

Технология роботизированной MIG сварки корпуса опоры турбины газотурбинной установки

Докладчик: Галимов Виталий Рустемович,
Аспирант кафедры Сварочных, литейных и
аддитивных технологий, Уфимский
государственный технический университет

Руководитель: д.т.н., доцент Медведев А.Ю.

2021

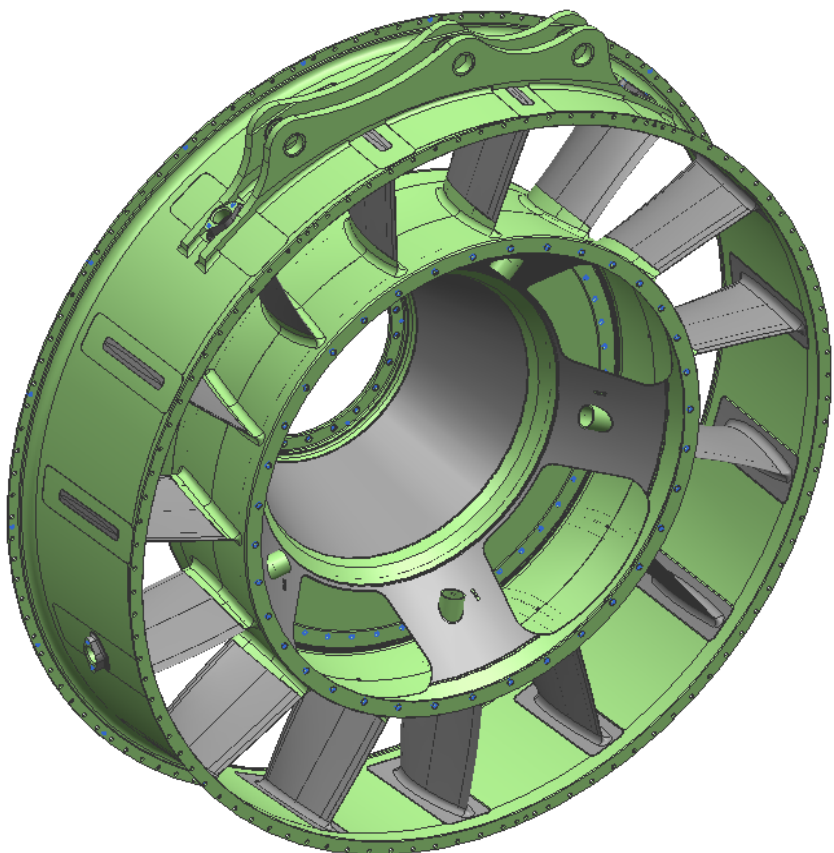
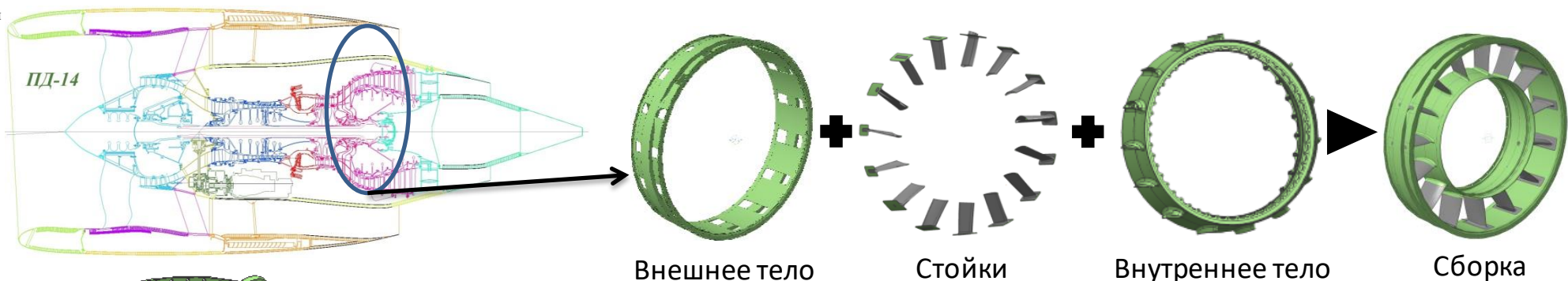




УГАТУ

Уфимский государственный
авиационный технический
университет

Проблемы сварки корпусных узлов на примере корпуса опоры ТНД двигателя ПД-14



Технологические проблемы, связанные с конструктивными особенностями:

1. При толщине 4-5 мм многопроходная ручная аргонодуговая сварка обладает низкой производительностью.
2. Сплав ЭП718 обладает достаточно низкой сопротивляемостью к образованию трещин при сварке, чувствителен к перегреву и повторному нагреву.
3. Большое количество сварных швов и высокая жесткость конструкции на момент вварки стоек усугубляют проблему трещинообразования в сварных швах.

Рекомендации ВИАМ по сварке ЭП718 (ХН45МВЮТБР)

Толщина	Способ сварки	Присадочный материал	σ_b при 20 °С, МПа	σ_b при 600 °С, МПа
0,5-0,8	АрДЭС	Без присадки	1100-1250	580-670
1,5-2,0	АрДЭС	ЭП533	1210-1300	690-780
Более 2,0	ЭЛС	-	1290-1310	680-810



УГАТУ

Уфимский государственный
авиационный технический
университет

Цель и задачи НИОКР

Целью работы является снижение уровня остаточных напряжений в корпусе опоры турбины двигателя ПД-14 и повышение трещиностойкости

Задачи:

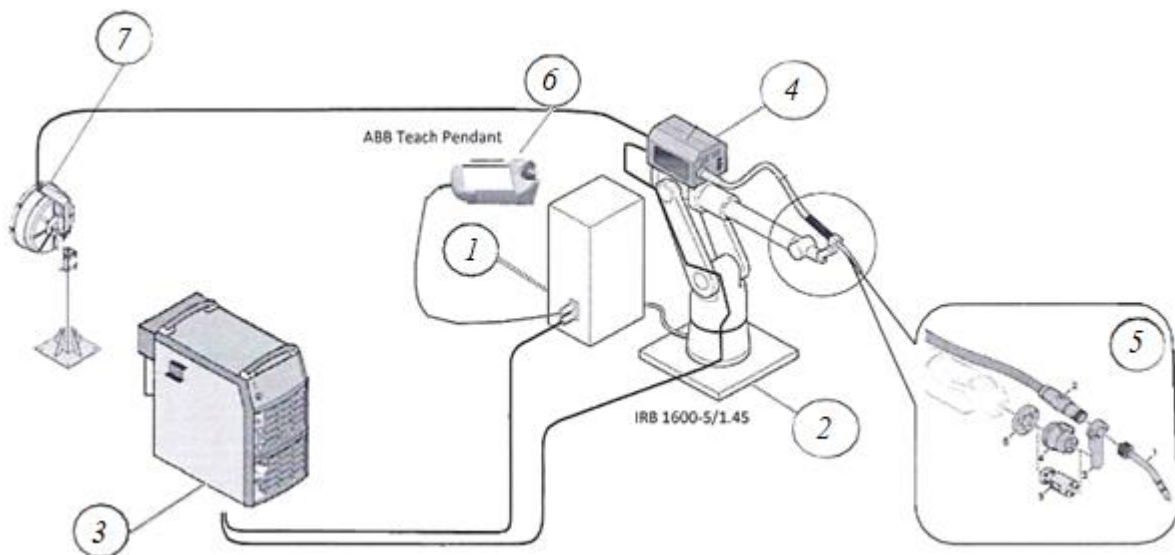
1. Отработать технологию роботизированной СПЭ сплава ЭП718 толщ. 4...5 мм с минимальным энерговложением.
2. Оценить расчетным путем уровень остаточных напряжений в сварных соединениях корпуса опоры ТНД при ручной АрДС и роботизированной СПЭ.
3. Провести апробацию технологии роботизированной СПЭ сплава ЭП718 толщ. 4...5 мм на конструктивно-подобных элементах



УГАТУ

Уфимский государственный
авиационный технический
университет

Роботизированная сварочная ячейка, использованная для отработки технологии роботизированной СПЭ сплава ЭП718



Состав ячейки:

1. Контроллер ABB IRC5;
2. Универсальный манипулятор ABB IRB 1600;
3. Сварочный источник питания ESAB AristoMIG500i (Integrated);
4. Механизм подачи проволоки ESAB RoboFeed;
5. Сварочная горелка ESAB;
6. Пульт управления роботизированный комплексом ABB FlexPendant;
7. Кронштейн для установки кассет с проволокой.



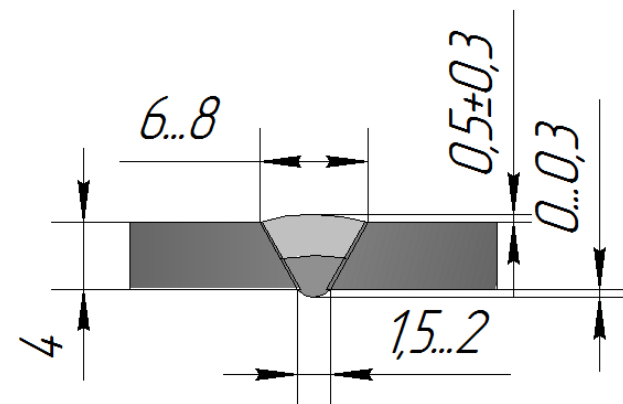
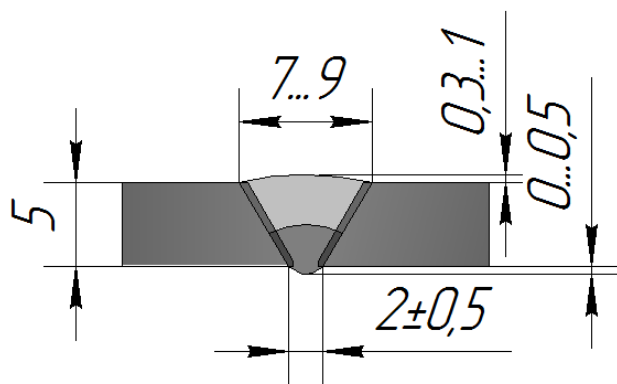
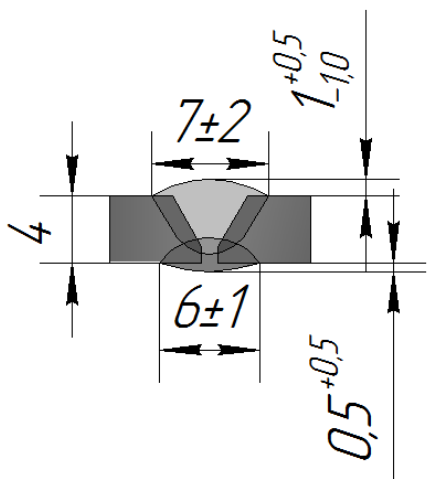


УГАТУ

Уфимский государственный
авиационный технический
университет

Технологические и энергетические параметры сварки сплава ЭП718

Ручная АрДС	Роботизированная сварка проволокой $\varnothing 1,2$		Роботизированная сварка проволокой $\varnothing 1,0$	
1-3 проходы	1 проход	2 проход	1 проход	2 проход
Непрерывной дугой	Импульсный режим	Импульсный режим	Импульсный режим	Импульсный режим
$I = 100 \dots 120 \text{ А}$	$I = 70 \text{ А}$	$I = 80 \text{ А}$	$I = 70 \text{ А}$	$I = 70 \text{ А}$
$U = 10 \dots 12 \text{ В}$	$U = 16 \text{ В}$	$U = 16 \text{ В}$	$U = 16 \text{ В}$	$U = 15 \text{ В}$
-	$V_{\text{св}} = 20-21 \text{ м/ч}$	$V_{\text{св}} = 15 \text{ м/ч}$	$V_{\text{св}} = 20-21 \text{ м/ч}$	$V_{\text{св}} = 18-19 \text{ м/ч}$
-	$V_{\text{пп}} = 102 \text{ м/ч}$	$V_{\text{пп}} = 114 \text{ м/ч}$	$V_{\text{пп}} = 180 \text{ м/ч}$	$V_{\text{пп}} = 198 \text{ м/ч}$
$Q_{\text{к}} = 10 \text{ л/мин}$	$Q_{\text{к}} = 3 \text{ л/мин}$	$Q_{\text{к}} = 3 \text{ л/мин}$	$Q_{\text{к}} = 4 \text{ л/мин}$	$Q_{\text{к}} = 2 \text{ л/мин}$
$Q_{\text{г}} = 20 \dots 22 \text{ л/мин}$	$Q_{\text{г}} = 18 \dots 20 \text{ л/мин}$	$Q_{\text{г}} = 14 \dots 16 \text{ л/мин}$	$Q_{\text{г}} = 16 \dots 18 \text{ л/мин}$	$Q_{\text{г}} = 16 \dots 20 \text{ л/мин}$
$q_{\text{п}} = 360 \text{ кДж/м}$	$q_{\text{п}} = 150 \text{ кДж/м}$	$q_{\text{п}} = 230 \text{ кДж/м}$	$q_{\text{п}} = 150 \text{ кДж/м}$	$q_{\text{п}} = 160 \text{ кДж/м}$



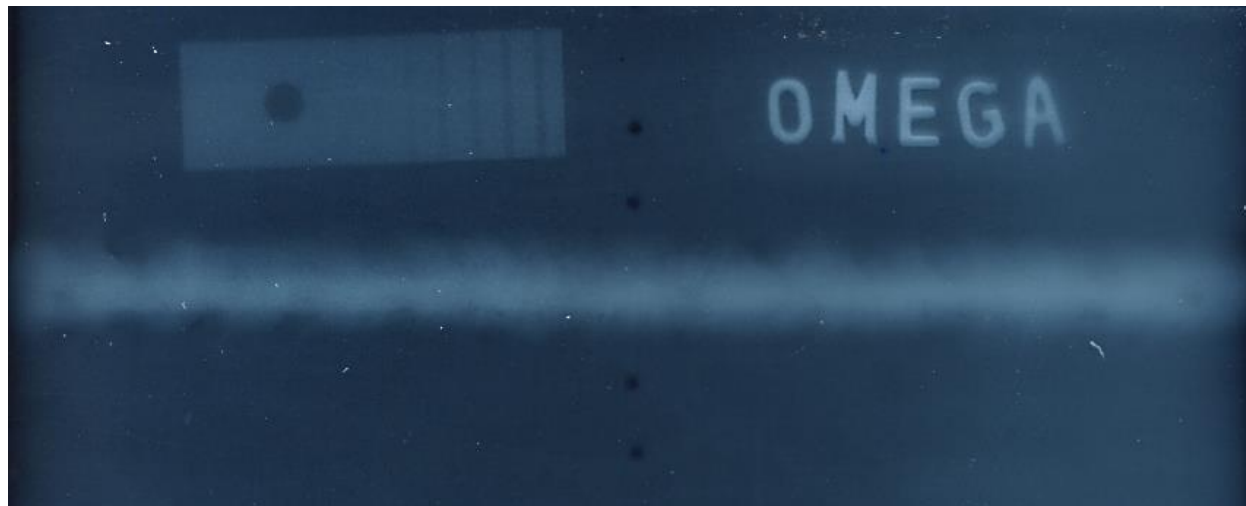


УГАТУ

Уфимский государственный
авиационный технический
университет

Исследование сварных соединений толщиной 5 мм

Рентгенография



Лицевая сторона



после первого прохода

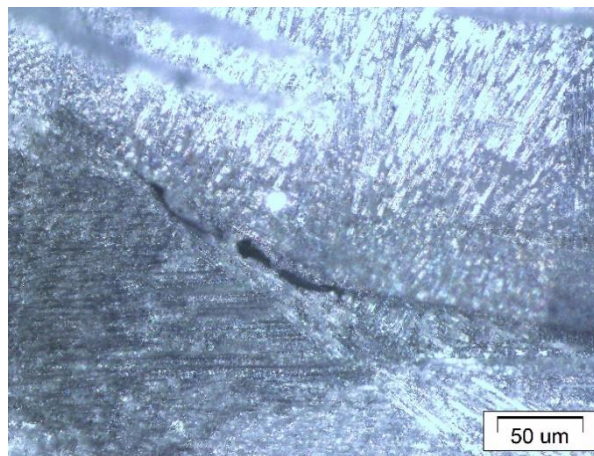


после второго прохода

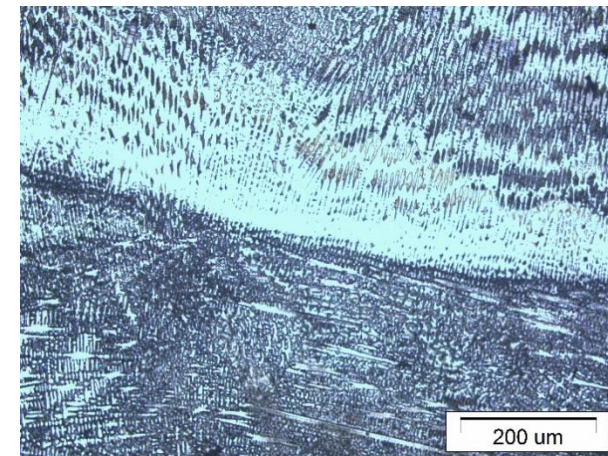
ПВК обратной стороны шва



Металлография зоны сплавления корневого и облицовочного проходов



Зачистка корня стальной
щеткой



Зачистка корня бормашиной

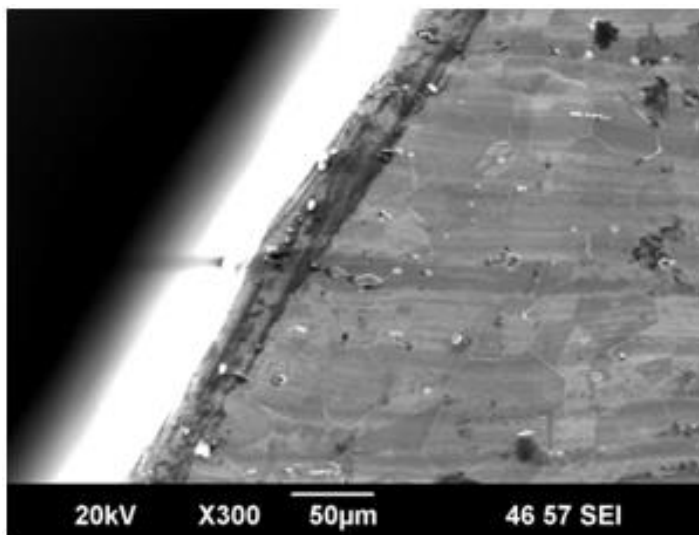
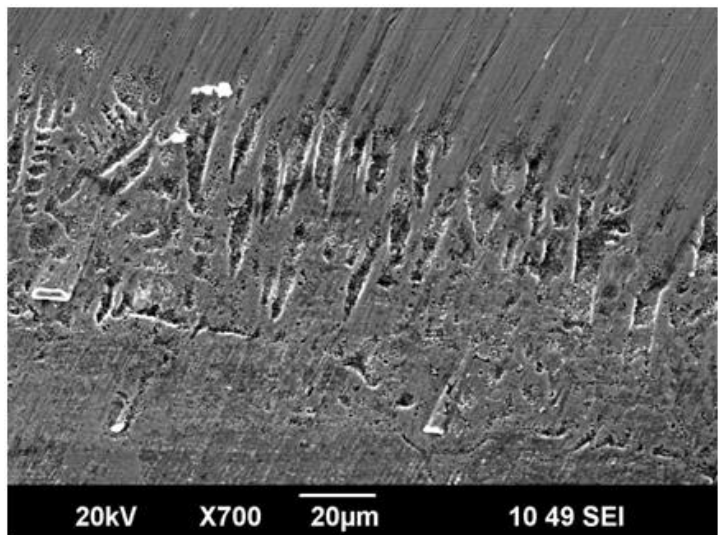


УГАТУ

Уфимский государственный
авиационный технический
университет

Исследование сварных соединений толщиной 4 мм

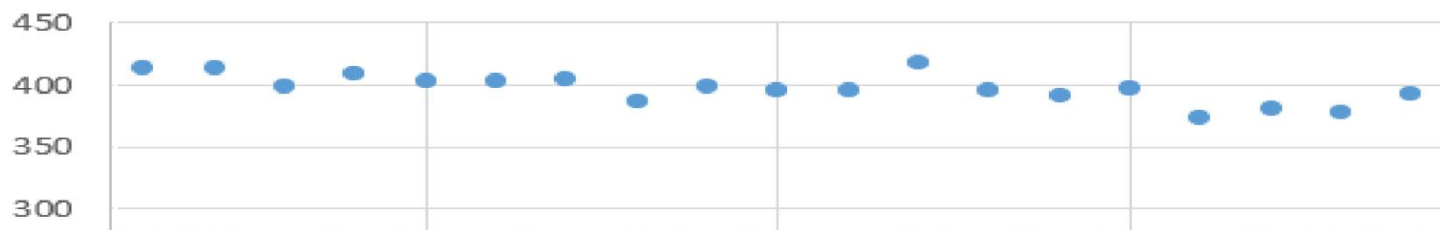
Растровая электронная микроскопия



Испытания на растяжение



Микротвердость сварного соединения



Спектротрирование

	1	2	3	4	5
Ni	45.3	45.2	45.3	44.8	44.7
Mo	4.15	4.03	4.12	4.18	4.21
Si	0.11	0.12	0.12	0.13	0.15
Cr	12.6	12.9	12.8	12.8	13.1
Fe	31.2	30.7	30.7	31.2	30.9
Mn	0.044	0.045	0.041	0.041	0.045
Nb	0.825	0.820	0.834	0.852	0.849
Cu	0.0079	0.0085	0.0083	0.0078	0.0074
Al	0.82	0.88	0.85	0.85	0.86
Ti	1.89	2.04	2.00	1.98	1.99
W	2.76	2.91	2.86	2.81	2.88
Co	0.298	0.316	0.309	0.301	0.292
C	0.050	0.042	0.049	0.038	0.035
Mg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
B	0.0063	0.0047	0.0056	0.0053	0.0046
S	0.004	0.008	0.004	0.003	0.007
P	0.006	0.008	0.004	0.003	0.006
V	0.0502	0.0501	0.0506	0.0502	0.0497
Sn	0.029	0.029	0.028	0.025	0.029
Zr	0.0154	0.0157	0.0158	0.0160	0.0163
Hf	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01



УГАТУ

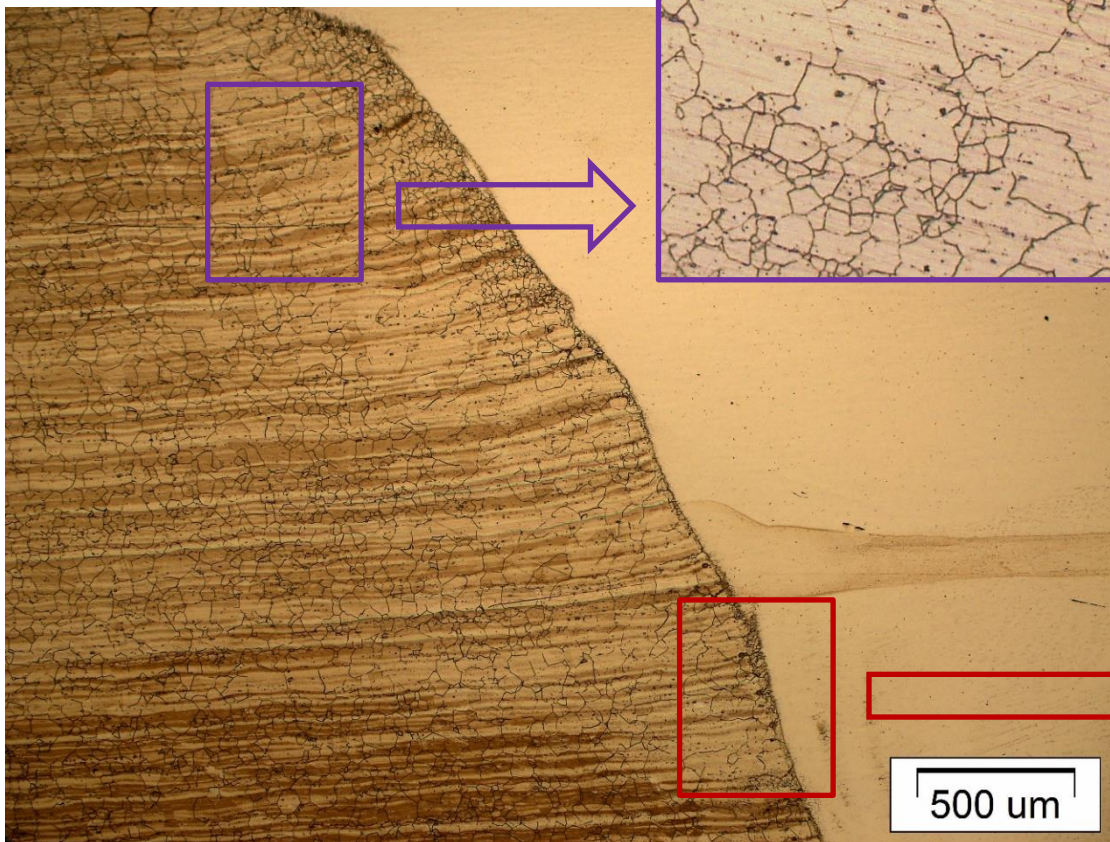
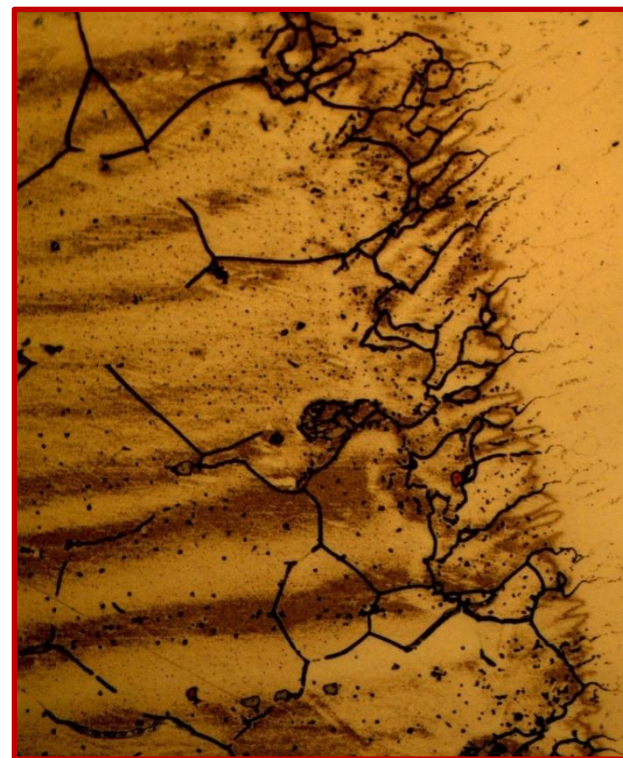
Уфимский государственный
авиационный технический
университет

Микроструктура ОШЗ сварных соединений ЭП718, выполненных роботизированной СПЭ

Микроструктура участка
роста зерна



Микроструктура зоны
сплавления



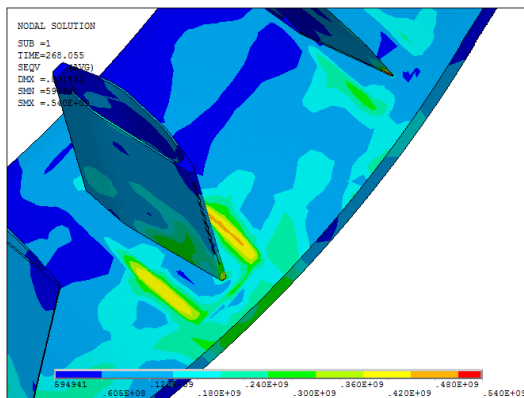
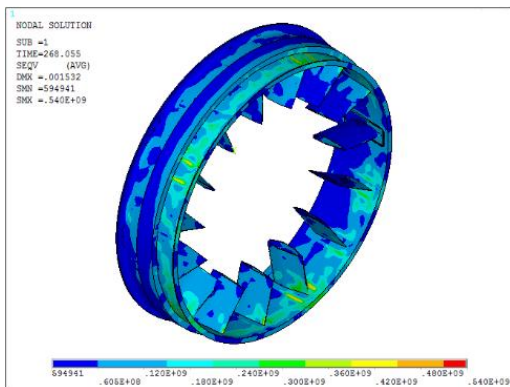


УГАТУ

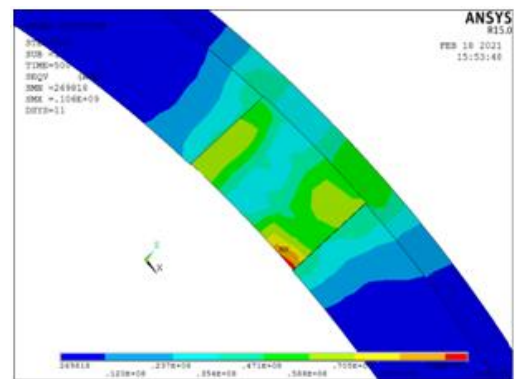
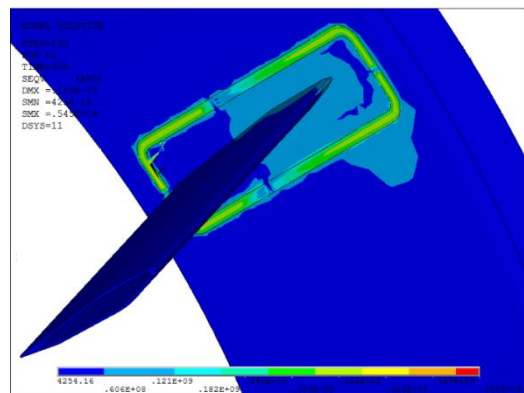
Уфимский государственный
авиационный технический
университет

Анализ напряженно-деформированного состояния при сварке одной стойки с внешним телом

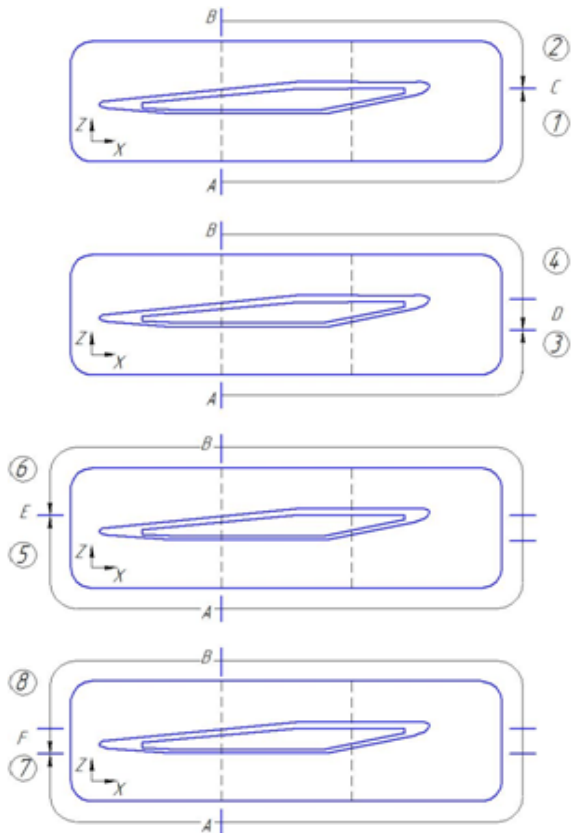
Ручная АрДС неплавящимся электродом



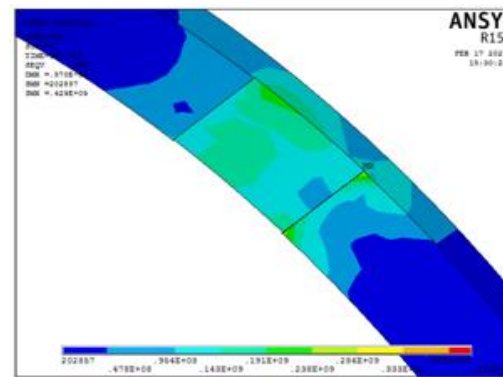
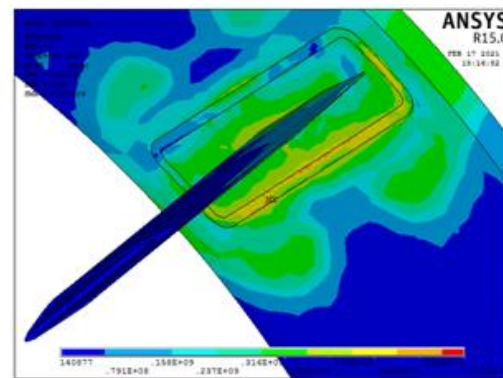
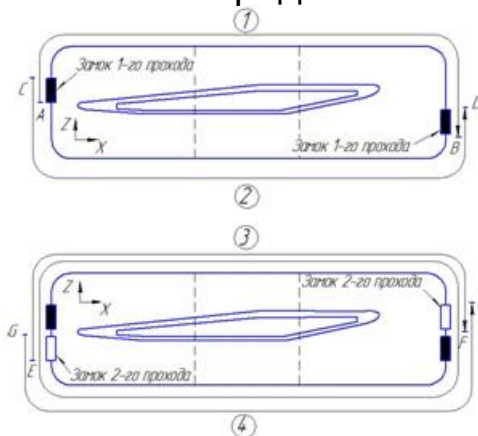
Эквивалентные напряжения по Мизесу



Порядок наложения проходов



Роботизированная сварка плавящимся электродом



Порядок наложения проходов

Эквивалентные напряжения по Мизесу

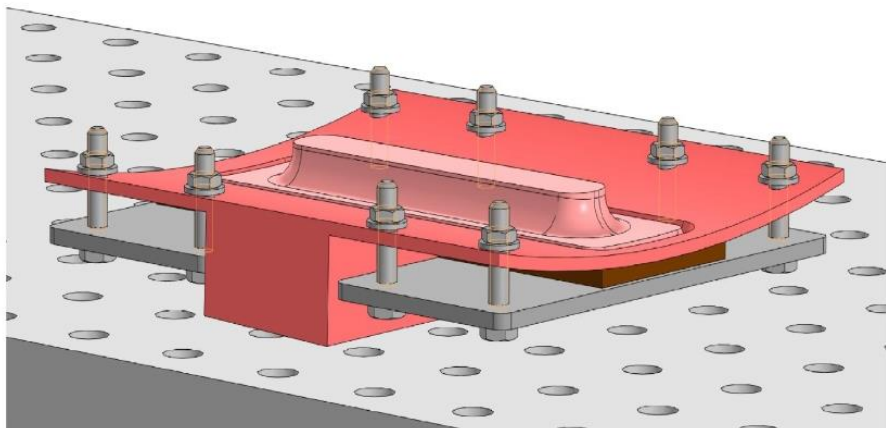


УГАТУ

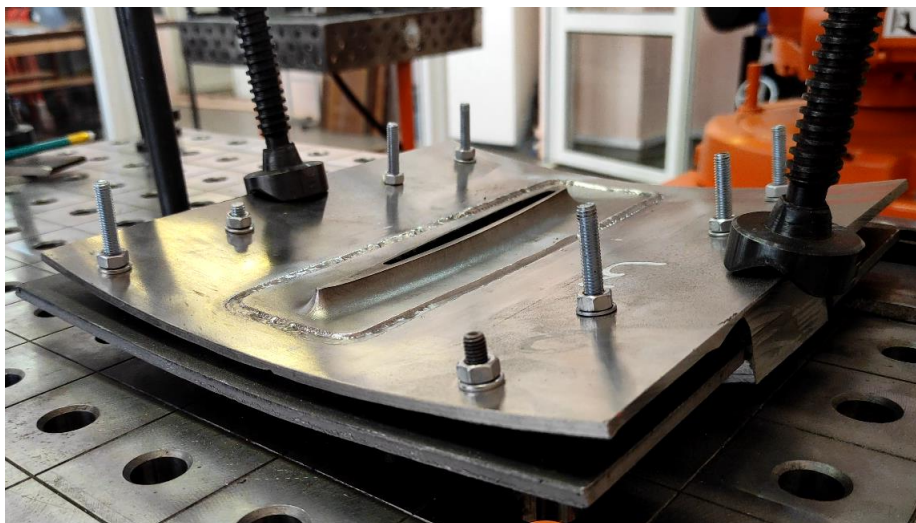
Уфимский государственный
авиационный технический
университет

Апробация технологии роботизированной СПЭ на конструктивно-подобных элементах

Сборочно-сварочная оснастка



Лицевая сторона после облицовки
на $\frac{3}{4}$ периметра



Обратная сторона после подварки



Выводы

1. Значительное (до 50%) снижение погонной энергии по сравнению с ручной АрДС при сохранении того же количества проходов.
2. Снижение времени горения дуги, а при комплексной роботизации процесса снижается время выполнения сопутствующих операций.
3. Цифровизация процессов подготовки, сборки, сварки и контроля повышает надёжность и точность операций
4. Снижение уровня остаточных сварочных напряжений и деформаций по сравнению с ручной АрДС, снижение вероятности образования трещин при сварке.
5. Обеспечение возможности управления микроструктурой ОШЗ в сварных соединениях жаропрочных сплавов на основе никеля.
6. Отработанная в ходе НИОКР технология роботизированной СПЭ реализуема лишь при ужесточении требований к сборочным параметрам (по сравнению с нынешними требованиями под ручную АрДС).

Спасибо за внимание!

