

Применение роботизированной сварки плавящимся электродом для сварки узлов газотурбинных двигателей толщиной 3 мм

Докладчик: Галимов В.Р.

Авторы:

Медведев А.Ю., д.т.н, профессор кафедры СЛАТ УУНиТ

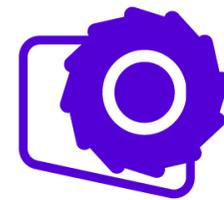
Галимов В.Р., аспирант кафедры СЛАТ УУНиТ

Никифоров Р.В., к.т.н., доцент кафедры СЛАТ УУНиТ

Туров А.В., инженер ОАО ОДК-Пермские моторы



Особенности сварки элементов в корпусов турбин газотурбинных двигателей (ГТД)



2

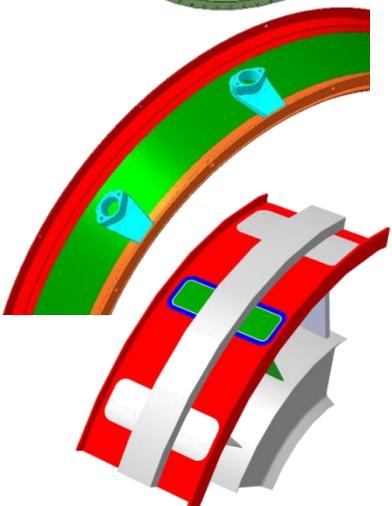
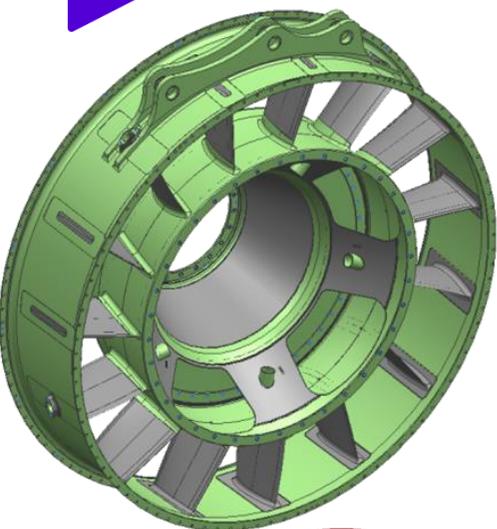
Проблемы:

близкое расположение швов;
склонность к образованию трещин;
пересечение зон термического влияния от соседних швов.

Цель работы:

Уменьшение ширины шва при сварке сплава ЭП718 толщиной 3мм

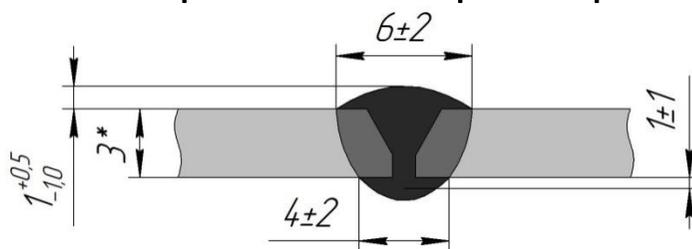
Предлагаемое решение: применение роботизированной сварки плавящимся электродом в импульсном режиме (РобСПЭ) в среде аргона



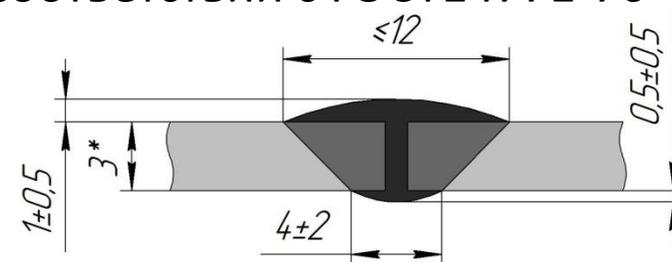
Примеры корпусов турбин газотурбинного двигателя



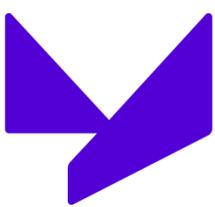
Геометрические параметры шва в соответствии с ГОСТ14771-76



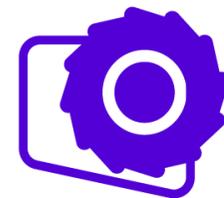
Ручная сварка



Автоматическая сварка



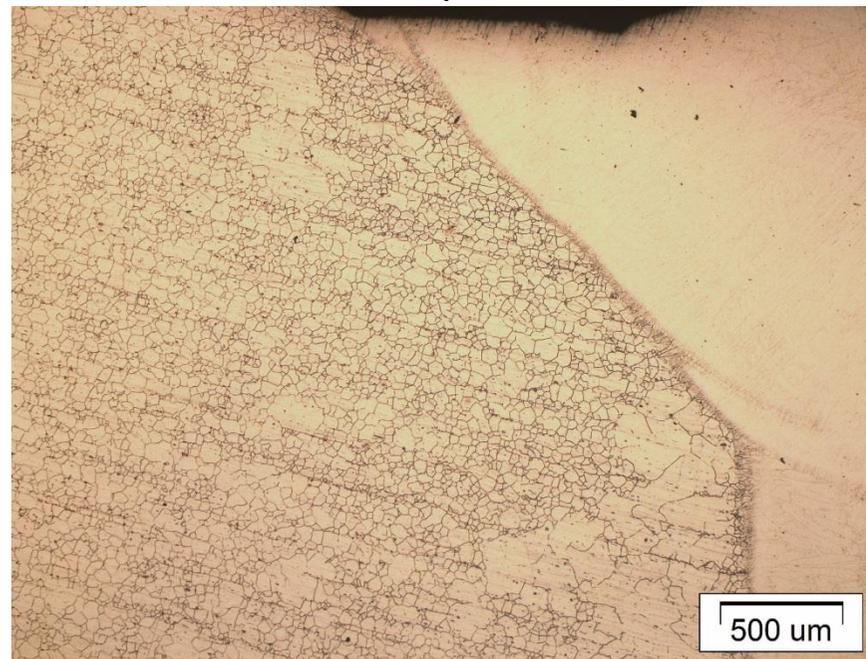
Применение РобСПЭ



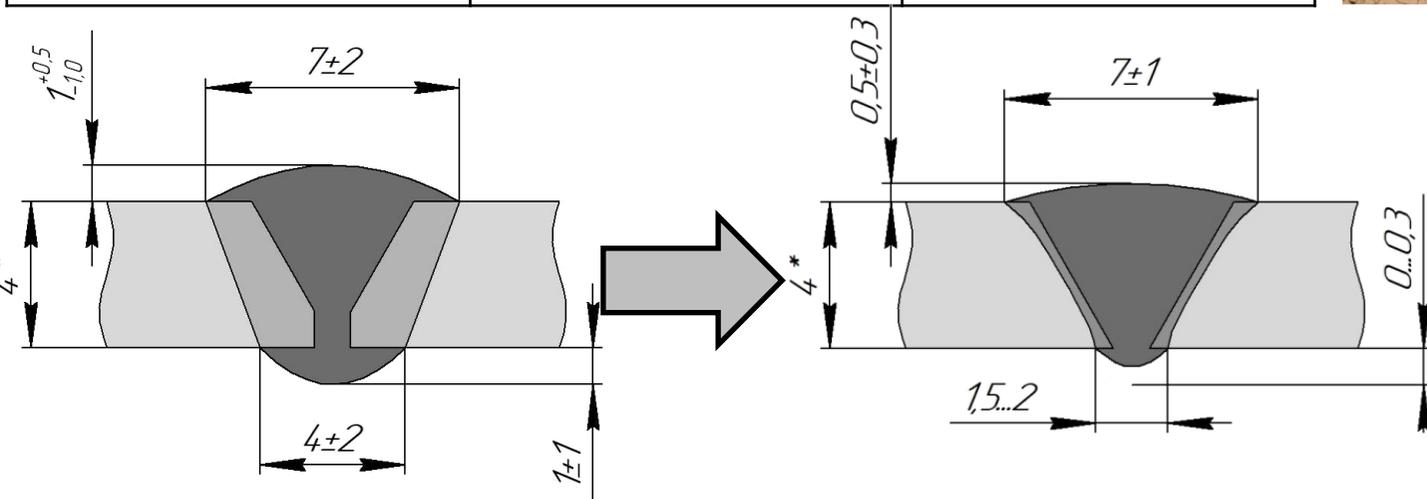
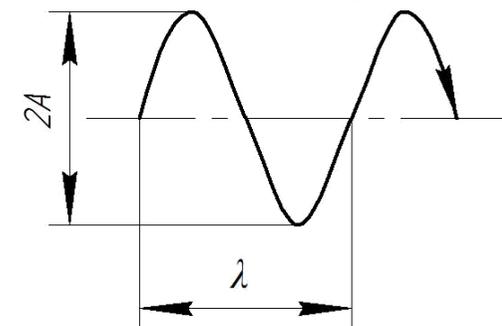
3

Сравнение базовой технологии сварки ЭП718 толщиной 4мм с разработанной

Микроструктура шва от двухпроходной сварки

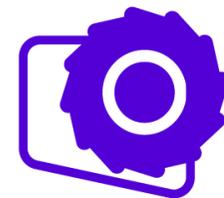


Траектория движения сварочной горелки
Направление сварки



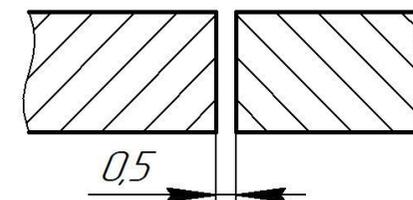
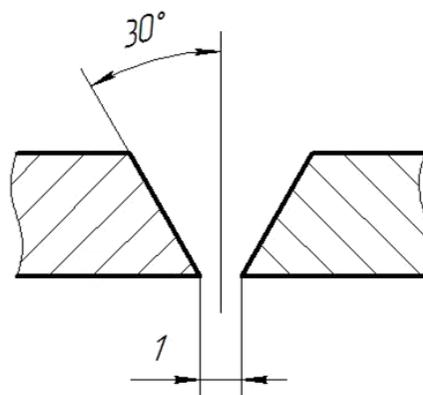
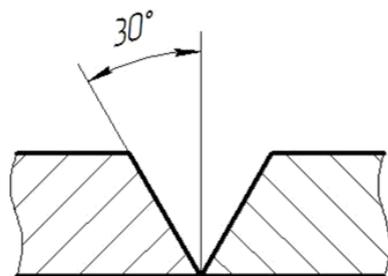
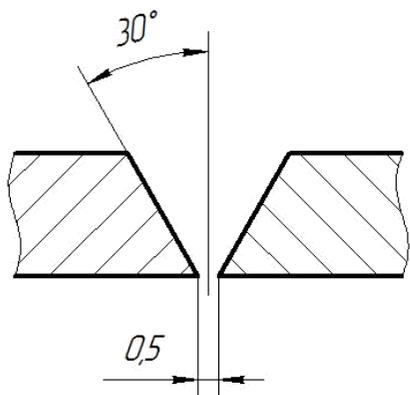
Ручная АрДС	Роботизированная сварка проволокой Ø1,0	
1-3 проходы	1 проход	2 проход
Непрерывной дугой	Импульсный режим	Импульсный режим
I = 100...120A	I = 70 A	I = 70 A
U = 10...12 В	U = 16 В	U = 15 В
-	V _{св} = 20-21 м/ч	V _{св} = 18-19 м/ч
-	V _{пп} = 180 м/ч	V _{пп} = 200 м/ч
Q _к = 10 л/мин	Q _к = 4 л/мин	Q _к = 2 л/мин
Q _г = 20...22 л/мин	Q _г = 16...18 л/мин	Q _г = 16..20 л/мин
q _п = 360 кДж/м	q _п = 150 кДж/м	q _п = 160 кДж/м

Параметры режима сварки с различными сборочными параметрами

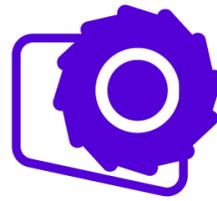


4

Роботизированная сварка проволокой $\varnothing 1,0$			Автоматическая сварка неплавящимся электродом
Зазор 0.5мм	Глухой зазор	Зазор 1мм	
Импульсный режим			
$I = 70 \text{ А}$			
$U = 17 \text{ В}$			
$V_{\text{св}} = 6 \text{ мм/сек}$	$V_{\text{св}} = 7.5 \text{ мм/сек}$	$V_{\text{св}} = 5 \text{ мм/сек}$	
$V_{\text{пп}} = 2.9 \text{ м/мин}$			
$Q_{\text{к}} = 4-5 \text{ л/мин}$	$Q_{\text{к}} = 4-5 \text{ л/мин}$	$Q_{\text{к}} = 4-5 \text{ л/мин}$	
$Q_{\text{г}} = 15...16 \text{ л/мин}$	$Q_{\text{г}} = 15...16 \text{ л/мин}$	$Q_{\text{г}} = 15...16 \text{ л/мин}$	
$q_{\text{п}} = 150 \text{ кДж/м}$	$q_{\text{п}} = 120 \text{ кДж/м}$	$q_{\text{п}} = 190 \text{ кДж/м}$	$q_{\text{п}} \approx 450 \text{ кДж/м}$
$2A=0,5 \text{ мм}, \lambda=1\text{мм}$	без колебаний	$2A=0,75 \text{ мм}, \lambda=1\text{мм}$	

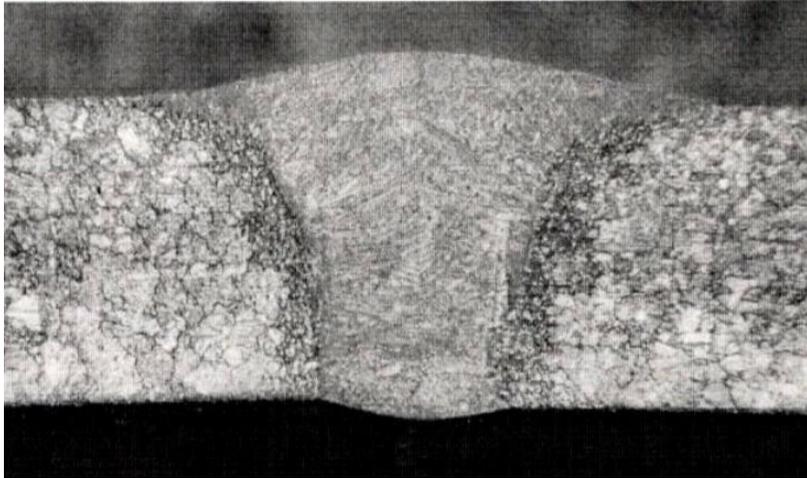


Результаты сварки с различными сборочными параметрами

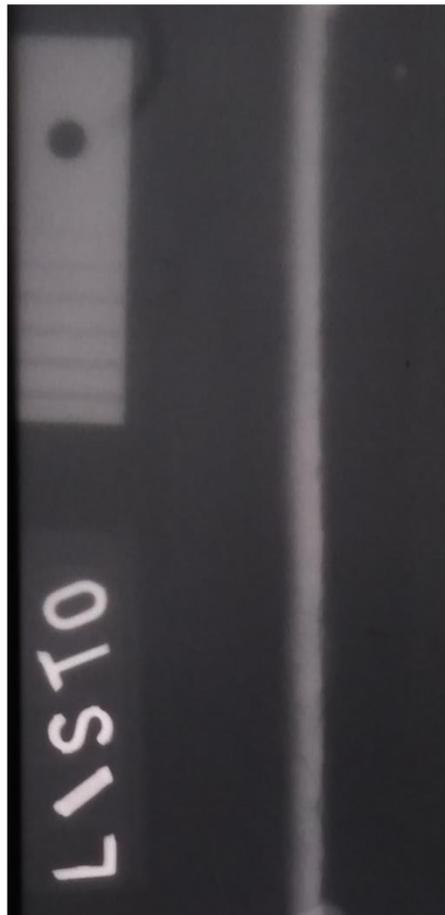


5

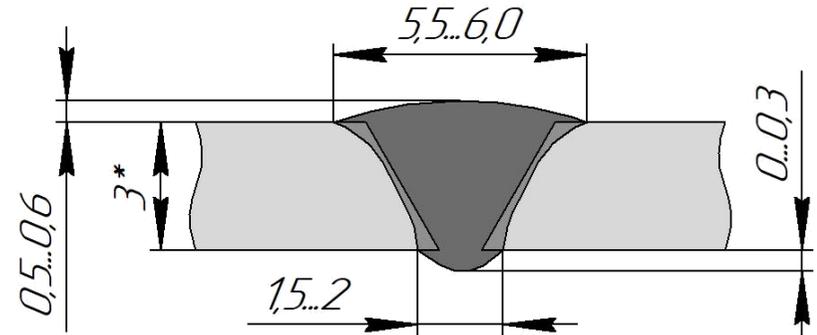
Макрошлиф шва (зазор 0.5мм)



Результаты рентгенконтроля



Геометрические параметры шва (зазор 0.5мм)



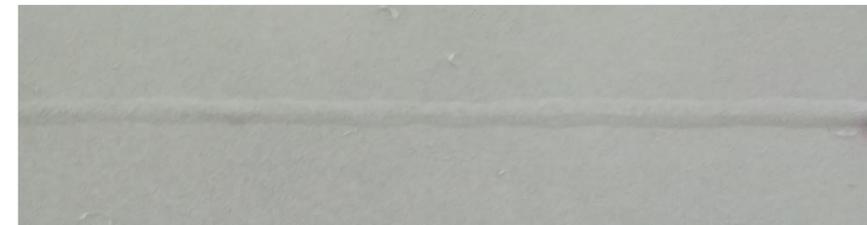
Лицевая сторона



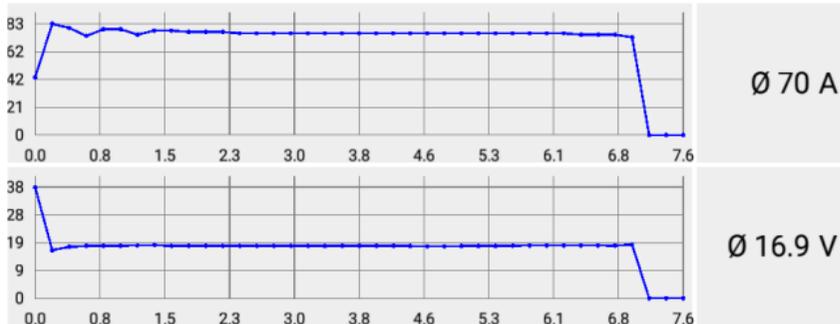
Обратная сторона



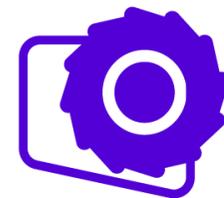
Результаты ПВК корня шва



Параметры режима с системы регистрации



Результаты сварки образцов со скосом 20°



6

Роботизированная
сварка проволокой $\varnothing 1,0$

Зазор 0.5мм

Импульсный режим

$I = 70 \text{ A}$

$U = 17 \text{ В}$

$V_{\text{св}} = 7.5 \text{ мм/сек}$

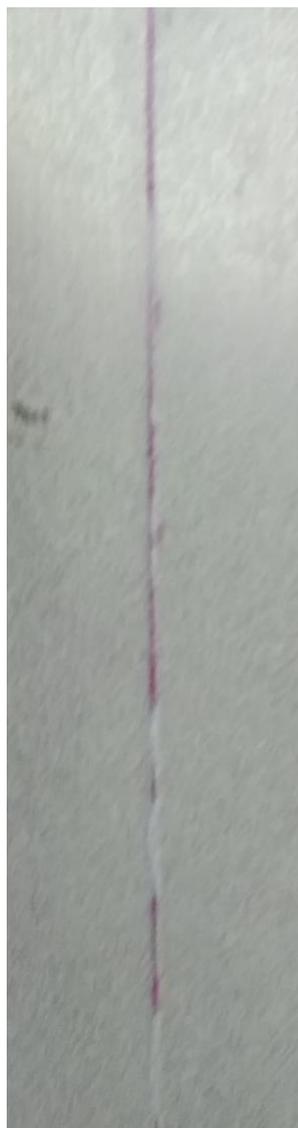
$V_{\text{пп}} = 2.9 \text{ м/мин}$

$Q_{\text{к}} = 4-5 \text{ л/мин}$

$Q_{\text{г}} = 15...16 \text{ л/мин}$

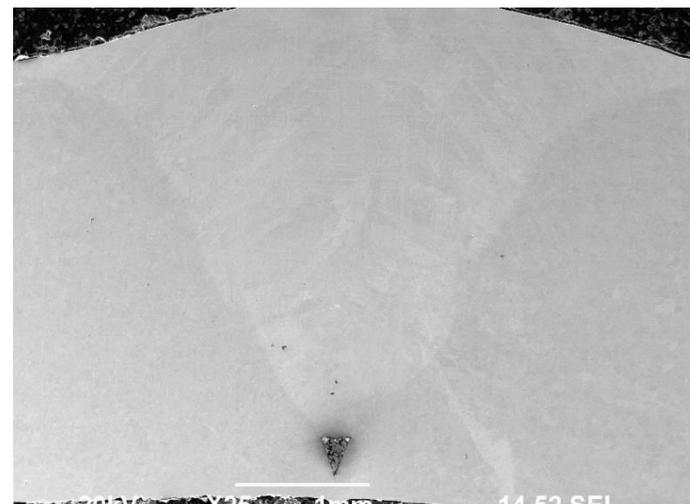
$q_{\text{п}} = 120 \text{ кДж/м}$

без колебаний



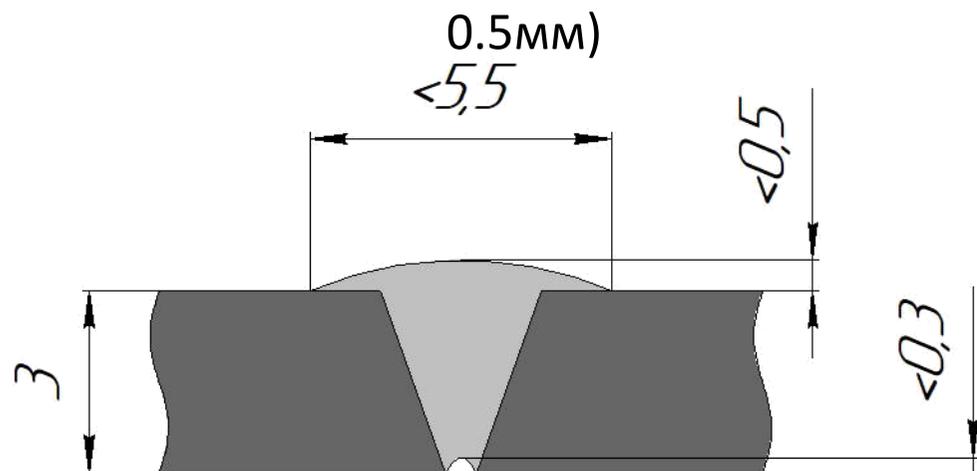
Результаты ПВК корня шва
при сварке с зазором
0,5мм

Шлиф, сделанный на образце с
непроваром



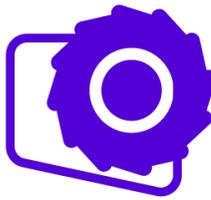
Геометрические параметры шва (зазор

0.5мм)

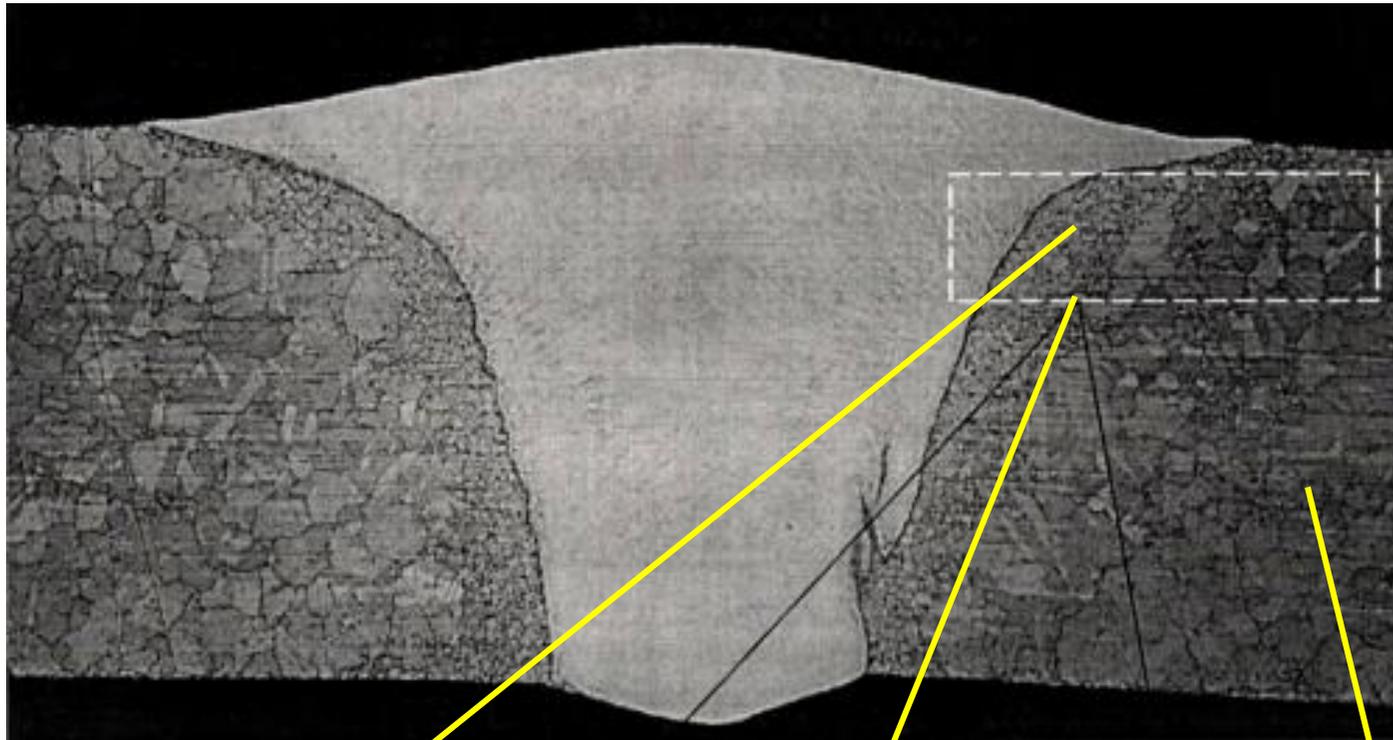




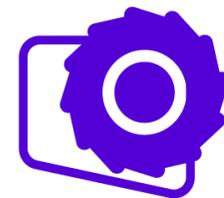
Результаты металлографии



7



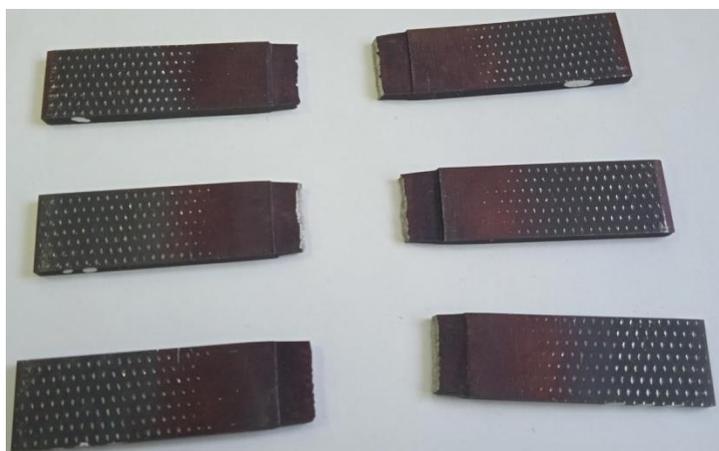
Результаты механических испытаний



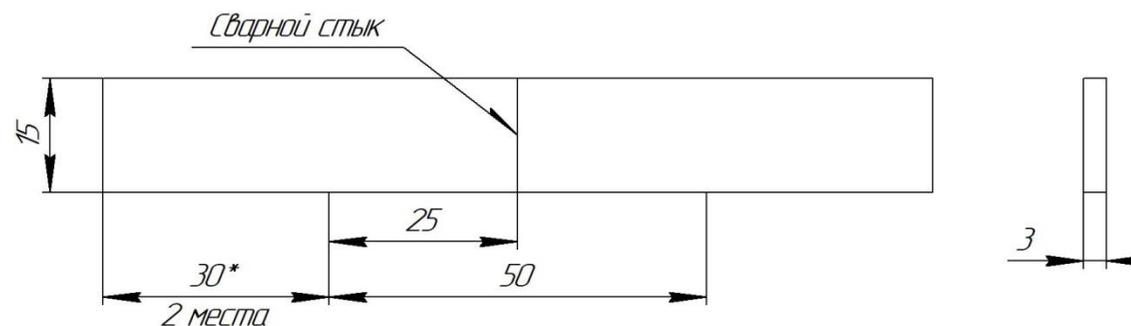
8

Сравнение результатов механических испытаний сварных соединений из сплава ЭП718

Образец	Толщина, мм	Предел прочности σ_B , МПа
ЭП718 (основной металл)	2	1100-1250
ЭП718 (сварка плавящимся электродом ЭП533)	3	1180-1205
ЭП718 (сварка плавящимся электродом ЭП533)	4	1060-1090
ЭП718 (ЭЛС)	4	1030-1160
ЭП718 (сварка неплавящимся электродом, ЭП533)	2	1150-1200
ЭП718 (сварка неплавящимся электродом, ЭП533)	10	1070-1080

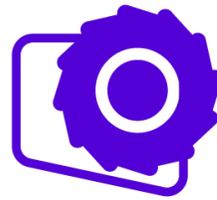


Образцы после испытаний на растяжение со снятым усилием



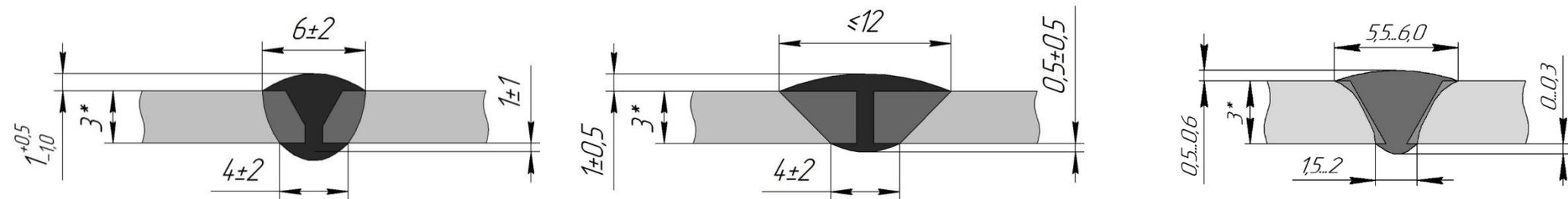
Размеры образцов для испытаний по ГОСТ6996

Выводы



9

1. Применение роботизированной сварки плавящимся электродом для соединения деталей из сплава ЭП718 толщиной 3 мм позволяет снизить ширину шва до 5,5...6 мм.
2. При наличии доступа к обратной стороне сварного шва и возможности осуществления подварки ширина сварного шва может быть снижена до 5 мм за счет уменьшения зазора до 0 мм или снижения угла скоса кромок до 20°.
3. Роботизированная сварка плавящимся электродом обеспечивает сварные швы с прочностью, сопоставимой с основным металлом, при снижении погонной энергии в два раза по сравнению со сваркой неплавящимся электродом.





УФИМСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ



Институт авиационных
технологий и материалов



ОДК
ПЕРМСКИЕ МОТОРЫ



Спасибо за внимание!

