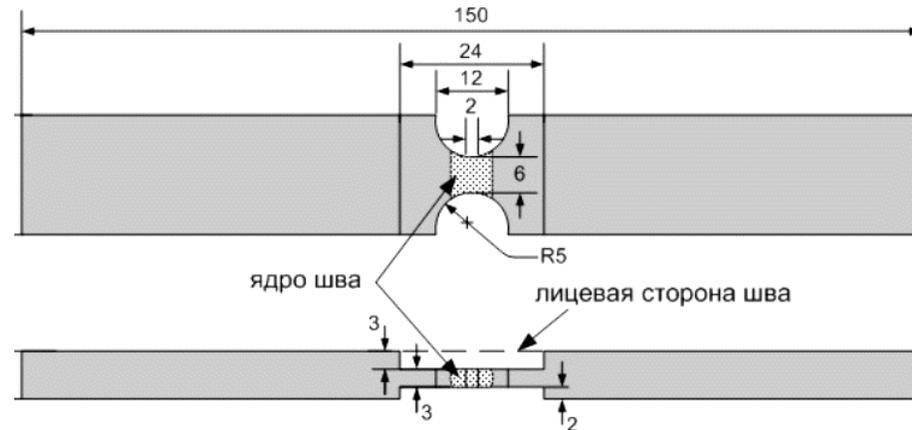
МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛИСТОВ ИССЛЕДУЕМЫХ СПЛАВОВ

Марка сплава	Толщина листа, мм	Состояние	Временное сопротивление σ_B , МПа	Условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Относительное удлинение δ , %
1151	5,0	Закалка + естественное старение(T)	462	335	13,5
1565ч	3,0	Нагартовка на 7-15% (H116)	392	320	12,0

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЙ ЛИСТОВ СПЛАВА 1151Т, ВЫПОЛНЕННЫХ СТП

Вариант выполнения СТП	Механические свойства сварных соединений				Зона разрушения соединения при испытаниях
	Временное сопротивление соединения σ_B , МПа	Коэффициент прочности К	Временное сопротивление металла шва σ_B , МПа	Угол изгиба α , град.	
На воздухе	<u>351–378</u> 365	0,80–0,81	<u>368–380</u> 375	<u>100–115</u> 106	По ЗТМВ со стороны отхода инструмента (при испытании сварного соединения)
В воде	<u>345–384</u> 360	0,79–0,80	<u>378–388</u> 385	<u>90–105</u> 96	

ОБРАЗЕЦ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ МЕТАЛЛА ШВА



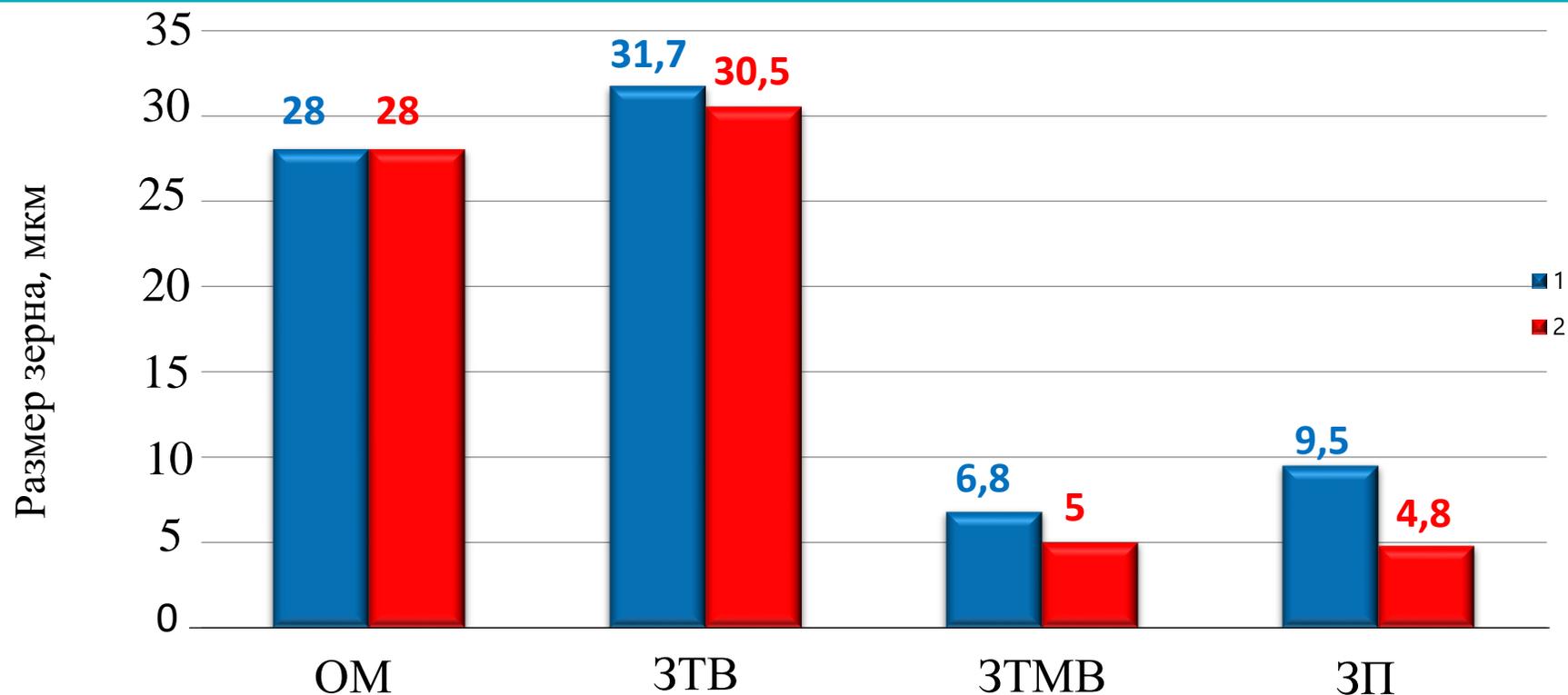
МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЙ ЛИСТОВ СПЛАВА 1565чН116, ВЫПОЛНЕННЫХ СТП

Вариант выполнения СТП	Механические свойства сварных соединений				Угол изгиба α , град.	Зона разрушения соединения при испытаниях
	Временное сопротивление соединения σ_B , МПа	Коэффициент прочности K	Временное сопротивление металла шва σ_B , МПа			
			вдоль направления сварки	поперек направления сварки		
На воздухе	<u>375–385</u> 380	0,95– 0,98	<u>388–396</u> 393	<u>390–399</u> 395	180	По ЗТМВ со стороны отхода инструмента (при испытании сварного соединения)
В воде	<u>384–390</u> 388	0,97– 0,99	<u>398–412</u> 405	<u>403–418</u> 408	180	

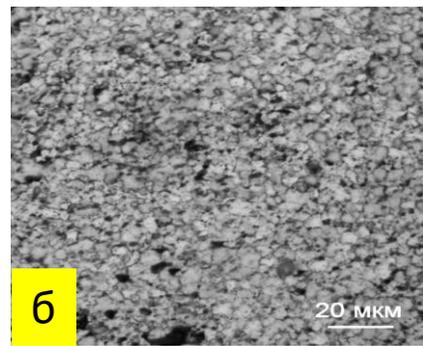
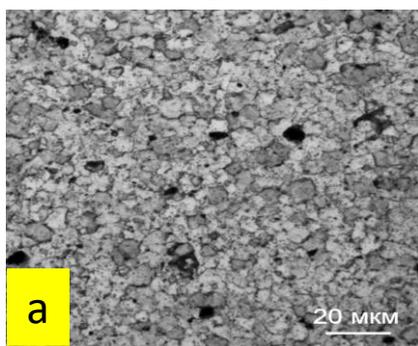
ПРОТЯЖЕННОСТЬ СТРУКТУРНЫХ ЗОН В СОЕДИНЕНИЯХ ИССЛЕДУЕМЫХ СПЛАВОВ

Марка сплава	Протяженность структурных зон соединения, мм					
	СТП на воздухе			СТП в воде		
	ЗТВ	ЗТМВ	ЗП	ЗТВ	ЗТМВ	ЗП
1151Т	2,9	1,4	5,7	1,4	1,2	5,8
1565чН116	2,3	1.2	5,4	1,2	1,1	5,5

ВЛИЯНИЕ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ НА РАЗМЕР ЗЕРНА СТРУКТУРНЫХ ЗОН СОЕДИНЕНИЯ СПЛАВА 1151Т

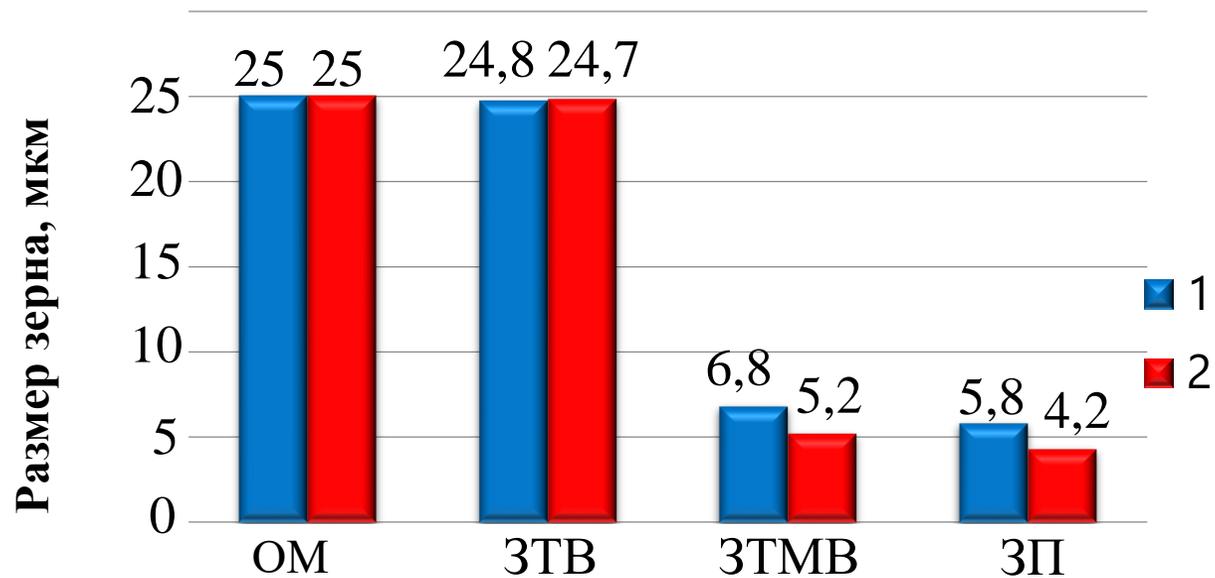


Средние размеры зерна при СТП образцов сплава 1151Т: 1 – на воздухе; 2 – в воде

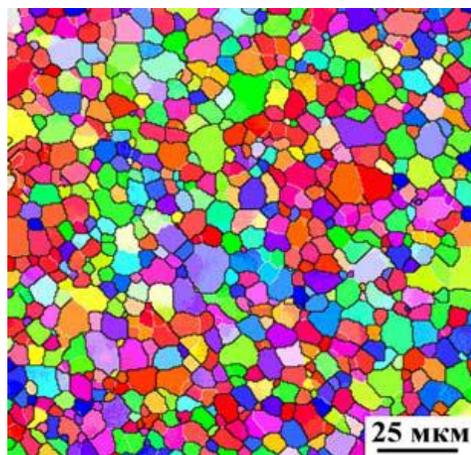


Микроструктура зоны перемешивания при сварке сплава 1151Т на воздухе (а) и в воде (б)

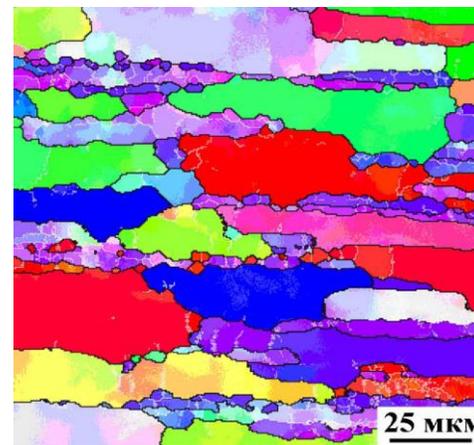
ВЛИЯНИЕ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ НА РАЗМЕР ЗЕРНА СТРУКТУРНЫХ ЗОН СОЕДИНЕНИЯ СПЛАВА 1565чН116



Средние размеры зерна при СТП образцов сплава 1565чН116: 1 – на воздухе; 2 – в воде



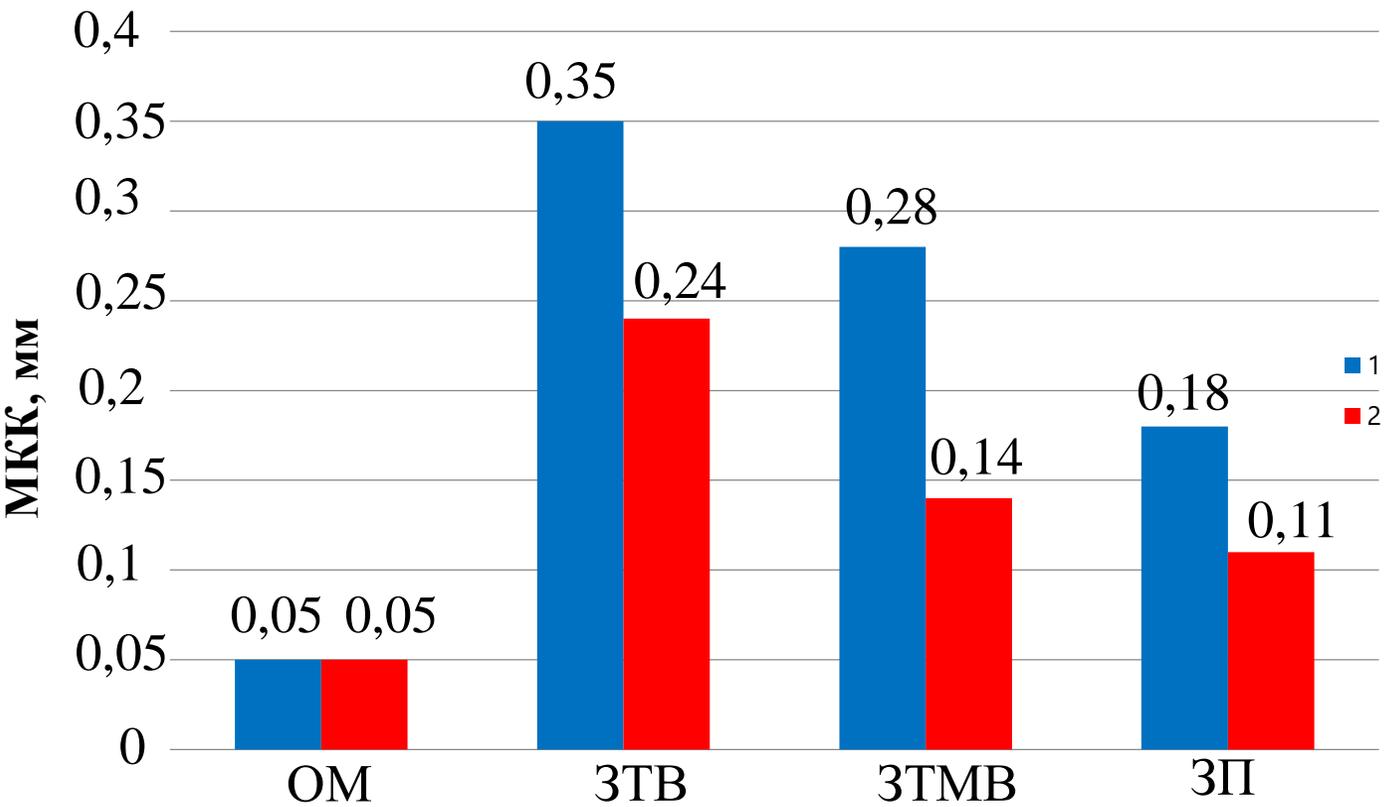
а



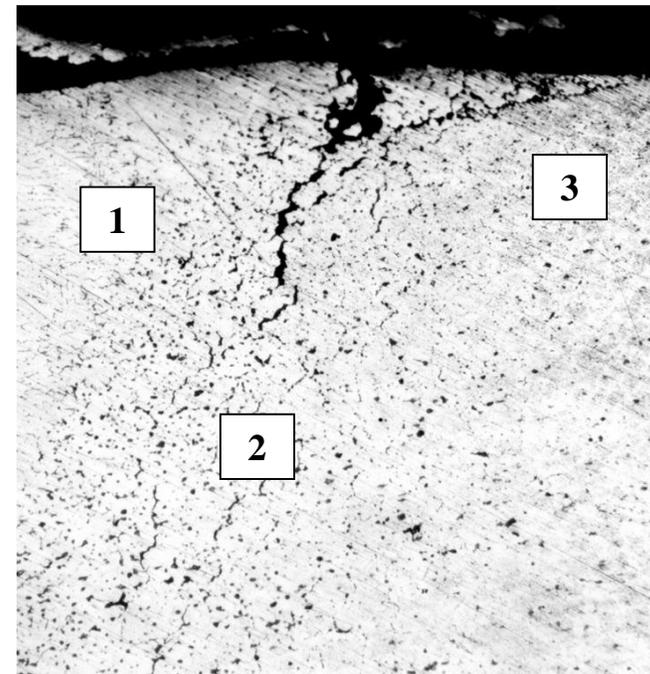
б

а – ядро шва; б – основной металл

МЕЖКРИСТАЛЛИТНАЯ КОРРОЗИЯ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ СПЛАВА 1151Т



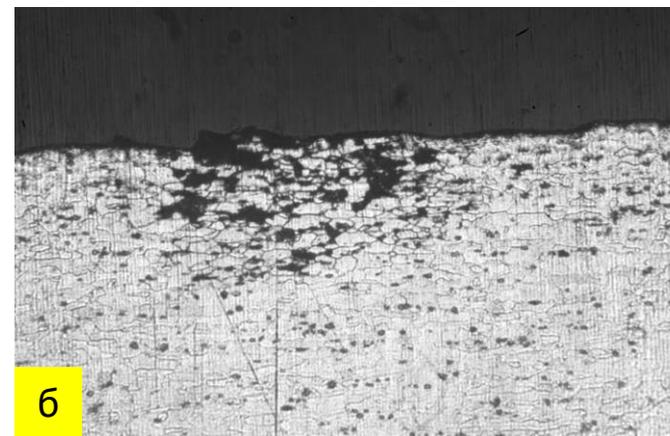
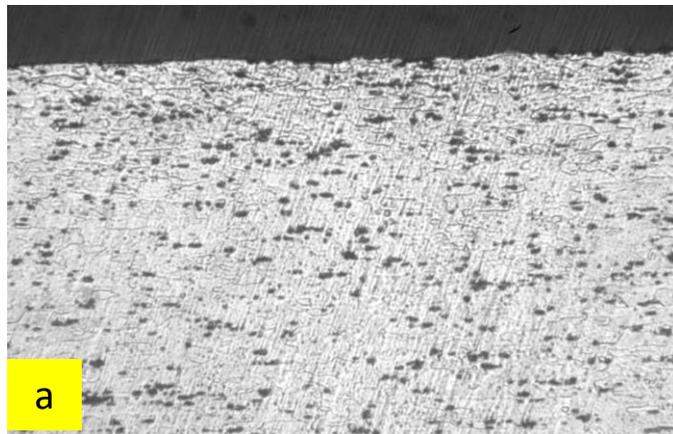
Глубина межкристаллитной коррозии (МКК) по различным зонам сварного соединения:
1 – СТП на воздухе; 2 – СТП в воде



Межкристаллическая коррозия металла зоны термического влияния соединения сплава 1151Т, полученного СТП (x150):
1 – зона термомеханического воздействия; 2 – зона термического влияния; 3 – основной металл

МЕЖКРИСТАЛЛИТНАЯ КОРРОЗИЯ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ СПЛАВА 1565чН116

Вариант СТП	Склонность к межкристаллитной коррозии (МКК), мм			
	Основной металл	ЗТВ	ЗТМВ	Шов
СТП на воздухе	0,08	0,27	0,22	0,14
СТП в воде	0,08	0,17	0,14	0,10

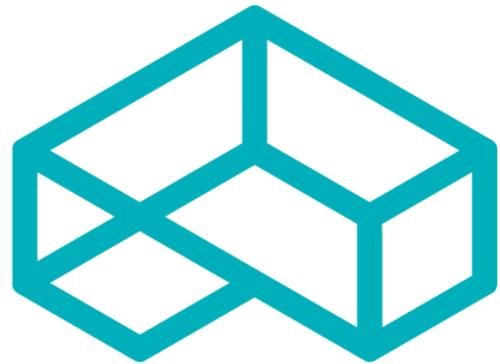


Характер межкристаллитной коррозии основного металла (а), зоны термического влияния (б) (x200) сварного соединения, полученного СТП на воздухе

Заключение

Принудительное охлаждение сварного соединения при СТП (FSW) позволяет:

1. Уменьшить в два раза ширину зоны термического влияния.
2. Уменьшить в 1,5-2 раза размер зерна в зоне перемешивания, что приводит к повышению прочности шва.
3. Существенно (1,5-2 раза) повысить коррозионную стойкость металла шва, особенно в зоне термического влияния.



ARCONIC