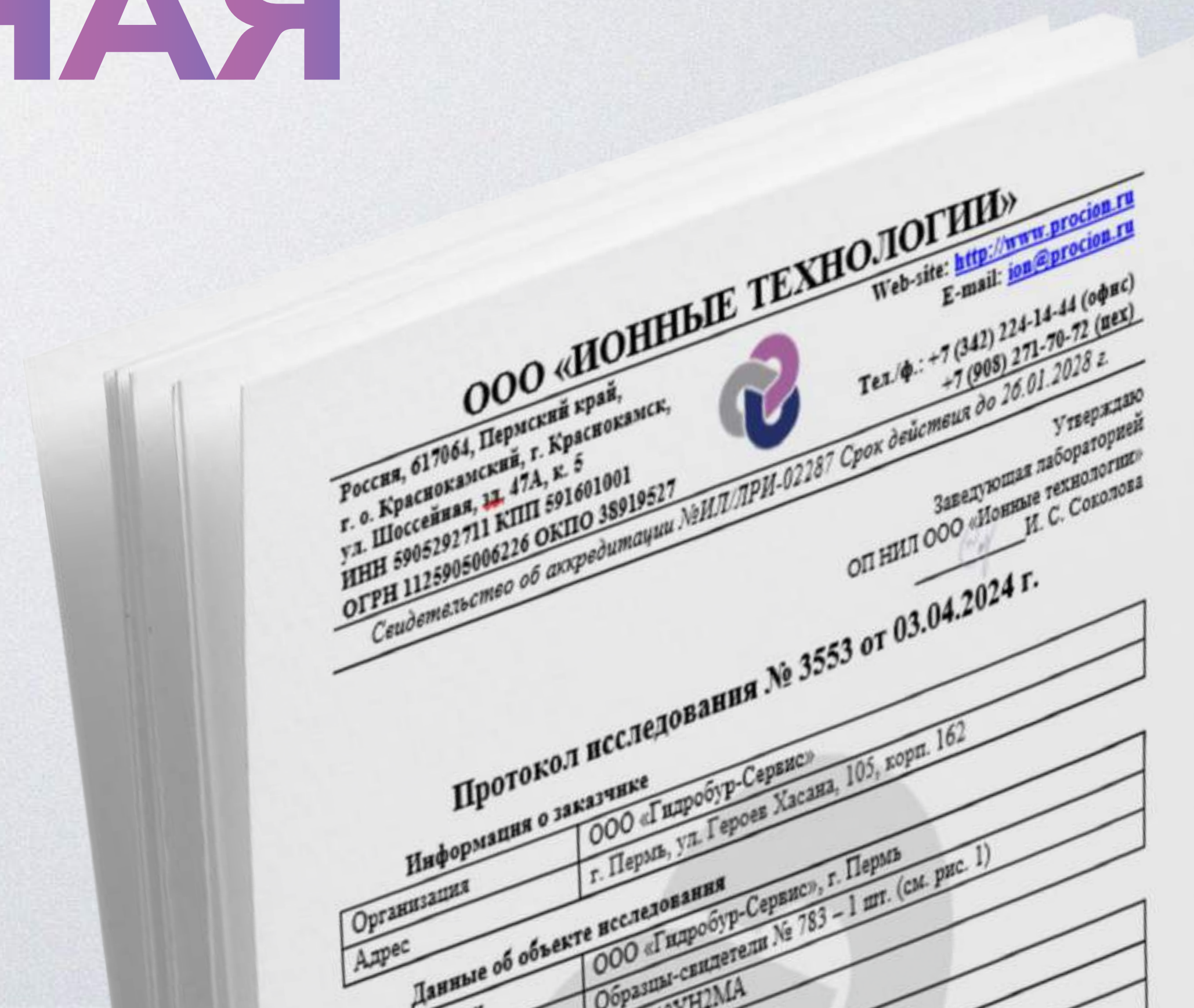




ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к отчету о металлографическом исследовании
от компании ООО «Ионные технологии»

2024



Определения, обозначения и сокращения



ИХТО – ионная химико-термическая обработка;

ТО – термическая обработка;

Диффузионное насыщение – процесс или результат распространения ионов насыщающего элемента вглубь обрабатываемого изделия;

ТКП – технико-коммерческое предложение, документ, который согласовывают до оказания услуги ИХТО, согласно ТКП выставляют счёт;

Нитридная зона – тонкий приповерхностный слой, состоящий из нитридов химических элементов обрабатываемого изделия;

Сердцевина – пространственная область обрабатываемого изделия, не подвергнутая диффузионному насыщению;

КД – конструкторская документация;

Определения, обозначения и сокращения



Дорожка микротвёрдости – последовательность отпечатков, оставляемых индентором при измерении твердости на металлографическом шлифе, расположенных в направлении от исследуемой поверхности к сердцевине;

HV_{сердц.} – твёрдость сердцевины изделия;

h_{н.з.} – толщина нитридной зоны, определяемая как интервал от минимального до максимального значения, мкм;

h_с – глубина упрочненного слоя, выявленная средствами оптической металлографии, мм;

h_{ТВ} – глубина упрочненного слоя, рассчитанная на основе измерений дорожки микротвёрдости относительно величины HV_{сердц.}, мм;

h_{эфф} – глубина эффективного упрочнения, рассчитанная на основе измерений дорожки микротвёрдости относительно величины **HV_{эфф} = HV_{сердц.} + 50, мм.**

Описание разделов



Информация об аккредитации лаборатории

- Если лаборатория аккредитована признанным органом по аккредитации, то это означает, что она достигла предписанного уровня **технической компетентности** в проведении определенных видов испытаний, измерений. Аккредитация лаборатории – **гарантия** того, что лаборатория способна вырабатывать **точные, прослеживаемые и воспроизводимые данные** в качестве основы для принятия правительственных решений.

Информационный блок о заказчике, объектах исследования, условиях испытания, оборудовании и материалах.

ООО «ИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Россия, 617064, Пермский край,
г. о. Краснокамский, г. Краснокамск,
ул. Шоссейная, зд. 47А, к. 5
ИНН 5905292711 КПП 591601001
ОГРН 1125905006226 ОКПО 38919527



Web-site: <http://www.procion.ru>
E-mail: ion@procion.ru

Тел./ф.: +7 (342) 224-14-44 (офис)
+7 (908) 271-70-72 (цех)

Свидетельство об аккредитации №ИЛ/ПРИ-02287 Срок действия до 26.01.2028 г.

Утверждаю
Заведующая лабораторией
ОП НИЛ ООО «Ионные технологии»
И. С. Соколова

Протокол исследования № 3553 от 03.04.2024 г.

Информация о заказчике

Организация	ООО «Гидробур-Сервис»
Адрес	г. Пермь, ул. Героев Хасана, 105, корп. 162

Данные об объекте исследования

Предоставлен	ООО «Гидробур-Сервис», г. Пермь
Объект исследования	Образцы-свидетели № 783 – 1 шт. (см. рис. 1)
Материал	Сталь 40ХН2МА

Данные о проведенном процессе ИХТО

UIN режима	7726
Дата режима	29.03.2024
Установка	ИОН-152И
Тип процесса	Ионное азотирование

Условия проведения исследований

Исследования проведены	ОП НИЛ ООО «Ионные технологии», г. Пермь, ул. Стахановская 45, 508 оф.
Дата исследования	03.04.2024
Температура, °C	+23,6
Влажность, %	29,9

Средства измерения и вспомогательные материалы

Прибор универсальный для измерения твердости металлов и сплавов 2137 (свидетельство о поверке № С-ВН/25.07.2023/264462580 действителен до 24.07.2024)	
Твердомер по Микро-Виккерсу HVS-1000 (сертификат о калибровке №13/10863 от 25.07.2023 г., протокол калибровки № 33599/3 от 25.07.2023 г.)	
Микротвердомер ПМТ-3М (свидетельство о поверке № С-ВН/25-07-2023/264610355 действителен до 24.07.2024)	
Анализатор структур многомасштабный SIAMS модификация АСМ.1 (св-во о поверке № 41142 от 05.02.2024)	
Реактив: 4 % раствор азотной кислоты	

Методики испытаний, квалификационные удостоверения сотрудников и свидетельства о поверке на оборудование предоставляются по запросу.

Описание разделов

Объекты исследования классифицируются на:

- «Деталь-свидетель» – полностью соответствует упрочненным изделиям заказчика;
- «Деталь-имитатор» – имеет схожие или приближенные к обрабатываемым изделиям геометрические характеристики;
- «Образец-свидетель» – имеет простую геометрическую форму и упрочняется совместно с изделиями заказчика в одном режиме;
- «Образец» – обычно используют отдельно (для отработки режимов).

Для более **точного определения характеристик** упрочненного слоя и достоверной оценки его качества необходимо предоставлять объекты для исследований, изготовленные из **той же партии металла**, что и изделия, прошедшие аналогичную термообработку и имеющие шероховатость поверхности **не более Ra 0,4**. Это позволит получить более точные и объективные результаты.

ООО «ИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Россия, 617064, Пермский край,
г. о. Краснокамский, г. Краснокамск,
ул. Шоссейная, зд. 47А, к. 5
ИНН 5905292711 КПП 591601001
ОГРН 1125905006226 ОКПО 38919527



Web-site: <http://www.procion.ru>
E-mail: ion@procion.ru

Тел./ф.: +7 (342) 224-14-44 (офис)
+7 (908) 271-70-72 (цех)

Свидетельство об аккредитации №ИЛ/ПРИ-02287 Срок действия до 26.01.2028 г.

Утверждаю
Заведующая лабораторией
ОП НИЛ ООО «Ионные технологии»
И. С. Соколова

Протокол исследования № 3553 от 03.04.2024 г.

Информация о заказчике

Организация	ООО «Гидробур-Сервис»
Адрес	г. Пермь, ул. Героев Хасана, 105, корп. 162

Данные об объекте исследования

Предоставлен	ООО «Гидробур-Сервис», г. Пермь
Объект исследования	Образцы-свидетели № 783 – 1 шт. (см. рис. 1)
Материал	Сталь 40ХН2МА

Данные о проведенном процессе ИХТО

UIN режима	7726
Дата режима	29.03.2024
Установка	ИОН-152И
Тип процесса	Ионное азотирование

Условия проведения исследований

Исследования проведены	ОП НИЛ ООО «Ионные технологии», г. Пермь, ул. Стахановская 45, 508 оф.
Дата исследования	03.04.2024
Температура, °С	+23,6
Влажность, %	29,9

Средства измерения и вспомогательные материалы

Прибор универсальный для измерения твердости металлов и сплавов 2137 (свидетельство о поверке № С-ВН/25.07.2023/264462580 действителен до 24.07.2024)	
Твердомер по Микро-Виккерсу HVS-1000 (сертификат о калибровке №13/10863 от 25.07.2023 г., протокол калибровки № 33599/3 от 25.07.2023 г.)	
Микротвердомер ПМТ-3М (свидетельство о поверке № С-ВН/25-07-2023/264610355 действителен до 24.07.2024)	
Анализатор структур многомасштабный SIAMS модификация АСМ.1 (св-во о поверке № 41142 от 05.02.2024)	
Реактив: 4 % раствор азотной кислоты	

Методики испытаний, квалификационные удостоверения сотрудников и свидетельства о поверке на оборудование предоставляются по запросу.

Описание разделов

UIN режима – это идентификационный номер, по которому мы быстро сможем найти всю информацию о проведенном режиме упрочнения.

Здесь представлен список оборудования, посредством которого проводились исследования и данные о поверках* этого оборудования.

* Поверка – это официальное подтверждение, что оборудование исправно и соответствует метрологическим характеристикам. Проводится 1 раз в год государственным центром стандартизации метрологии и испытаний.

ООО «ИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Россия, 617064, Пермский край,
г. о. Краснокамский, г. Краснокамск,
ул. Шоссейная, зд. 47А, к. 5
ИНН 5905292711 КПП 591601001
ОГРН 1125905006226 ОКПО 38919527



Web-site: <http://www.procion.ru>
E-mail: ion@procion.ru

Тел./ф.: +7 (342) 224-14-44 (офис)
+7 (908) 271-70-72 (цех)

Свидетельство об аккредитации №ИЛ/ПРИ-02287 Срок действия до 26.01.2028 г.

Утверждаю
Заведующая лабораторией
ОП НИЛ ООО «Ионные технологии»
И. С. Соколова

Протокол исследования № 3553 от 03.04.2024 г.

Информация о заказчике

Организация	ООО «Гидробур-Сервис»
Адрес	г. Пермь, ул. Героев Хасана, 105, корп. 162

Данные об объекте исследования

Предоставлен	ООО «Гидробур-Сервис», г. Пермь
Объект исследования	Образцы-свидетели № 783 – 1 шт. (см. рис. 1)
Материал	Сталь 40ХН2МА

Данные о проведенном процессе ИХТО

UIN режима	7726
Дата режима	29.03.2024
Установка	ИОН-152И
Тип процесса	Ионное азотирование

Условия проведения исследований

Исследования проведены	ОП НИЛ ООО «Ионные технологии», г. Пермь, ул. Стахановская 45, 508 оф.
Дата исследования	03.04.2024
Температура, °С	+23,6
Влажность, %	29,9

Средства измерения и вспомогательные материалы

Прибор универсальный для измерения твердости металлов и сплавов 2137 (свидетельство о поверке № С-ВН/25.07.2023/264462580 действителен до 24.07.2024)
Твердомер по Микро-Виккерсу HVS-1000 (сертификат о калибровке №13/10863 от 25.07.2023 г., протокол калибровки № 33599/3 от 25.07.2023 г.)
Микротвердомер ПМТ-3М (свидетельство о поверке № С-ВН/25-07-2023/264610355 действителен до 24.07.2024)
Анализатор структур многомасштабный SIAMS модификация АСМ.1 (св-во о поверке № 41142 от 05.02.2024)
Реактив: 4 % раствор азотной кислоты

Методики испытаний, квалификационные удостоверения сотрудников и свидетельства о поверке на оборудование предоставляются по запросу.

Описание разделов

В таблице 1 указан список изделий, которые были подвергнуты процессу упрочнения ИХТО согласно ТКП.

- В ТКП указываются требования к упрочненному слою, которые необходимо достичь после ИХТО. Требования, прописанные в ТКП, могут отличаться от установленных КД.

На рисунке 1 показан внешний вид образцов поступивших в лабораторию на исследования.

- Для определения глубины упрочненного слоя мы **разрезаем** объект исследования и **запрессовываем** его фрагмент в термоотверждаемую смолу (исследуем поверхность реза).

В таблице 2 сведены все полученные в результате исследования упрочненного слоя после ИХТО измеренные величины.

Таблица 1 – Перечень упрочненных деталей

№	Наименование	Шифр	Серийный №	Кол-во, шт.	Требования к азотированному слою
1	Муфта ведомая	DS-285.0.03	2341311	1	ТКП 24-01349 2024-03-27: 1. Глубина слоя: 0,2 – 0,3 мм; 2. Поверхностная твердость: ≥ 550 HV.
2			2341312	1	
3			2341313	1	
4			2341314	1	
5			2341315	1	
6			2341301	1	
7			2341302	1	
8			2341303	1	
9			2341304	1	
10			2341305	1	

Результаты металлографического исследования после режима ИХТО



Рисунок 1 – Вид образца-свидетеля после режима ИХТО (а) и фрагмента в заливке (б)

Таблица 2 – Характеристики азотированного слоя

		Образец	№ 783
Поверхностная твердость, кгс/мм ²		HV30	610 – 620
		HV10	660 – 670
		HV5	680 – 690
Поверхностная микротвердость HV 0.1, кгс/мм ²			680 – 710
Глубина слоя, мм	по микроструктуре (h_c)		0,19 – 0,21
	по микротвердости ($h_{тв}$)		0,30
	эффективная ($h_{эф}$)		0,22
Толщина нитридной зоны ($h_{н.з.}$), мкм			3 – 6
Хрупкость по шкале ВИАМ			I балл, не хрупкий

Поверхностная твердость – это твёрдость, измеряемая на поверхности изделия (не на металлографическом шлифе) при нагрузке $\geq 0,2$ кгс.

Образец	№ 783
HV30	610 – 620
HV10	660 – 670
HV5	680 – 690
Поверхностная микротвердость HV 0.1, кгс/мм ²	680 – 710

Поверхностная микротвердость – это твёрдость, измеряемая на поверхности изделия (не на металлографическом шлифе) при нагрузке $< 0,2$ кгс.

Твердость определена интервалом от минимального до максимального среди полученных значений, попадающих в доверительный интервал.

Обозначает, что измерение проводилось по методу Виккерса.

HV 30

Обозначает нагрузку в кгс.

Чем больше нагрузка, тем сильнее продавливается упрочненный слой. Для **корректного определения** твердости поверхностного слоя следует правильно подбирать нагрузку во избежание продавливания слоя и измерения усредненной твердости сердцевины и слоя. **Рекомендуемые нагрузки приведены в таблице 1.**

Таблица 1 - Рекомендуемые нагрузки при измерении твердости методом Виккерса

Глубина упрочненного слоя	$\geq 0,30$ мм	0,15 – 0,30 мм	0,15 – 0,05 мм
Нагрузка	294,2 Н (30 кгс)	98,07 Н (10 кгс)	49,03 Н (5 кгс).
	98,07 Н (10 кгс)	49,03 Н (5 кгс)	9,8 Н (1 кгс)

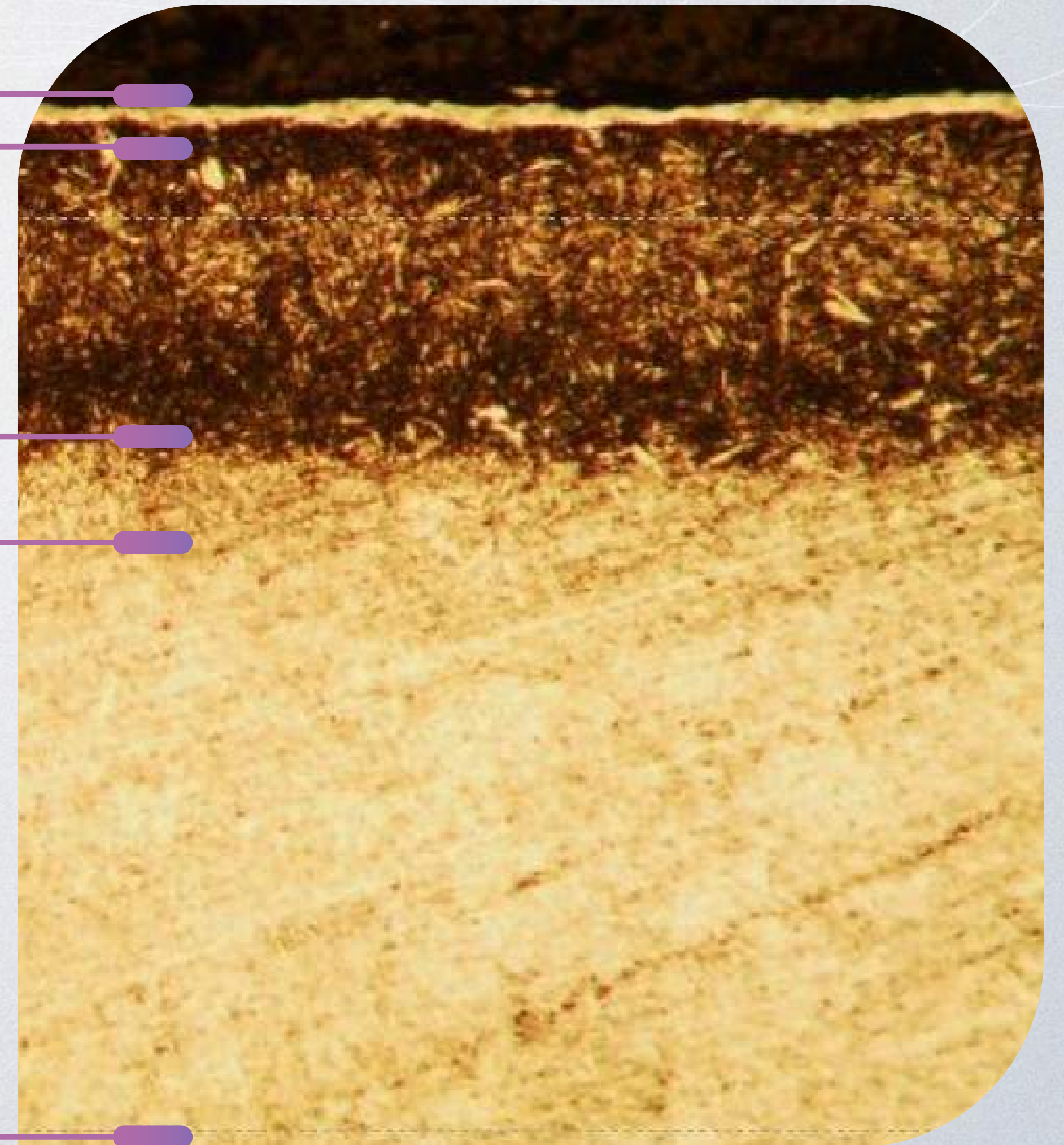
Пример структуры азотированного слоя

Нитридный слой

Диффузионный слой

Переходная зона

Сердцевина



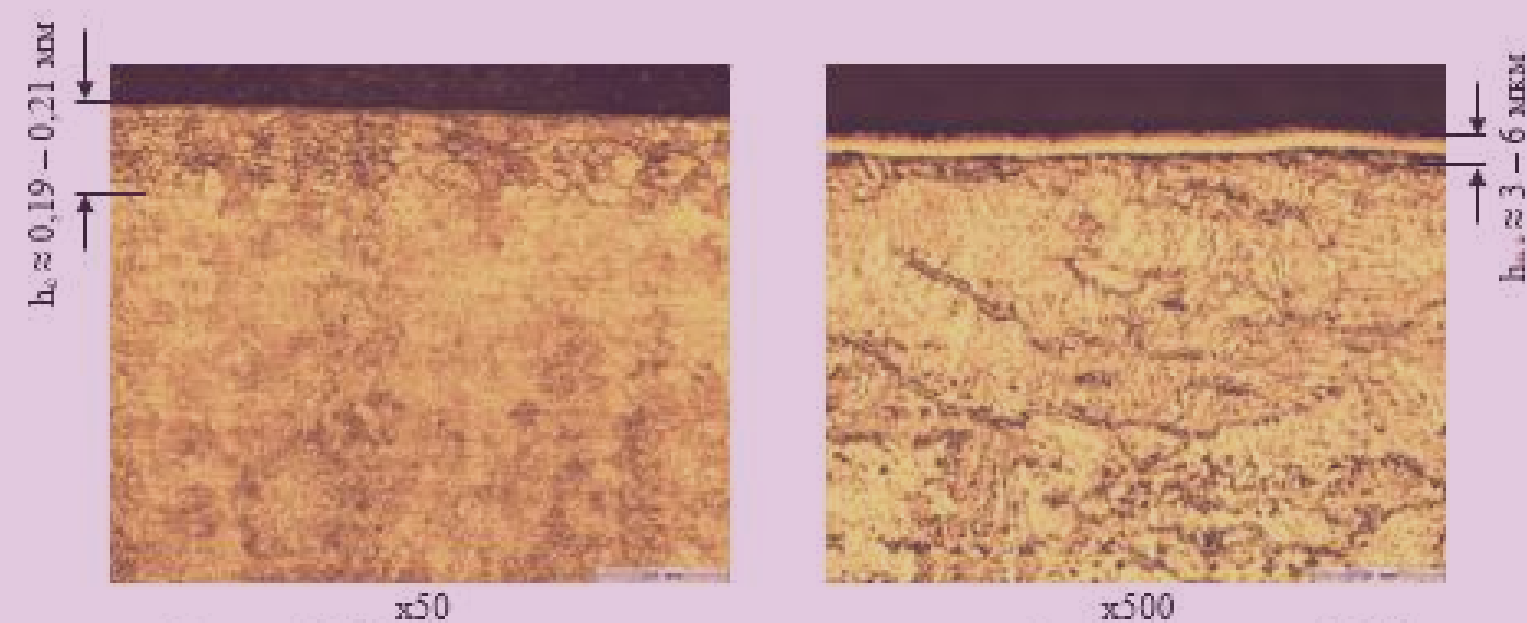


Рисунок 2 – Микроструктура азотированного слоя на образце-свидетеле № 783

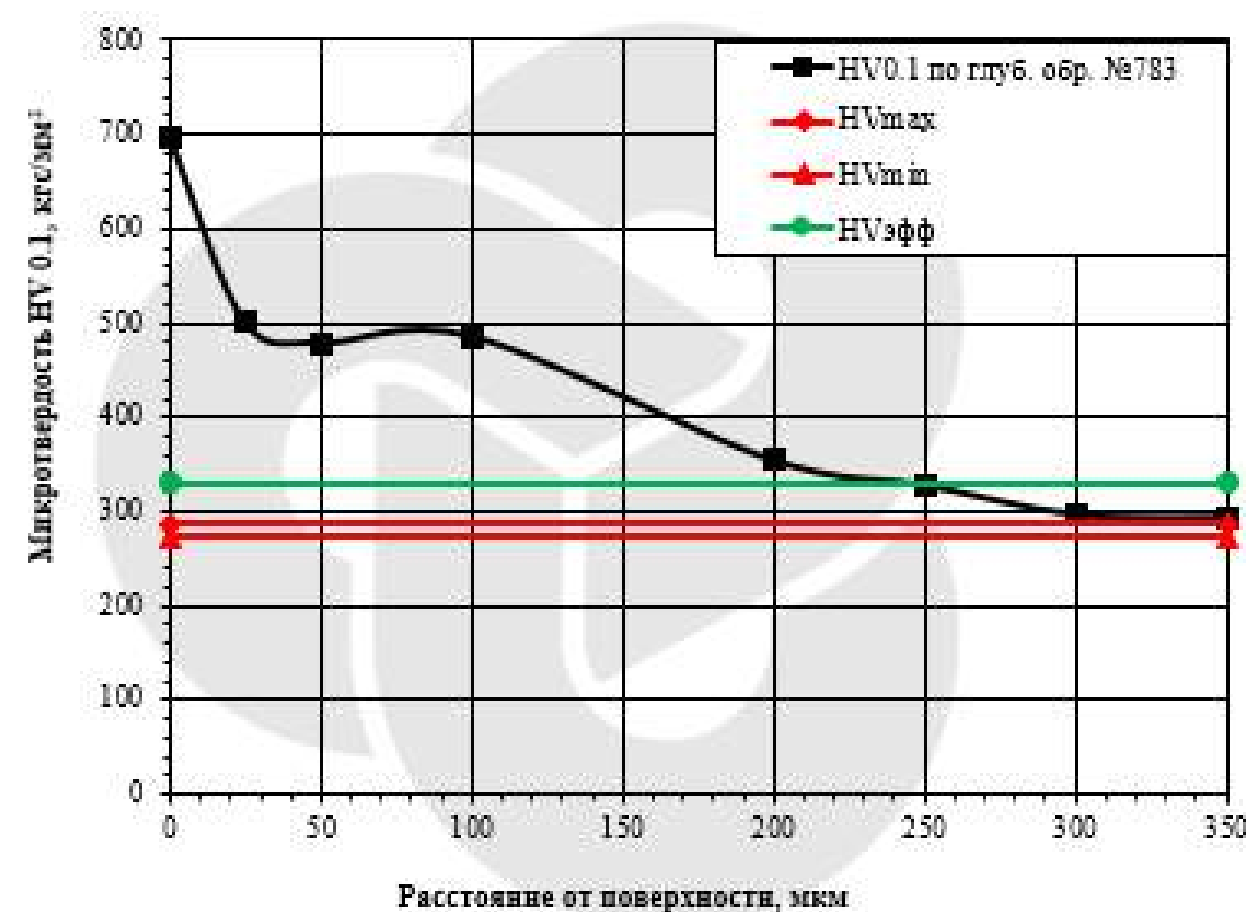


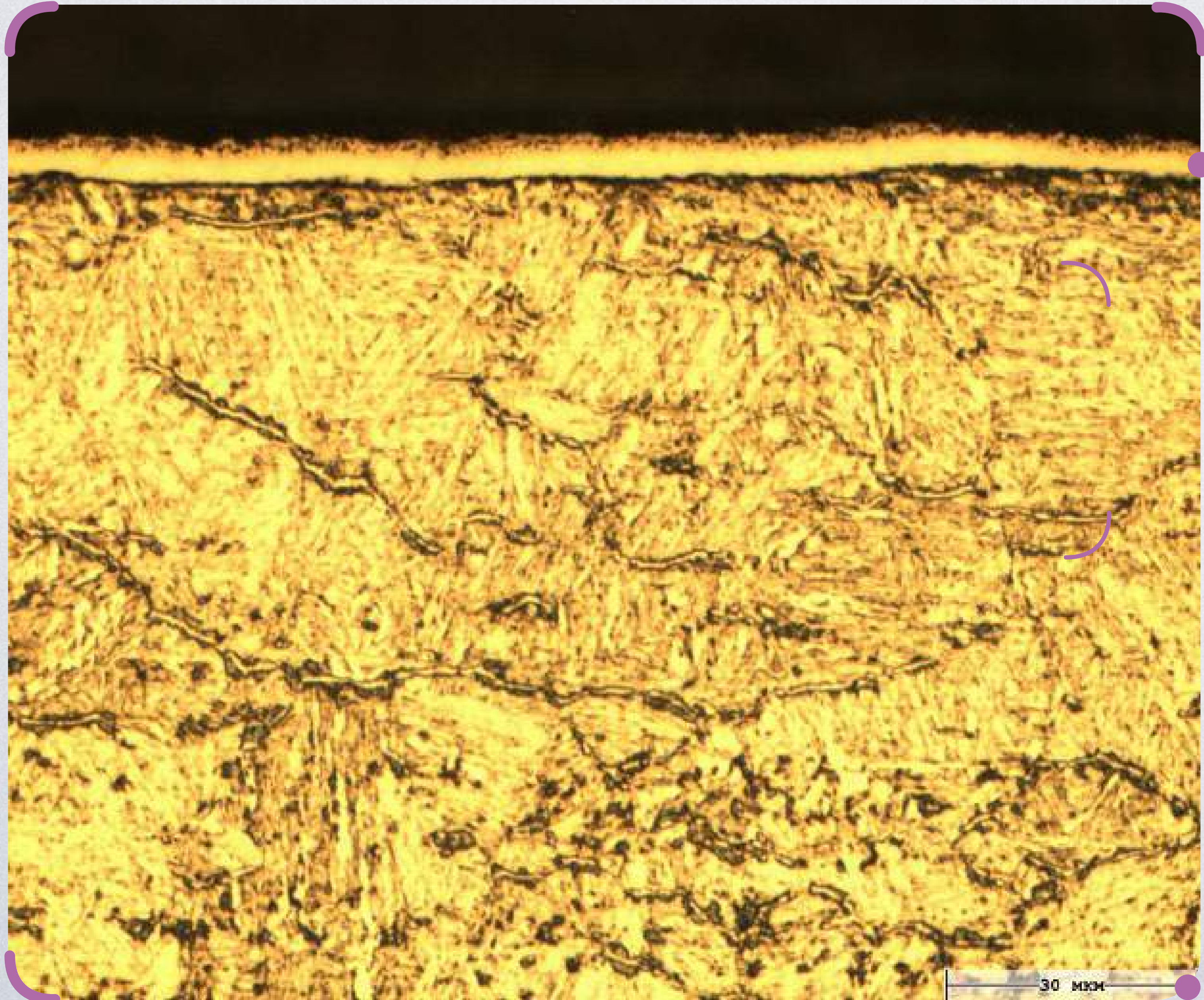
Рисунок 3 – Распределение микротвердости по глубине азотированного слоя на образце-свидетеле



Рисунок 4 – Типовой отпечаток хрупкости, HV30, x100

На рисунке 2 представлены изображения микроструктуры исследуемого объекта, полученные посредством оптического микроскопа.

- Под рисунками указывается кратность увеличения для каждого изображения (от x50 до x1000).
- При травлении реактивами выявляются различные структурные составляющие металла, в том числе азотированный слой. С помощью программы проводятся измерения упрочненного слоя (h_c): нитридной ($h_{н.з.}$) и диффузионной зоны.
- В зависимости от химического состава стали и других параметров, азотированный слой может быть выявлен некорректно или не выявлен средствами оптической металлографии. В большинстве случаев наиболее корректный результат будет получен построением дорожки микротвердости.



Нитридная зона
выявляется «белым»
слабопротравленным
слоем.

На изображениях
в нижнем углу есть
масштабный отрезок,
по которому всегда
можно сопоставить
полученные значения.

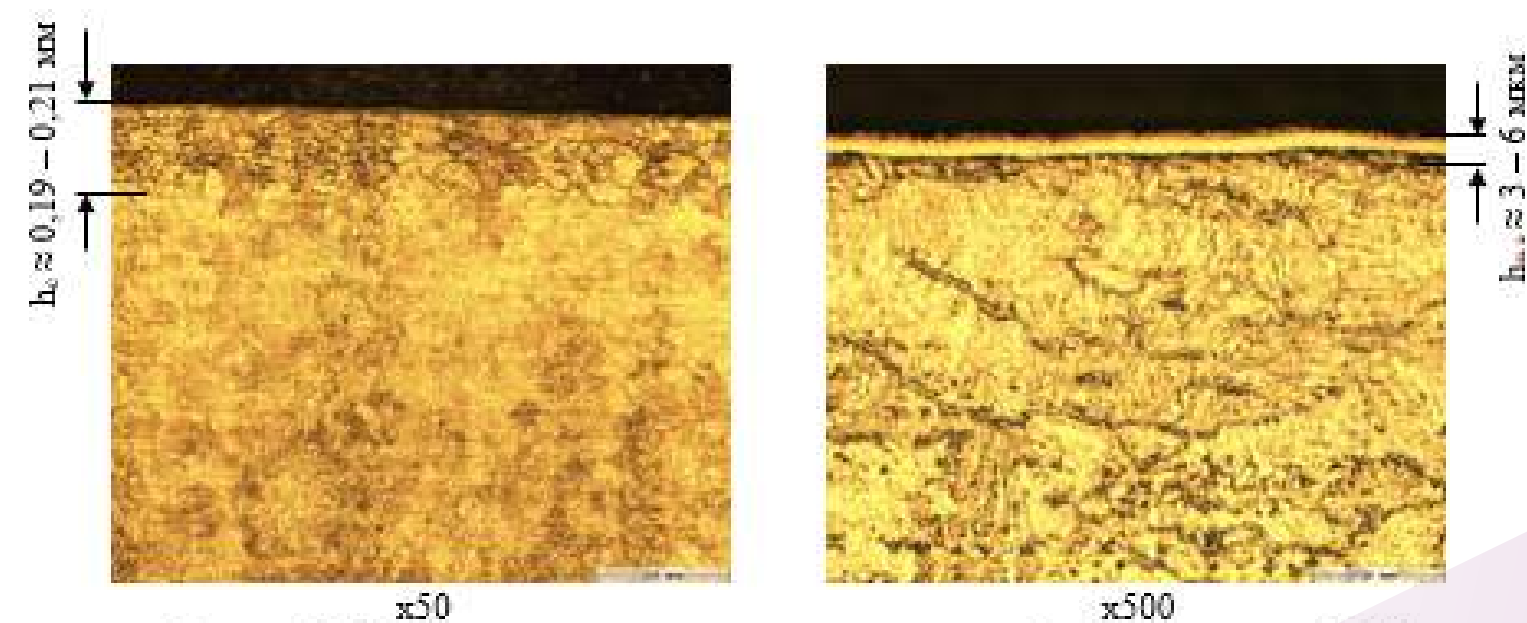


Рисунок 2 – Микроструктура азотированного слоя на образце-свидетеле № 783

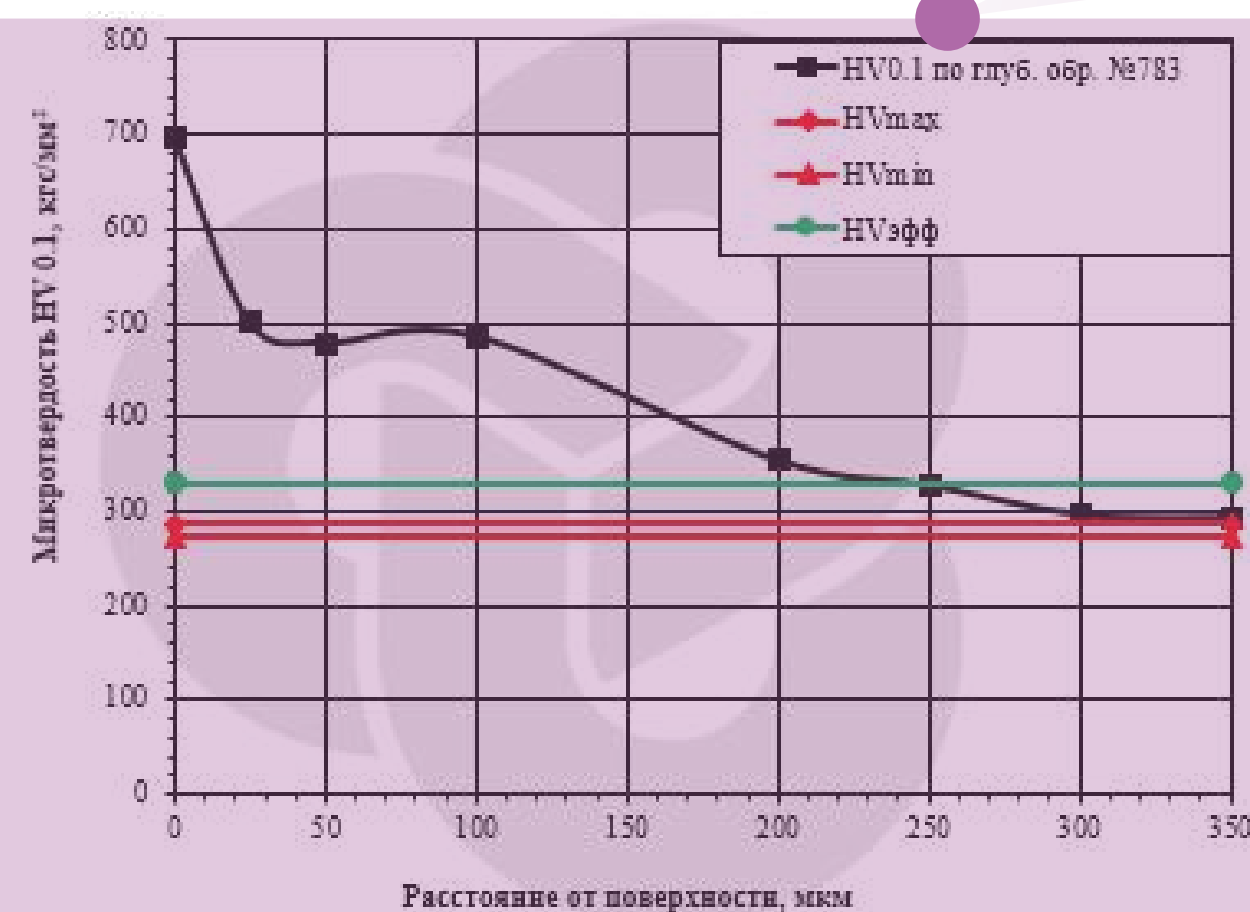


Рисунок 3 – Распределение микротвердости по глубине азотированного слоя на образце-свидетеле



Рисунок 4 – Типовой отпечаток хрупкости, HV30, x100

На рисунке 3 представлена диаграмма распределения микротвердости по глубине упрочненного слоя.

- На диаграмме по вертикальной оси указана твердость, а по горизонтальной оси – расстояние по направлению от поверхности к сердцевине объекта.

— **Черная линия** отображает твердость на определенной глубине изделия.

— **Красные линии** проведены на уровне максимального и минимального среди измеренных значений твердости сердцевины, **зеленая линия** – на уровне значения эффективной твердости (**HVэфф**).

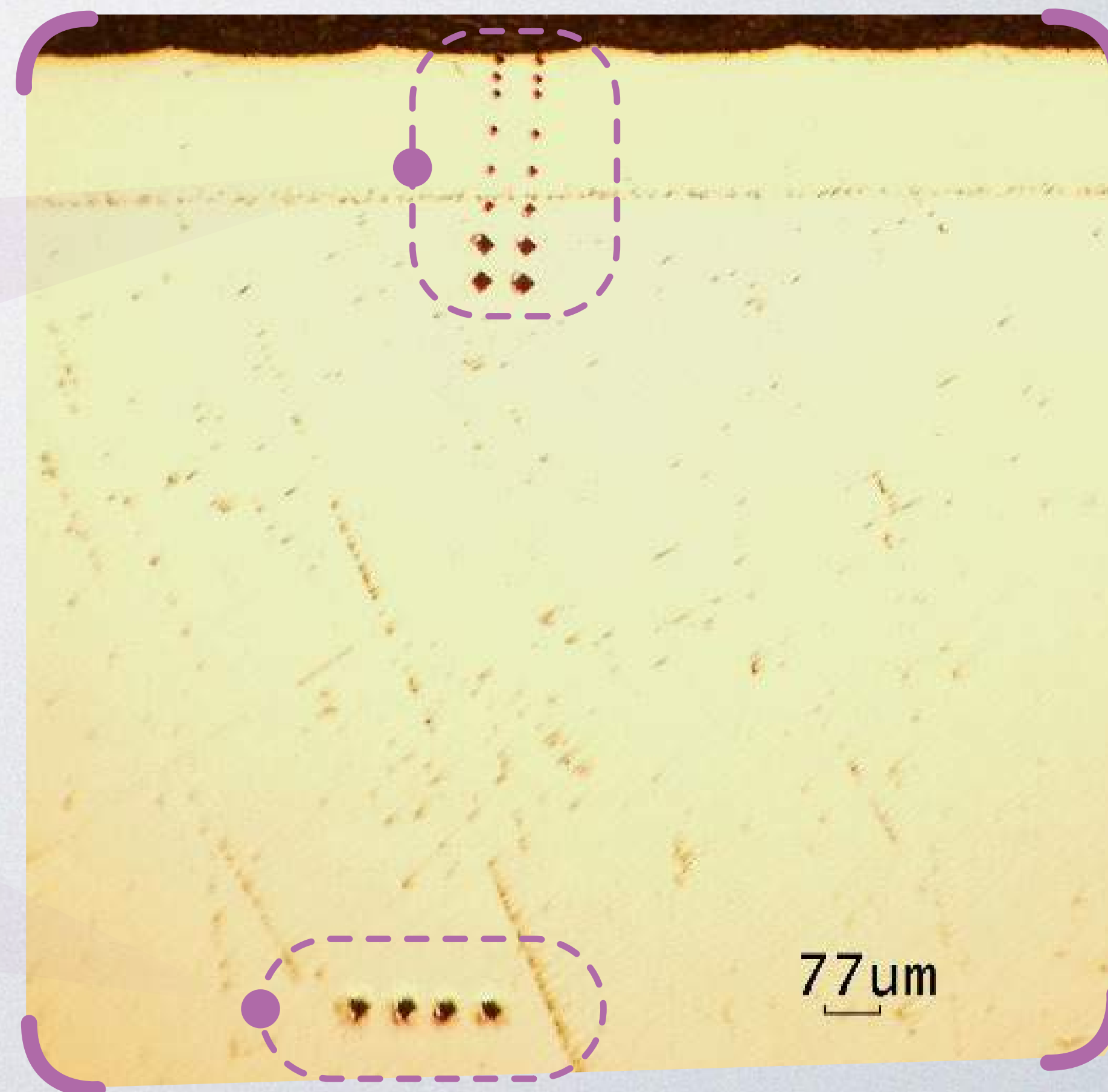


Таким образом, по точкам пересечения черной линии с зеленой и красной верхней линией, геометрическим способом можно определить глубину упрочнения.

Пример дорожки микротвердости при определении глубины слоя

Определение
общей глубины слоя

Определение
твердости сердцевины



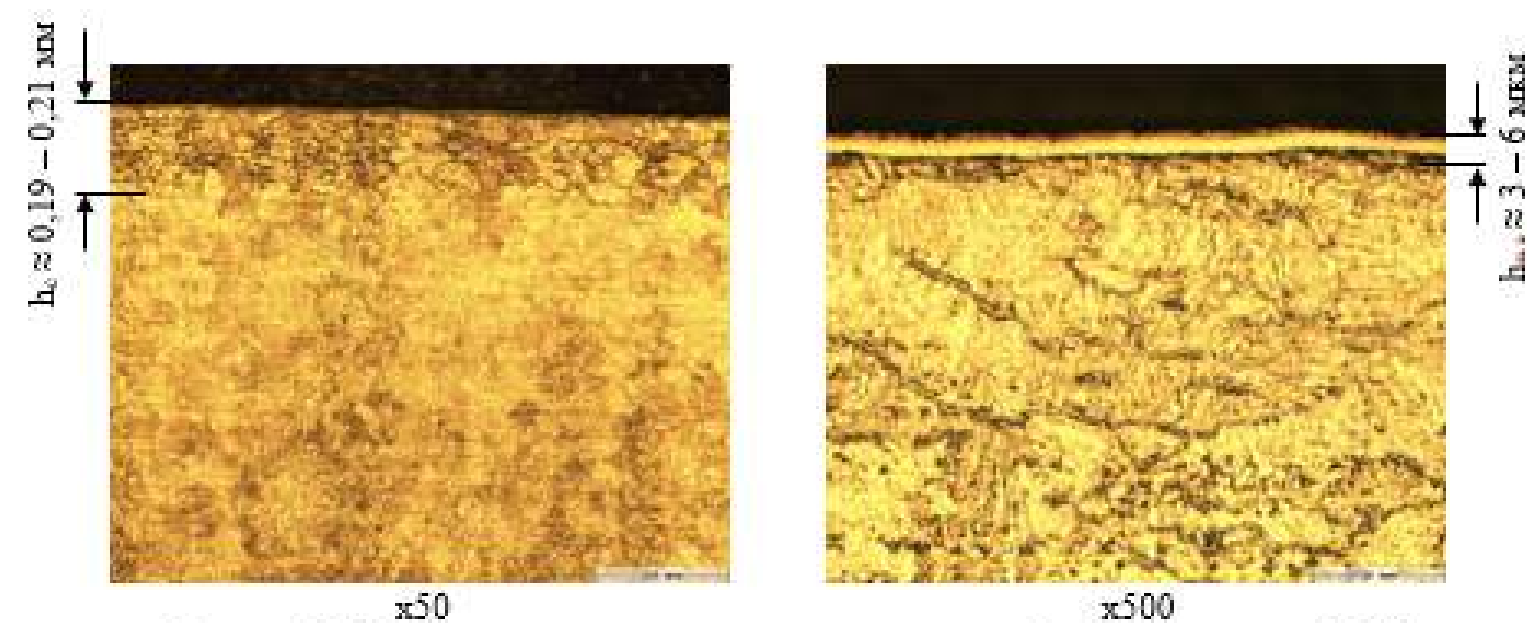


Рисунок 2 – Микроструктура азотированного слоя на образце-свидетеле № 783

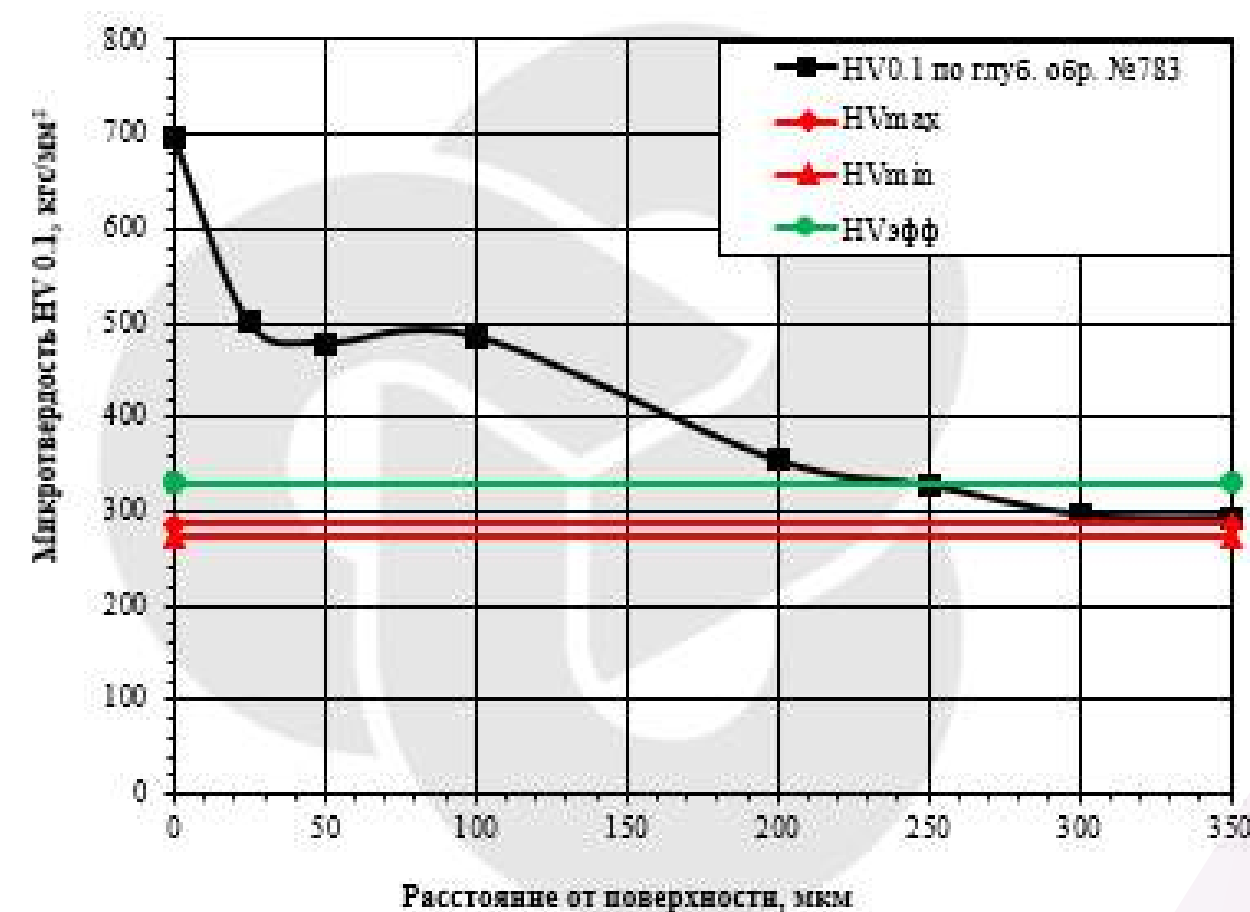


Рисунок 3 – Распределение микротвердости по глубине азотированного слоя на образце-свидетеле



Рисунок 4 – Типовой отпечаток хрупкости, HV30, x100

Определение хрупкости поверхностного слоя осуществляется путем сопоставления полученного отпечатка с шкалой хрупкости ВИАМ.

Шкала ВИАМ

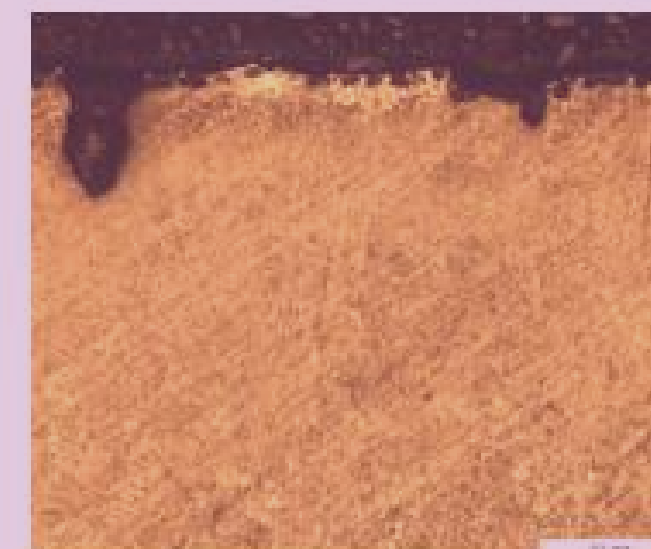
Группа	Вид отпечатка	Определение	Примечание
I		Нехрупкий	Во всех случаях допустимо
II		Слегка хрупкий	
III		Хрупкий	Недопустимо на шлифованных поверхностях
IV		Очень хрупкий	Во всех случаях недопустимо



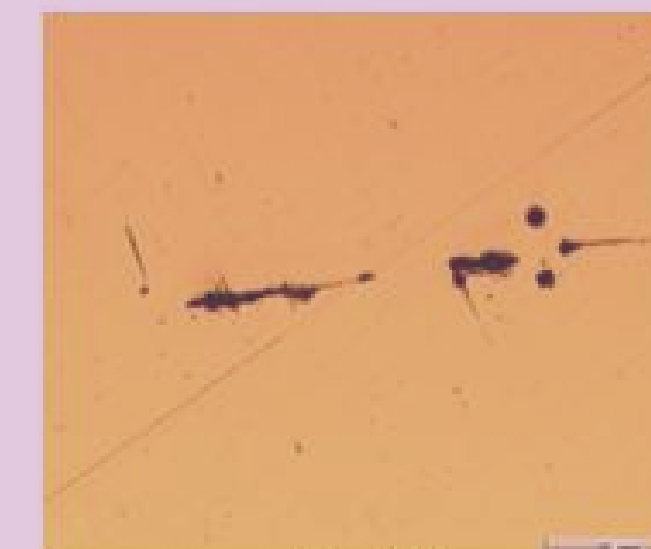
Помимо основных характеристик, в документе может быть указана дополнительная информация: обнаруженные дефекты, заключения о микроструктуре сердцевины, поверхностная твердость, измеренная непосредственно на упрочняемых изделиях и т.д.

Результаты измерения поверхностной твердости на упрочняемом изделии ультразвуковым твердомером ТКМ-459.

Ультразвуковой твердомер ТКМ-459 – переносной портативный прибор для измерения твердости поверхности. На экран прибора выводиться среднее значение, полученное по 5-и измерениям.



а – х50



б – х200

Рисунок 5 – Вид обнаруженных дефектов:
а – следы язвенной коррозии; б – неметаллические включения в сердцевине стали



Рисунок 6 – Результаты измерения поверхностной твердости на детали ультразвуковым твердомером ТКМ-459, HV5

Заключение

Азотированный слой на образце-свидетеле № 783 из стали 40ХН2МА имеет следующие характеристики, поверхностная твердость 660 – 670 HV10, глубина слоя по микротвердости 0,30 мм; хрупкость I балл – не хрупкий.

Приведенные результаты относятся к объектам, прошедшим металлографическое исследование, и применимы к деталям согласно таблице 1 при соответствии марки стали и параметров ТО.

Испытания провел:
Инженер-исследователь
Специалист разрушающего контроля II уровня
Квалификационное удостоверение № НОАП – 0030 – 11814

 Даутова Э. Р.

Протокол утвердил:
Заведующая лабораторией
Специалист разрушающего контроля III уровня
Квалификационное удостоверение № НОАП – 0030 – 11874
Тел./ф.: +7-342-224-14-44, lab@procion.ru



 Соколова И. С.

В заключении прописываются основные характеристики, которые свидетельствуют о качестве упрочненного слоя:

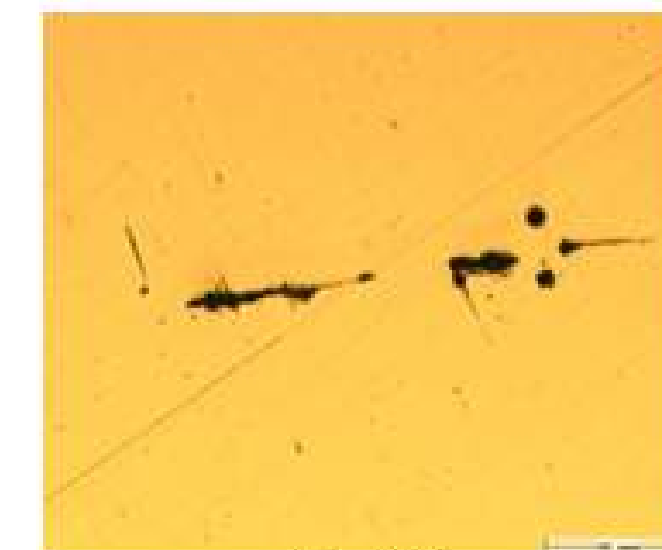
- Твердость при оптимальной нагрузке;
- Глубина слоя по микротвердости;
- Балл хрупкости.

В разделе реквизитов отображены данные об инженер-исследователе, который провел испытания, а так же о проверяющем, который подтверждает корректность полученных результатов.

Каждое исследование проходит двойную верификацию, чтобы исключить ошибки.



а – х50



б – х200

Рисунок 5 – Вид обнаруженных дефектов:
а – следы язвенной коррозии; б – неметаллические включения в сердцевине стали



Рисунок 6 – Результаты измерения поверхностной твердости на детали ультразвуковым твердомером TCM-459, HV5

Заключение

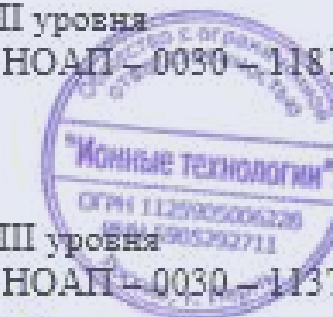
Азотированный слой на образце-свидетеле № 783 из стали 40ХН2МА имеет следующие характеристики, поверхностная твердость 660 – 670 HV10, глубина слоя по микротвердости 0,30 мм; хрупкость I балл – не хрупкий.

Приведенные результаты относятся к объектам, прошедшим металлографическое исследование, и применимы к деталям согласно таблице 1 при соответствии марки стали и параметров ТО.

Испытания провел:
Инженер-исследователь
Специалист разрушающего контроля II уровня
Квалификационное удостоверение № НОАП – 0030 – 11814

 Даудова Э. Р.

Протокол утвердил:
Заведующая лабораторией
Специалист разрушающего контроля III уровня
Квалификационное удостоверение № НОАП – 0030 – 11374
Тел./ф.: +7-342-224-14-44, lab@nrocion.ru



 Соколова И. С.

Если остались вопросы,
свяжитесь с нами

☎ +7-342-224-14-44
@ lab@procion.ru

