

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель работ:

доцент кафедры «Материалы, технологии и
качество», к.т.н, доцент

 31.07.2019

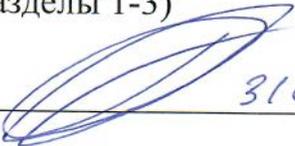
(подпись, дата)

Шафигуллин Л.Н.

Исполнители:

доцент кафедры «Высокоэффективные
процессы и аппараты», к.т.н, доцент

(разделы 1-3)

 31.07.2019

(подпись, дата)

Габдрахманов А.Т.

Исполнитель:

профессор кафедры «Материалы, технологии и
качество», д.т.н, профессор (разделы 1-3)

 31.07.2019

(подпись, дата)

Астащенко В.И.

доцент кафедры «Материалы, технологии и
качество», к.т.н, доцент (разделы 4-5)

 31.07.2019

(подпись, дата)

Бобрышев А.А.

РЕФЕРАТ

Отчет 125 с., рис.126, табл.11, 13 источников, 0 прил.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ EPS ОЧИСТКИ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛА

Объект исследования: Ст. 3 сп без и с EPS очисткой. EPS - Eco Pickled Surface (эко-травление поверхностей). В качестве рабочей среды используется смесь воды и остроугольной стальной дроби, которая подается при помощи турбин с вращающимися лопастными колесами на поверхность материала.

Цель НИР: исследование влияния EPS очистки на технологические свойства металла

В работе получены следующие результаты:

- исследовано влияние EPS очистки металла (Ст. 3 сп) на качество плазменной резки;
- исследовано влияние EPS очистки металла (Ст. 3 сп) на качество лазерной резки;
- исследовано влияние EPS очистки металла (Ст. 3 сп) на качество сварных соединений;
- исследовано влияние EPS очистки металла (Ст. 3 сп) на адгезию лако-красочного покрытия;
- исследовано влияние EPS очистки металла (Ст. 3 сп) на коррозионную стойкость;
- проведен термогравиметрический анализ поверхности металла (Ст. 3 сп) после очистки EPS на наличие остатка ингибитора.

.Содержание

1. Исследование влияния EPS очистки металла (Ст. 3 сп) на качество плазменной резки	6
2. Исследование влияния EPS очистки металла (Ст. 3 сп) на качество лазерной резки.....	29
3. Исследование влияния EPS очистки металла (Ст. 3 сп) на качество сварных соединений.....	63
4. Исследование влияния EPS очистки металла (Ст. 3 сп) на адгезию лакокрасочного покрытия.....	86
5. Исследование влияния EPS очистки металла (Ст. 3 сп) на коррозионную стойкость.....	95
5.1 Исследования по ГОСТ 9.403-80 (СТ-СЭВ 5260-85) (метод А) - непрерывное действие 5% водного раствора натрия хлористого в течение 7 суток.....	95
5.2 Исследования по ГОСТ Р 9.905 – 2007 – непрерывное действие нейтрального соляного тумана.....	110
6. Термогравиметрический анализ поверхности металла (Ст. 3 сп) после очистки EPS на наличие остатка ингибитора.....	119
Заключение.....	120
Список литературы.....	124

1. Исследование влияния EPS очистки металла (Ст. 3 сп) на качество плазменной резки

Плазменная резка образцов производилась на установке ERMAKSAN EPL 2060. Станки серии EPL - это надежная высокоскоростная машина для плазменной резки металла с высокой точностью резки, разработанная в соответствии с пожеланиями заказчиков получить надежный станок с низкой отпускной ценой для обработки металла. При необходимости машина может быть укомплектована 5-осевым резаком для обработки фасок, дополнительным суппортом для обработки труб.

Конструкция машины типа EPL включает в себя готовый раскроенный стол со встроенной системой вентиляции, управляемой пневматическими заслонками.

Конструкция установки отвечает требованиям эргономики и организации производства: направляющие портала защищены металлическими навесами, направляющие резака на портале закрыты кожухами и защищены от брызг металла, окалины, пыли и т.п. Удобство в работе обеспечивает наличие специальных гибких коробов для укладки коммуникационных проводов, которые перемещаются вместе с порталом, обеспечивая комфортные условия работы и защиту от внешних повреждений. Высокоточные линейные направляющие и рейки используются в соответствии со стандартами CE. Так что обеспечивает высокую точность результатов резки. Направляющие Atlanta (Германия) используется в соответствии со стандартами CE и обеспечивает высокую точность результатов резки, увеличенный диапазон чувствительности и качества резки. Кроме того, звук вызванный трением сведён к минимуму. Привод перемещения портала осуществляется сдвоенными синхронизированными бесщёточными АС серводвигателями, используемые на X и Y осях. Высокое ускорение обеспечивается высокоточным временем реакции серводвигателя, привода и снаряжения.

Внешний вид установки представлен на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1.-Внешний вид установки ERMAKSAN EPL 2060

Основные характеристики оборудования представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1.

Основные характеристики установки ERMAKSAN EPL 2060

Параметр	Значение
Рабочая ширина А, мм	2000
Полная ширина В, мм	3700
Полная высота С, мм	2280
Средний зазор D, мм	250
Расстояние между резаками Е, мм	0-200
Рабочая длина, мм	6000
Высота стола, мм	750
Скорость, м/мин	35
Ось механизма	X Y Z
Точность позиционирования, мм	±0,1 DIN 28206

Точность повторения, мм	±0,05 DIN 28206
Источник плазменной резки	HPR 130
Режущая способность	1-35
Электричество	400V, 50Hz, 6bar, hava
Вес	6750

В качестве источника плазмы используется установка Hypertherm HyperPerformance HPR260XD. Основные характеристики HyperPerformance HPR260XD представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2.

Основные характеристики плазматрона Hypertherm HyperPerformance HPR260XD.

Толщина резки низкоуглеродистой стали	Без образования окалины	32 мм
	Промышленный прожиг	38 мм
	Максимальная толщина резки	64 мм
Толщина резки нержавеющей стали	Промышленный прожиг	32 мм
	Максимальная толщина резки	50 мм
Толщина резки алюминия	Промышленный прожиг	25 мм
	Максимальная толщина резки	50 мм
Скорость (низкоуглеродистая сталь)	Технические характеристики по руководству при самом высоком выходном токе	12 мм 3850 мм/мин
Угол среза	Диапазон по ISO 9013*	2–4

Свариваемость		Готовность к сварке
<p>Технологические газы для материалов (Плазмообразующий/защитный)</p>	<p>Низкоуглеродистая сталь</p> <p>Нержавеющая сталь</p> <p>Алюминий</p>	<p>$O_2/\text{воздух}$, O_2/O_2, $Ar/\text{воздух}$</p> <p>N_35/N_2, N_2/N_2, N_35-N_2/N_2, $F5/N_2$, $Ar/\text{воздух}$, Ar/N_2</p> <p>N_35/N_2, $\text{воздух}/\text{воздух}$, N_35-N_2/N_2, $Ar/\text{воздух}$, Ar/N_2</p>
<p>Ток процесса (резка)</p>	<p>Не все процессы доступны для всех материалов</p>	<p>30–260</p>

Для плазменной резки были предоставлены образцы с EPS очисткой и без обработки размером 200×300 мм (рисунок 1.2):





б)

Рисунок 1.2. Образцы для плазменной резки; а) с EPS очисткой; б) контрольная без обработки

Образцы после плазменной резки представлены на рисунке 1.3:



а)
9



б)

Рисунок 1.3. Образцы после плазменной резки; а) с EPS очисткой; б) контрольная без обработки

Режимы плазменной резки представлены в таблице 1.3. Во всех случаях в качестве рабочего газа использовался воздух.

Таблица 1.3.

Режимы плазменной резки образцов

Образец №	Ток дуги, А	Напряжение дуги, В	Скорость резки, мм/мин	Разрез, мм	Высота резки, мм
контрольный					
1	80	117	4539	1,37	2,51
2 (оптимальный)	80	120	4300	1,39	3

3	80	120	3937	1,42	2,03
с EPS очисткой					
4	80	117	4539	1,37	2,51
5 (оптимальный)	80	120	4300	1,39	3
6	80	120	3937	1,42	2,03

На рисунках 1.4.-1.9. Представлены образцы после плазменной резки:



а)



б)

Рисунок 1.4. Образец 1 после плазменной резки; а) вид сверху; б) вид снизу



а)



б)

Рисунок 1.5. Образец 2 после плазменной резки; а) вид сверху; б) вид снизу



а)



б)

Рисунок 1.6. Образец 3 после плазменной резки; а) вид сверху; б) вид снизу



а)

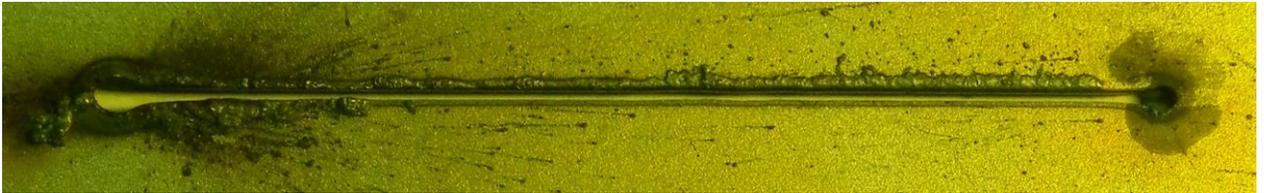


б)

Рисунок 1.7. Образец 4 после плазменной резки; а) вид сверху; б) вид снизу



а)



б)

Рисунок 1.8. Образец 5 после плазменной резки; а) вид сверху; б) вид снизу



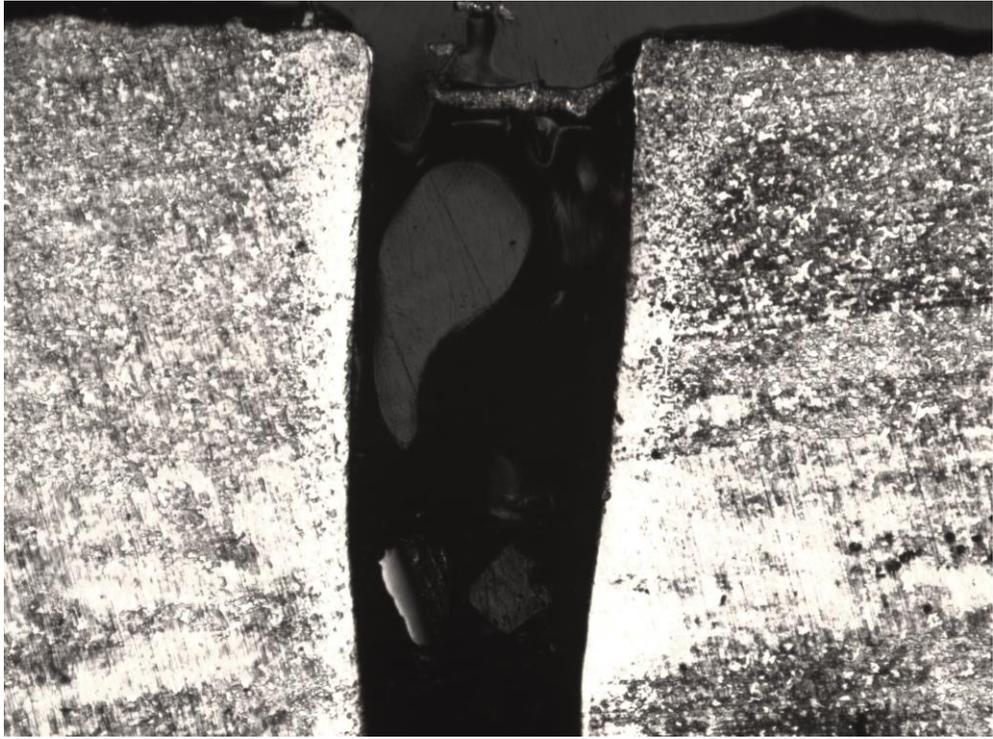
а)



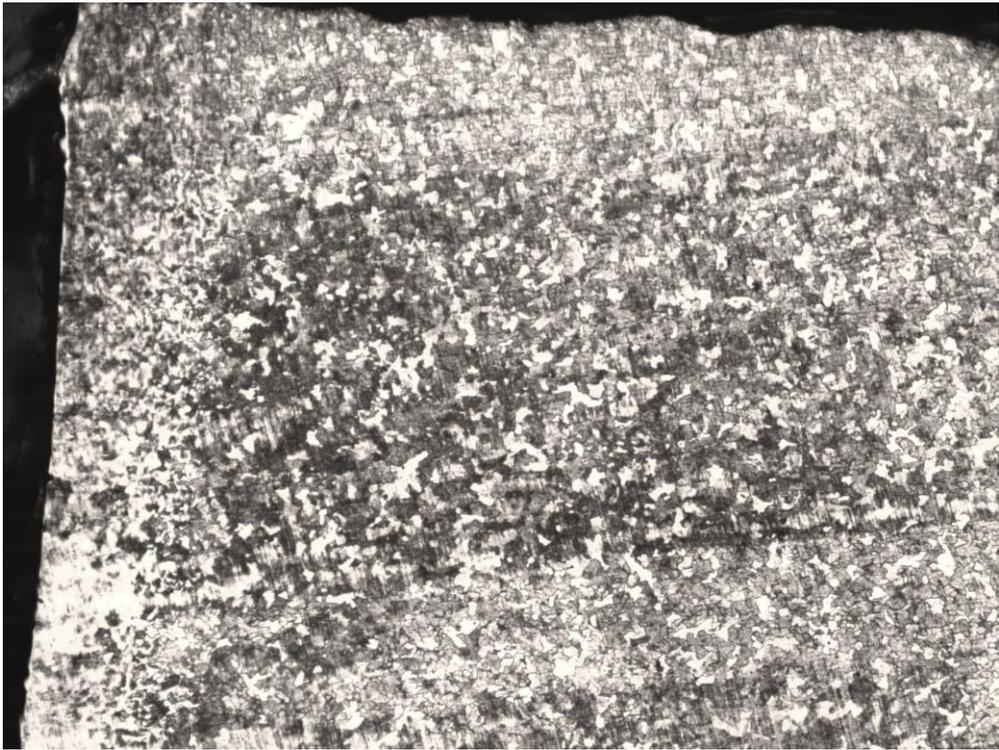
б)

Рисунок 1.9. Образец 6 после плазменной резки; а) вид сверху; б) вид снизу

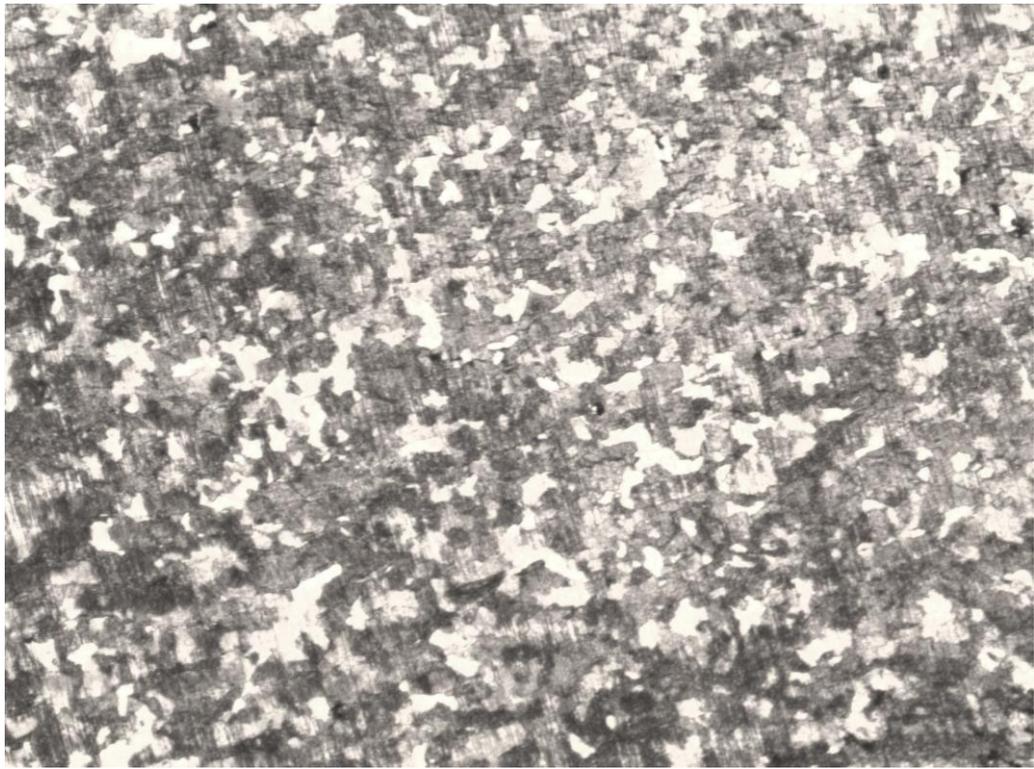
Исследования микроструктуры образцов проводились в сечении на моторизованном металлографическом комплексе Thixomet с программным обеспечением. Микротвердость частиц измерялась по ГОСТ Р ИСО 6507-1-2007 на микротвердомере «Дуримет». Результаты исследований приведены на рисунках 1.10-1.20.



×50



×100



×200



×500

Рисунок 1.10. Микроструктура образца 1 после плазменной резки

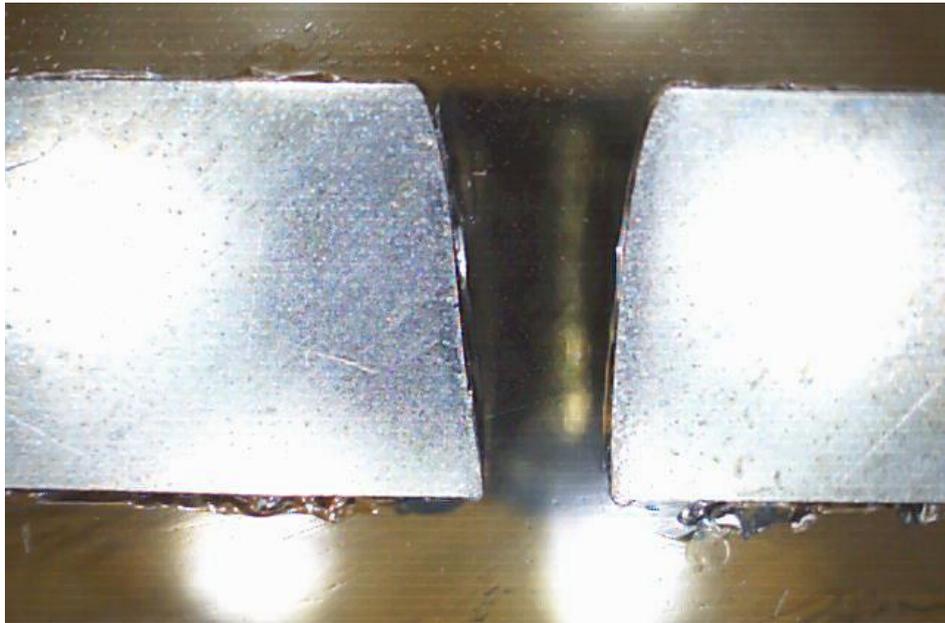
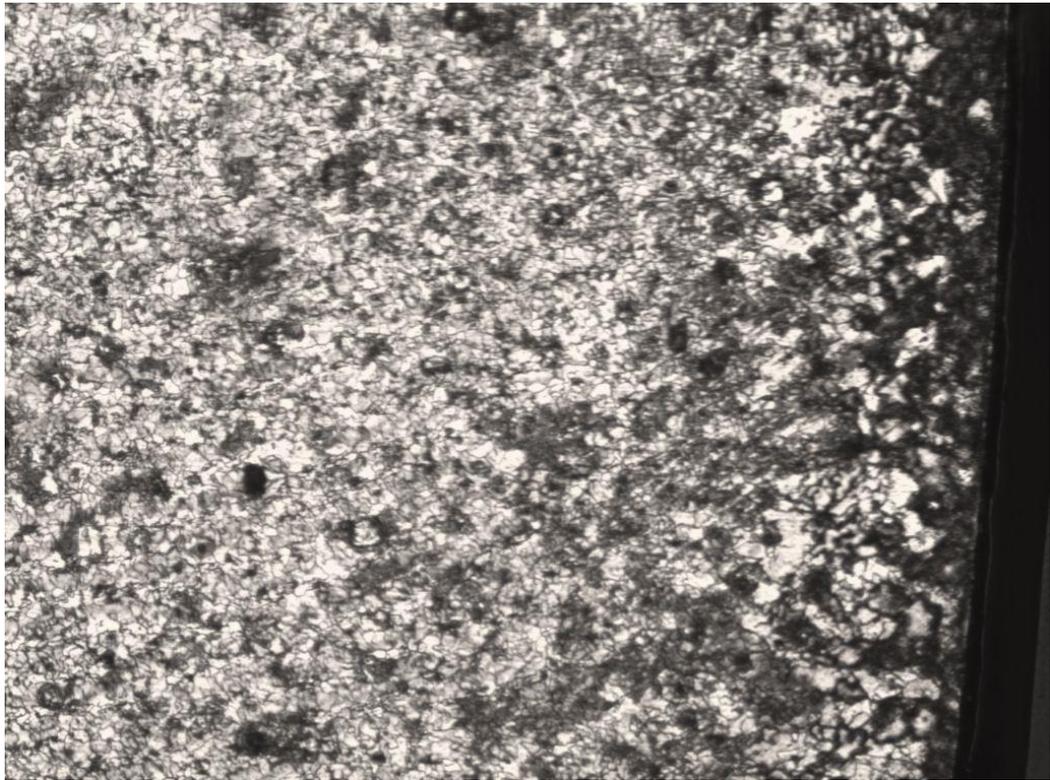
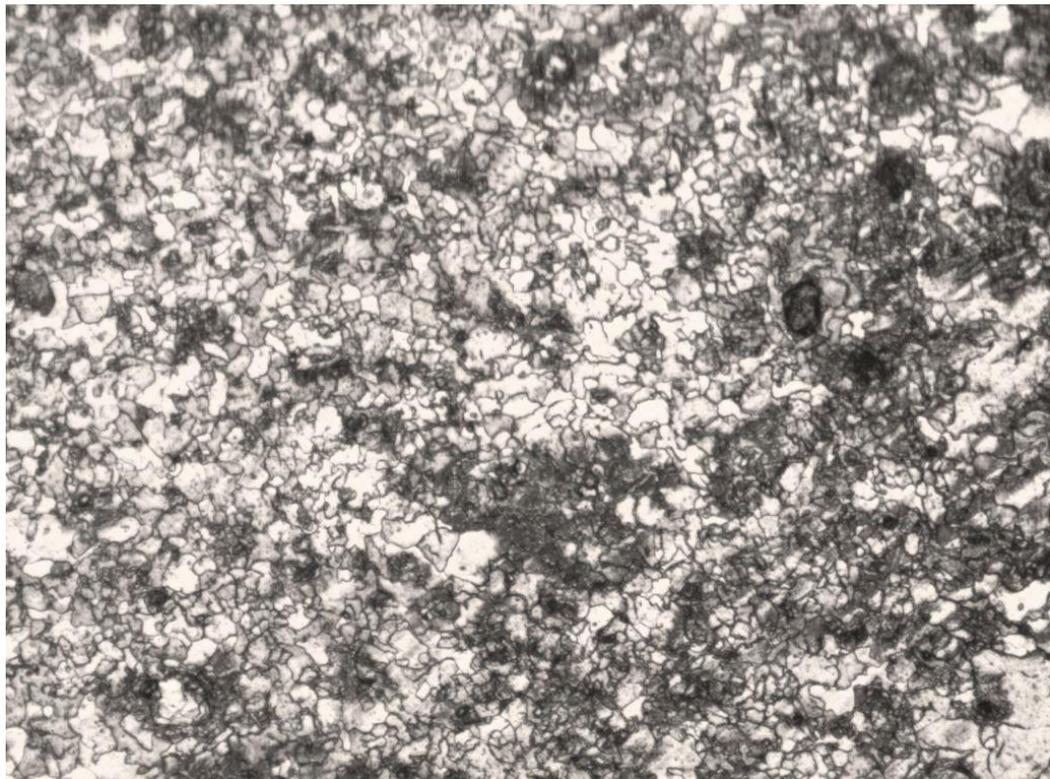


Рисунок 1.11. Образец 2 после плазменной резки



×100



×200

Рисунок 1.12. Микроструктура образца 2 после плазменной резки

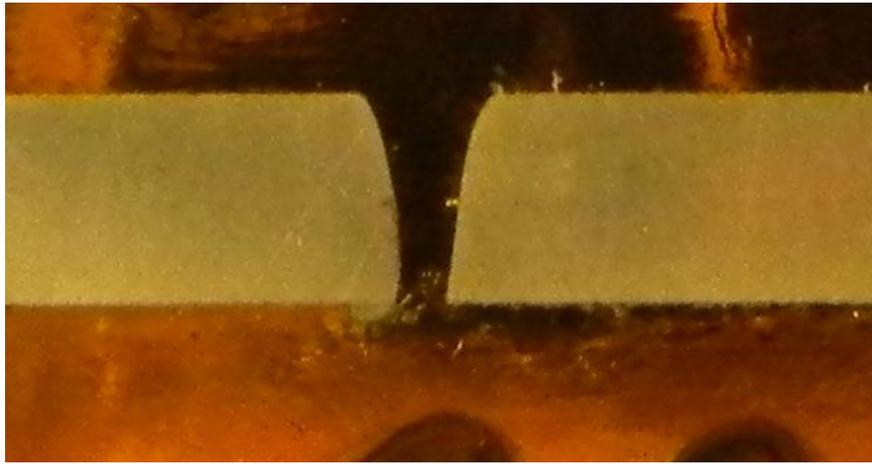
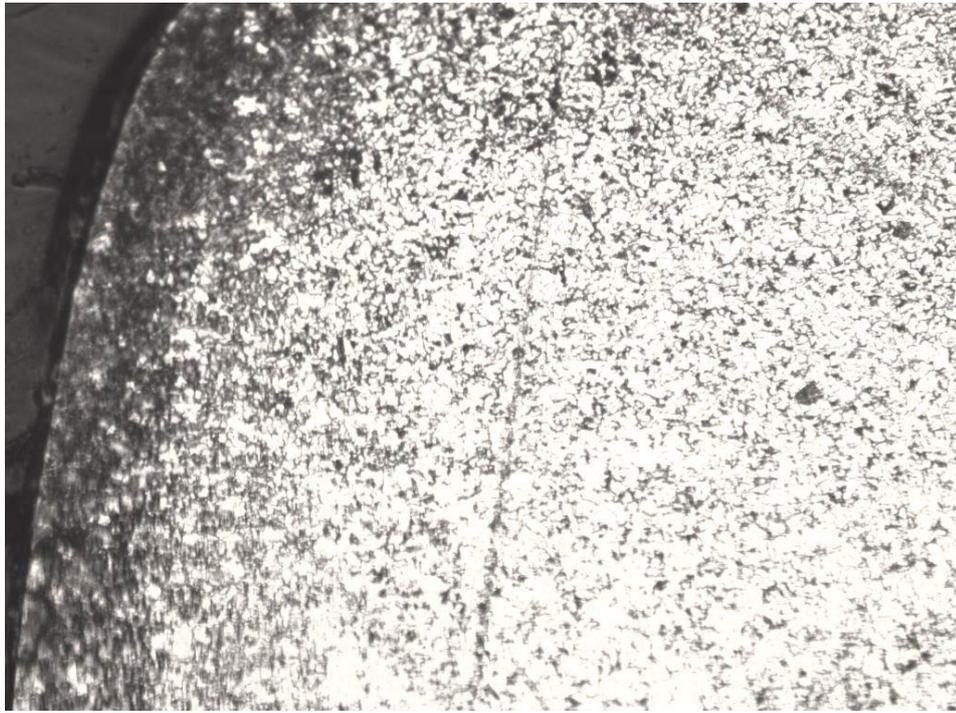
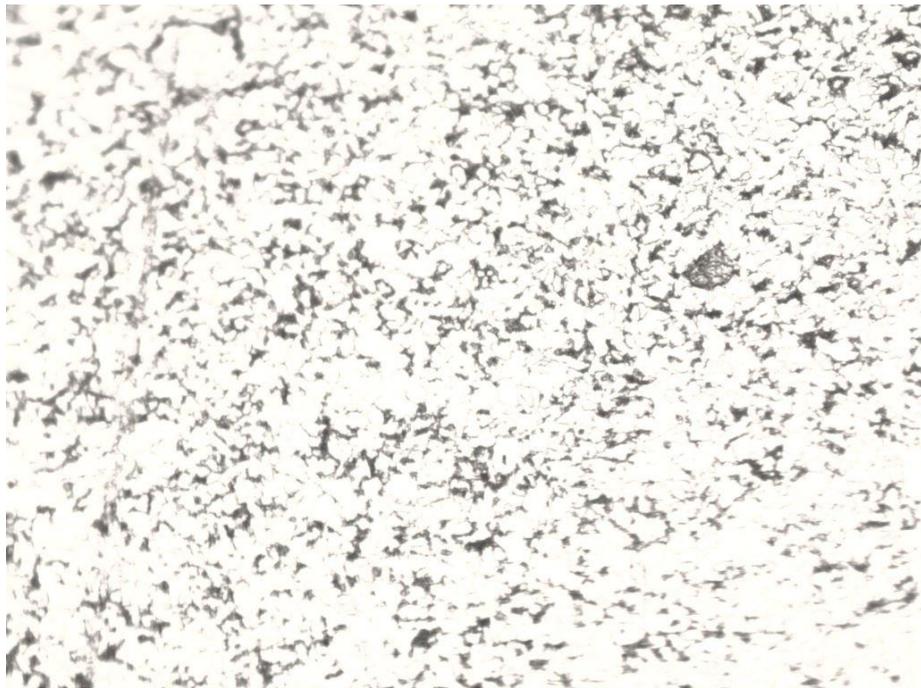


Рисунок 1.13. Образец 3 после плазменной резки



×100



×1000

Рисунок 1.14. Микроструктура образца 3 после плазменной резки

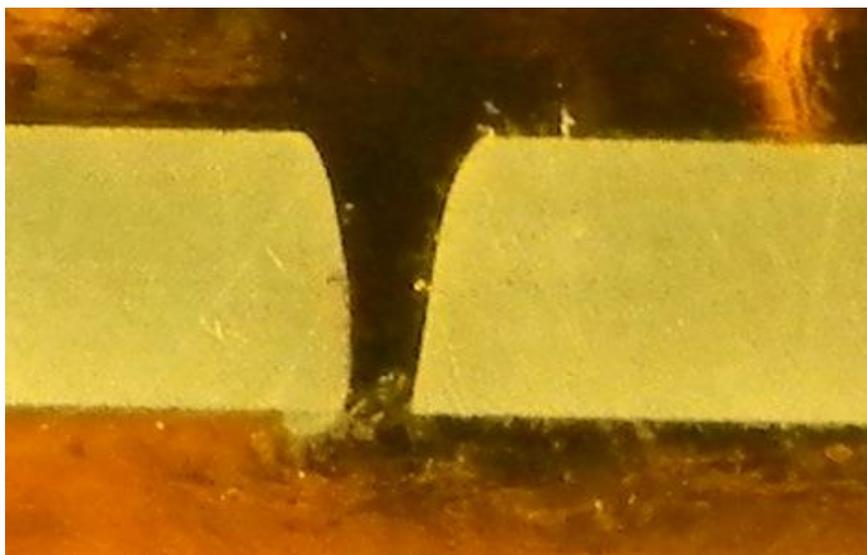
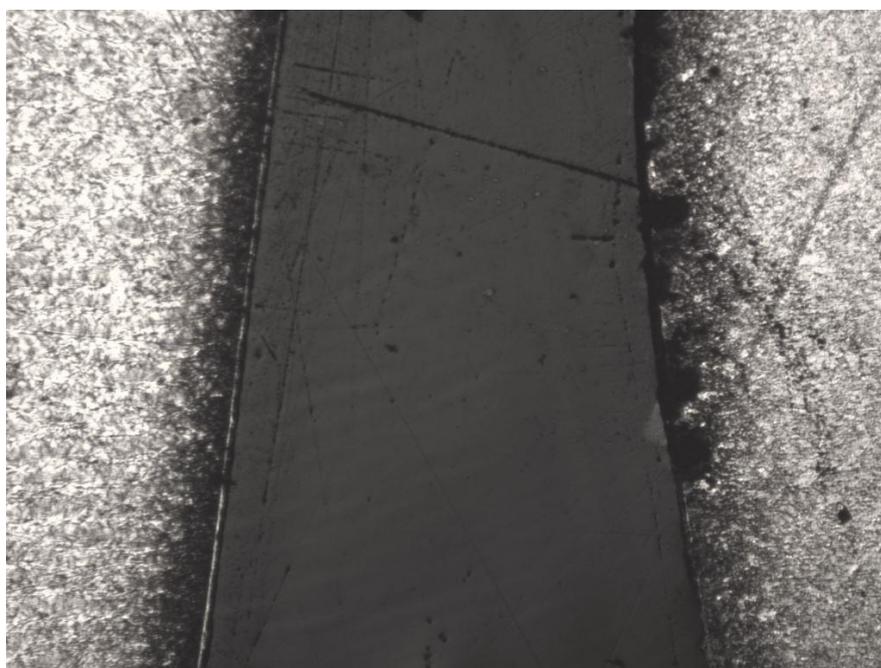
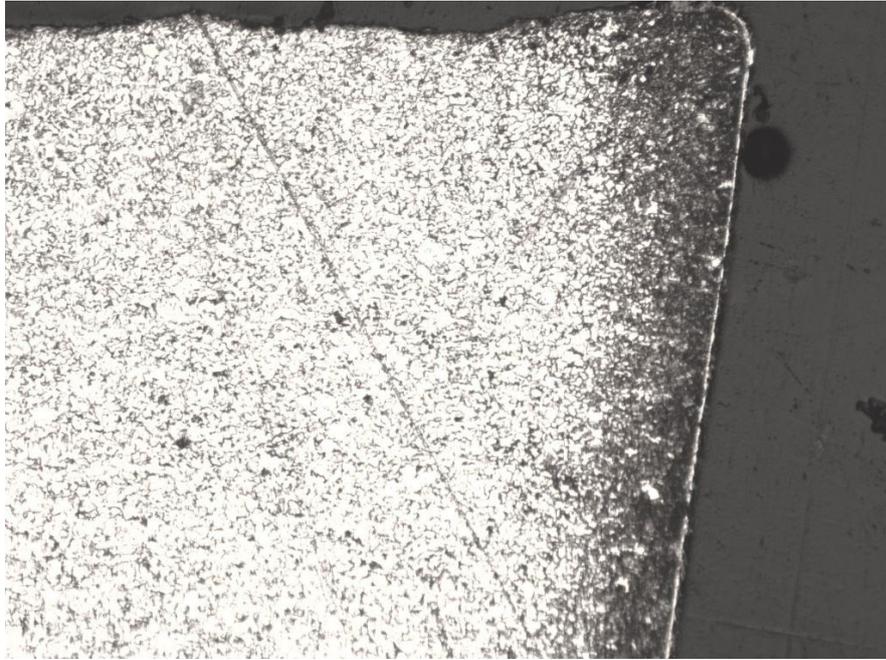


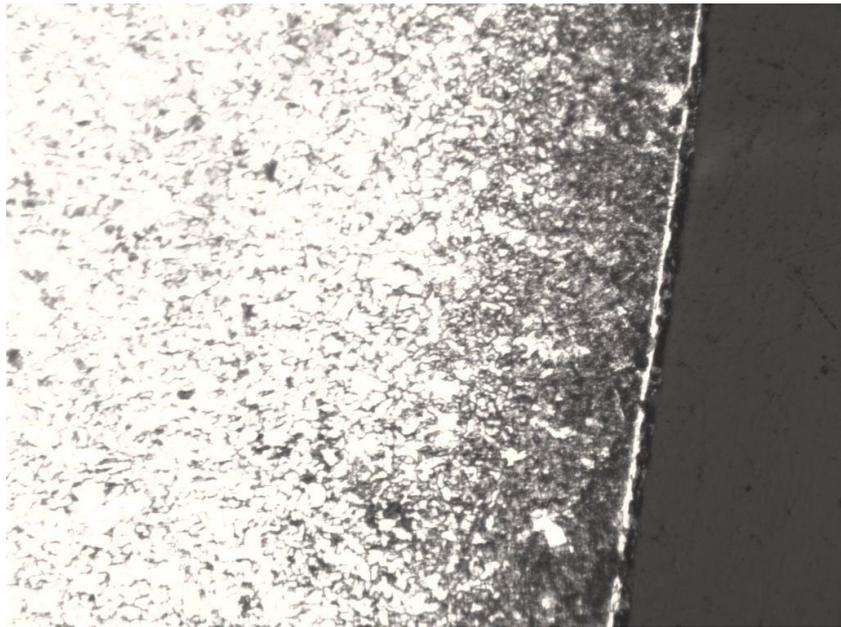
Рисунок 1.15. Образец 4 после плазменной резки



×50



×100



×200

Рисунок 1.16. Микроструктура образца 4 после плазменной резки

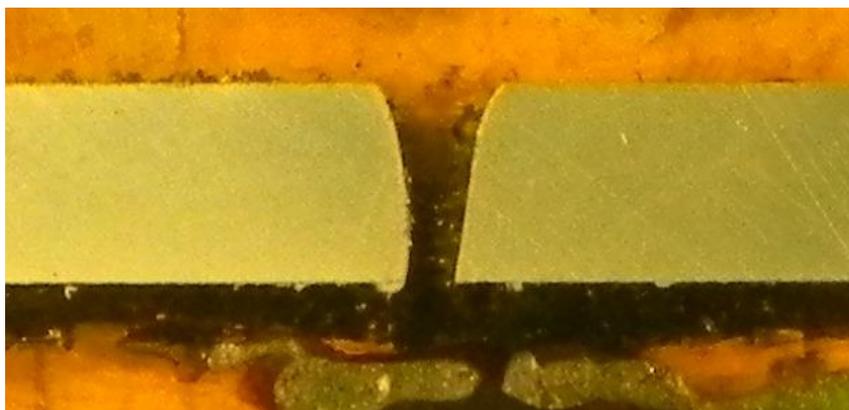
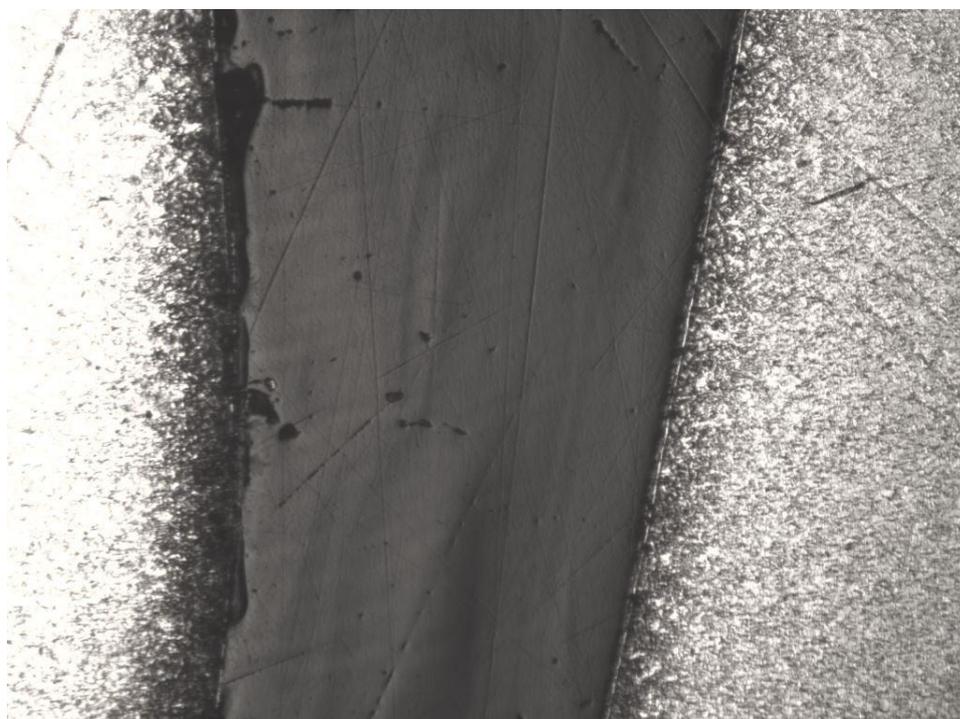


Рисунок 1.17. Образец 5 после плазменной резки



×50



×100



×200

Рисунок 1.18. Микроструктура образца 5 после плазменной резки

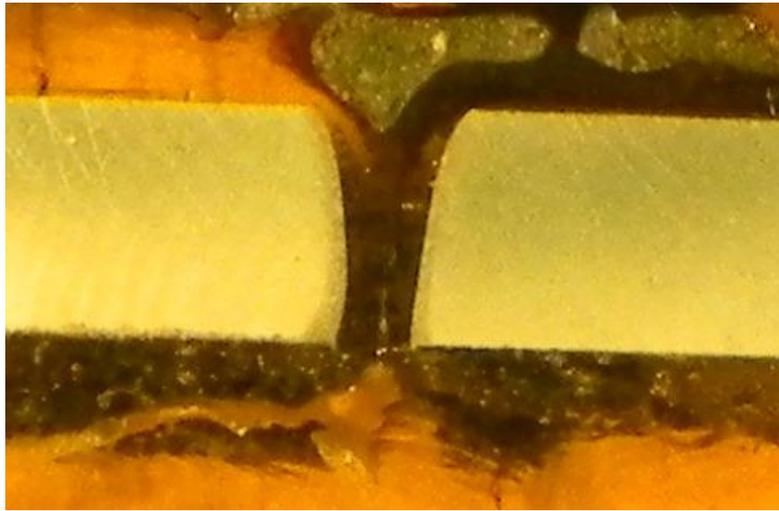
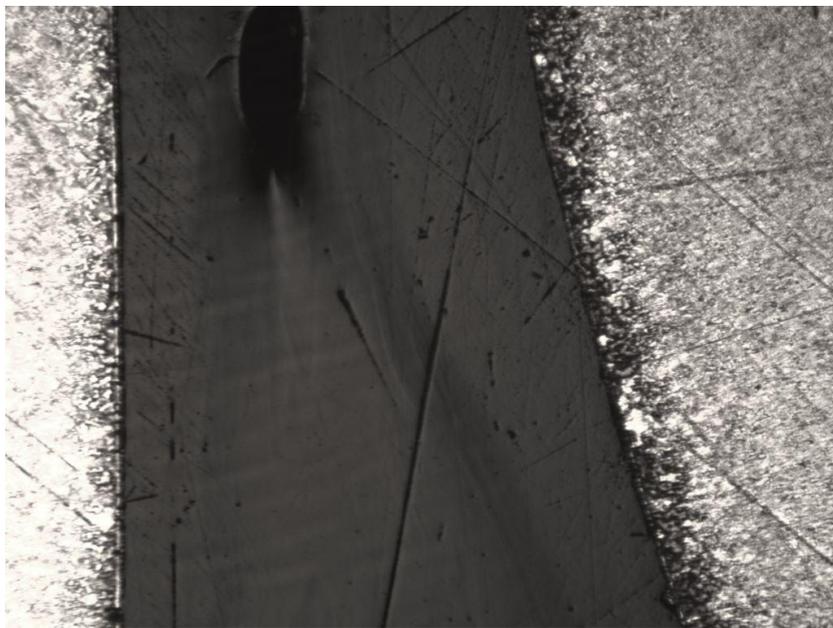


Рисунок 1.19. Образец 6 после плазменной резки



×50



×100



×200

Рисунок 1.20. Микроструктура образца б после плазменной резки

Во время металлографических исследований были определены зона термического влияния и ширина реза в нескольких сечениях. Результаты исследований приведены в таблице 1.4:

Таблица 1.4.

Результаты исследований зоны термического влияния и ширины реза, полученных после плазменной резки

№	Ширина зоны термического влияния, мм	Ширина реза, мм			Микротвердость шва и зоны термического влияния, HV
		Верхнее сечение	Среднее сечение	Нижнее сечение	
19	0,318	1,168	1,645	2,286	464
20	0,276	1,214	1,645	2,186	473
21	0,249	1,264	1,691	2,136	483
22	0,258	0,945	1,186	2,186	423
23	0,245	0,955	1,300	2,041	398
24	0,209	1,227	1,364	2,145	412

На основе визуального двухстороннего контроля образцов после плазменной резки согласно режимам (таблица 1.3), металлографических исследований и результатов замера микротвердости основного металла и зоны резки выявлено:

1. Все образцы прорезались на всю глубину металла. Во всех случаях образуется грат, в случае образцов с EPS очисткой величина грата оказалась меньше.

2. Металлографическими исследованиями основного металла и металла зоны резки выявлена идентичная феррито-перлитная структура. Микротрещины в зоне термического влияния отсутствуют.

3. Микротвердость металла зоны термического влияния находится в пределах 398-483 HV, основного металла 126-141 HV.

4. Величина зоны термического влияния не превышает 0,318 мм, а средняя ширина реза 1,651 мм. В образцах с EPS очисткой эти величины оказались меньше.

Комплексными исследованиями качества плазменной резки установлено, что предпочтение имеют образцы, полученные EPS очисткой.

2. Исследование влияния EPS очистки металла (Ст. 3 сп) на качество лазерной резки

Лазерная резка образцов производилась на установке FL-CUT-3015 (производство ООО «НТО «ИРЭ-Полус»). Установка лазерной резки предназначена для качественного раскроя металла толщиной до 30 мм. Установка выполнена на базе портальной системы на линейных безредукторных приводах, обеспечивающих высокую скорость и точность перемещения режущей головки, высокую надёжность и долговременную стабильность характеристик системы из-за отсутствия изнашивающихся силовых узлов (нет редукторов, ШВП и других трущихся пар). Единственными элементами, где присутствует механический контакт, являются прецизионные направляющие качения. В качестве источника лазерного излучения используется высокоэффективный иттербиевый волоконный лазер производства IPG, с максимальной выходной мощностью 2000 Вт и с КПД до 40%. Внешний вид установки представлен на рисунке 2.1.

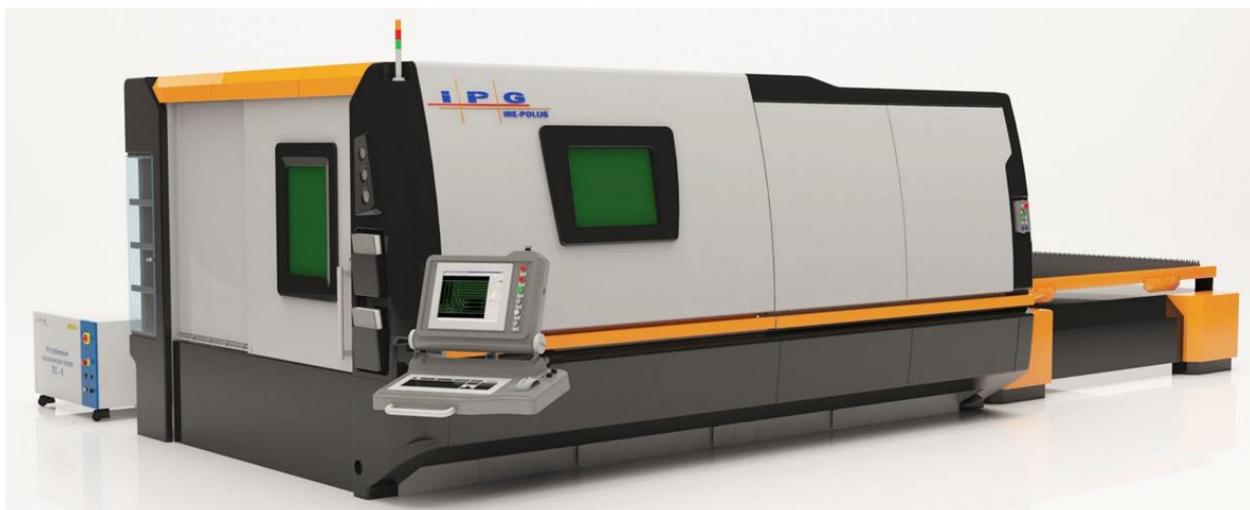


Рисунок 2.1. Внешний вид установки FL-CUT-3015

Основные характеристики оборудования представлены в таблице 2.1. Основные характеристики волоконного иттербиевого лазера ЛС-2 представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.1.

Основные характеристики установки FL-CUT-3015

Параметр	Значение
Размеры рабочего поля, мм	3000 x 1500
Механизм загрузки	Неподвижный раскройный стол без сменных паллет
Максимальное ускорение м/с ²	10
Тип системы управления	LSMC-4
Максимальная скорость холостого хода, м/мин	60 / 120 / 180
Дискретность задания перемещений, мм	0,001
Точность воспроизведения заданного контура, мм/м	±0,05 ±0,01
Повторяемость позиционирования, мм/м	380 В, 50 Гц, 3 фазы
Питание	Телескопическая
Защитная кабина	5300 x 2950 x 1720

Таблица 2.2.

Основные характеристики волоконного иттербиевого лазера ЛС-2

№	Характеристики	Условия измерения	Обозн.	Мин.	Тип.	Макс.
1	Режим работы			Непрерывный, модулируемый (неп/мод)		
2	Номинальная выходная мощность, Вт	На выходе оптического коннектора		2000		

3	Диапазон изменения выходной мощности, %			10		
4	Поляризация			Случайная		
5	Длина волны излучения, нм	$P_{\text{НОМ}}$	λ_c	1065	1070	1080
6	Ширина линии излучения, нм	$P_{\text{НОМ}}$	$\Delta\lambda$		3	6
7	Время включения выходной мощности, мкс	$P_{\text{НОМ}}$			80	100
8	Время выключения выходной мощности, мкс	$P_{\text{НОМ}}$			80	100
9	Частота модуляции выходной мощности, кГц		f			5.0
10	Нестабильность выходной мощности, %	При фикс. температуре окружающей среды и охлаждающей жидкости в течение 8 часов			± 1.0	± 2.0

Для лазерной резки были предоставлены образцы с EPS очисткой и без обработки размером 200×300 мм (рисунок 2.2):



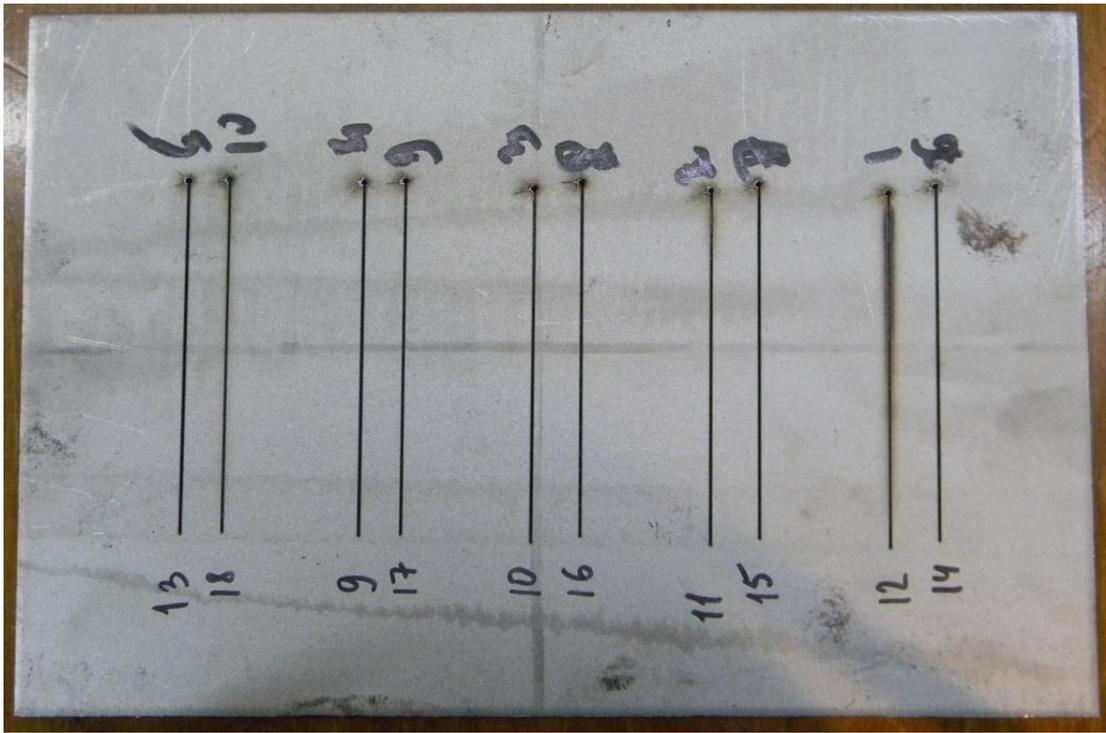
а)



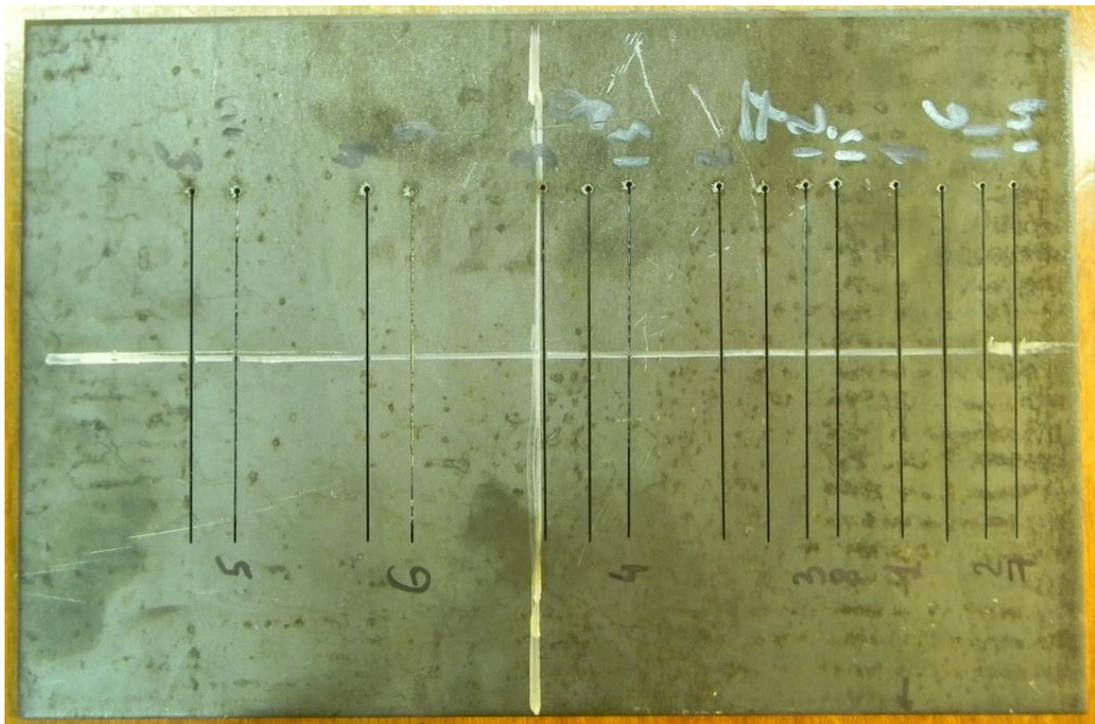
б)

Рисунок 2.2. Образцы для лазерной резки; а) с EPS очисткой; б) контрольная без обработки

Образцы после лазерной резки представлены на рисунке 2.3:



а)



б)

Рисунок 2.3. Образцы после лазерной резки; а) с EPS очисткой; б) контрольная без обработки

Режимы лазерной резки представлены в таблице 2.3. Во всех случаях в качестве рабочего газа использовался кислород при давлении 15атм. Диаметр сопла 1,2мм.

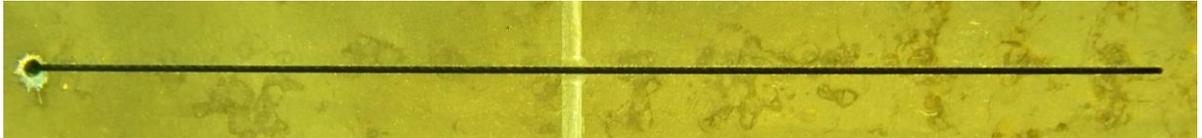
Таблица 2.3.

Режимы лазерной резки образцов

Образец №	Мощность излучения, кВт	Скорость перемещения лазерной головки, мм/мин
контрольный		
1 (оптимальный)	2	3000
2	2	3200
3	2	3300
4	2	3400
5	2	3500
6	2	5200
7	1,6	3000
8	1,4	3000
с EPS очисткой		
9 (оптимальный)	2	3000
10	2	3100
11	2	3200
12	2	3400
13	2	2800
14	1,8	3000
15	1,6	3000

16	1,4	3000
17	1,2	3000
18	1	3000

На рисунках 2.4.-2.21. Представлены образцы после лазерной резки

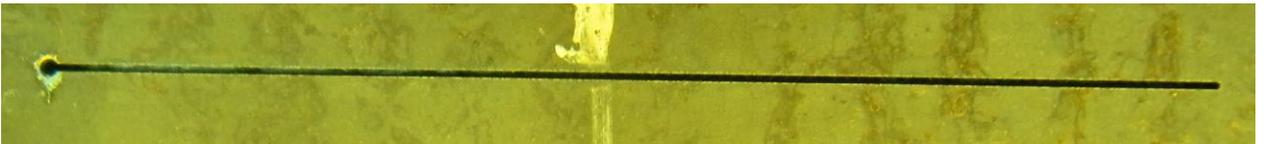


а)



б)

Рисунок 2.4. Образец 1 после лазерной резки; а) вид сверху; б) вид снизу



а)



б)

Рисунок 2.5. Образец 2 после лазерной резки; а) вид сверху; б) вид снизу



а)



б)

Рисунок 2.6. Образец 3 после лазерной резки; а) вид сверху; б) вид снизу



а)



б)

Рисунок 2.7. Образец 4 после лазерной резки; а) вид сверху; б) вид снизу



а)



б)

Рисунок 2.8. Образец 5 после лазерной резки; а) вид сверху; б) вид снизу

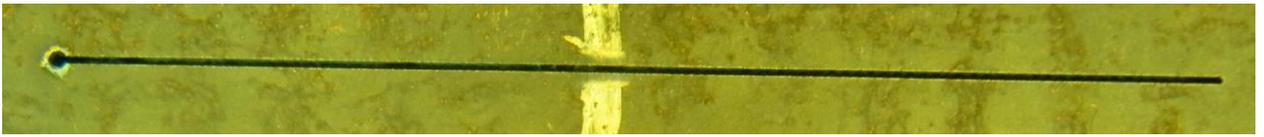


а)



б)

Рисунок 2.9. Образец 6 после лазерной резки; а) вид сверху; б) вид снизу

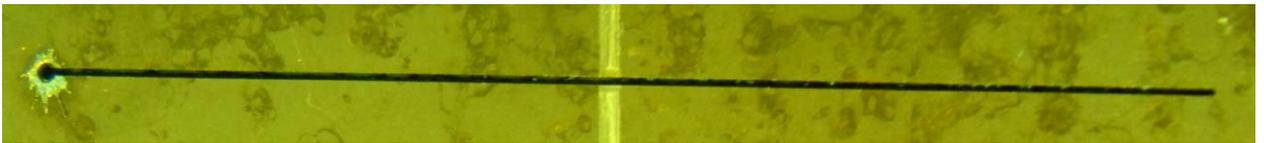


а)

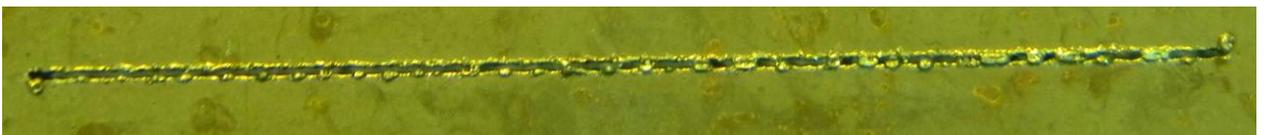


б)

Рисунок 2.10. Образец 7 после лазерной резки; а) вид сверху; б) вид снизу



а)



б)

Рисунок 2.11. Образец 8 после лазерной резки; а) вид сверху; б) вид снизу



а)



б)

Рисунок 2.12. Образец 9 после лазерной резки; а) вид сверху; б) вид снизу



а)

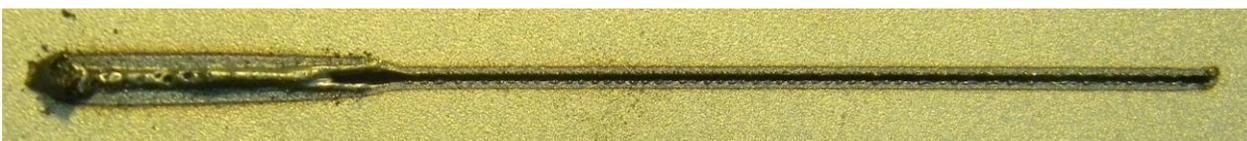


б)

Рисунок 2.13. Образец 10 после лазерной резки; а) вид сверху; б) вид снизу

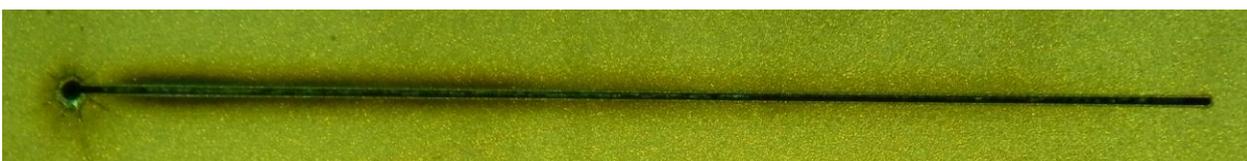


а)

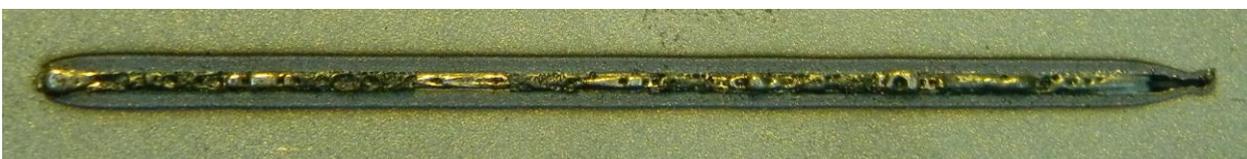


б)

Рисунок 2.14. Образец 11 после лазерной резки; а) вид сверху; б) вид снизу



а)



б)

Рисунок 2.15. Образец 12 после лазерной резки; а) вид сверху; б) вид снизу



а)



б)

Рисунок 2.16. Образец 13 после лазерной резки; а) вид сверху; б) вид снизу



а)



б)

Рисунок 2.17. Образец 14 после лазерной резки; а) вид сверху; б) вид снизу

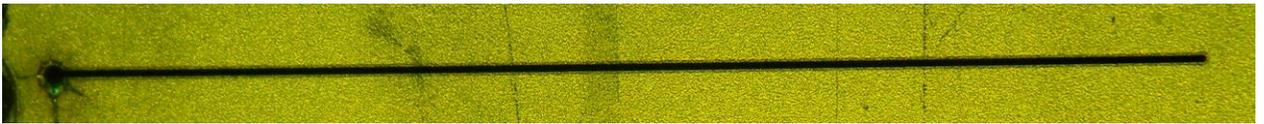


а)



б)

Рисунок 2.18. Образец 15 после лазерной резки; а) вид сверху; б) вид снизу



а)

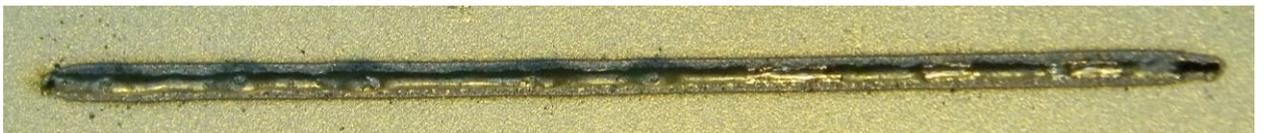


б)

Рисунок 2.19. Образец 16 после лазерной резки; а) вид сверху; б) вид снизу



а)



б)

Рисунок 2.20. Образец 17 после лазерной резки; а) вид сверху; б) вид снизу



а)



б)

Рисунок 2.21. Образец 18 после лазерной резки; а) вид сверху; б) вид снизу

Исследования микроструктуры образцов проводились в сечении на моторизованном металлографическом комплексе Thixomet с программным обеспечением. Микротвердость частиц измерялась по ГОСТ Р ИСО 6507-1-

2007 на микротвердомере «Дуримет». Результаты исследований приведены на рисунках 2.22-2.41:

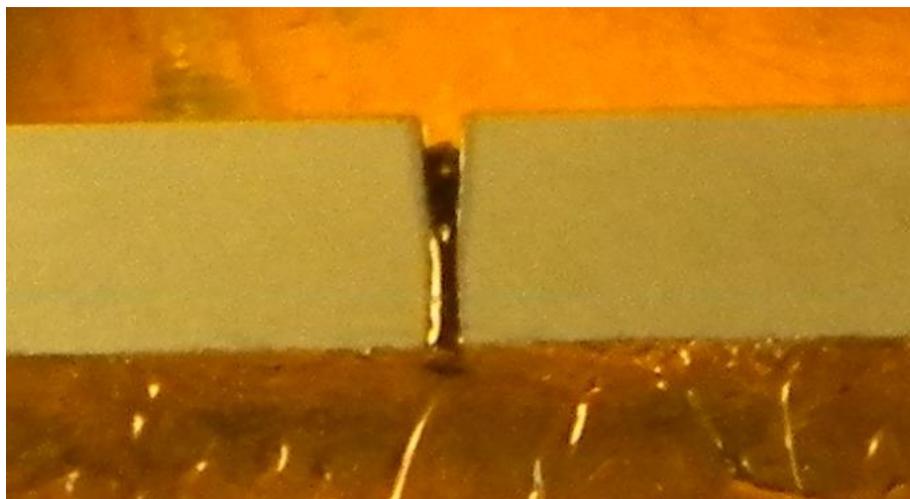
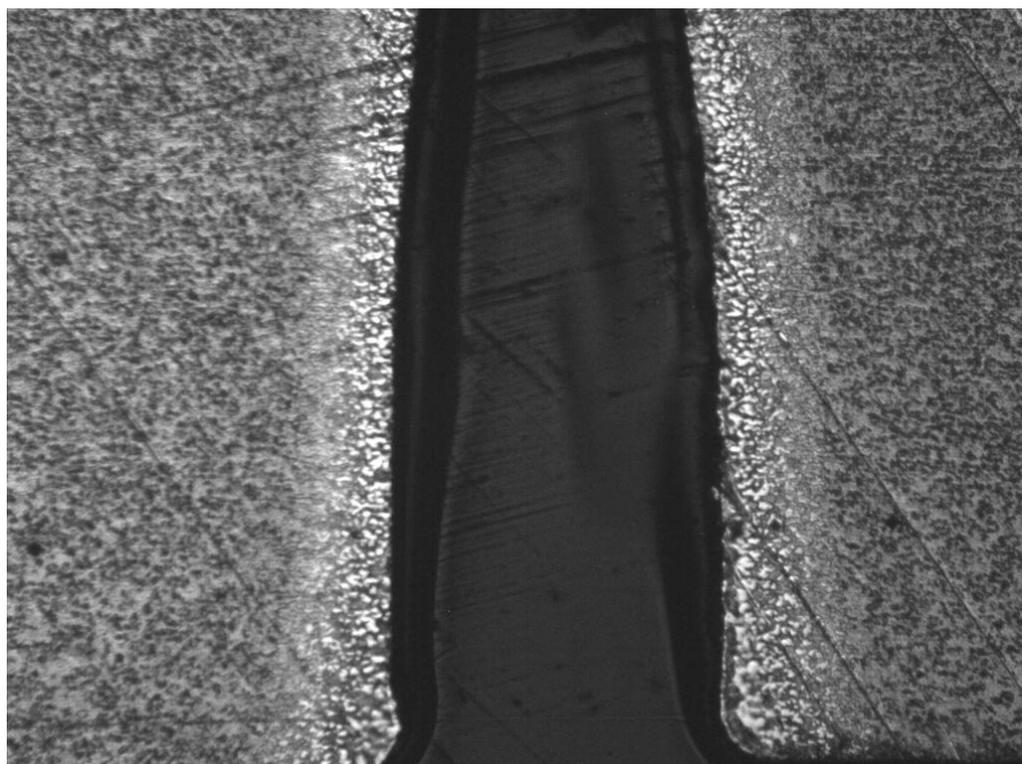
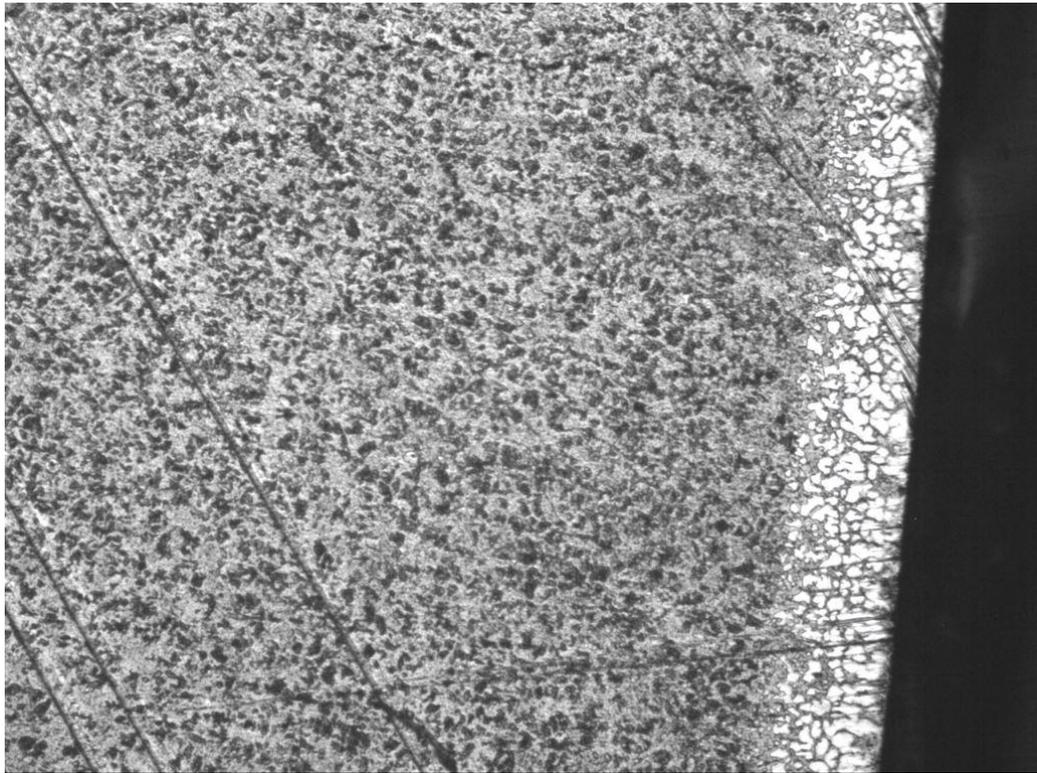


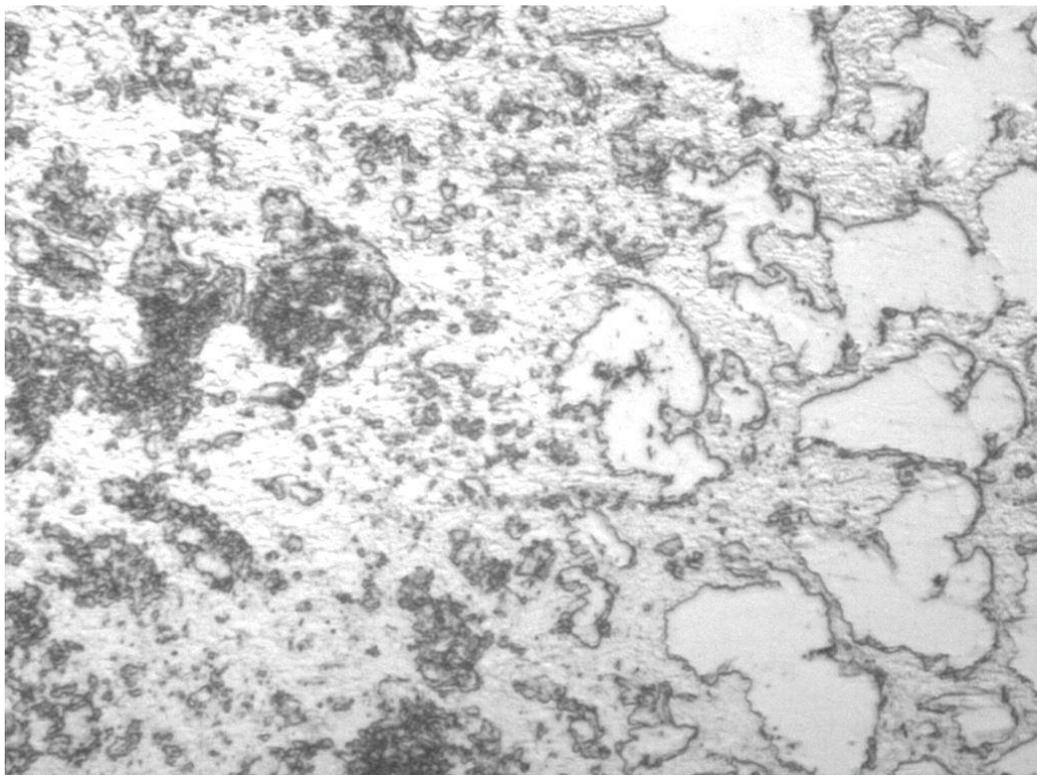
Рисунок 2.22. Образец 1



×50



×100



×1000

Рисунок 2.23. Микроструктура образца 1 после лазерной резки

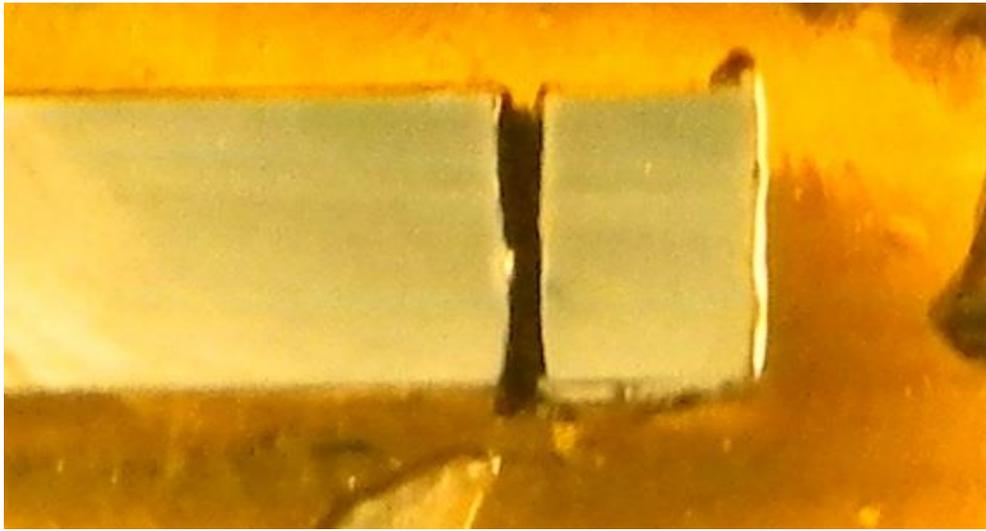
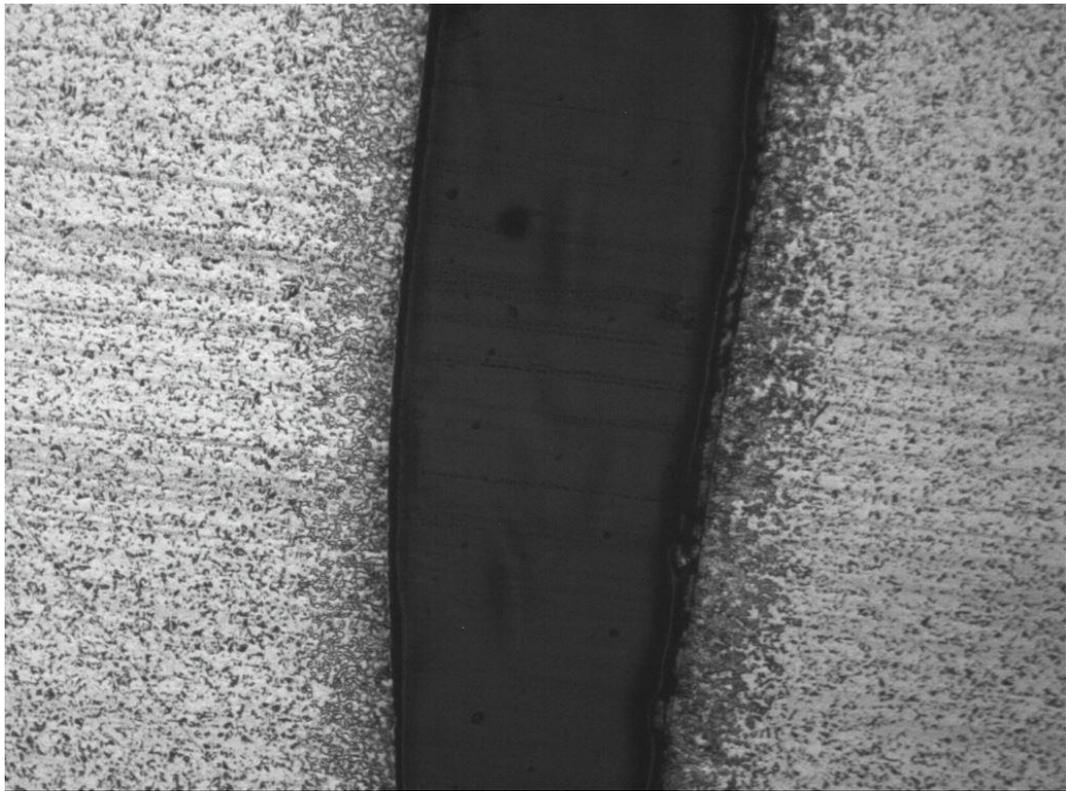
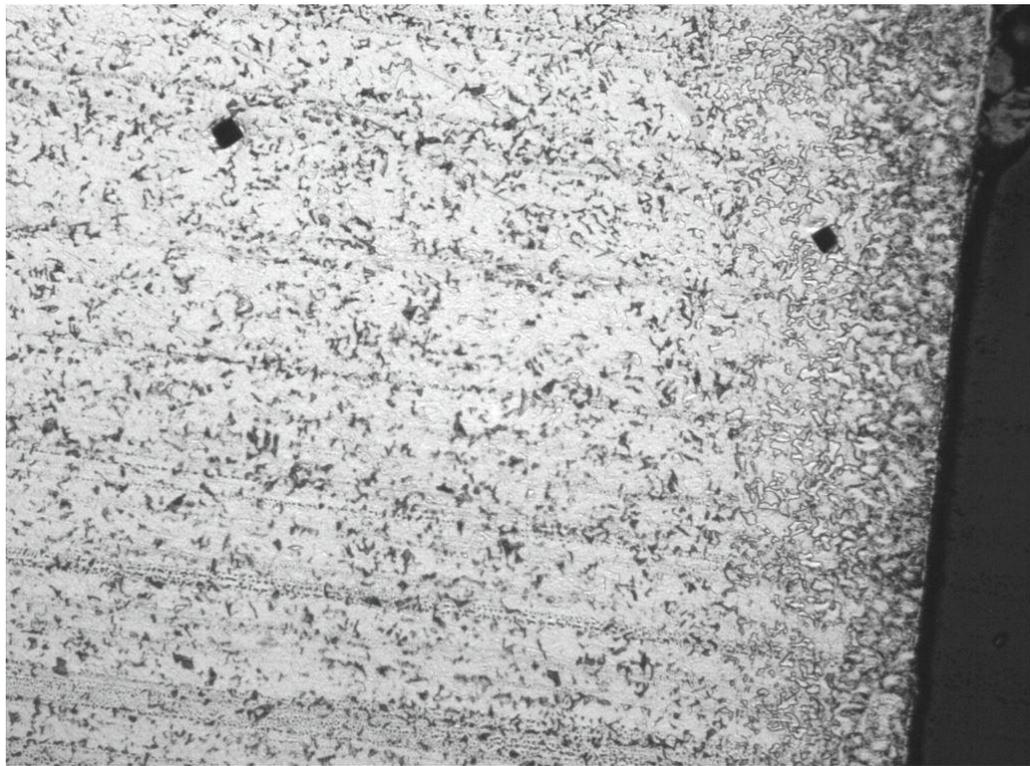


Рисунок 2.24. Образец 2



×50



×100

Рисунок 2.25. Микроструктура образца 2 после лазерной резки

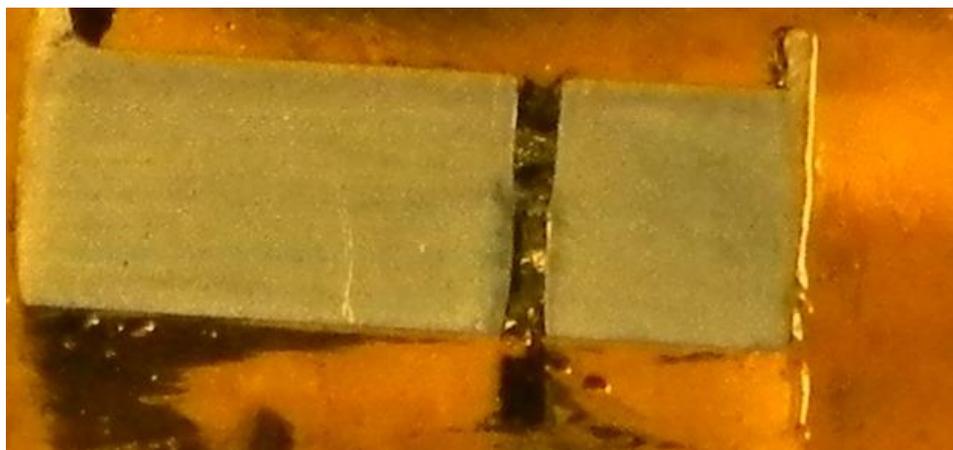


Рисунок 2.26. Образец 4



×50



×100

Рисунок 2.27. Микроструктура образца 4 после лазерной резки

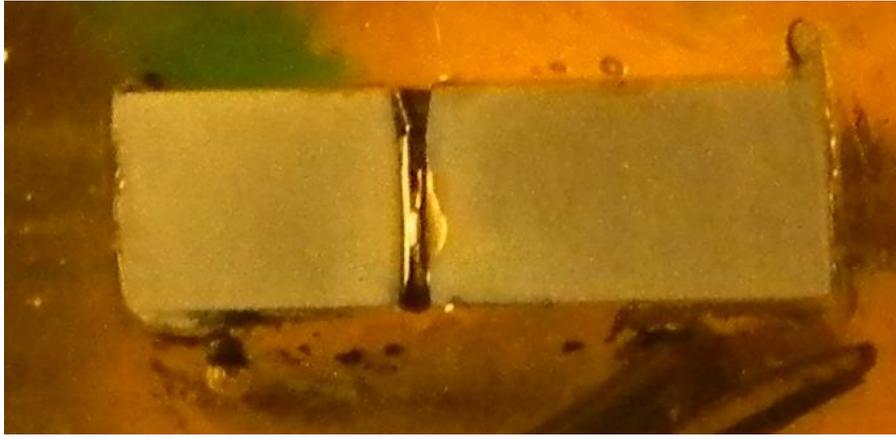
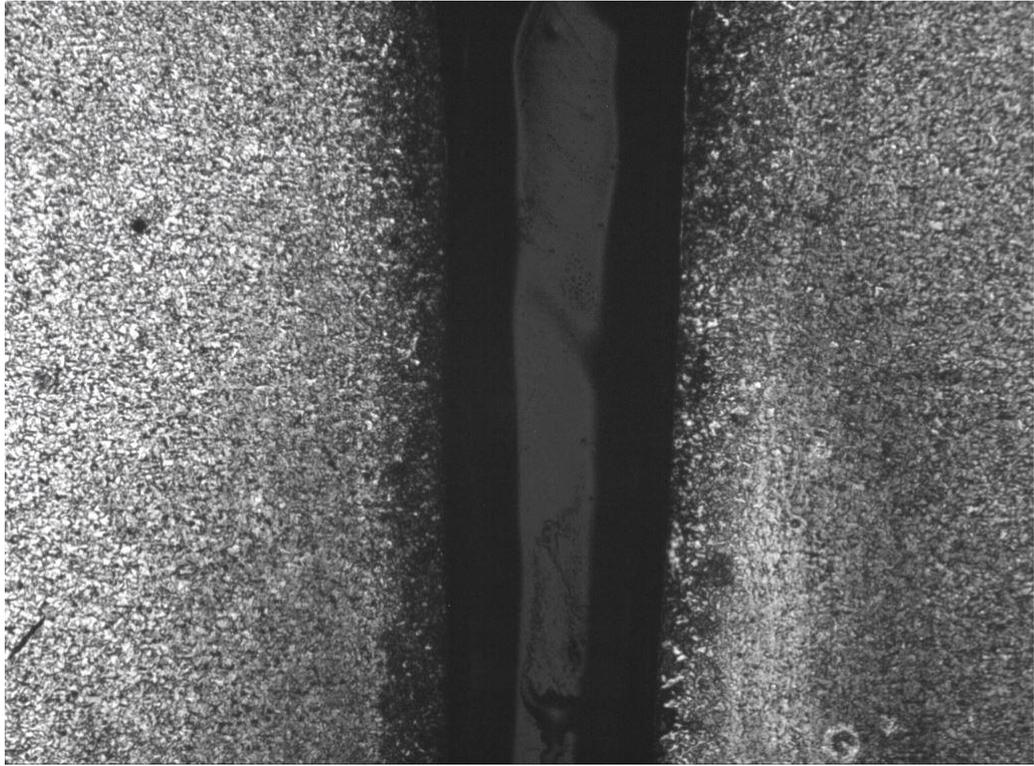
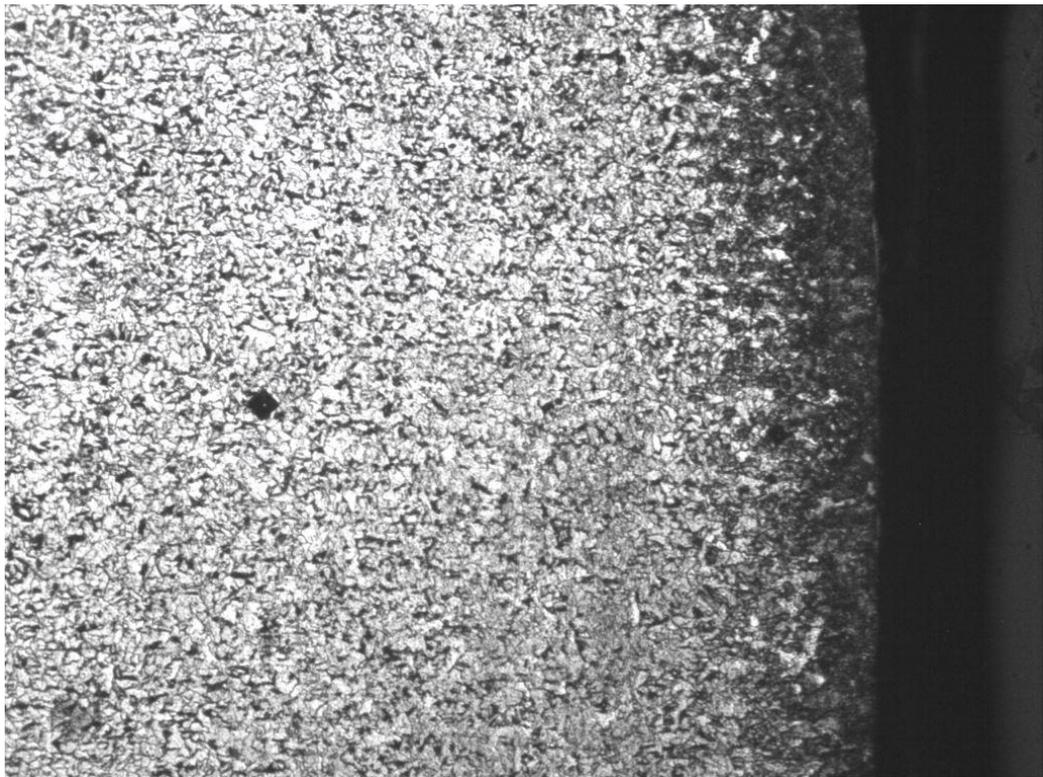


Рисунок 2.28. Образец 7



×50



×100

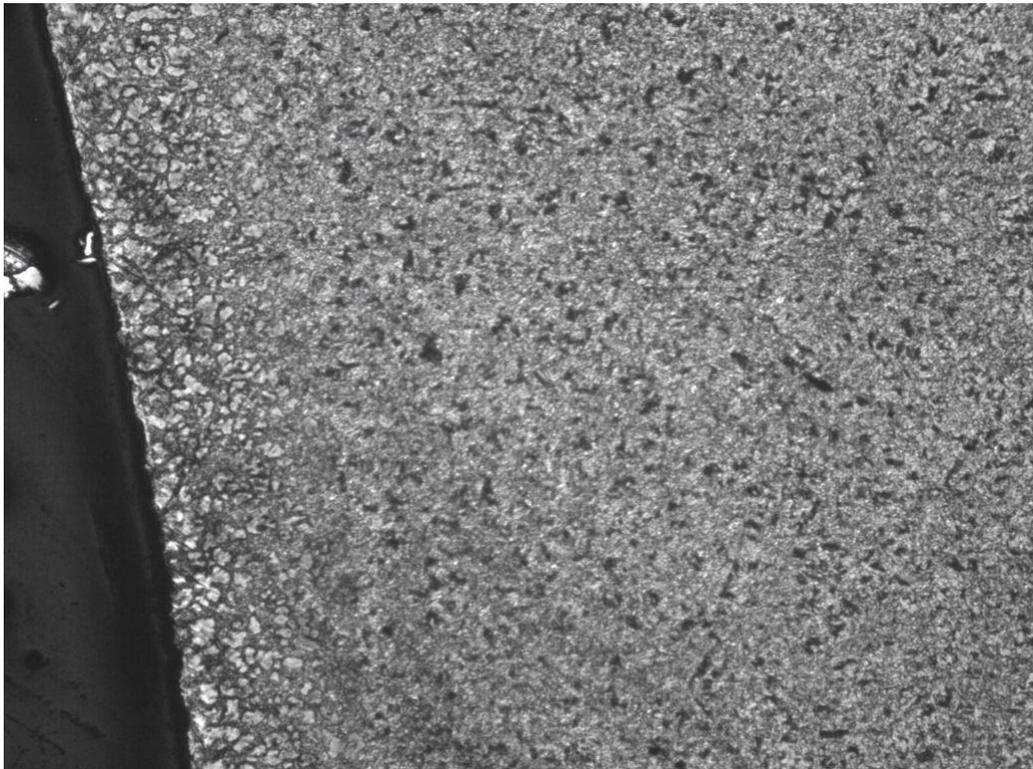
Рисунок 2.29. Микроструктура образца 7 после лазерной резки



Рисунок 2.30. Образец 8



×50



×100

Рисунок 2.31. Микроструктура образца 8 после лазерной резки

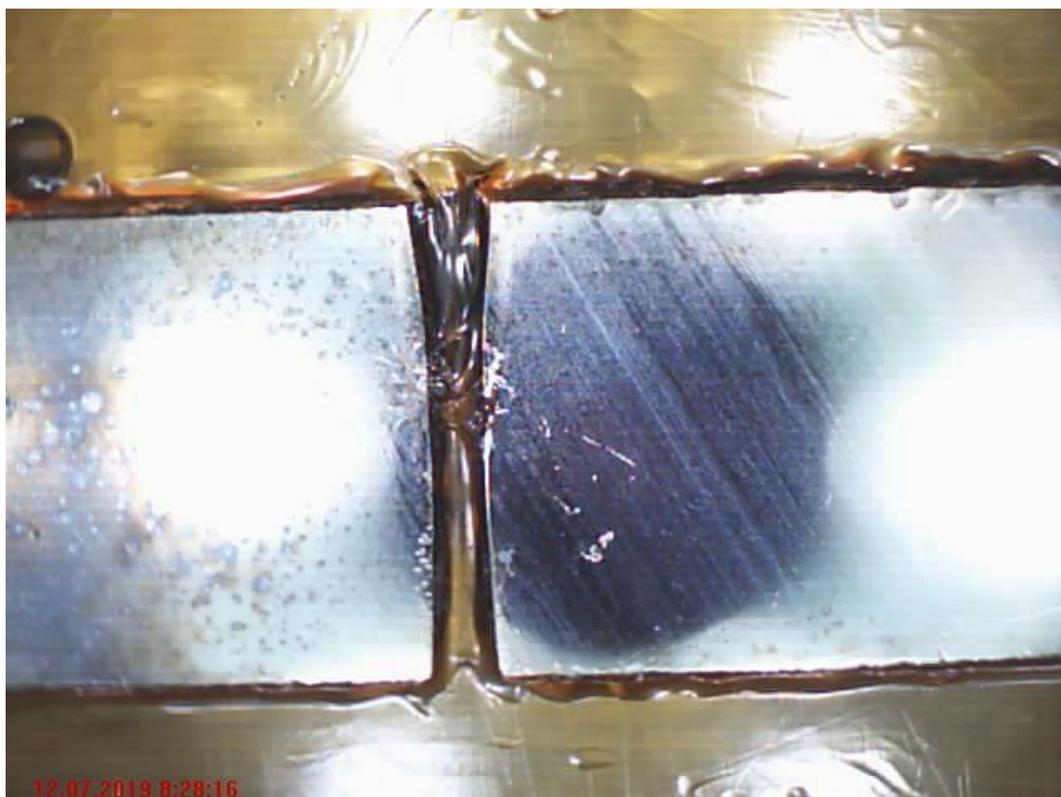
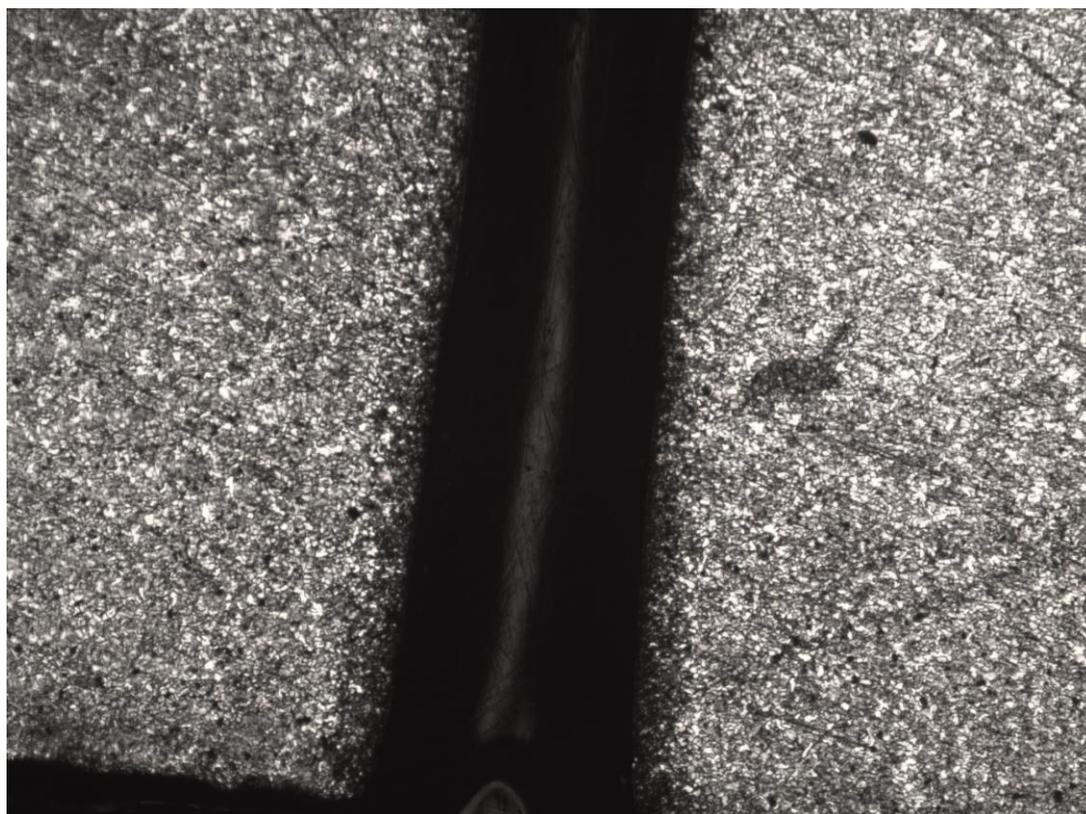
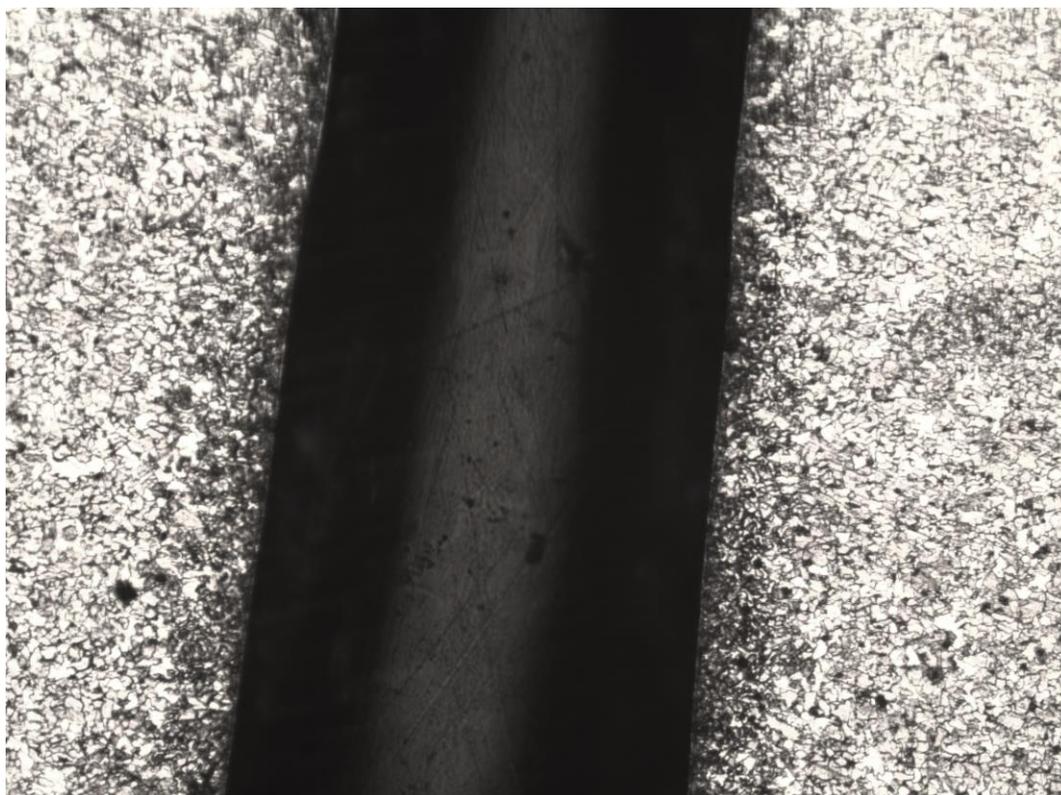


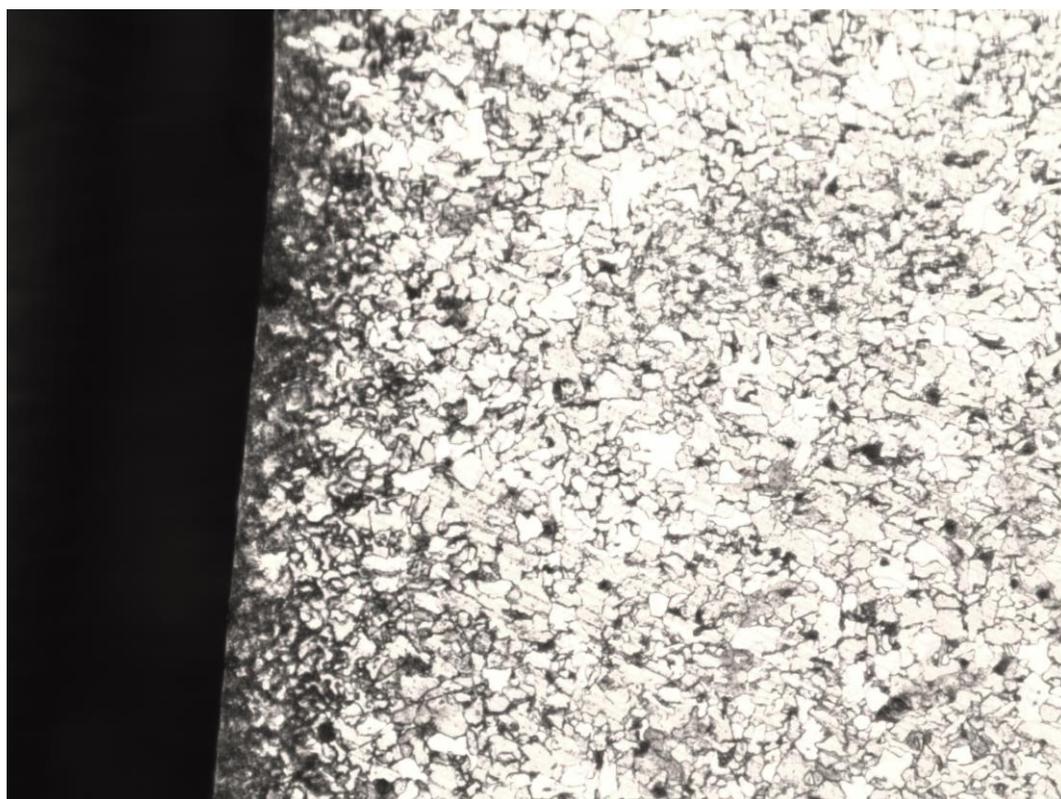
Рисунок 2.32. Образец 9



×50



×100



×200

Рисунок 2.33. Микроструктура образца 9 после лазерной резки

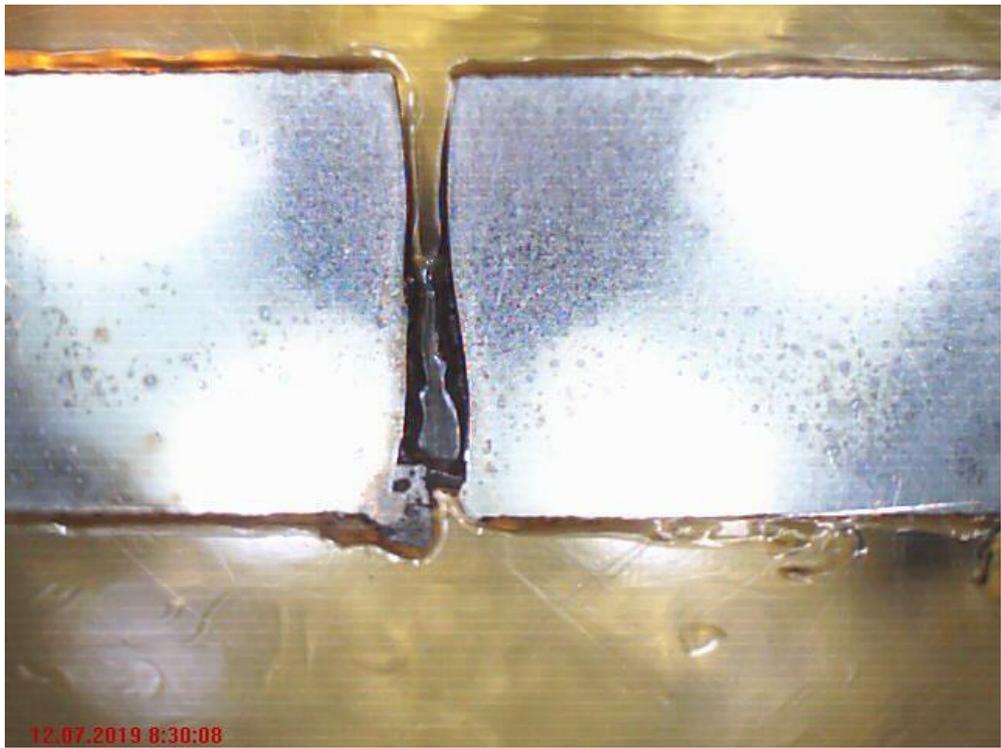
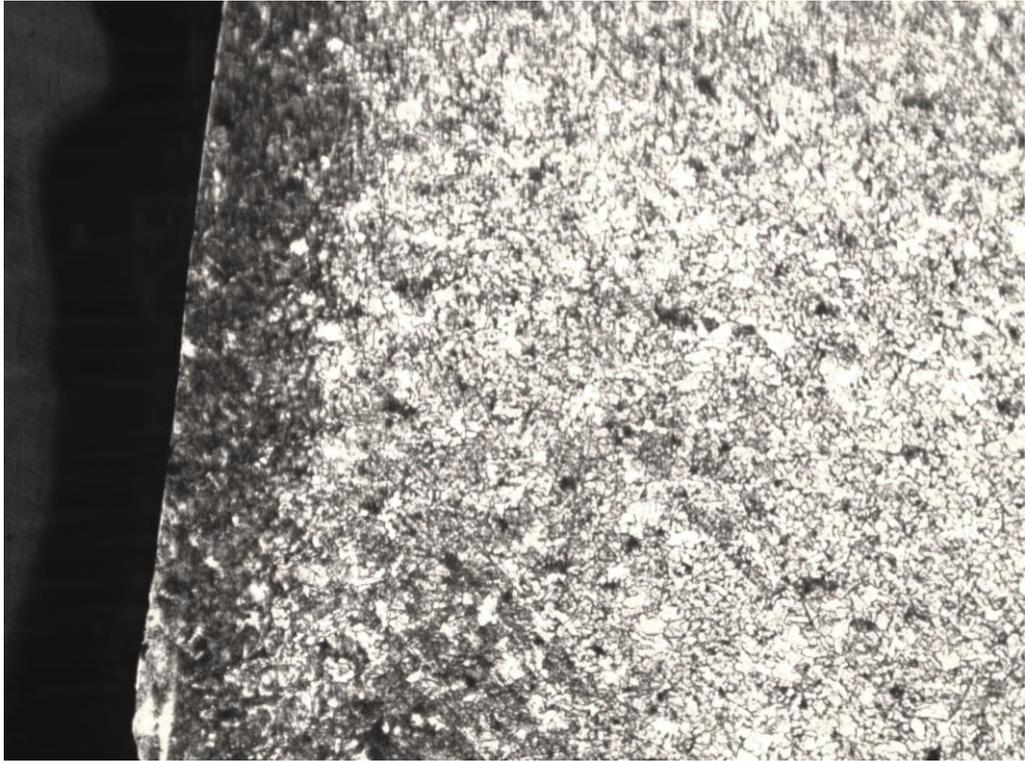


Рисунок 2.34. Образец 10



×50



×100



×200

Рисунок 2.35. Микроструктура образца 10 после лазерной резки

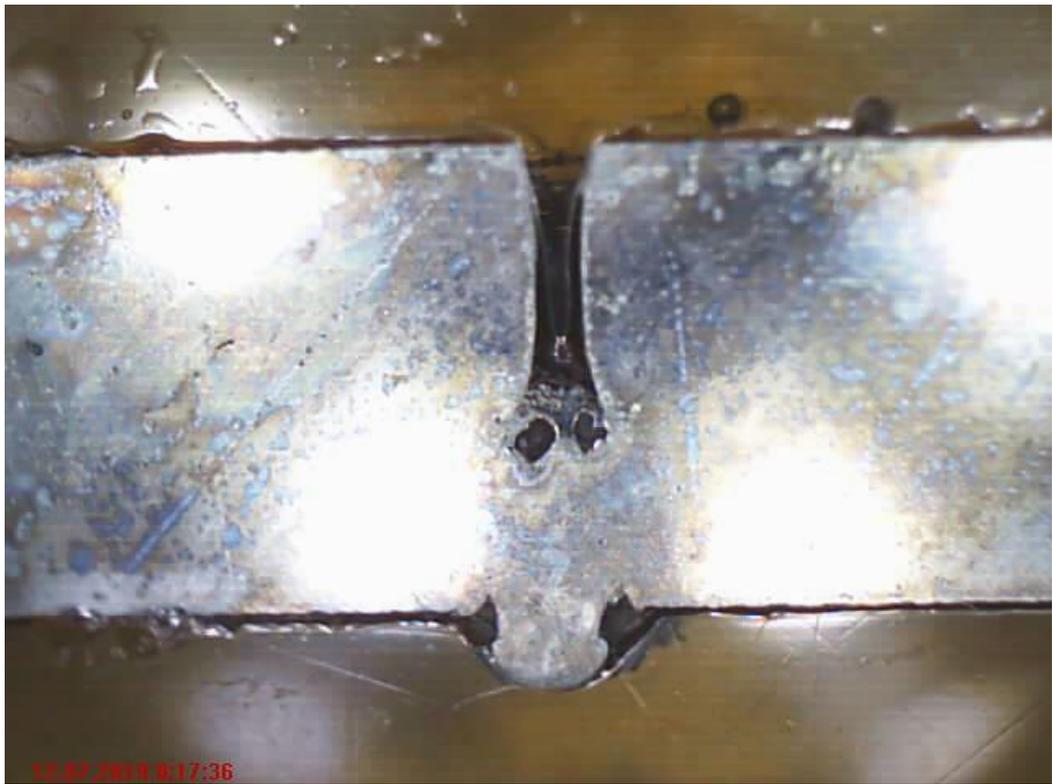
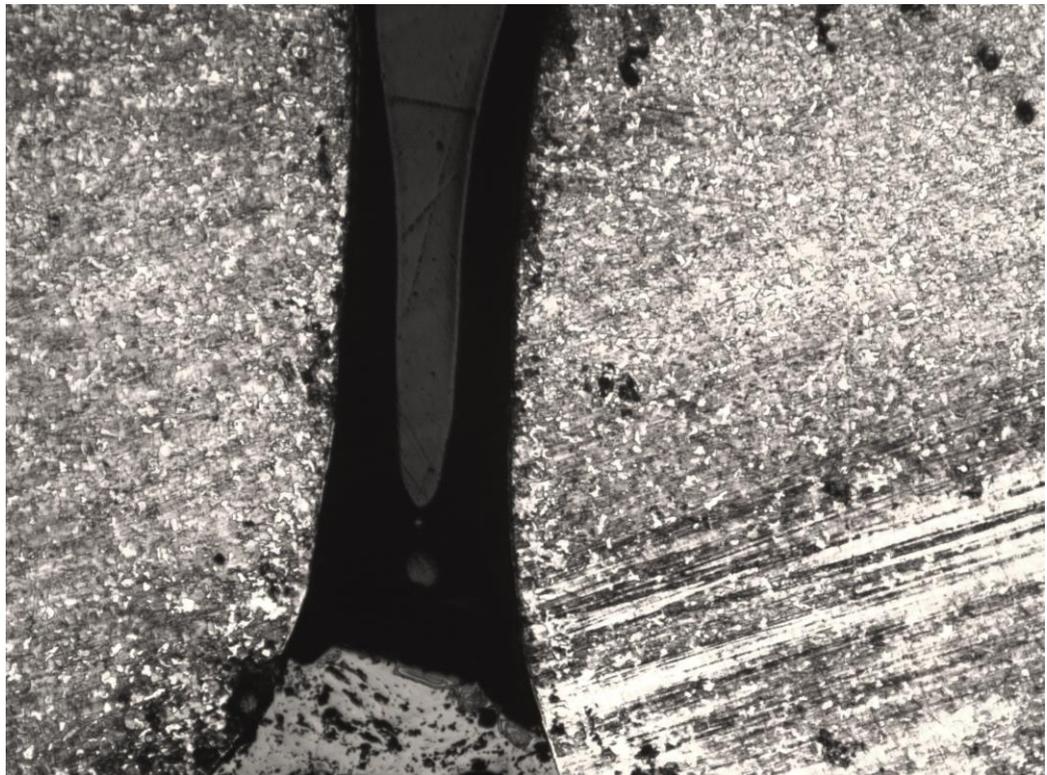
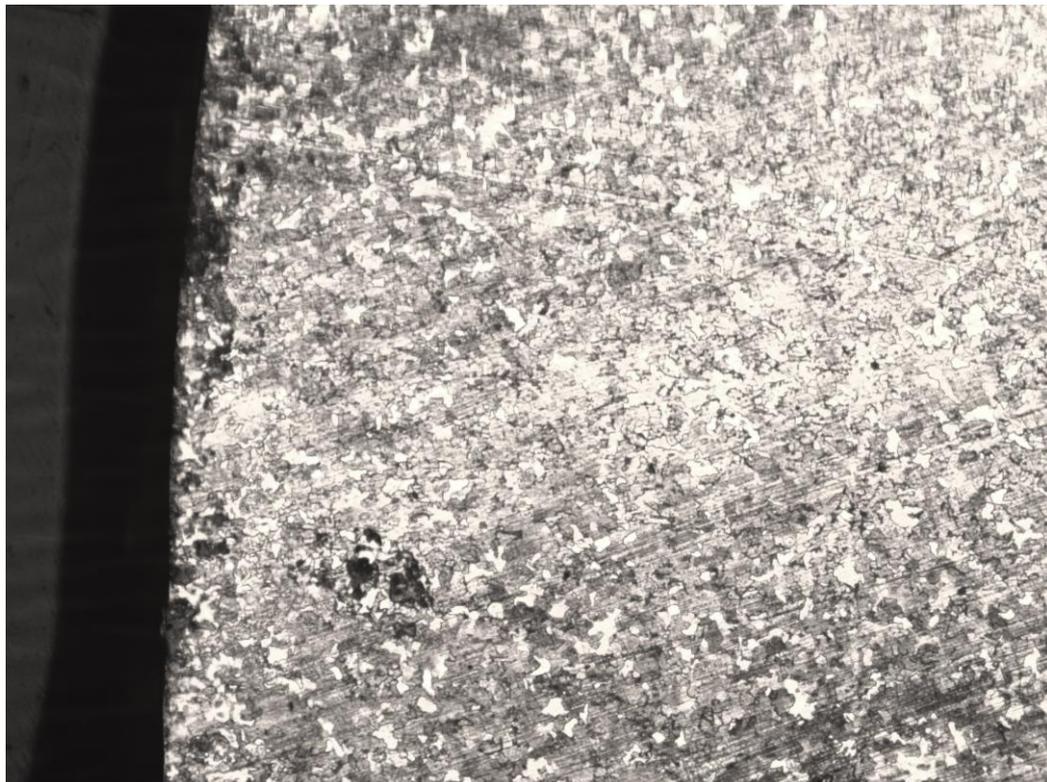


Рисунок 2.36. Образец 12



×50



×100



×200

Рисунок 2.37. Микроструктура образца 12 после лазерной резки

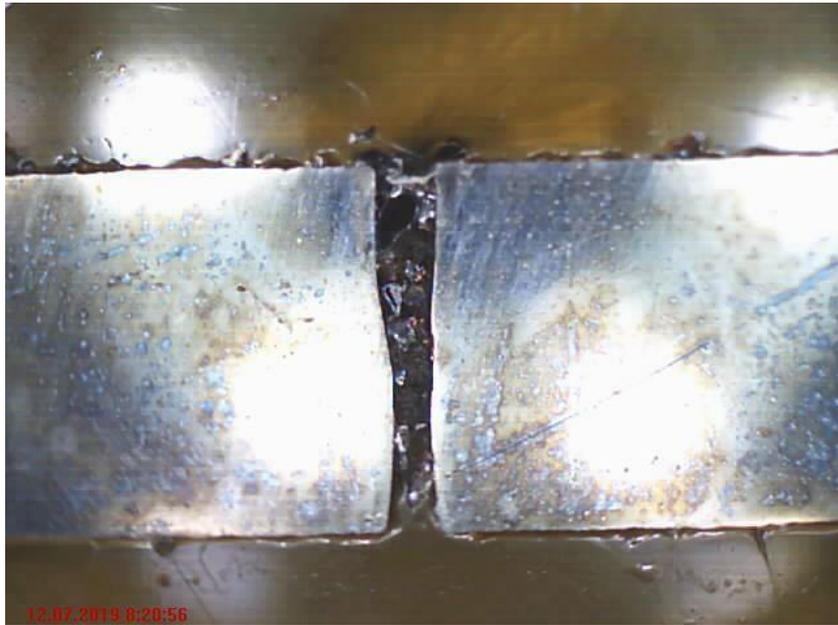


Рисунок 2.38. Образец 15



×50



×100



×200

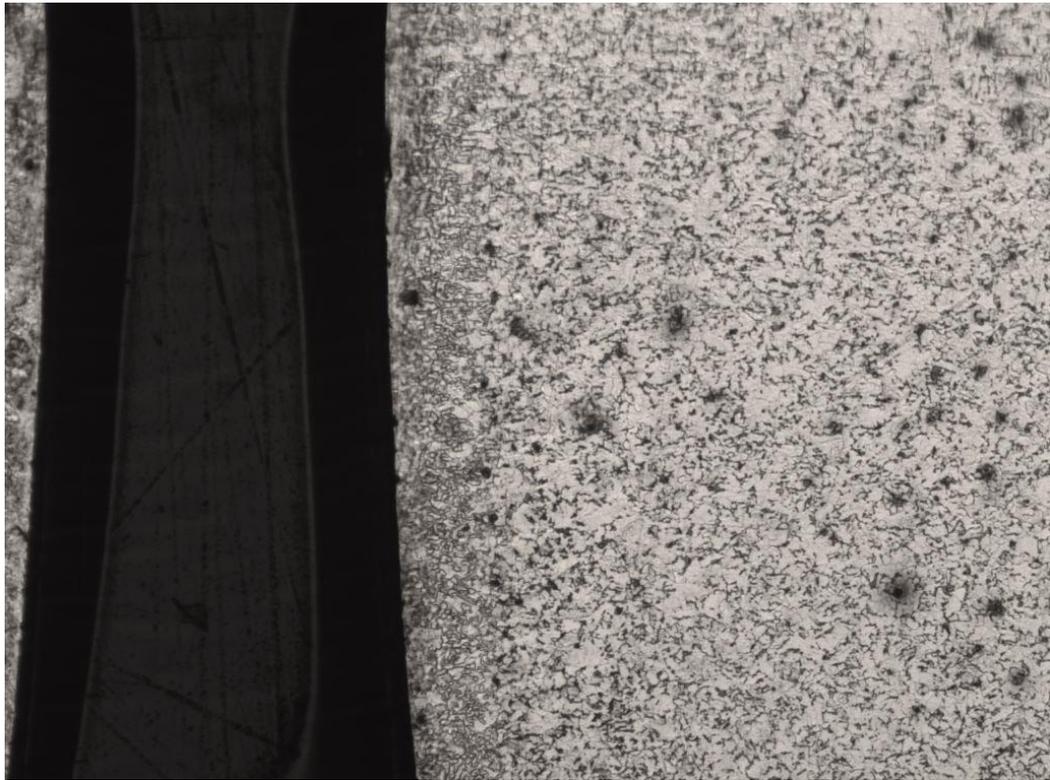
Рисунок 2.39. Микроструктура образца 15 после лазерной резки



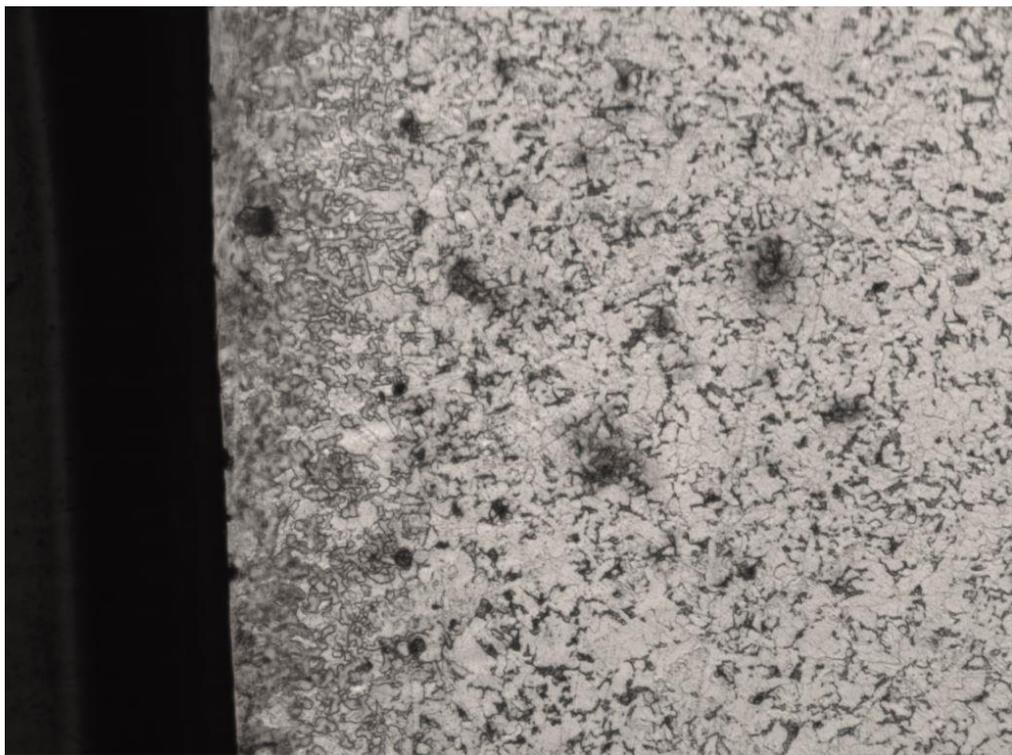
Рисунок 2.40. Образец 16



×50



×100



×200

Рисунок 2.41. Микроструктура образца 16 после лазерной резки

Во время металлографических исследований были определены зона термического влияния и ширина реза в нескольких сечениях. Результаты исследований приведены в таблице 2.4:

Таблица 2.4

Зона термического влияния и ширина реза, полученные после лазерной резки

№	Ширина зоны термического влияния, мм	Ширина реза, мм			Микротвердость шва и зоны термического влияния, HV
		Верхнее сечение	Среднее сечение	Нижнее сечение	
1	0,214	0,63	0,46	0,66	488
2	0,191	0,65	0,49	0,67	490
4	0,323	0,63	0,51	0,68	472
7	0,323	0,48	0,43	0,63	469
8	0,245	0,45	0,41	0,63	478
9	0,209	0,700	0,514	0,555	411
10	0,159	0,727	0,532	0,609	398
12	0,205	0,609	0,400	0,582	367
15	0,182	0,673	0,473	0,591	351
16	0,176	0,568	0,364	0,673	281

На основе визуального контроля образцов после лазерной резки согласно режимам (таблица 2.3), металлографических исследований и результатов замера микротвердости основного металла и зоны резки выявлено:

1. Не все образцы прорезались на всю глубину (рисунки 2.3-2.21) из-за нехватки плотности мощности лазерного излучения в некоторых режимах. В некоторых случаях образуется грат, особенно при уменьшении мощности

лазерного излучения, в случае образцов с EPS очисткой величина грата оказалась меньше.

2. Металлографическими исследованиями основного металла и металла зоны резки выявлена идентичная феррито-перлитная структура. Микротрещины в зоне термического влияния отсутствуют.

3. Микротвердость металла зоны термического влияния находится в пределах 281-488 HV, основного металла 112-147 HV.

4. Величина зоны термического влияния не превышает 0,323 мм, а средняя ширина реза 0,55 мм. В образцах с EPS очисткой эти величины оказались меньше.

Комплексными исследованиями качества лазерной резки установлено, что предпочтение имеют образцы, полученные EPS очисткой.

3. Исследование влияния EPS очистки металла (Ст. 3 сп) на качество сварных соединений

Сварка образцов производилась на сварочном полуавтомате КЕМРПИ FastMig M 420 с механизмом подачи проволоки MXF 65. КЕМРПИ FastMig M 420 - это сочетание модульной конструкции, простоты использования и широкого круга областей применения. Эти сварочные аппараты отличаются высочайшими характеристиками рабочего цикла, компактным корпусом и малой массой, что способствует повышению производительности и мобильности на сварочной площадке. В промышленной сварке MIG/MAG оборудование FastMig M является популярной высокотехнологичной альтернативой обычному оборудованию. Система управления этого аппарата обеспечивает великолепное зажигание дуги и отличные сварочные характеристики, поэтому вы можете сосредоточиться на процессе сварки и тратить меньше времени на удаление брызг расплавленного металла.

Оборудование предлагается в двух вариантах комплектации, из которых можно выбрать оптимальный для выполнения планируемых сварочных работ: комплект для профессиональной синергетической сварки и стандартный комплект для базового использования. При изменении задач настройки оборудования FastMig M можно изменить в соответствии с текущими потребностями производства. Внешний вид установки представлен на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1.-Внешний вид установки KEMPPi FastMig M 420

Основные характеристики оборудования представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1.

Основные характеристики установки KEMPPi FastMig M 420

ХАРАКТЕРИСТИКА	ЗНАЧЕНИЕ
Напряжение питания 3~, 50/60 Гц	400 В (-15...+20 %)
Номинальная мощность ПВ 60 %	20,0 кВА
Номинальная мощность ПВ 100 %	18,0 кВА
Нагрузка при 40 °С ПВ 60 %	420А
Нагрузка при 40 °С ПВ 100 %	380А
Диапазон сварочного тока и напряжения, ММА	15 А/20 В – 420 А/44 В

Диапазон сварочного тока и напряжения, MIG	20 A/12 В – 420 A/44 В
Макс. напряжение при сварке MMA, В	45
Напряжение холостого хода, MMA	$U_0 = 48-53$ В, $U_{ср} = 50$ В
Напряжение холостого хода, MIG/MAG	$U_0 = 50-58$ В
Мощность холостого ход, Вт	25
Коэффициент мощности при макс. токе	0,80
КПД при макс. токе	88%
Диапазон рабочей температуры	-20...+40 °С
Диапазон температуры хранения	-40...+60 °С
Класс электромагнитной совместимости	A
Минимальная мощность сети питания при коротком замыкании $S_{кз}$	5,5 МВА
Класс защиты	IP23S
Масса, кг	35
Габаритные размеры (мм) Д x Ш x В	590 x 230 x 430

Для сварки были предоставлены образцы с EPS очисткой и без обработки размером 100×150 мм (рисунок 3.2):



а)



б)

Рисунок 3.2. Образцы для сварки; а) с EPS очисткой; б) контрольная без обработки

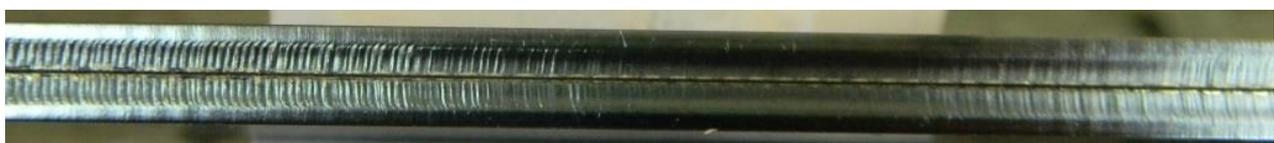
Также для сварки были подготовлены образцы лазерной резкой размером 100×150 мм (рисунок 3.3):



а)



б)



в)



г)

Рисунок 3.3. Образцы для сварки с торца; а) лазерная резка EPS очистка; б) вырубка EPS очистка; в) лазерная резка контрольная без обработки; г) вырубка контрольная без обработки;

На рисунках 3.4.-3.11. Представлены образцы после сварки:

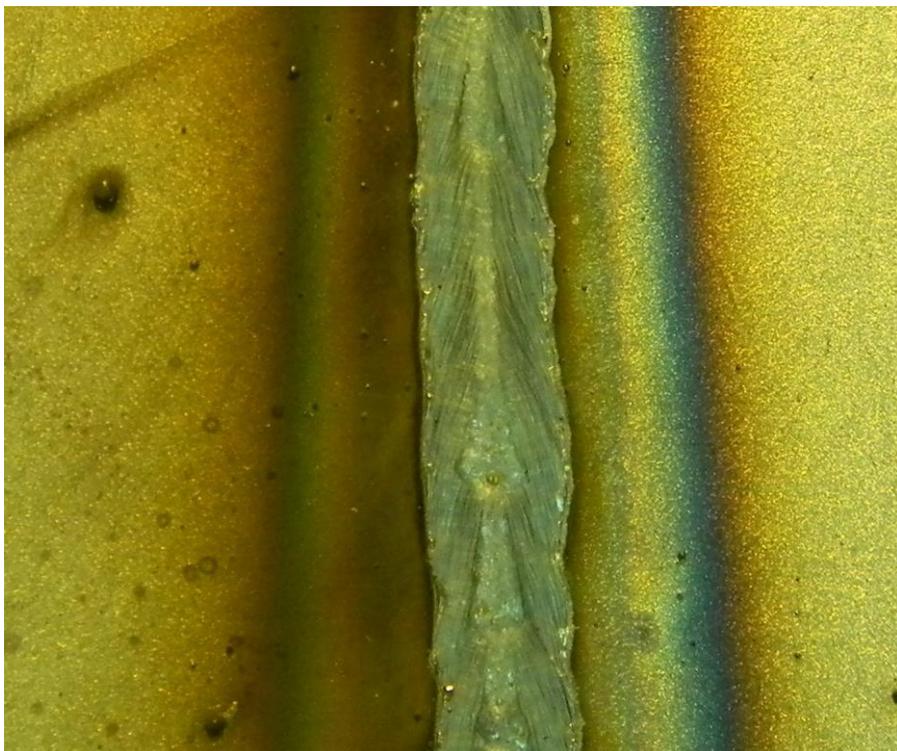
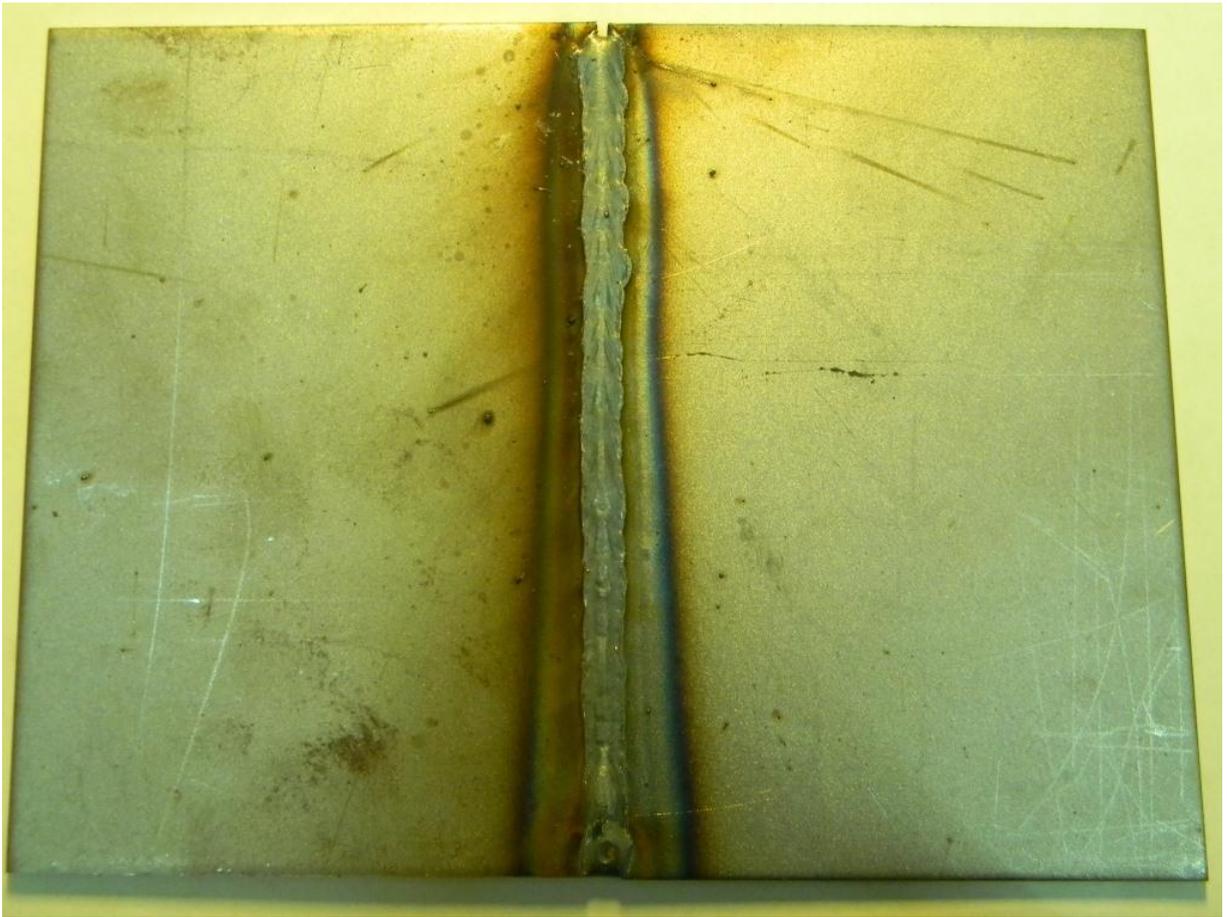


Рисунок 3.4. Образец после сварки подготовленный вырубкой с EPS
очисткой вид сверху

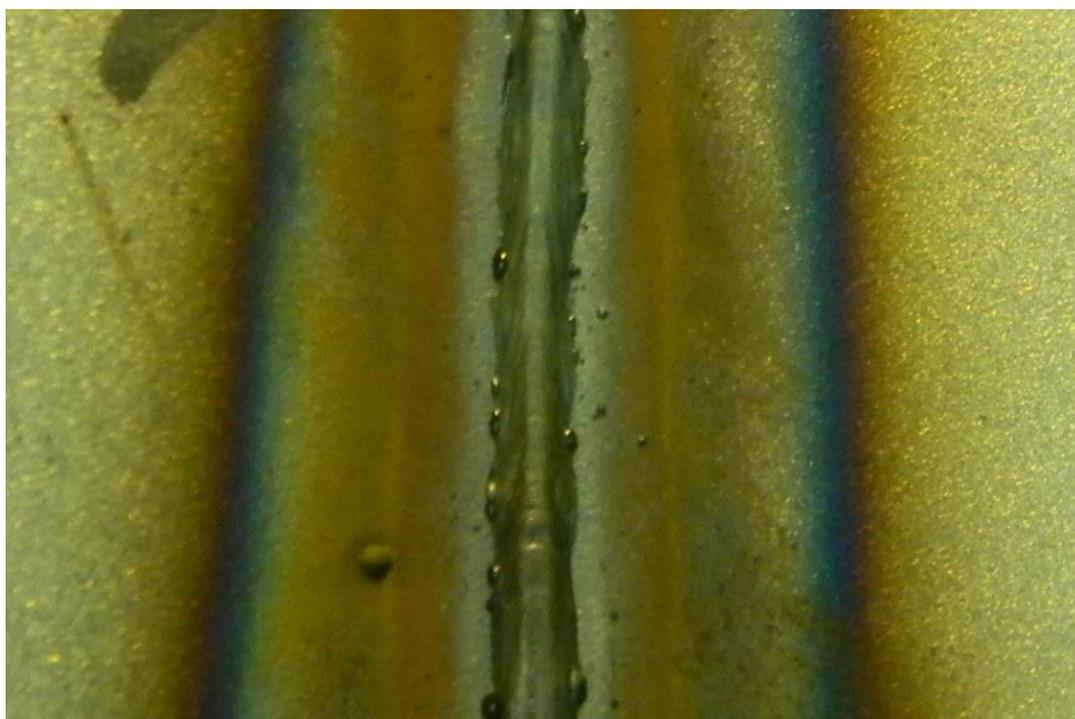


Рисунок 3.5. Образец после сварки подготовленный вырубкой с EPS
очисткой вид снизу

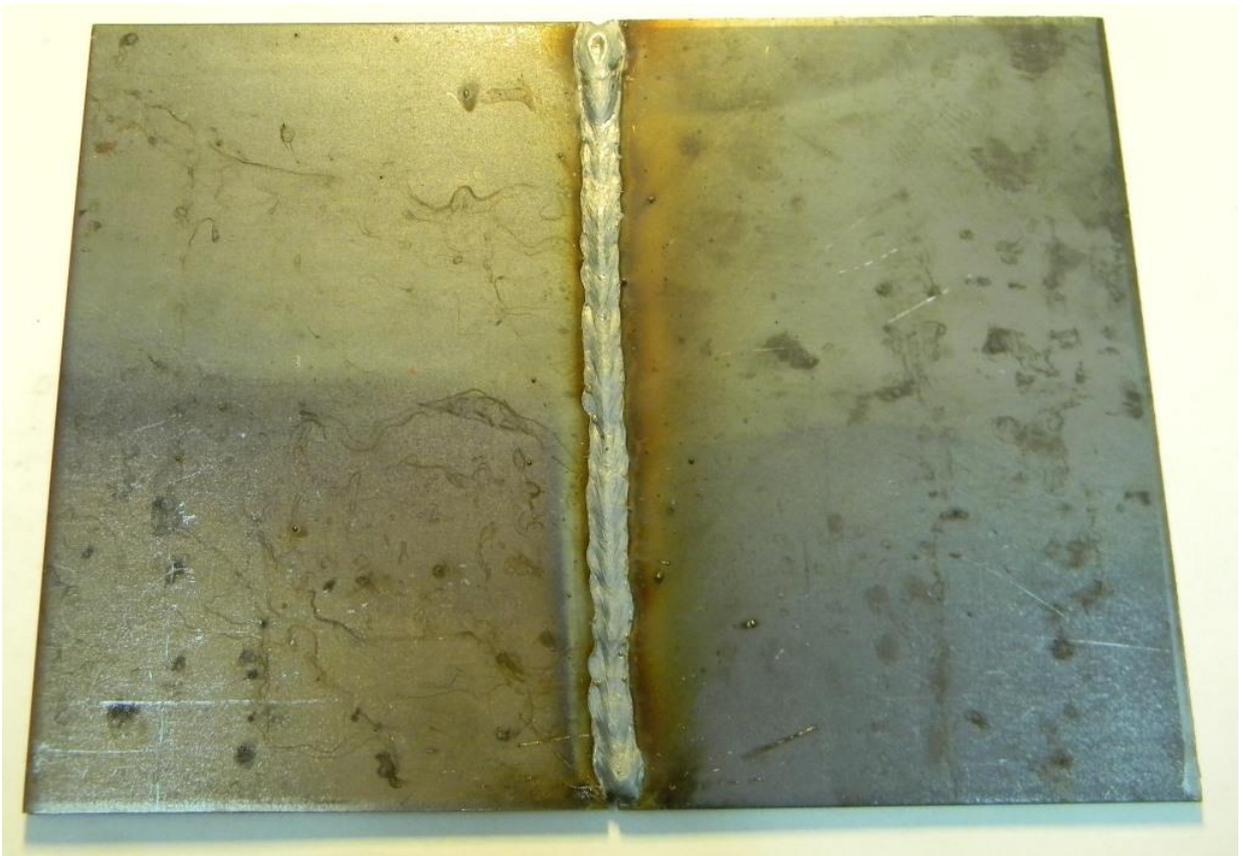


Рисунок 3.6. Образец после сварки подготовленный вырубкой контрольная без очистки вид сверху

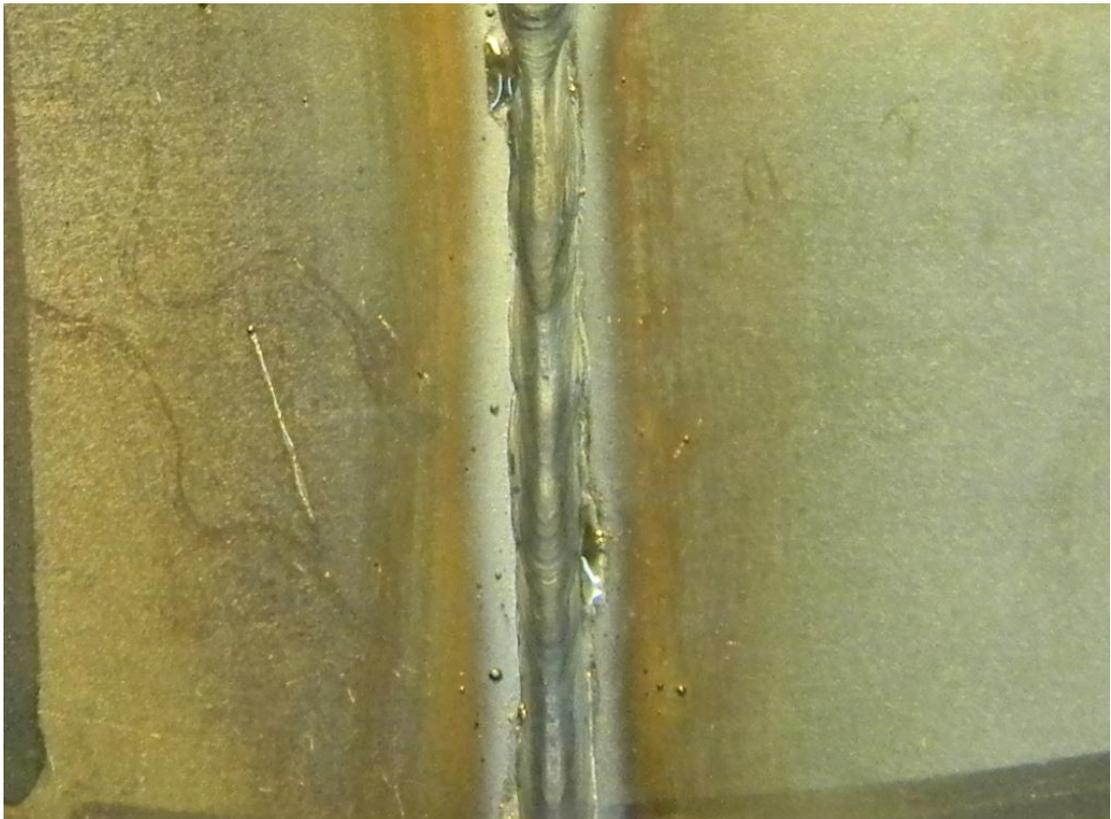


Рисунок 3.7. Образец после сварки подготовленный вырубкой контрольная без очистки вид снизу

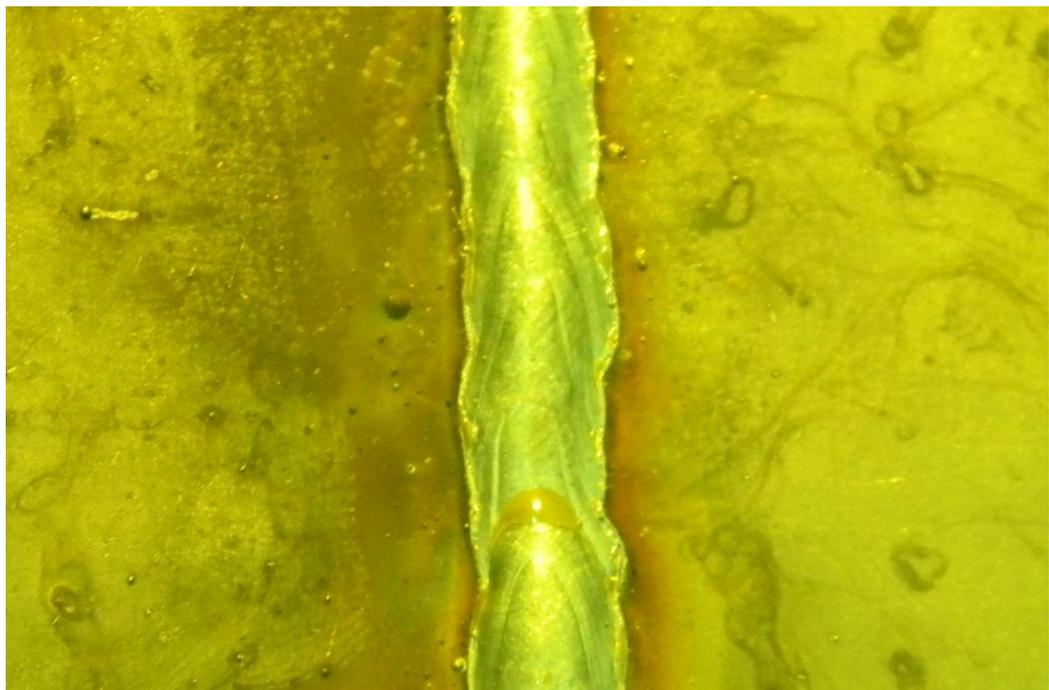


Рисунок 3.8. Образец после сварки подготовленный лазерной резкой
контрольная без очистки вид сверху

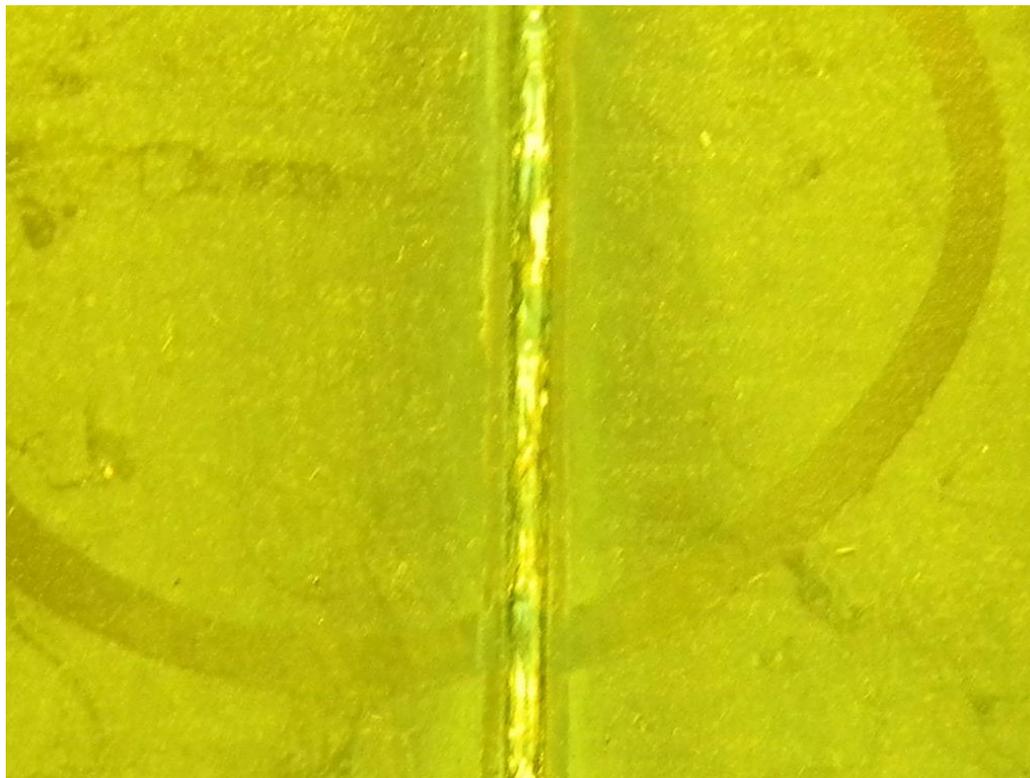


Рисунок 3.9. Образец после сварки подготовленный лазерной резкой
контрольная без очистки вид снизу

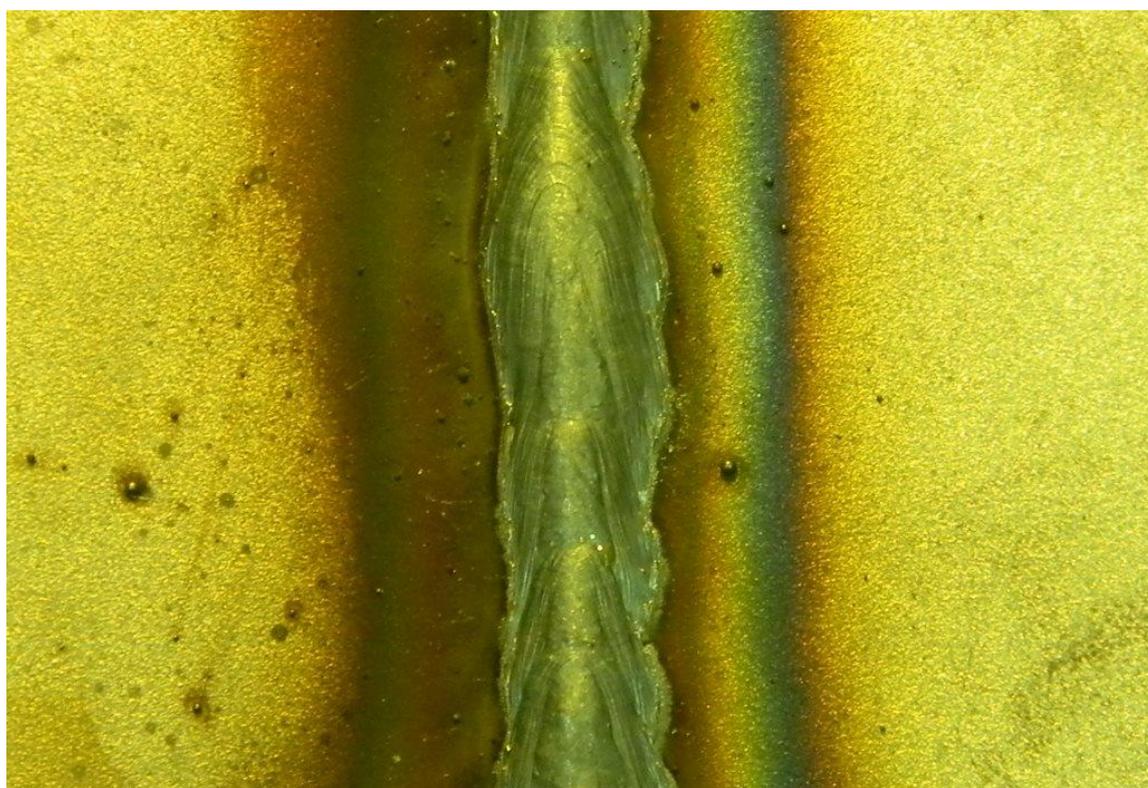
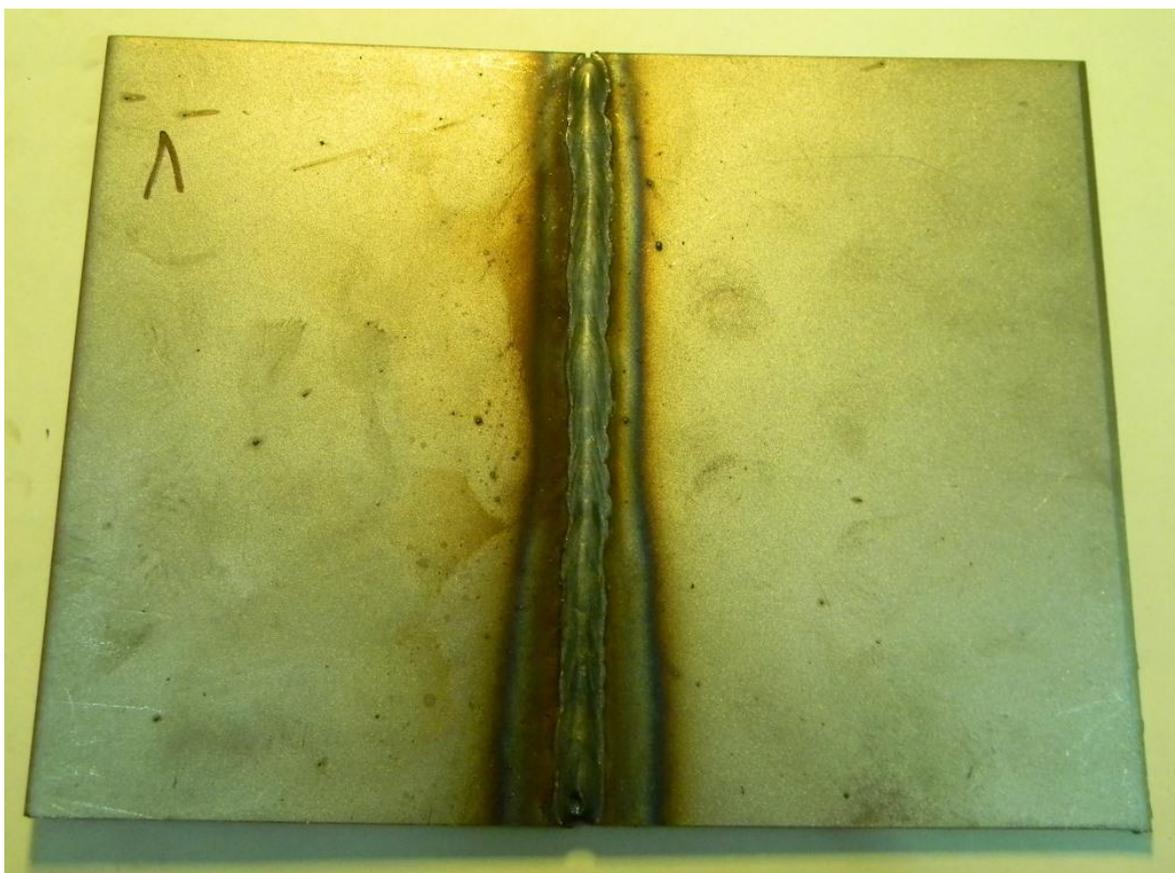


Рисунок 3.10. Образец после сварки подготовленный лазерной резкой с EPS
очисткой вид сверху

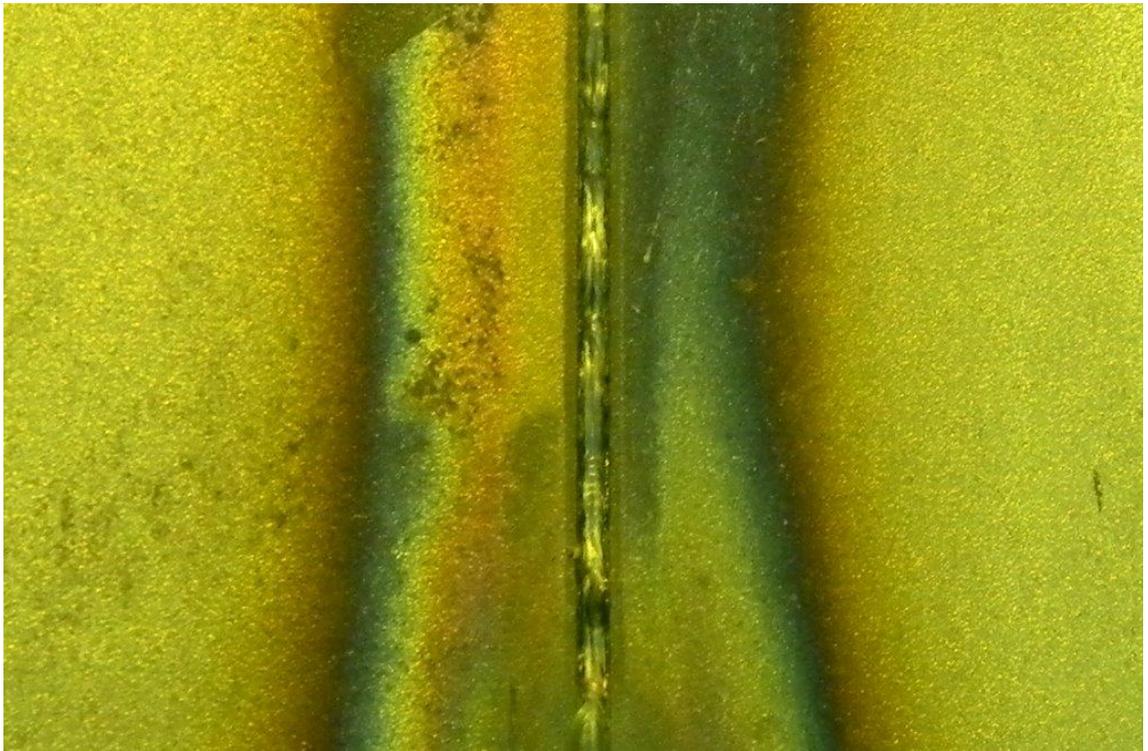


Рисунок 3.11. Образец после сварки подготовленный лазерной резкой с EPS
очисткой вид снизу

Исследования микроструктуры образцов проводились в сечении на моторизованном металлографическом комплексе Thixomet с программным обеспечением. Результаты исследований приведены на рисунках 3.12-3.19. Микротвердость основного металла и сварного шва измерялась по ГОСТ Р ИСО 6507-1-2007 на микротвердомере «Дуримет».

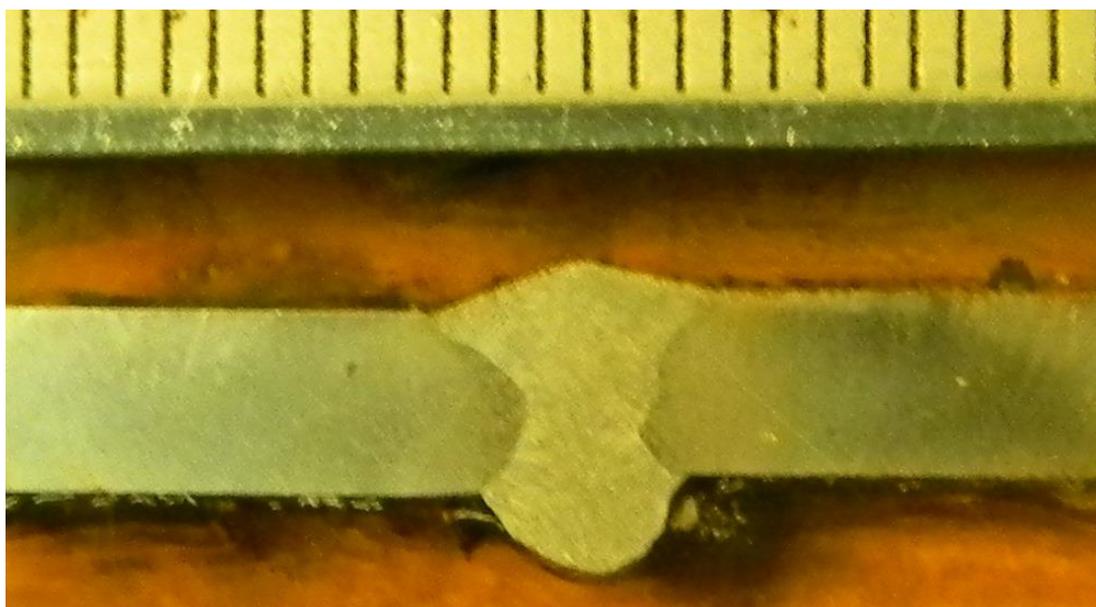
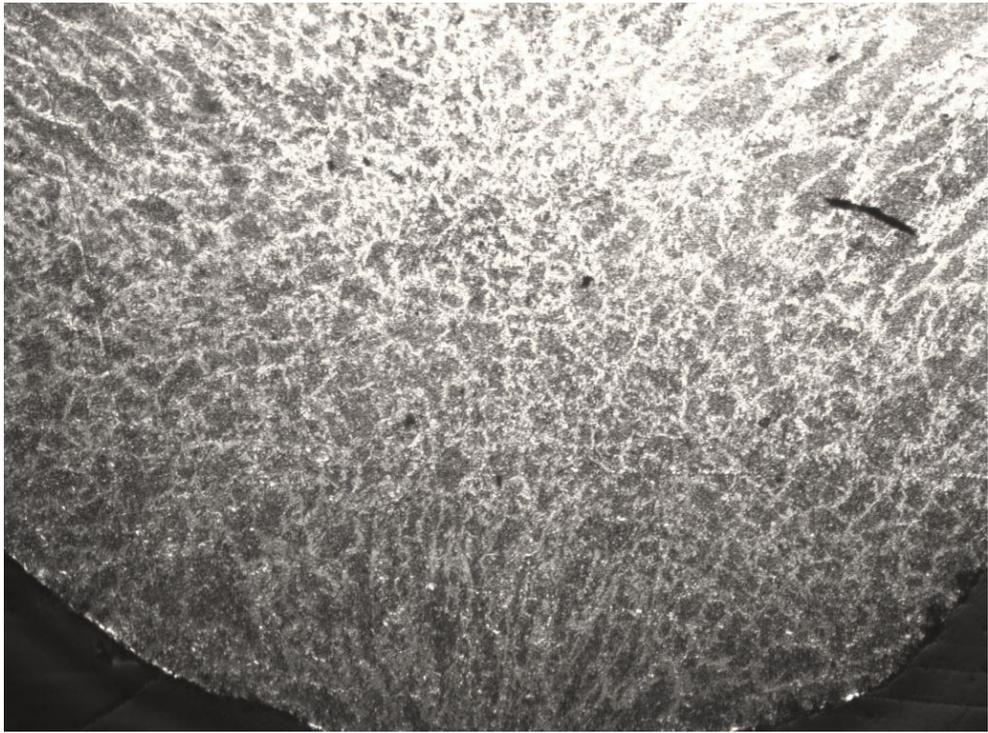
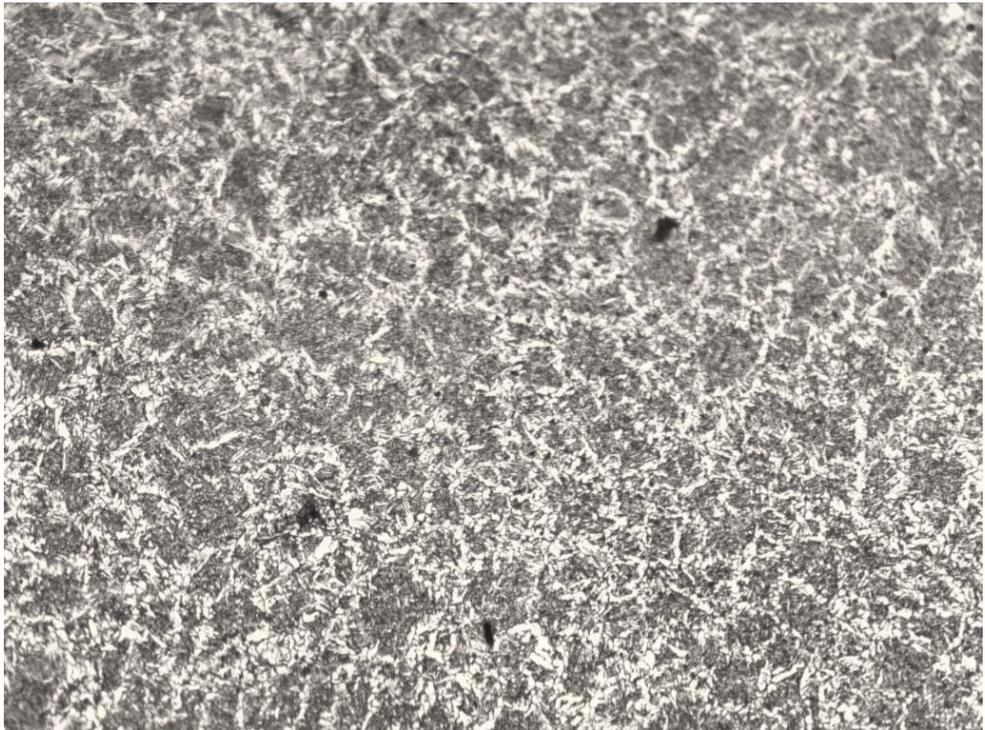


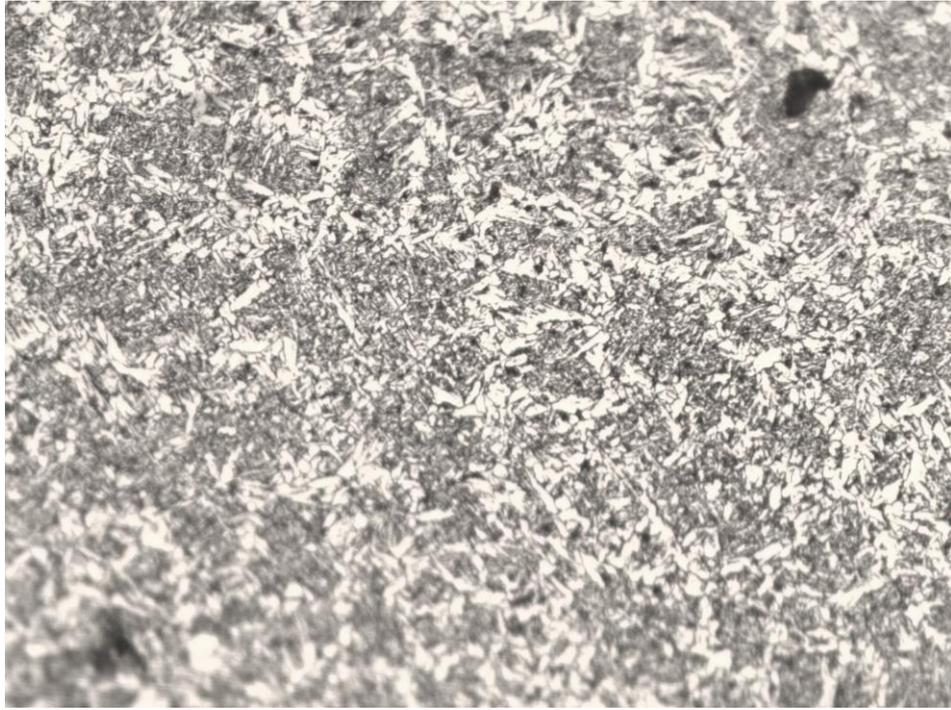
Рисунок 3.12. Образец после сварки подготовленный вырубкой без очистки поверхности



×50



×100



×200

Рисунок 3.13. Микроструктура образца после сварки, подготовленного вырубкой без очистки поверхности

Микротвердость образца после сварки, подготовленного вырубкой без очистки поверхности была замерена в трех точках и составляла: 216, 197 и 193 HV. Микроструктура - феррит+перлит сорбитообразный.

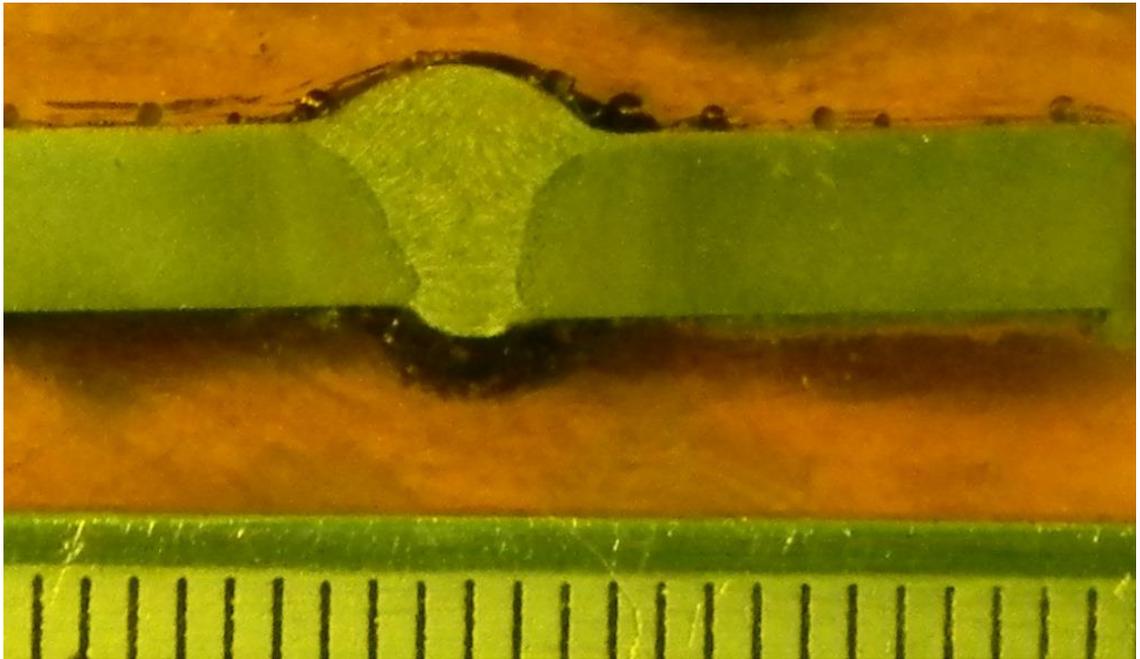
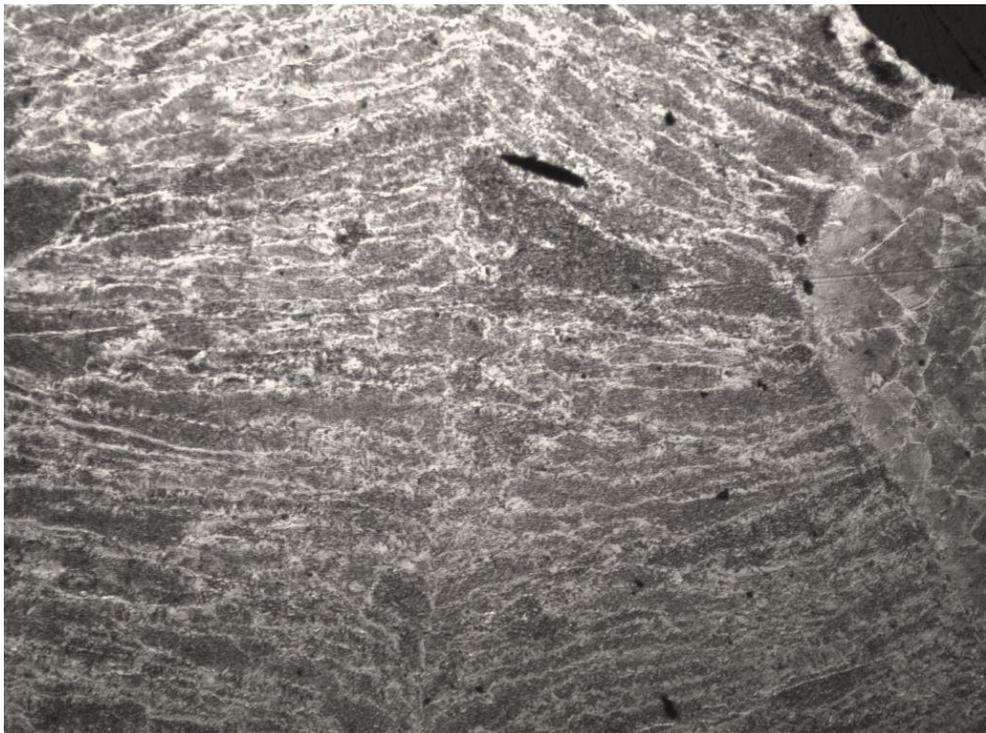
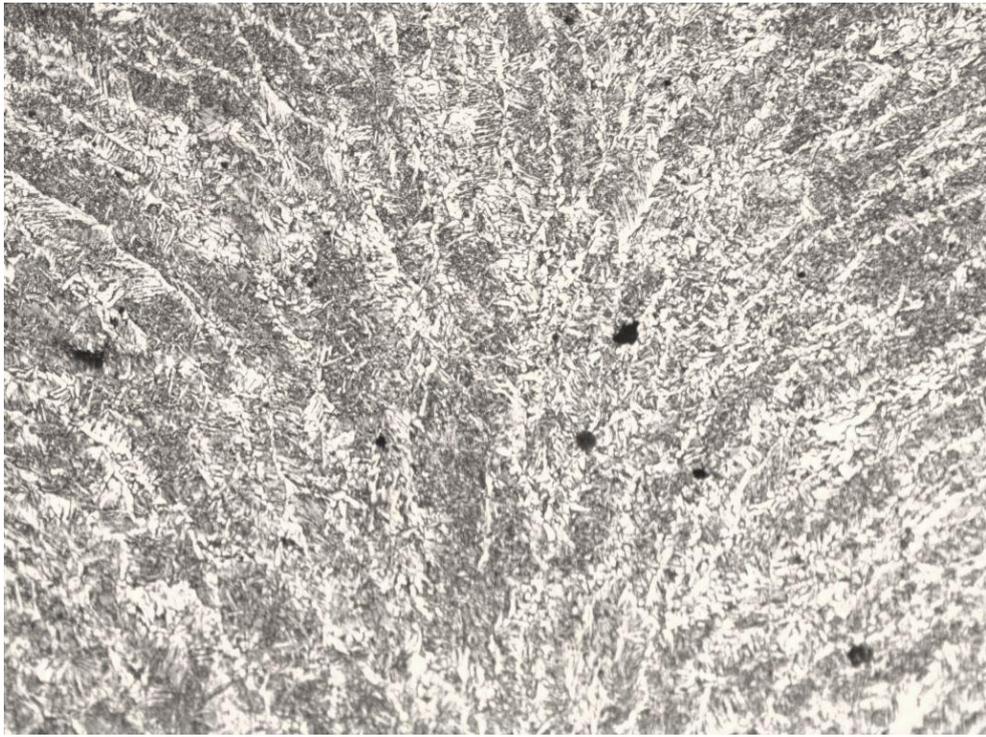


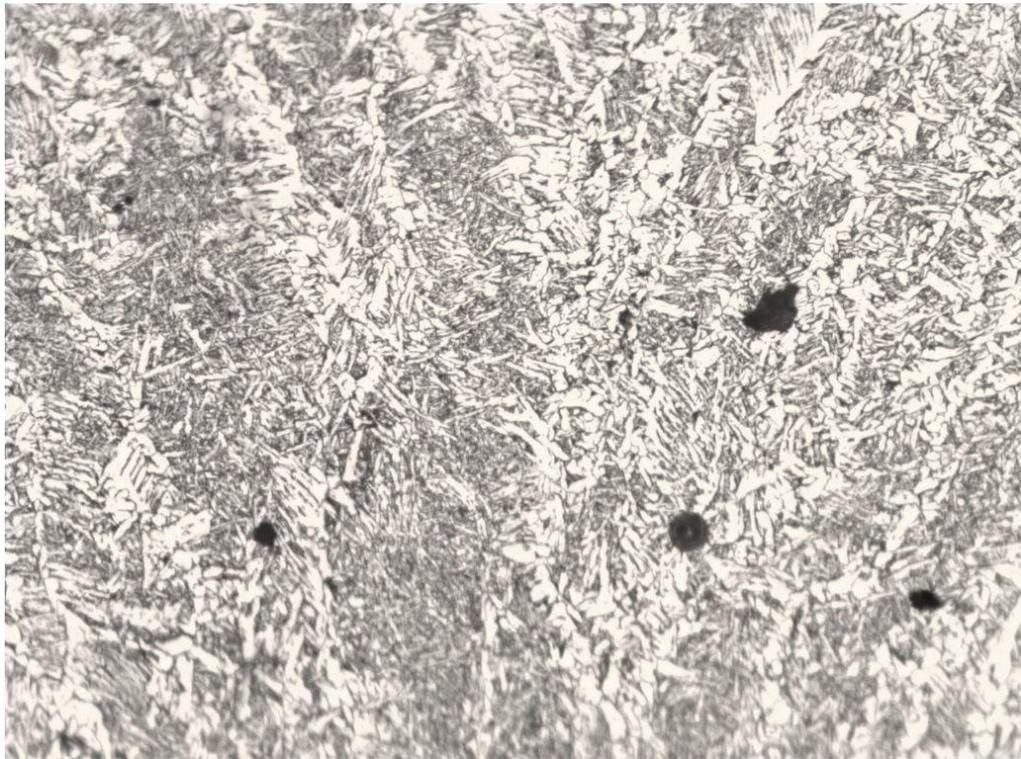
Рисунок 3.14. Образец сварочного шва, подготовленный лазерной резкой без очистки поверхности



×50



×100



×200

Рисунок 3.15. Микроструктура образца после сварки, подготовленного лазерной резкой без очистки поверхности

Микротвердость образца после сварки, подготовленного лазерной резкой без очистки поверхности была замерена в двух точках и составляла: 205 и 189 НV. Микроструктура – феррит игольчатого строения + перлит сорбитообразный.

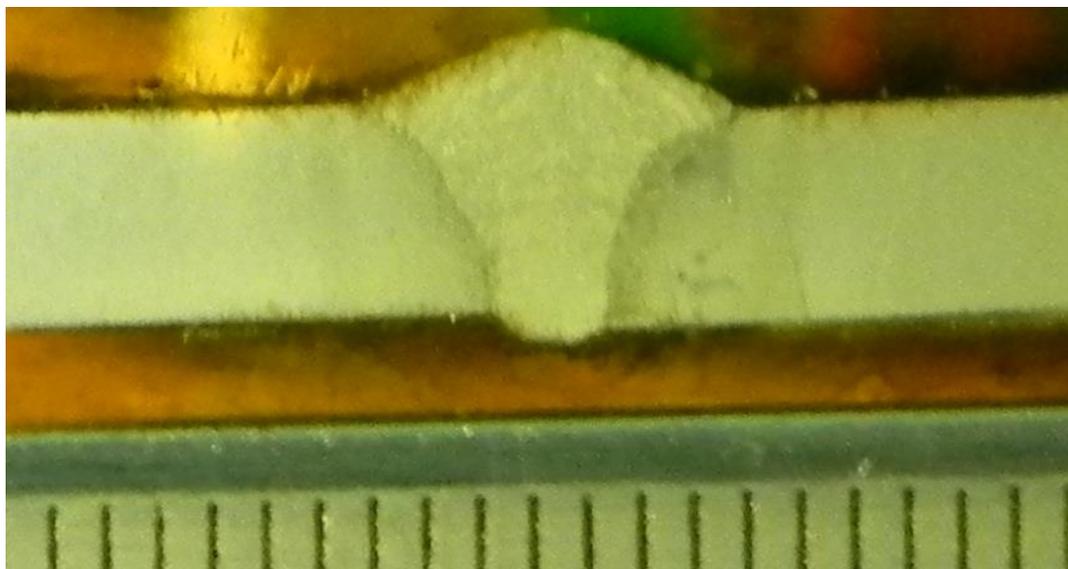
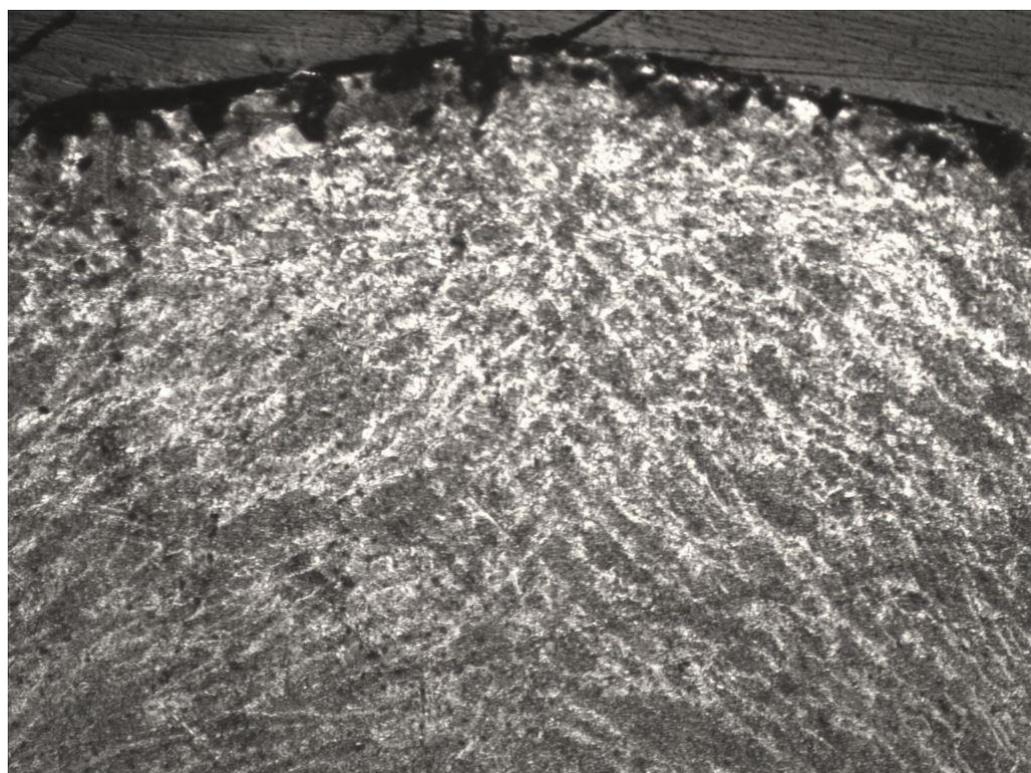
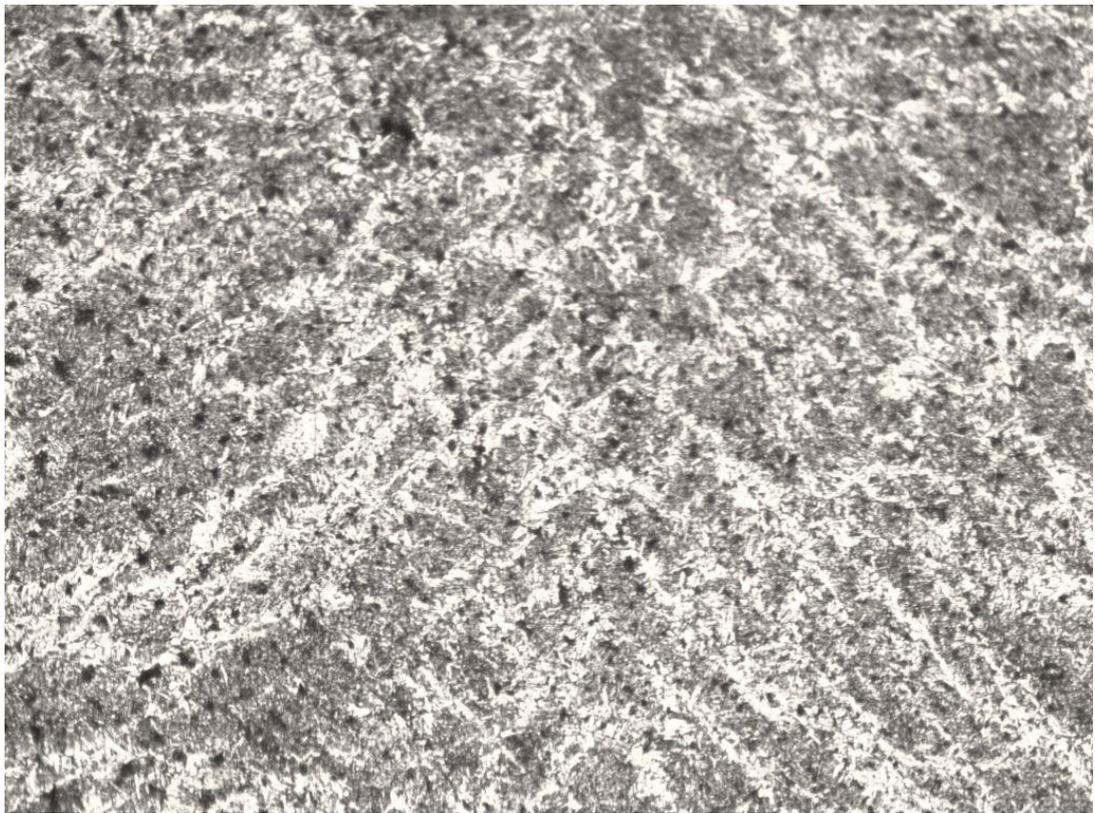


Рисунок 3.16. Образец сварочного шва, подготовленный вырубкой с EPS очисткой



×50
81



×100



×200

Рисунок 3.17. Микроструктура образца после сварки, подготовленного вырубкой с EPS очисткой поверхности

Микротвердость образца после сварки, подготовленного вырубкой с EPS очисткой поверхности была замерена в двух точках и составляла: 237 и 193 HV. Микроструктура – феррит+перлит сорбитообразный.

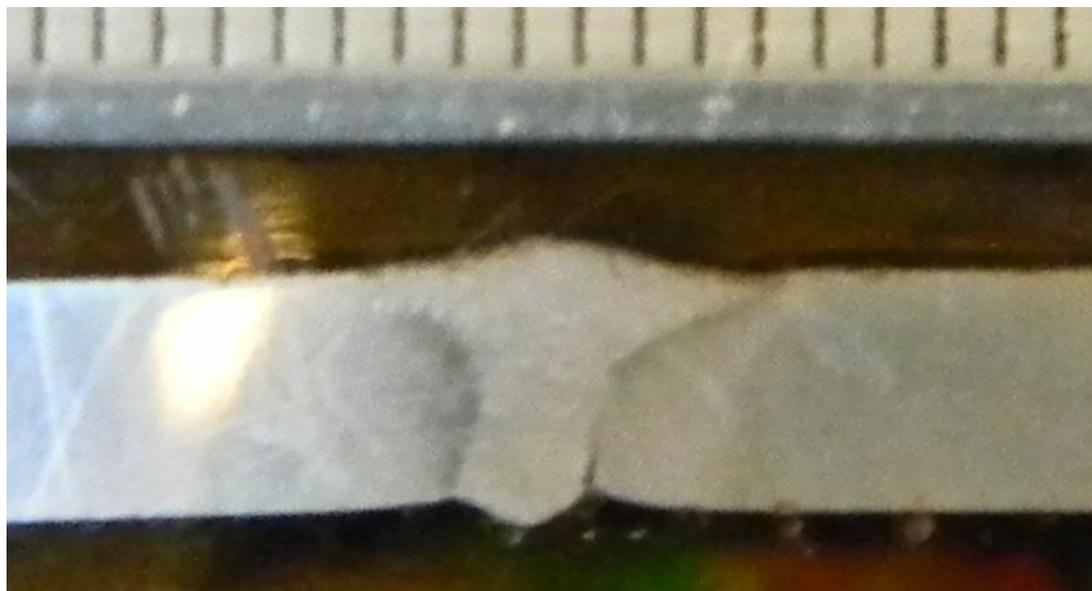
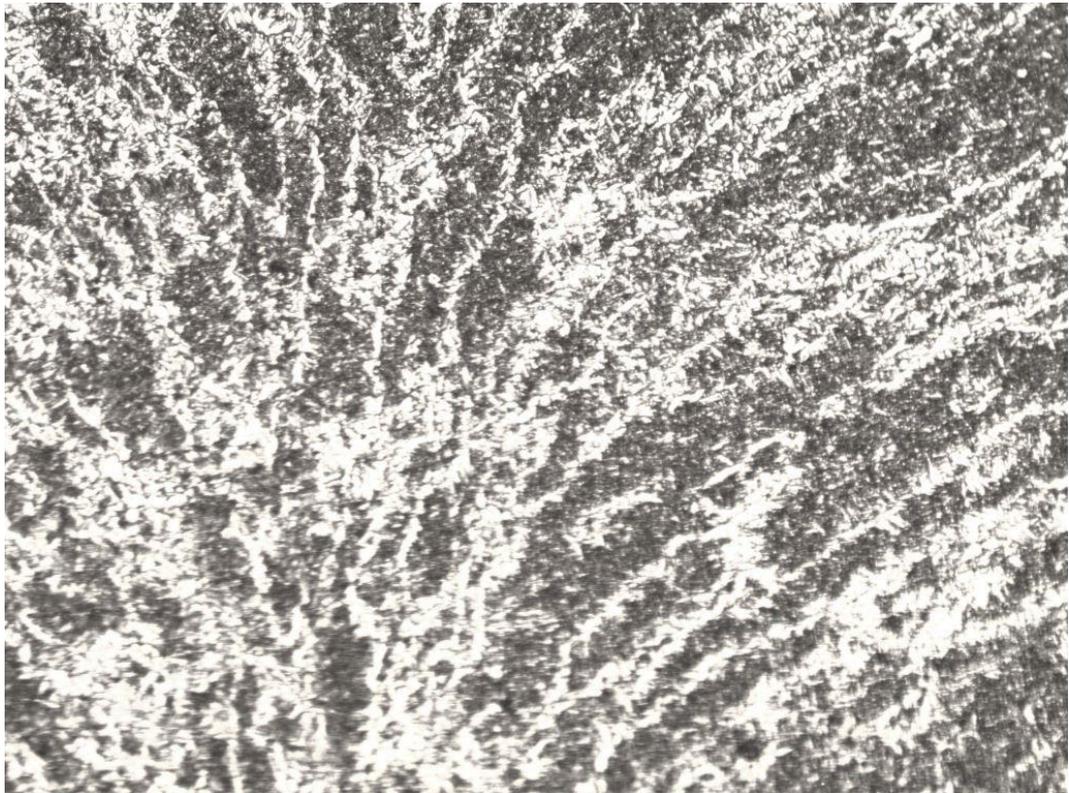


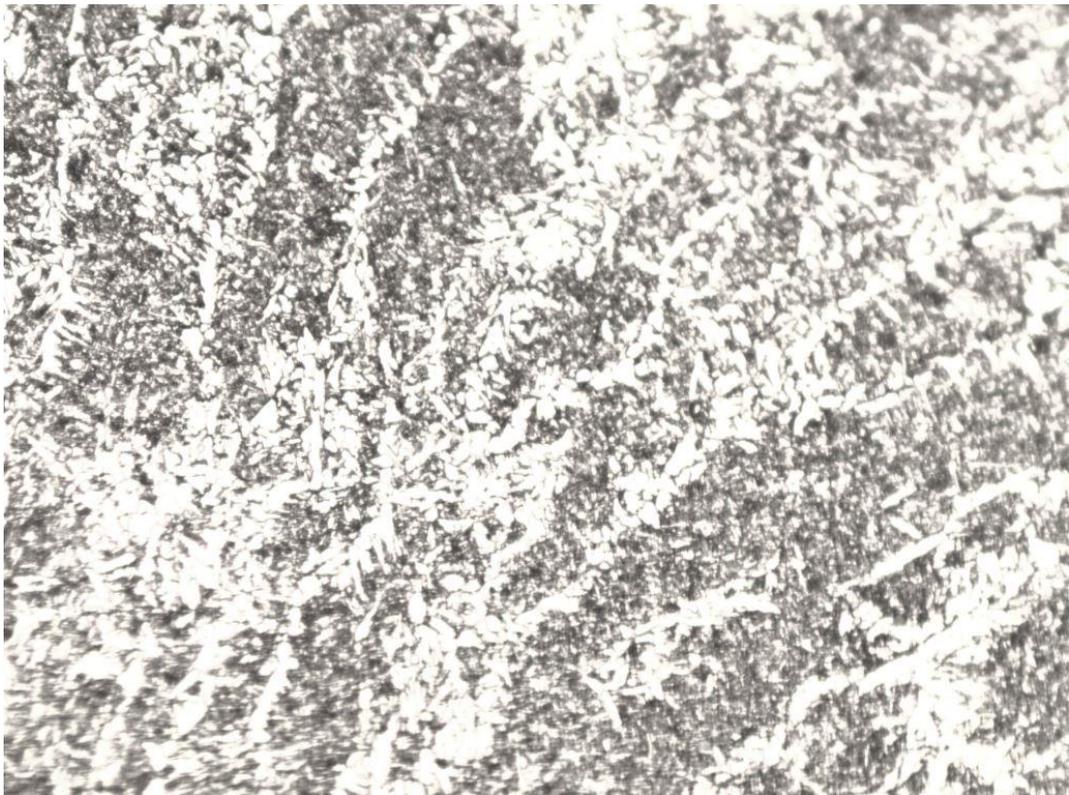
Рисунок 3.18. Образец сварочного шва, подготовленный лазерной резкой с EPS очисткой



×50



×100



×200

Рисунок 3.19. Микроструктура образца после сварки, подготовленного лазерной резкой с EPS очисткой поверхности

Микротвердость образца после сварки, подготовленного лазерной резкой с EPS очисткой поверхности была измерена в двух точках и составляла: 237 и 193 HV. Микроструктура – феррит + перлит сорбитообразный.

На основе визуального двухстороннего контроля сварного изделия, металлографических исследований и результатов замера микротвердости основного металла и сварного шва установлено:

1. На изделии наблюдается стыковое сварное соединение. Визуальный контроль показал, что поверхностные дефекты на сварном шве и в зоне перехода к основному металлу отсутствуют.

2. Металлографическими исследованиями основного металла и металла сварного шва выявлена идентичная феррито-перлитная структура. Незначительная игольчатость феррита наблюдается на изделии лазерной резки. Внутренние дефекты в сварном шве и в зоне сплавления с основным металлом отсутствуют.

3. Микротвердость металла сварного шва находится в пределах 189-216 HV на не очищенных и 193-237 HV на очищенных образцах. Разница по твердости не превышает 5 %.

Комплексными исследованиями качества сварных соединений и сварных швов установлено, что предпочтение имеют сварные изделия, полученные из очищенных пластинных и вырезанных лазерным способом.

4. Исследование влияния EPS очистки металла (Ст. 3 сп) на адгезию лако-красочного покрытия

Исследование влияния EPS очистки металла (Ст. 3 сп) на адгезию лако-красочного покрытия проводили на 8 образцах листовой стали с разными типами подготовки поверхности, окрашенных полимерно-порошковой краской светло-бежевого цвета:

- 2 образца окрашенных ЛКМ – листовая сталь без обработки EPS без фосфатирования;

- 2 образца окрашенных ЛКМ – листовая сталь без обработки EPS с фосфатированием;

- 2 образца окрашенных ЛКМ – листовая сталь с обработкой EPS без фосфатирования;

- 2 образца окрашенных ЛКМ – листовая сталь с обработкой EPS с фосфатированием.

В качестве исходных образцов использовались прямоугольные пластины размером 150x100x4 мм (рис. 4.1-4.2).

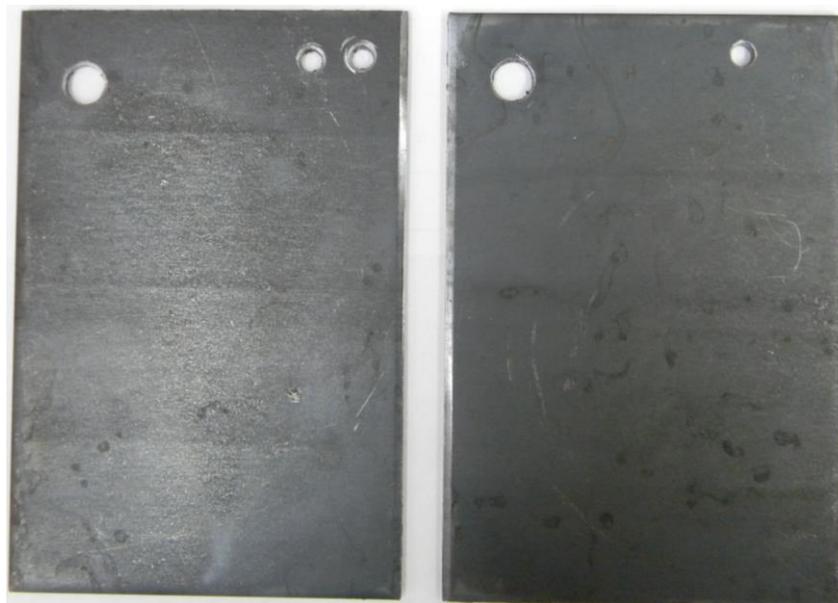


Рис.4.1. Листовая сталь без обработки EPS



Рис.4.2. Листовая сталь с обработкой EPS

Образцы окрашивали композицией порошковой полиэфирной марки RAL 9005 (гладкая, полуматовая). Использовали электростатический метод нанесения ЛКП. Окраску производили в специальной окрасочной камере, расположенной на ООО «Автотехник» (г. Набережные Челны).

Изготавливали два типа образцов:

1. С фосфатированием Условия нанесения образцов: обезжиривание, фосфатирование, отмывка с последующей сушкой горячим воздухом при температуре не менее 120°C , нанесение лакокрасочного материала электростатическим методом.

2. Без фосфатирования. Условия нанесения образцов: обезжиривание и отмывка с последующей сушкой горячим воздухом при температуре не менее 120°C , нанесение лакокрасочного материала электростатическим методом.

Толщина получаемого лакокрасочного покрытия находилась в диапазоне 55-65 мкм.

Образцы листовой стали после окраски без обработки EPS без фосфатирования и с фосфатированием имели локальные поверхностные дефекты на ЛКП: инородные включения, шагрень (рис. 4.3, 4.5).



Рис.4.3. Листовая сталь без обработки EPS без фосфатирования



Рис.4.4. Листовая сталь с обработкой EPS без фосфатирования

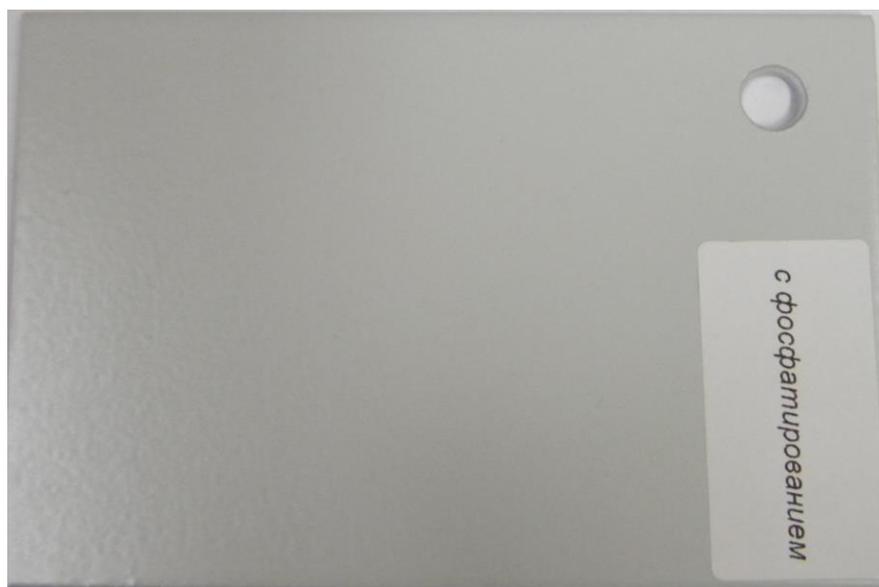


Рис.4.5. Листовая сталь без обработки EPS с фосфатированием

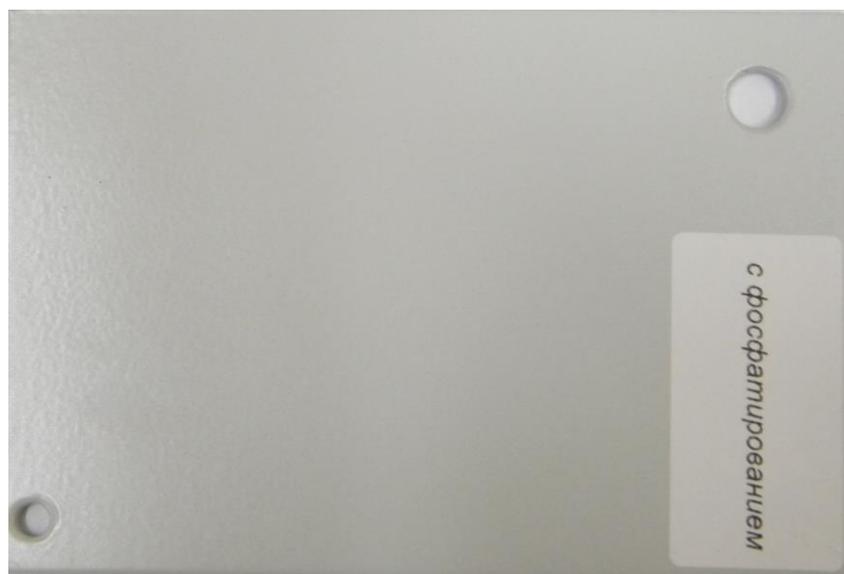


Рис.4.6. Листовая сталь с обработкой EPS без фосфатирования

Наличие дефектов на поверхности окрашенных образцов листовой стали обуславливается отсутствием предварительной механической обработки поверхности образцов перед покраской.

Образцы листовой стали после окраски с обработкой EPS без фосфатирования и с фосфатированием не имели видимых поверхностных дефектов (рис. 4.4, 4.6).

Наносили решетчатые надрезы на поверхности ЛКП однолезвиевым режущим инструментом в соответствии с методикой ISO 2409 на расстоянии 1 мм друг от друга, так как толщина ЛКП не превышает 60 мкм.

Удаление стружки ЛКП после надрезов осуществляли волосяной, плоской, мягкой кистью шириной 10 мм и длиной волоса 15 мм. Для анализа надрезов применяли лупу с 3-кратным увеличением.

Число надрезов длиной 20 мм в каждом направлении решетчатого рисунка равнялось не менее шести. Надрезы на образцах пластин наносили с двух сторон.

Визуально, внимательно, при хорошем освещении исследовали внешний вид поверхности надрезов испытуемого покрытия и использовали лупу. При осмотре поверхностей надрезов поворачивали пластины таким образом, чтобы углы зрения и падающего света не ограничивались одним направлением. Поверхность испытуемых покрытий классифицировали в соответствии с методикой ISO 2409 по таблице 1, сравнивая с эталонными рисунками.

Результаты испытаний представлены на рисунках 4.7 – 4.15.



Рис. 4.7. Листовая сталь без обработки EPS без фосфатирования (лицевая сторона)



Рис. 4.8. Листовая сталь без обработки EPS без фосфатирования (оборотная сторона)

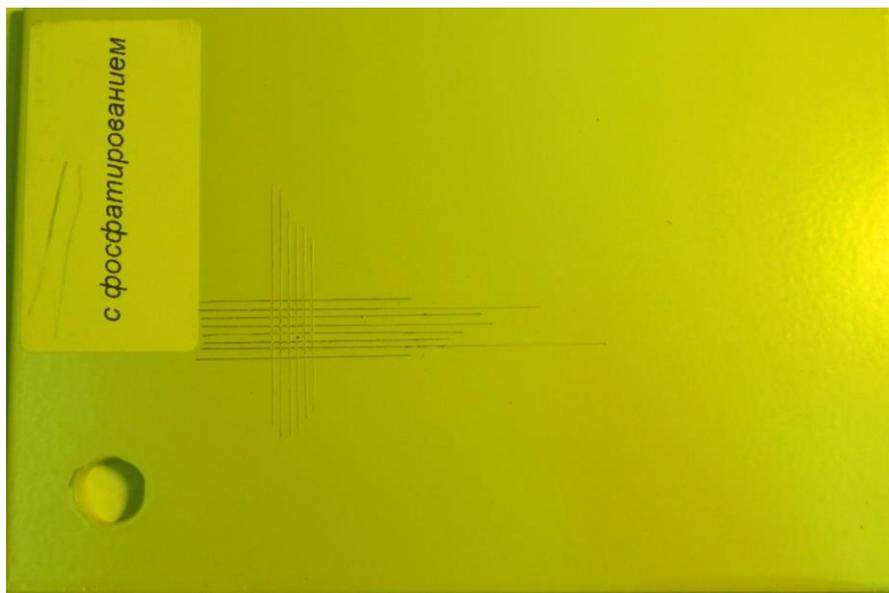


Рис. 4.9. Листовая сталь без обработки EPS с фосфатированием (лицевая сторона)



Рис. 4.10. Листовая сталь без обработки EPS с фосфатированием (оборотная сторона)



Рис. 4.11. Листовая сталь с обработкой EPS без фосфатирования (лицевая сторона)



Рис. 4.12. Листовая сталь без обработки EPS без фосфатирования (оборотная сторона)



Рис. 4.13. Листовая сталь с обработкой EPS с фосфатированием (лицевая сторона)

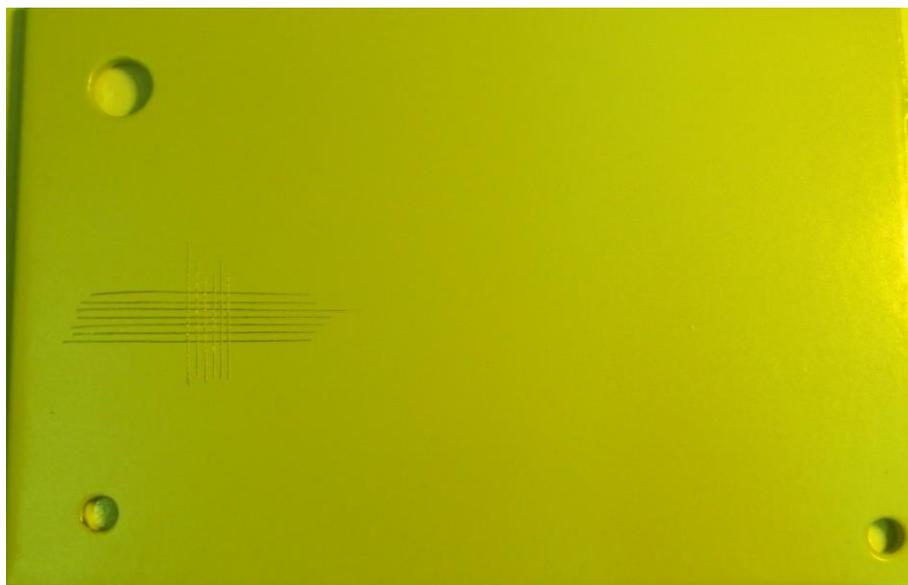


Рис. 4.14. Листовая сталь с обработкой EPS с фосфатированием (оборотная сторона)

Все образцы выдержали испытание и имеют адгезию 0 баллов. Края надрезов полностью гладкие, отслоение квадратов не наблюдается.

В результате проведенных исследований на адгезию лако-красочных покрытия установлено:

1. Образцы листовой стали после окраски без обработки EPS без фосфатирования и с фосфатированием имели локальные поверхностные дефекты на ЛКП: инородные включения, шагрень. Наличие дефектов на поверхности окрашенных образцов листовой стали обуславливается отсутствием предварительной механической обработки поверхности образцов перед покраской. Образцы листовой стали после окраски с обработкой EPS без фосфатирования и с фосфатированием не имели видимых поверхностных дефектов.

2. Все исследуемые окрашенные образцы с EPS обработкой и без имели адгезию в 0 баллов в соответствии с методикой ISO 2409. Края надрезов полностью гладкие, отслоение квадратов не наблюдается. ЛКП должно быть стойким к внешним агрессивным воздействиям.

5. Исследование влияния EPS очистки металла (Ст. 3 сп) на коррозионную стойкость

Исследовали металлические пластины на коррозионную стойкость двумя методами:

1. По ГОСТ 9.403-80 (СТ-СЭВ 5260-85) (метод А) - непрерывное действие 5% водного раствора натрия хлористого в течение 7 суток.
2. По ГОСТ Р 9.905 – 2007– непрерывное действие нейтрального соляного тумана.

5.1 Исследования по ГОСТ 9.403-80 (СТ-СЭВ 5260-85) (метод А) - непрерывное действие 5% водного раствора натрия хлористого в течение 7 суток

Сущность метода заключается в определении декоративных и защитных свойств покрытий после воздействия жидкостей в течение заданного времени.

В качестве исследовательского оборудования использовали: эксикатор с крышкой по ГОСТ 25336-82; шкаф сушильный Binder ED 53, обеспечивающий температуру с погрешностью ± 2 °С; стакан стеклянный лабораторный по ГОСТ 25336-82; лупа с увеличением 4 или 10^x по ГОСТ 25706-83; термометр ртутный стеклянный по ГОСТ 28498-90 с пределами измерения от 0 до 100 °С и ценой деления шкалы 1 °С; бумагу фильтровальную по ГОСТ 12026-76; пленку полиэтиленовую по ГОСТ 10354-82; ланцет; палочки стеклянные с насаженными на концы отрезками резинового шланга; воду дистиллированную по ГОСТ 6709-72; бензин-растворитель для лакокрасочной промышленности (уайт-спирит) по ГОСТ 3134-78.

Проведение испытаний проводили согласно ГОСТ 9.403-80.

В эксикатор с жидкостью вертикально помещали окрашенные и неокрашенные образцы на $\frac{2}{3}$ высоты, чтобы расстояние между ними и до стенок эксикатора было не менее 10 мм, и закрывали крышкой.

В каждом эксикаторе испытывали образцы только с одинаковым покрытием или без покрытий. Уровень жидкости в процессе испытаний поддерживали постоянными.

Испытания на воздействие растворов солей проводил при температуре (20 ± 2) °С в течение 24 ч. После испытаний образцы извлекали из жидкости и готовили к осмотру. После испытаний в растворах солей образцы промывали проточной водой и суши фильтровальной бумагой. Определяли декоративные и защитные свойства покрытий. Изменение декоративных и защитных свойств покрытий определяли сравнением с контрольным образцом невооруженным глазом или с помощью лупы. Изменения, происшедшие с образцами (изменение блеска, изменение оттенка, побеление пленки, появление пузырей, отслаивание, сморщивание пленки, коррозия, время, через которое снова восстанавливается блеск или оттенок и т. п.), фиксировали при их наличии.

Исследование влияния EPS очистки металла (Ст. 3 сп) на коррозионную стойкость в соляном растворе на 8 образцах листовой стали с разными типами подготовки поверхности, окрашенных полимерно-порошковой краской светло-бежевого цвета:

- 2 образца – «черновые» без обработки EPS (рис.5.1);
- 2 образца – «черновые» с обработкой EPS (рис.5.2);
- 1 образец окрашенных ЛКМ – листовая сталь без обработки EPS без фосфатирования (рис.5.3);
- 1 образец окрашенных ЛКМ – листовая сталь без обработки EPS с фосфатированием (рис.5.4);
- 1 образец окрашенных ЛКМ – листовая сталь с обработкой EPS без фосфатирования (рис.5.5);

- 1 образец окрашенных ЛКМ – листовая сталь с обработкой EPS с фосфатированием (рис.5.6).

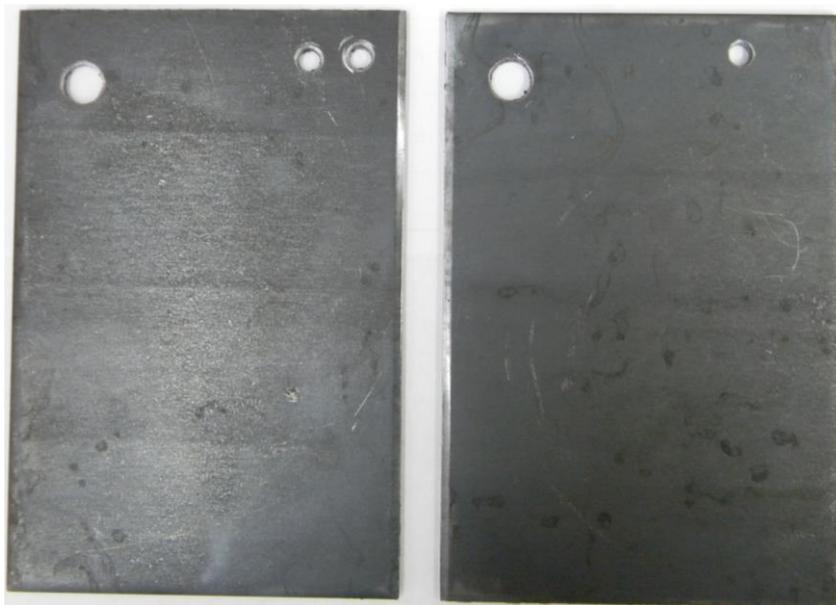


Рис.5.1. Листовая сталь без обработки EPS



Рис.5.2. Листовая сталь с обработкой EPS

Образцы окрашивали композицией порошковой полиэфирной марки RAL 9005 (гладкая, полуматовая). В качестве способа нанесения использовали электростатический метод. Окраску производили в

специальной окрасочной камере, расположенной на ООО «Автотехник» (г. Набережные Челны).

Изготавливали два типа образцов:

1. С фосфатированием Условия нанесения образцов: обезжиривание, фосфатирование, отмывка с последующей сушкой горячим воздухом при температуре не менее 120 °С, нанесение лакокрасочного материала электростатическим методом.

2. Без фосфатирования. Условия нанесения образцов: обезжиривание и отмывка с последующей сушкой горячим воздухом при температуре не менее 120 °С, нанесение лакокрасочного материала электростатическим методом.

Толщина получаемого лакокрасочного покрытия находилась в диапазоне 55-65 мкм.

Образцы листовой стали после окраски без обработки EPS без фосфатирования и с фосфатированием имели локальные поверхностные дефекты на ЛКП: инородные включения, шагрень (рис. 5.3, 5.5).



Рис.5.3. Листовая сталь без обработки EPS без фосфатирования



Рис.5.4. Листовая сталь с обработкой EPS без фосфатирования

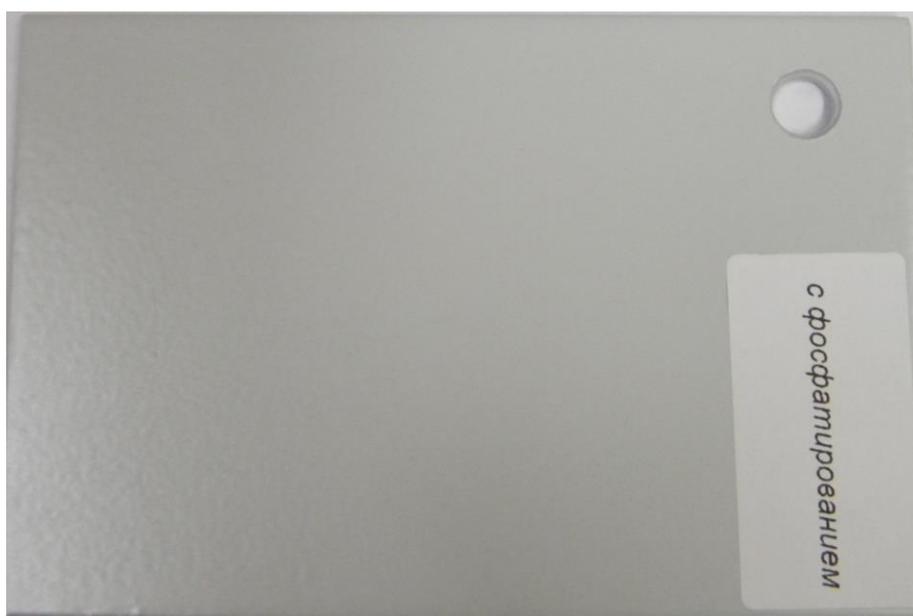


Рис.5.5. Листовая сталь без обработки EPS с фосфатированием

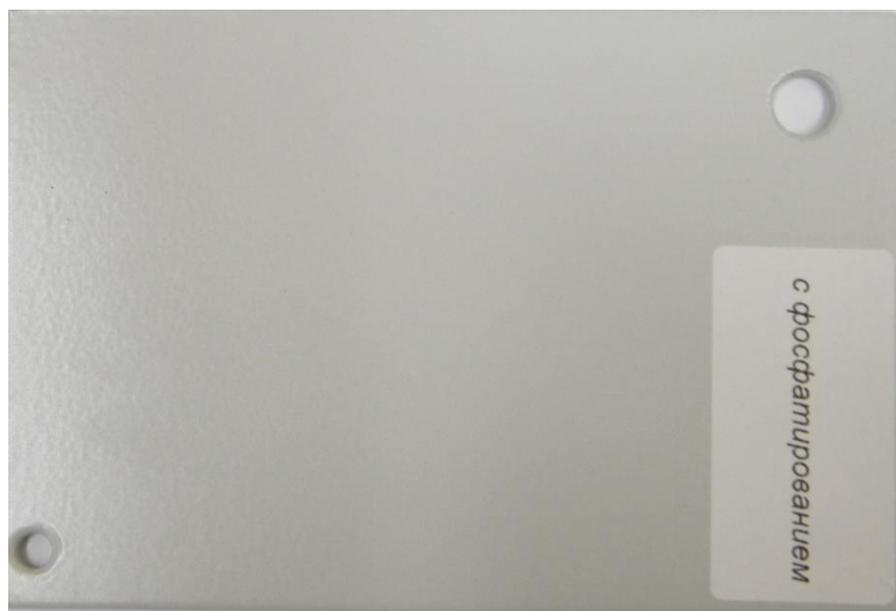


Рис.5.6. Листовая сталь с обработкой EPS с фосфатированием

Наличие дефектов на поверхности окрашенных образцов листовой стали обуславливается отсутствием предварительной механической обработки поверхности образцов перед покраской.

Образцы листовой стали после окраски с обработкой EPS без фосфатирования и с фосфатированием не имели видимых поверхностных дефектов (рис. 5.4, 5.6).

Испытание проводили в 5% процентном водном растворе натрия хлористого по ГОСТ 4233-77, (формула NaCl). В эксикатор с соляным раствором вертикально помещали окрашенные и не окрашенные образцы. Температура раствора составляла (20 ± 2) °C. Образцы выдерживались в растворе 7 суток (168 часов). После чего извлекались, вытирались и анализировались органолептически и при помощи лупы с 3-кратным увеличением. Результаты испытаний представлены на рис. 5.7 – 5.22.



Рис. 5.7. Листовая сталь с обработкой EPS (лицевая сторона), образец № 1

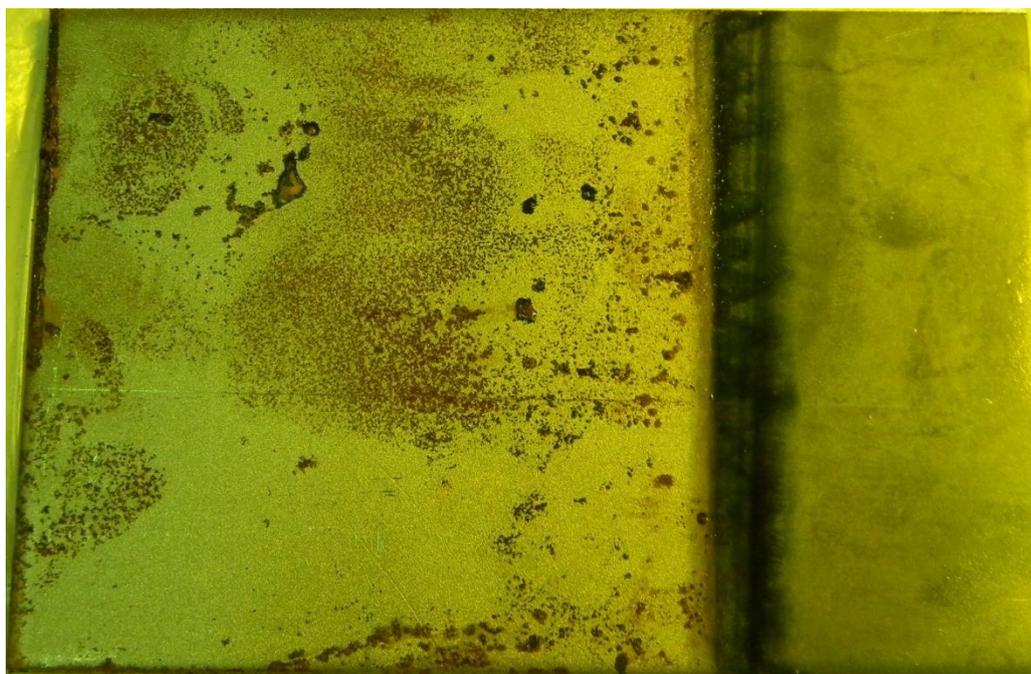


Рис. 5.8. Листовая сталь с обработкой EPS (тыльная сторона), образец № 1

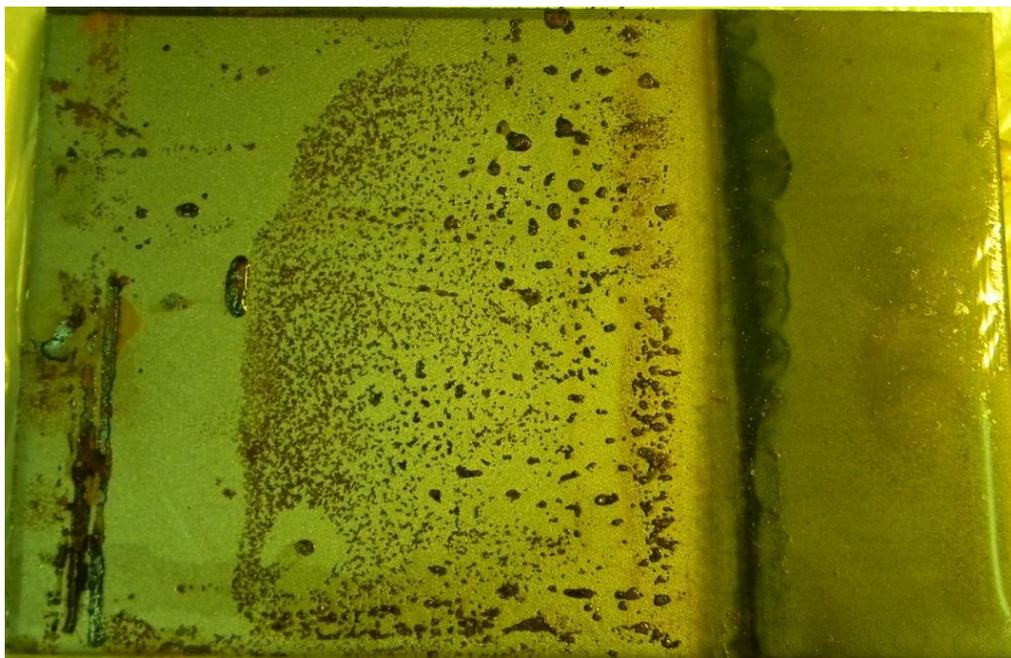


Рис. 5.9. Листовая сталь с обработкой EPS (лицевая сторона), образец № 2

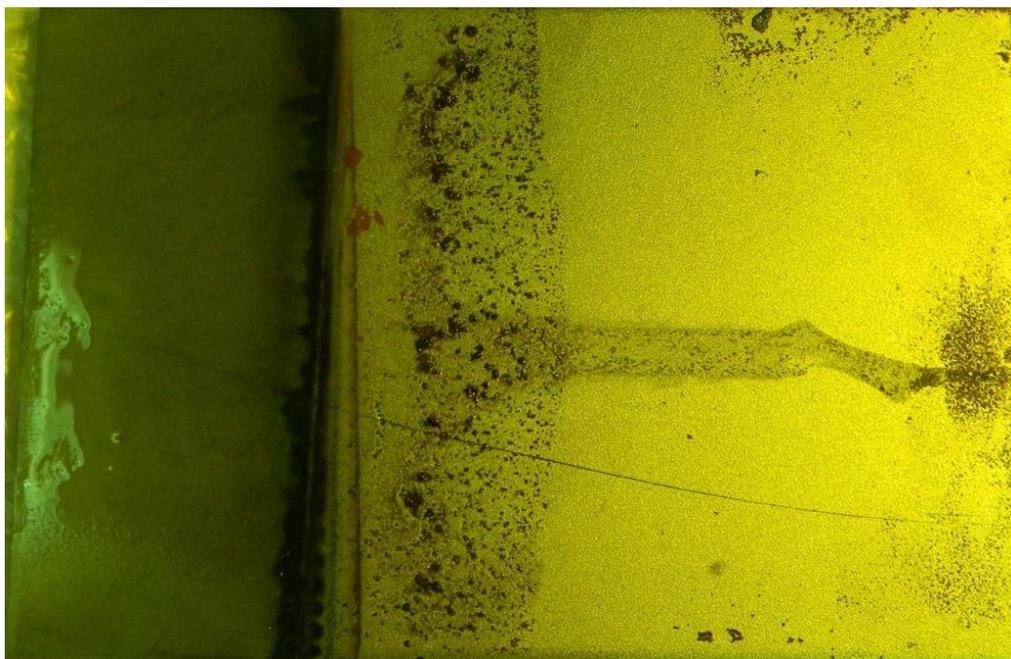


Рис. 5.10. Листовая сталь с обработкой EPS (тыльная сторона), образец № 52

Результаты исследований (рис.5.7 – 5.10) выявили очаги коррозии поверхности металла с обработкой EPS на участках, погруженных в раствор,

на границе водораздела наблюдаются глубокие язвы, выше границы очаги коррозии интенсивнее.

Возможные причины интенсивной коррозии образцов с обработкой EPS:

- поверхность металла активна и не оксидирована после гидropескоструйной обработки;

- в составе жидких материалов применяемых для EPS очистки поверхности металла, возможно, входят слабые растворы кислот (фосфорной, серной и др.) которые не были смыты в процессе обработки, при этом данные кислоты активизировались в соляном растворе;

- не была проведена нейтрализация остатков растворов кислот на поверхности образцов после EPS очистки поверхности металла.

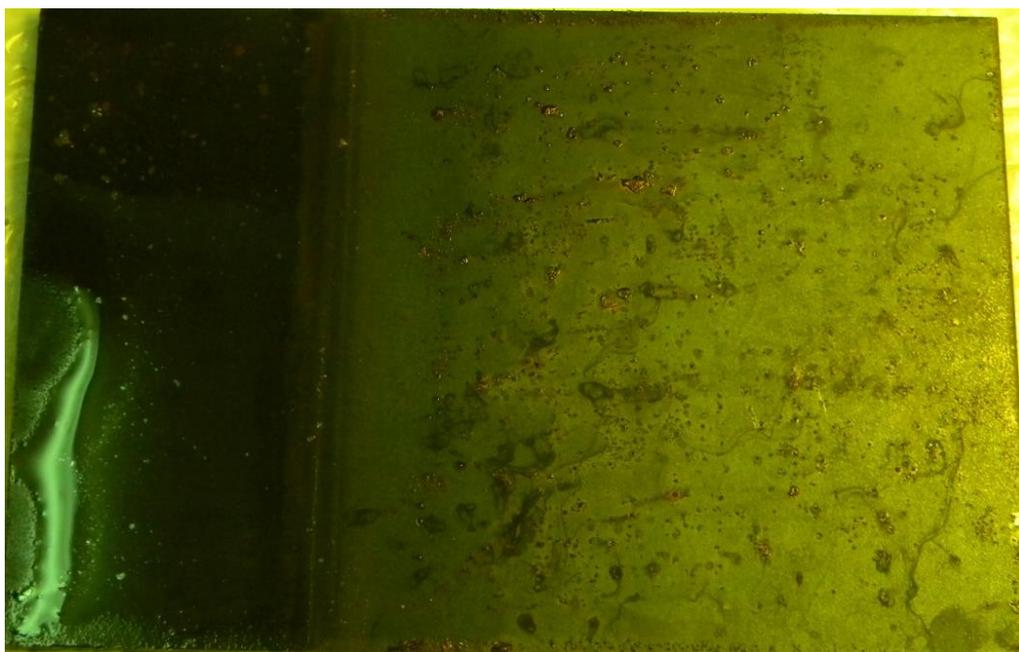


Рис. 5.11. Листовая сталь без обработки EPS (лицевая сторона), образец № 1

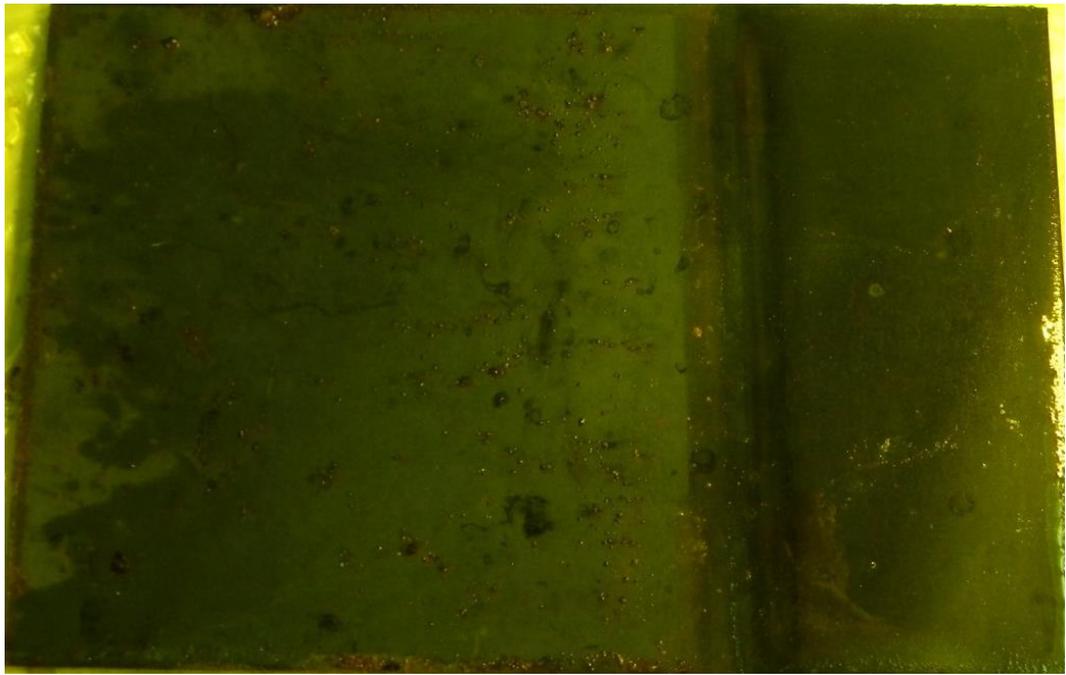


Рис. 5.12. Листовая сталь без обработки EPS (тыльная сторона),
образец № 1

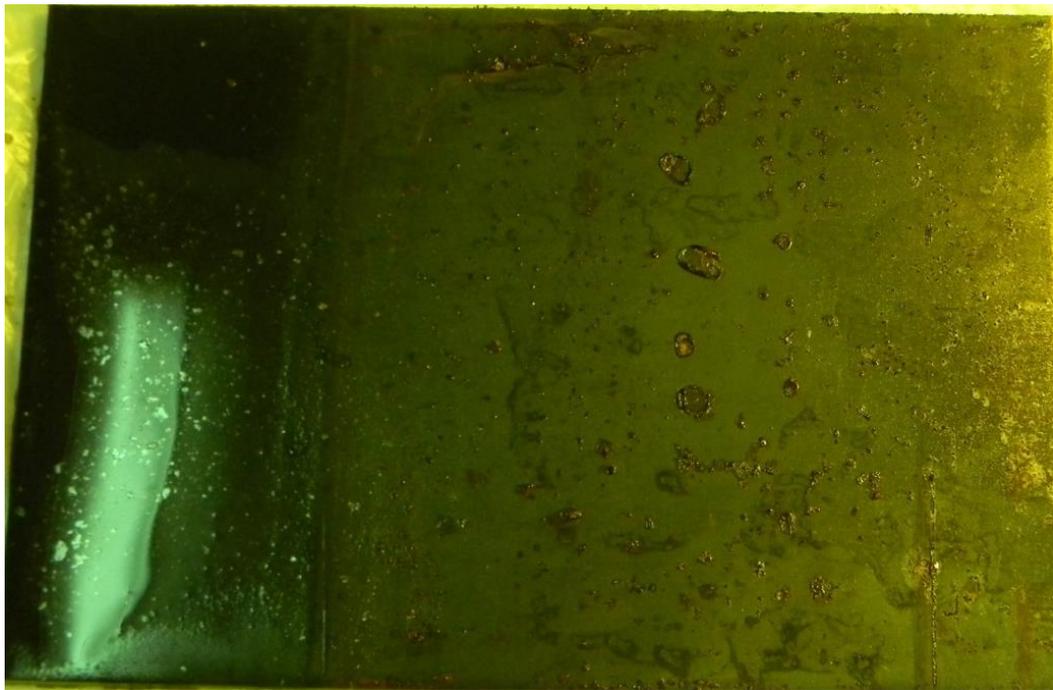


Рис. 5.13. Листовая сталь без обработки EPS (лицевая сторона),
образец № 2



Рис. 5.14. Листовая сталь без обработки EPS (тыльная сторона), образец № 2

Результаты исследований (рис.5.11 – 5.14) листовой стали без обработки EPS выявили очаги коррозии на участках, погруженных в раствор, на границе водораздела глубокие язвы, выше границы очаги коррозии интенсивнее. Процессы коррозионного разрушения схожи с образцами листовой стали с обработкой EPS. Скорость коррозии образцов ниже, т.к. при холодной или горячей прокатке поверхность листовой стали обрабатывают консервантами для защиты от коррозии на этапах транспортировки и складирования.



Рис. 5.15. Листовая сталь без обработки EPS без фосфатирования (лицевая сторона)

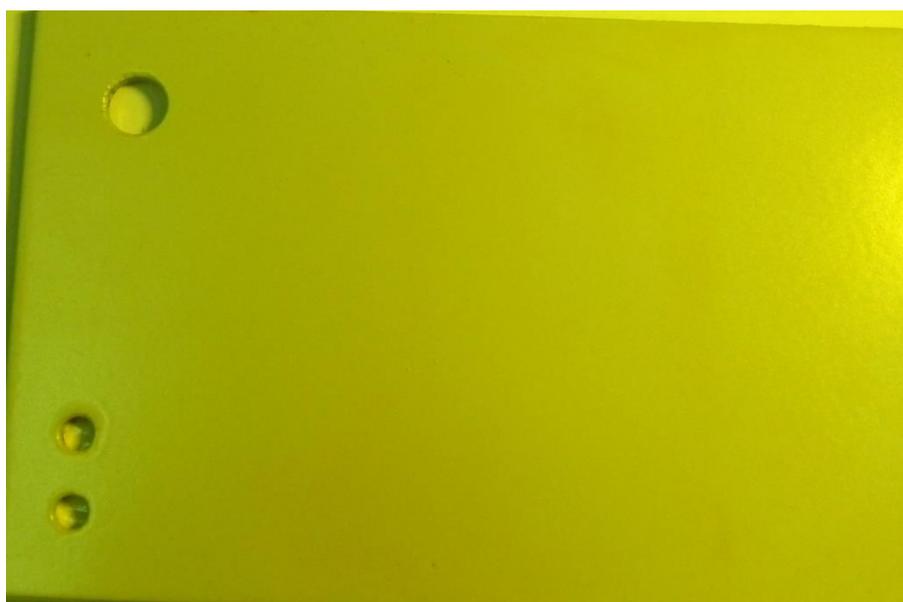


Рис. 5.16. Листовая сталь без обработки EPS без фосфатирования (оборотная сторона)

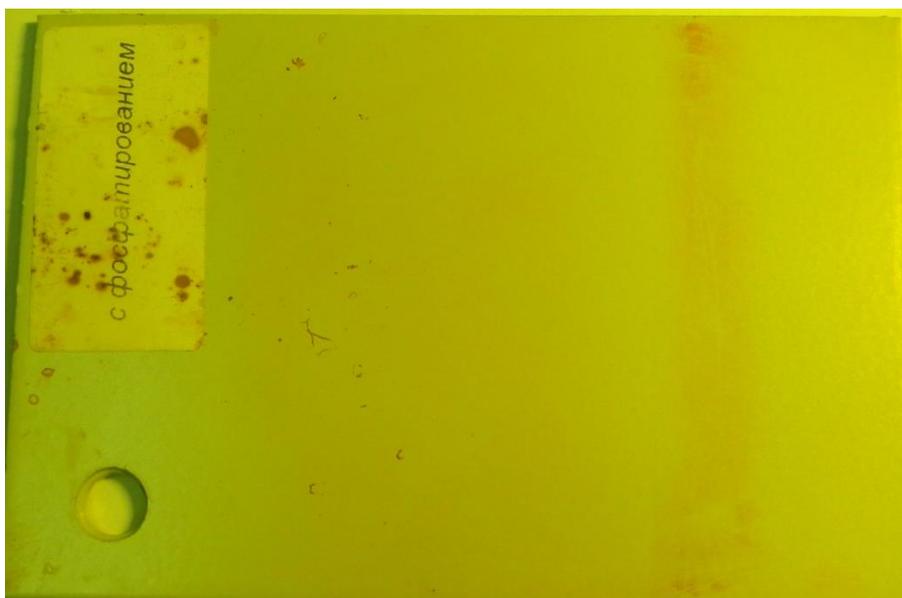


Рис. 5.17. Листовая сталь без обработки EPS с фосфатированием (лицевая сторона)

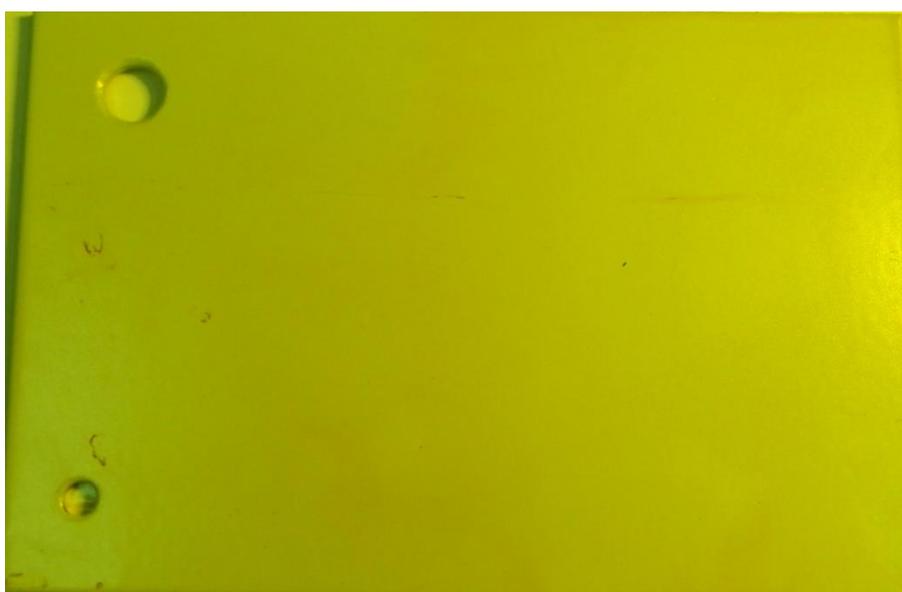


Рис. 5.18. Листовая сталь без обработки EPS с фосфатированием (оборотная сторона)



Рис. 5.19. Листовая сталь с обработкой EPS без фосфатирования (лицевая сторона)



Рис. 5.20. Листовая сталь с обработкой EPS без фосфатирования (оборотная сторона)



Рис. 5.21. Листовая сталь с обработкой EPS с фосфатированием (лицевая сторона)

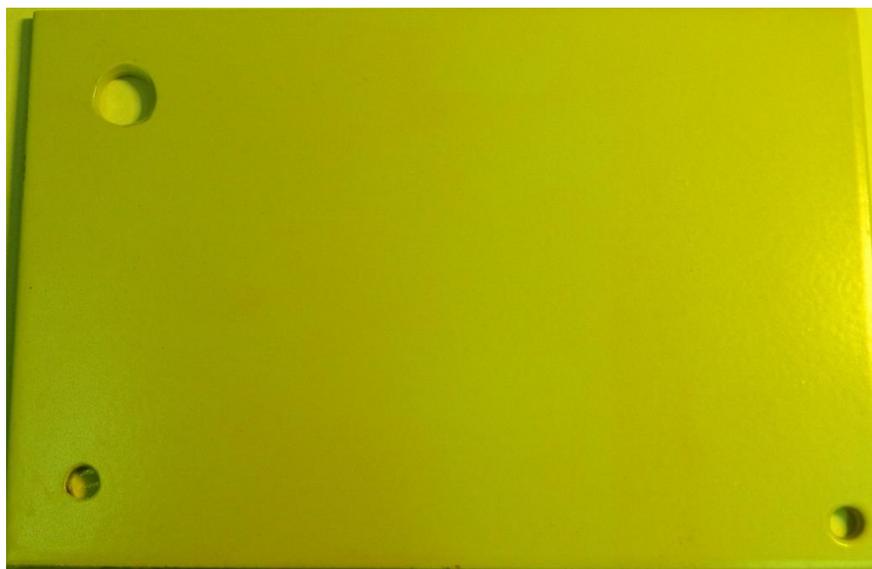


Рис. 5.22. Листовая сталь с обработкой EPS с фосфатированием (оборотная сторона)

Результаты исследований окрашенных образцов с фосфатированием и без фосфатирования (рис. 5.15 – 5.22) выявили, что все образцы, покрытые ЛКМ после выдержки в соляном растворе не имели очагов коррозии, вспучивания, изменения цветового оттенка и других визуальных дефектов.

5.2 Исследования по ГОСТ Р 9.905 – 2007 – непрерывное действие нейтрального соляного тумана

В качестве объекта исследований использовали образцы листовой Ст. 3 сп без EPS очистки поверхности металла (рис.5.23) и с EPS очисткой поверхности металла (рис.5.24).



Рис. 5.23. Листовая Ст. 3 сп без EPS очистки поверхности металла



Рис. 5.24. Листовая Ст. 3 сп с EPS очисткой поверхности металла

Целью исследования являлось определение коррозионной стойкости образцов.

В качестве испытательного оборудования использовалась камера солевого тумана «SC-1000» (рис.5.25).

Параметры окружающей среды: температура окружающего воздуха – 22 °С; атмосферное давление – 754 мм.рт.ст.; относительная влажность – 77 %.



Рис.5.25. Камера солевого тумана «SC-1000»

Исследование коррозионной стойкости образцов проводилось в камере солевого тумана «SC-1000» по ГОСТ Р 9.905-2007 – непрерывное действие нейтрального соляного тумана.

Режим испытаний на коррозионную стойкость:

- температура (35 ± 2) °С;
- непрерывное распыление 5 %-ным раствором хлористого натрия.

Результаты испытаний представлены в таблицах 5.1, 5.2.

Результаты исследований коррозионной стойкости неокрашенных образцов
по ГОСТ Р 9.905-2007

Листовая Ст. 3 сп без EPS очистки поверхности металла	Листовая Ст. 3 сп с EPS очисткой поверхности металла
1. Внешний вид до проведения испытаний:	
Поверхность образцов темно-серого цвета, имеются точки коррозии	Поверхность образцов равномерного светло-серого цвета
2. Коррозионная стойкость	
0,5 ч. – коррозия металла по всей поверхности образцов (рис. 5.26)	0,5 ч. – коррозия металла по всей поверхности образцов (рис. 5.27)



Рис. 5.26. Внешний вид листовой Ст. 3 сп без EPS очистки поверхности
металла после непрерывного действия нейтрального соляного тумана в
течение 0,5 ч.



Рис. 5.27. Внешний вид листовой Ст 3 сп с EPS очистки поверхности металла после непрерывного действия нейтрального соляного тумана в течение 0,5 ч.

Исследование влияния EPS очистки металла (Ст. 3 сп) на коррозионную стойкость в соляном растворе на 4 образцах листовой стали с разными типами подготовки поверхности, окрашенных полимерно-порошковой краской черного цвета:

- 1 образец окрашенных ЛКМ – листовая сталь без обработки EPS без фосфатирования (рис.5.28);
- 1 образец окрашенных ЛКМ – листовая сталь без обработки EPS с фосфатированием (рис.5.29);
- 1 образец окрашенных ЛКМ – листовая сталь с обработкой EPS без фосфатирования (рис.5.30);
- 1 образец окрашенных ЛКМ – листовая сталь с обработкой EPS с фосфатированием (рис.5.31).

Образцы окрашивали композицией порошковой полиэфирной марки RAL 9005 (гладкая, полуматовая). В качестве способа нанесения использовали электростатический метод. Окраску производили в

специальной окрасочной камере, расположенной на ООО «Автотехник» (г. Набережные Челны).

Изготавливали два типа образцов:

1. С фосфатированием Условия нанесения образцов: обезжиривание, фосфатирование, отмывка с последующей сушкой горячим воздухом при температуре не менее 120 °С, нанесение лакокрасочного материала электростатическим методом.

2. Без фосфатирования. Условия нанесения образцов: обезжиривание и отмывка с последующей сушкой горячим воздухом при температуре не менее 120 °С, нанесение лакокрасочного материала электростатическим методом.

Толщина получаемого лакокрасочного покрытия находилась в диапазоне 55-65 мкм.

Образцы листовой стали после окраски без обработки EPS без фосфатирования и с фосфатированием имели локальные поверхностные дефекты на ЛКП: инородные включения, шагрень (рис. 5.28, 5.30).

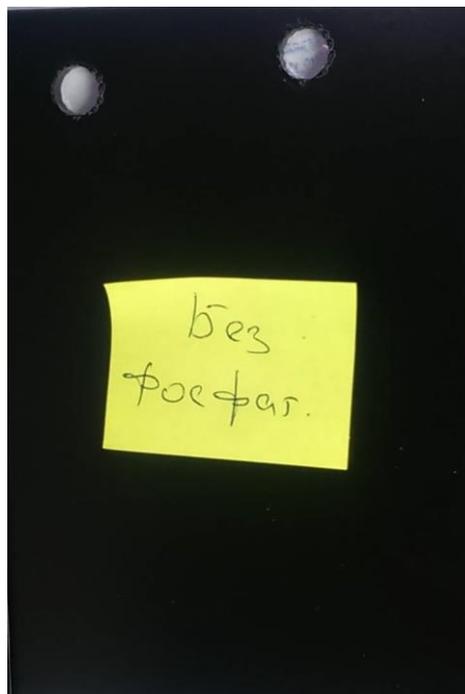


Рис.5.28. Листовая сталь без обработки EPS без фосфатирования



Рис.5.29. Листовая сталь с обработкой EPS без фосфатирования

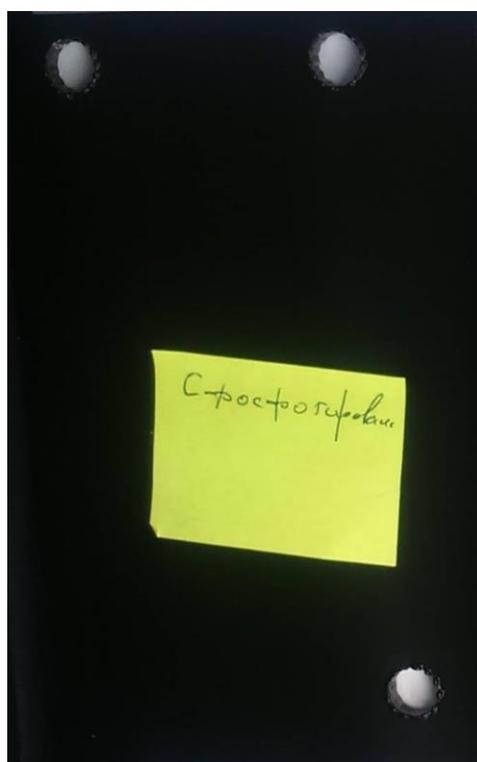


Рис.5.30. Листовая сталь без обработки EPS с фосфатированием

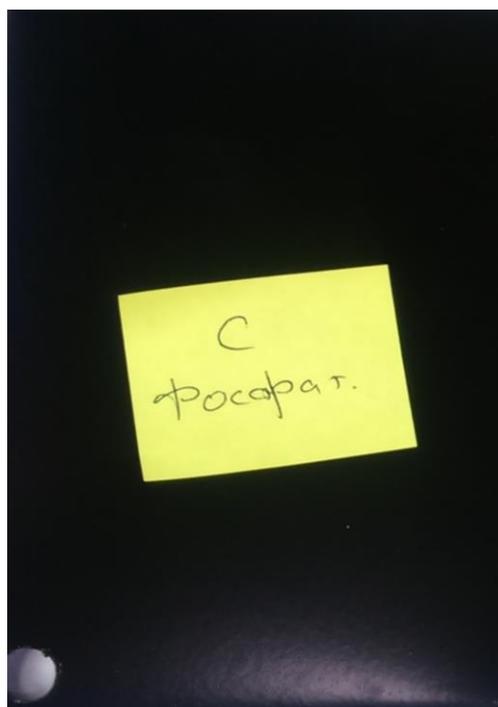


Рис.5.31. Листовая сталь с обработкой EPS с фосфатированием

Наличие дефектов на поверхности окрашенных образцов листовой стали обуславливается отсутствием предварительной механической обработки поверхности образцов перед покраской. Образцы листовой стали после окраски с обработкой EPS без фосфатирования и с фосфатированием не имели видимых поверхностных дефектов (рис. 5.29, 5.31).

Таблица 5.2

Результаты исследований коррозионной стойкости окрашенных образцов по
ГОСТ Р 9.905-2007

Листовая Ст. 3 сп без EPS очистки поверхности металла	Листовая Ст. 3 сп с EPS очисткой поверхности металла
1. Внешний вид до проведения испытаний:	
Поверхность образцов темно-серого цвета	Поверхность образцов темно-серого цвета
2. Коррозионная стойкость:	
78 ч. – по надрезу вздутия покрытия; 208 ч. – по надрезу вздутия покрытия;	78 ч. – по надрезу вздутия покрытия; 208 ч. – по надрезу вздутия покрытия;

250 ч. – по надрезу вздутия покрытия. Распространение коррозии металла от надреза – 1,05 мм. Точечная коррозия металла на поверхности (рис. 5.32);	250 ч. – по надрезу вздутия покрытия. Распространение коррозии металла от надреза – 2,6 мм. Точечная коррозия металла на поверхности (рис. 5.33);
3. Толщина покрытия:	
59-89 мм	64-78 мм

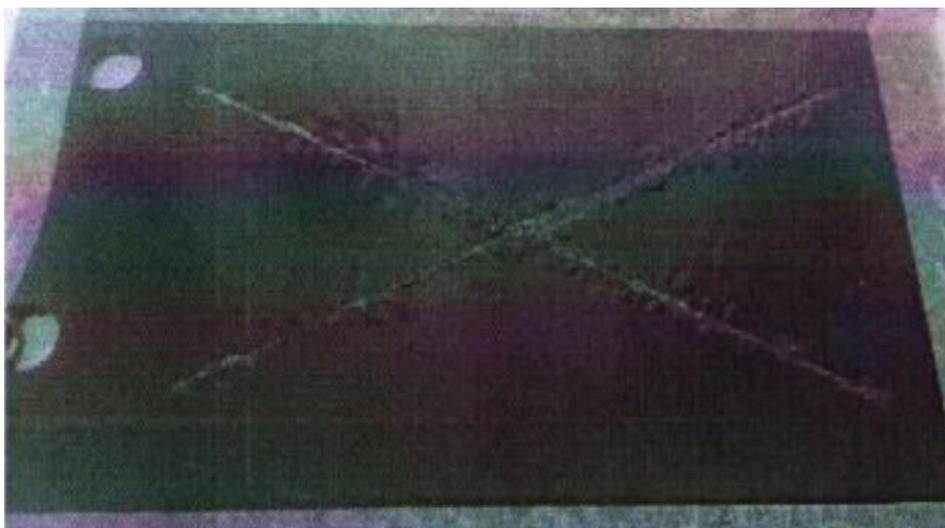


Рис. 5.32. Внешний вид листовой Ст. 3 сп без EPS очистки поверхности металла после непрерывного действия нейтрального соляного тумана в течение 250 ч.

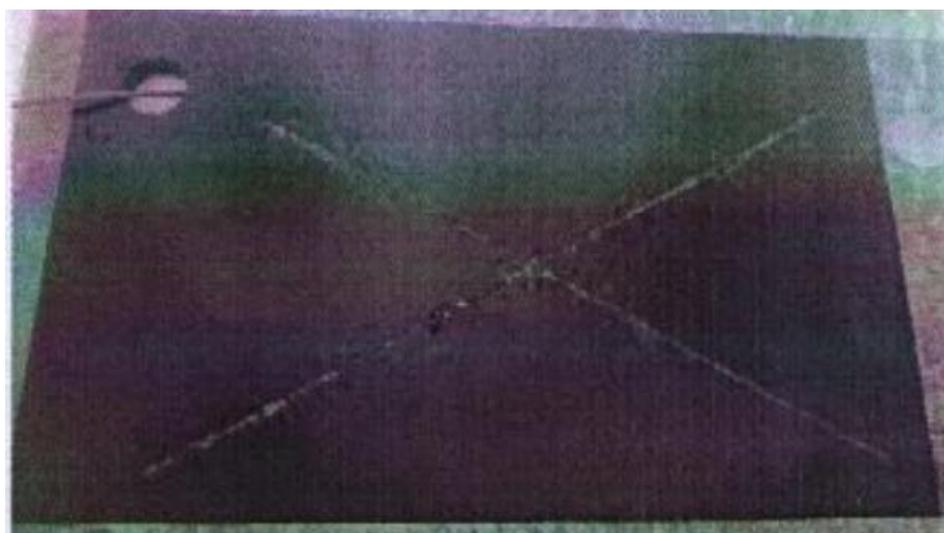


Рис. 5.33. Внешний вид листовой Ст 3 сп с EPS очистки поверхности металла после непрерывного действия нейтрального соляного тумана в течение 250 ч.

Заключение:

1. Образцы листовой стали после окраски без обработки EPS без фосфатирования и с фосфатированием имели локальные поверхностные дефекты на ЛКП: инородные включения, шагрень. Наличие дефектов на поверхности окрашенных образцов листовой стали обуславливается отсутствием предварительной механической обработки поверхности образцов перед покраской. Образцы листовой стали после окраски с обработкой EPS без фосфатирования и с фосфатированием не имели видимых поверхностных дефектов.
2. Результаты исследований окрашенных образцов с фосфатированием и без фосфатирования выявили, что все образцы, покрытые ЛКМ после выдержки в соляном растворе (непрерывное действие 5% водного раствора натрия хлористого в течение 7 суток) не имели очагов коррозии, вспучивания, изменения цветового оттенка и других визуальных дефектов.
3. Исследование коррозионной стойкости неокрашенных образцов Ст. 3 сп. С EPS и без EPS очистки по ГОСТ Р 9.905-2007 «Непрерывное действие нейтрального соляного тумана» выявили наличие коррозии металла по всей поверхности образцов через 0,5 ч.
4. Исследование коррозионной стойкости окрашенных полиэфирной порошковой композицией марки RAL 9005 образцов Ст. 3 сп. с EPS и без EPS очистки по ГОСТ Р 9.905-2007 «Непрерывное действие нейтрального соляного тумана» выявили наличие коррозии металла по всей поверхности образцов через 250 ч. для образцов с EPS очисткой и 250 ч. для образцов без EPS очистки.

6. Термогравиметрический анализ поверхности металла (Ст. 3 сп) после очистки EPS на наличие остатка ингибитора

Анализ поверхности металлического образца (Ст. 3 сп) после очистки EPS на наличие остатка ингибитора проводился на термогравиметрическом анализаторе «Netzsch TG 209 F1 Iris». Нагрев до 550 °С осуществляли со скоростью 10 К/мин в условиях постоянной продувки аргоном. Обработку термограмм провели по ГОСТ Р 29127-91 (ИСО 7111-87). Образец готовили путем снятия верхнего слоя с металла, в результате получали металлический порошок, который и подвергали анализу. В результате исследований изменение массы образца не происходило (рис. 6.1).

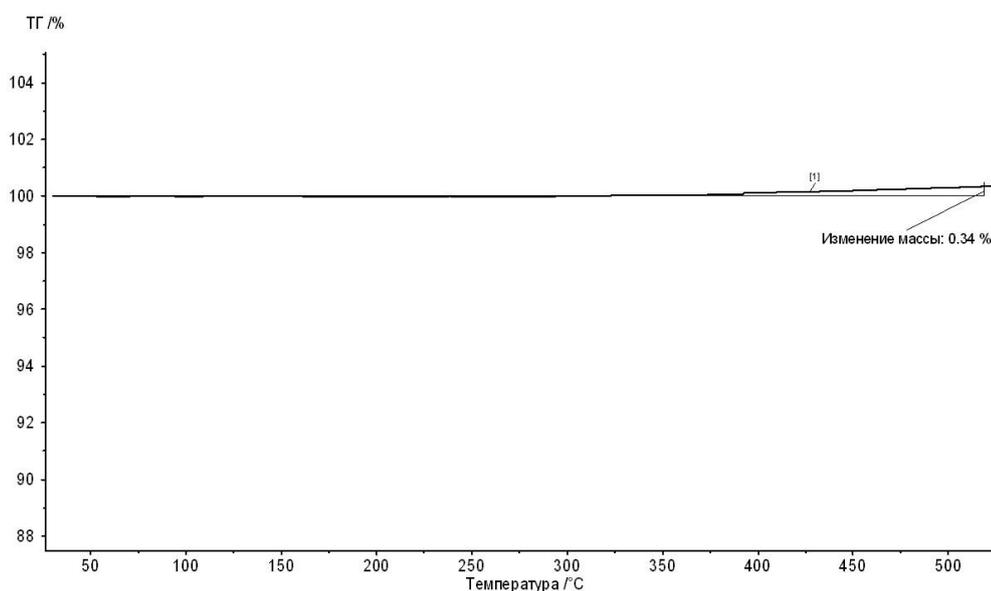


Рис. 6.1. Термогравиметрический анализ поверхности металлического образца (сталь 3 сп) после очистки EPS

Таким образом, термогравиметрический анализ не выявил наличие органических соединений на поверхности металлического образца (Ст. 3 сп) после очистки EPS. Таким образом, EPS очистка не требует применения дополнительных операций, связанных с удалением органических компонентов с поверхности, и удорожанием подготовки поверхности металла.

Заключение

Вывод по разделу 1:

На основе визуального двухстороннего контроля образцов после плазменной резки согласно режимам (таблица 1.3), металлографических исследований и результатов замера микротвердости основного металла и зоны резки выявлено:

1. Все образцы прорезались на всю глубину металла. Во всех случаях образуется грат, в случае образцов с EPS очисткой величина грата оказалась меньше.

2. Металлографическими исследованиями основного металла и металла зоны резки выявлена идентичная феррито-перлитная структура. Микротрещины в зоне термического влияния отсутствуют.

3. Микротвердость металла зоны термического влияния находится в пределах 398-483 HV, основного металла 126-141 HV.

4. Величина зоны термического влияния не превышает 0,318 мм, а средняя ширина реза 1,651 мм. В образцах с EPS очисткой эти величины оказались меньше.

Комплексными исследованиями качества плазменной резки установлено, что предпочтение имеют образцы, полученные EPS очисткой.

Вывод по разделу 2:

На основе визуального контроля образцов после лазерной резки согласно режимам (таблица 2.3), металлографических исследований и результатов замера микротвердости основного металла и зоны резки выявлено:

1. Не все образцы прорезались на всю глубину (рисунки 2.3-2.21) из-за нехватки плотности мощности лазерного излучения в некоторых режимах. В некоторых случаях образуется грат, особенно при уменьшении мощности

лазерного излучения, в случае образцов с EPS очисткой величина грата оказалась меньше.

2. Металлографическими исследованиями основного металла и металла зоны резки выявлена идентичная феррито-перлитная структура. Микротрещины в зоне термического влияния отсутствуют.

3. Микротвердость металла зоны термического влияния находится в пределах 281-488 HV, основного металла 112-147 HV.

4. Величина зоны термического влияния не превышает 0,323 мм, а средняя ширина реза 0,55 мм. В образцах с EPS очисткой эти величины оказались меньше.

Комплексными исследованиями качества лазерной резки установлено, что предпочтение имеют образцы, полученные EPS очисткой.

Вывод по разделу 3:

На основе визуального двухстороннего контроля сварного изделия, металлографических исследований и результатов замера микротвердости основного металла и сварного шва установлено:

1. На изделии наблюдается стыковое сварное соединение. Визуальный контроль показал, что поверхностные дефекты на сварном шве и в зоне перехода к основному металлу отсутствуют.

2. Металлографическими исследованиями основного металла и металла сварного шва выявлена идентичная феррито-перлитная структура. Незначительная игольчатость феррита наблюдается на изделии лазерной резки. Внутренние дефекты в сварном шве и в зоне сплавления с основным металлом отсутствуют.

3. Микротвердость металла сварного шва находится в пределах 189-216 HV на не очищенных и 193-237 HV на очищенных образцах. Разница по твердости не превышает 5 %.

Комплексными исследованиями качества сварных соединений и сварных швов установлено, что предпочтение имеют сварные изделия, полученные из очищенных пластинных и вырезанных лазерным способом.

Вывод по разделу 4:

В результате проведенных исследований на адгезию лако-красочных покрытия установлено:

1. Образцы листовой стали после окраски без обработки EPS без фосфатирования и с фосфатированием имели локальные поверхностные дефекты на ЛКП: инородные включения, шагрень. Наличие дефектов на поверхности окрашенных образцов листовой стали обуславливается отсутствием предварительной механической обработки поверхности образцов перед покраской. Образцы листовой стали после окраски с обработкой EPS без фосфатирования и с фосфатированием не имели видимых поверхностных дефектов.

2. Все исследуемые окрашенные образцы с EPS обработкой и без имели адгезию в 0 баллов в соответствии с методикой ISO 2409. Края надрезов полностью гладкие, отслоение квадратов не наблюдается. ЛКП должно быть стойким к внешним агрессивным воздействиям.

Комплексными исследованиями на адгезию лако-красочного покрытия установлено, что предпочтение имеют образцы, полученные EPS очисткой.

Вывод по разделу 5:

1. Образцы листовой стали после окраски без обработки EPS без фосфатирования и с фосфатированием имели локальные поверхностные дефекты на ЛКП: инородные включения, шагрень. Наличие дефектов на поверхности окрашенных образцов листовой стали обуславливается отсутствием предварительной механической обработки поверхности образцов перед покраской. Образцы листовой стали после окраски с

обработкой EPS без фосфатирования и с фосфатированием не имели видимых поверхностных дефектов.

2. Результаты исследований окрашенных образцов с фосфатированием и без фосфатирования выявили, что все образцы, покрытые ЛКМ после выдержки в соляном растворе (непрерывное действие 5% водного раствора натрия хлористого в течение 7 суток) не имели очагов коррозии, вспучивания, изменения цветового оттенка и других визуальных дефектов.

3. Исследование коррозионной стойкости неокрашенных образцов Ст. 3 сп. С EPS и без EPS очистки по ГОСТ Р 9.905-2007 «Непрерывное действие нейтрального соляного тумана» выявили наличие коррозии металла по всей поверхности образцов через 0,5 ч.

4. Исследование коррозионной стойкости окрашенных полиэфирной порошковой композицией марки RAL 9005 образцов Ст. 3 сп. с EPS и без EPS очистки по ГОСТ Р 9.905-2007 «Непрерывное действие нейтрального соляного тумана» выявили наличие коррозии металла по всей поверхности образцов через 250 ч. для образцов с EPS очисткой и 250 ч. для образцов без EPS очистки.

Вывод по разделу 6:

Термогравиметрический анализ не выявил наличие органических соединений на поверхности металлического образца (Ст. 3 сп) после очистки EPS. Таким образом, EPS очистка не требует применения дополнительных операций, связанных с удалением органических компонентов с поверхности, и удорожанием подготовки поверхности металла.

Список литература

1. Методы исследования структуры и свойств полимеров: Учеб. пособие / И.Ю. Аверко-Антонович, Р.Т. Бикмуллин; КГТУ. Казань, 2002. 604 с.
2. Казицына Л.А., Куплецкая Н.Б. Применение УФ-, ИК- и ЯМР-спектроскопии в органической химии. Учеб. пособие для вузов. М., «Высш. школа», 1971, 264 с.
3. Годовский Ю.К. Теплофизические методы исследования полимеров. М., «Химия», 1976, 216 с.
4. ГОСТ Р 29127 - 91 (ИСО 7111-87). Пластмассы. Термогравиметрический анализ полимеров. – Введен 01.01.1993. – М: Стандартиформ, 1991.– 5 с.
5. ГОСТ 31149-2014 (ISO 2409:2013). Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом решетчатого надреза (с Поправкой) – Введен 01.09.2015. – М.: Стандартиформ, 2014
6. Справочник «Лакокрасочные покрытия в машиностроении», 1974 г., изд. Машиностроение, Москва, стр. 230-256
7. ГОСТ Р 9.905-2007. Единая система защиты от коррозии и старения. Методы коррозионных испытаний. Общие требования – Введен 01.01.2009. – М.: Стандартиформ, 2007 - 17 с.
8. Зоткин В.Е. Методология выбора материалов и упрочняющих технологий в машиностроении : учебник / В.Е. Зоткин. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : ИД 'ФОРУМ' : ИНФРА-М, 2019. - 320 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/99204>.
9. Криштафович В.И. Физико-химические методы исследования / В.И. Криштафович. - М.: Дашков и К, 2018. - 208 с.: ISBN 978-5-394-02842-7. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/513811>.
10. Лебухов, В.И. Физико-химические методы исследования [Электронный ресурс] : учебник / В.И. Лебухов, А.И. Окара, Л.П.

- Павлюченкова. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2012. - 480 с. -
Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4543>
11. Статистические методы анализа данных : учебник / Л.И. Ниворожкина,
С.В. Арженовский, А.А. Рудяга [и др.]; под общ. ред. д-ра экон. наук, проф.
Л.И. Ниворожкиной. ? М. : РИОР : ИНФРА-М, 2016. - 333 с. - (Высшее
образование: Бакалавриат). - www.dx.doi.org/10.12737/21064. - Режим
доступа: <http://znanium.com/catalog/product/556760>
12. Методы и средства комплексного статистического анализа данных :
учеб. пособие / А.П. Кулаичев. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : ИНФРА-М,
2018. - 484 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). -
www.dx.doi.org/10.12737/25093. - Режим
доступа: <http://znanium.com/catalog/product/975598>
13. Информационные системы управления качеством в
автоматизированных и автоматических производствах: учеб. пособие / А.Л.
Галиновский, С.В. Бочкарев, И.Н. Кравченко [и др.] ; под ред. А.Л.
Галиновского. - М.: ИНФРА-М, 2019. - 284 с. - (Высшее образование:
Бакалавриат). www.dx.doi.org/10.12737/textbook_5af03c5f781ea2.32722191. -
Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/996022>