

СТАНДАРТ ОТРАСЛИ

**МАКРО- И МИКРОСТРУКТУРЫ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС
ТЯГОВЫХ ПЕРЕДАЧ ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО
СОСТАВА**

Оценочные шкалы и порядок контроля

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Научно-исследовательским институтом тепловозов и
путевых машин (ВНИТИ) МПС России

ВНЕСЕН Департаментом локомотивного хозяйства МПС России

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Указанием МПС России
от №

3 ВЗАМЕН ТИ 32 ВНИИЖТ 81/1
ТИ 32 ВНИИЖТ 82/1

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично вос-
произведен, тиражирован и распространен в качестве официального
издания без разрешения МПС России

Содержание

1 Область применения.....	1
2 Нормативные ссылки.....	1
3 Определения, обозначения и сокращения.....	2
4 Методы испытаний и контроля зубчатых колес с поверхностным упрочнением зубьев.....	3
4.1 Общие положения.....	3
4.2 Отбор проб для макро- и микроисследований и измерений твердости.....	3
4.3 Обработка темплетов и режимы травления.....	4
4.4 Оценка качества упрочненного поверхностного слоя зубьев при закалке ТВЧ путем сравнения с эталонами шкал.....	4
4.4.1 Контроль конфигурации и толщины закаленного слоя.....	4
4.4.2 Контроль микроструктуры закаленного слоя и сердцевины зуба.....	4
4.4.3 Контроль твердости закаленного слоя и сердцевины зуба.....	6
4.4.4 Определение степени наклепа впадины при секторной закалке зуба.....	6
4.5 Оценка качества упрочненного поверхностного слоя зубьев при термообработке цементацией путем сравнения с эталонами шкал.....	6
4.5.1 Контроль наличия и распределения структурно-свободного цемента.....	6
4.5.2 Контроль микроструктуры цементованного слоя по остаточному аустениту.....	7
4.5.3 Контроль на наличие межзеренного окисления.....	7
4.5.4 Контроль конфигурации и толщины цементованного слоя.....	7
4.5.5 Контроль твердости цементованного слоя и сердцевины зуба.....	8
Приложение А Шкала 1. Оценка конфигурации закаленного слоя.....	9
Приложение Б Шкала 2. Оценка микроструктуры закаленного слоя и сердцевины зуба.....	14
Приложение В Шкала 3. Оценка микроструктуры цементованного слоя по карбидам.....	16
Приложение Г Шкала 4. Оценка микроструктуры цементованного слоя по остаточному аустениту.....	19
Приложение Д Шкала 5. Оценка микроструктуры цементованного слоя на наличие межзеренного окисления.....	21

СТАНДАРТ ОТРАСЛИ

Макро- и микроструктуры зубчатых колес тяговых
передач тягового подвижного состава.
Оценочные шкалы и порядок контроля

Дата введения 1997-09-01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на зубчатые колеса и их венцы тяговых передач тягового подвижного состава магистральных железных дорог Российской Федерации, изготавливаемых по соответствующей нормативной документации на зубчатые колеса с зубьями, упрочненными закалкой токами высокой частоты или цементацией.

Стандарт устанавливает металлографические методы определения качества упрочнения зубьев, классификацию возможных дефектов термической или химико-термической обработки, а также эталонные шкалы для оценки макро- и микроструктур зубьев.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 3.1109-82 ЕСТД. Термины и определения основных понятий

ГОСТ 5639-82 Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна

ГОСТ 9012-59 Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю

ГОСТ 9013-59 Металлы. Метод измерения твердости по Роквеллу

ГОСТ 16530-83 Передачи зубчатые. Общие термины, определения и обозначения

ГОСТ 20495-75 Упрочнение металлических деталей поверхностной химико-термической обработкой. Характеристика и свойства диффузионного слоя. Термины и определения

3 Определения, обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применяют следующие термины с соответствующими определениями:

контурная закалка - вид термической обработки. Поверхностная закалка токами высокой частоты контура зуба;

макроструктура - строение твердых тел, в частности металла, видимое невооруженным глазом или при небольших увеличениях на макрошлифах;

микроструктура - строение металлов и сплавов, видимое при помощи микроскопа на микрошлифах;

макрошлиф - темплет с плоской шлифованной поверхностью, подвергнутый травлению раствором кислоты или щелочи для выявления макроструктуры;

микрошлиф - темплет с плоской полированной поверхностью, подвергнутый травлению слабым раствором кислоты или щелочи для выявления микроструктуры;

наклеп впадины зуба - упрочнение впадины зуба методом накатки при секторной закалке;

переходная поверхность зуба - зона перехода от эвольвентной поверхности зуба к впадине зуба;

секторная закалка - закалка сектора по эвольвентной поверхности зуба с обязательным упрочнением впадины и переходной зоны наклепом;

сердцевина зуба - материал детали под термообработанным слоем, не затронутый воздействием поверхностной термической или химико-термической обработки;

степень наклепа - разность значений твердости рабочей поверхности и сердцевины зуба в единицах Виккерса, отнесенная к твердости сердцевины;

темплет - образец для металлографических исследований детали;

упрочненный слой закалкой ТВЧ - слой материала детали у поверхности упрочнения, отличающийся от исходного твердостью в результате термической обработки;

упрочненный слой цементацией - слой материала детали у поверхности насыщения, отличающийся от исходного по химическому составу и твердостью в результате химико-термической обработки (цементации);

шкала - набор эталонов для определения качества термической и химико-термической обработки зубьев;

эталон - образец для сопоставления с исследуемой поверхностью детали при определении качества термической обработки.

Остальные термины и определения, применяемые в настоящем стандарте - по ГОСТ 16831, ГОСТ 20495 и ГОСТ 3.1109.

В настоящем стандарте применяются следующие сокращения и обозначения:

ТВЧ - токи высокой частоты,

МПС - Министерство путей сообщения,

ТПС - тяговый подвижной состав,

НД - нормативная документация,

x - обозначение знака кратности увеличения.

4 Методы испытаний и контроля зубчатых колес с поверхностным упрочнением зубьев

4.1 Общие положения

Проверку макро- и микроструктур производят при периодическом контроле зубчатых колес, а также при отработке технологии закалки.

4.2 Отбор проб макро- и микроисследований и измерений твердости

Макроструктуру зубчатых колес проверяют на темплатах двух видов:

- на двух поперечных темплатах, охватывающих не менее двух зубьев, вырезанных в диаметрально-противоположных точках колеса на расстоянии 30 мм от торцев зубьев;

- на одном продольном темплате, вырезанном параллельно вершине зуба на расстоянии 10 мм от нее.

Контроль качества микроструктуры и замеры твердости производят на поперечных темплатах.

Схема вырезки темплетов для испытаний приведена на рисунке 1.

4.3 Обработка темплетов и режимы травления

Для выявления толщины и конфигурации упрочненного слоя на макрошлифах отшлифованные темплеты протравливают тридцати - тридцатипятипроцентным водным раствором азотной кислоты.

Микроструктуру выявляют на микрошлифах после травления темплетов четырехпроцентным спиртовым раствором азотной кислоты.

4.4 Оценка качества упрочненного поверхностного слоя зубьев при закалке ТВЧ путем сравнения с эталонами шкал

4.4.1 Контроль конфигурации и толщины закаленного слоя

Закаленная поверхность после травления должна иметь однородный темный цвет без светлых пятен или полос. Конфигурацию закаленного слоя определяют визуальным осмотром путем сопоставления выявленной макроструктуры с эталонами шкалы 1, состоящей из 9 эталонов, эскизные и фотографические изображения и характеристики которых приведены в приложении А.

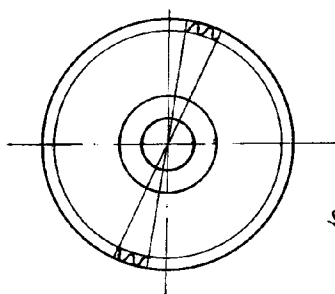
Толщину закаленного слоя определяют в районе делительной окружности и по переходной зоне зуба. Измерения проводят в направлении, перпендикулярном касательным к данным точкам.

Допустимая толщина закаленного слоя — $0,5 m_n \pm 2$ мм по активной поверхности зуба и 1-2 мм — по впадине. Завышенная или заниженная толщина слоя является браковочным признаком.

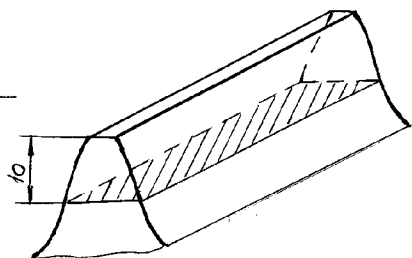
4.4.2 Контроль микроструктуры закаленного слоя и сердцевины зуба

Проверку микроструктуры закаленного слоя проводят при увеличении $500\times$, проверку микроструктуры сердцевины зуба - при увеличении $100\times$. Оценку производят путем сопоставления с эталонами шкалы 2 (приложение Б). Микроструктура закаленного слоя должна состоять из зернистого или мелкоигольчатого троостомартенсита (эталон 1). Крупноигольчатая структура (эталон 2) и наличие в структуре феррита (эталон 3) не допускаются.

Сердцевина зуба должна иметь сорбито-ферритную структуру. Допускается различная степень дисперсности с величиной зерна не менее номера 5 шкалы 1 ГОСТ 5639 (эталон 4 и 5). Не допускается крупнозернистая структура при величине зерна менее номера 5 шкалы 1 ГОСТ 5639, а также игольчатые выделения феррита - структура видманштетта (эталон 6 и 7).

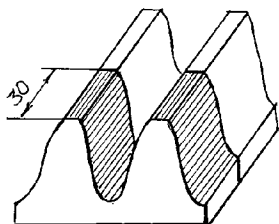


Продольный
темплет



Поперечные темплеты

Прямозубое



Косозубое

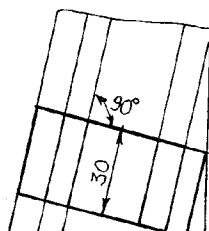
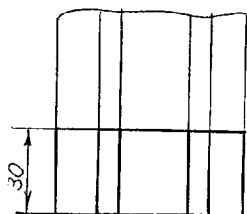
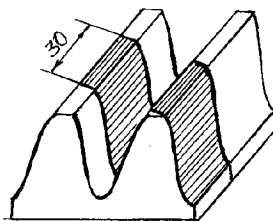


Рисунок І - Схема вырезки темплетов для контроля
макро- и микроструктуры

4.4.3 Контроль твердости закаленного слоя и сердцевины зуба

Твердость закаленного слоя на поперечных темплатах проверяют алмазным конусом методом Роквелла по ГОСТ 9013 на расстоянии, равном половине высоты зуба, и по впадине. Твердость закаленного слоя зубьев ведомого колеса должна равняться (51 ± 3) HRCэ; ведущего не менее 55 HRCэ.

Допускаются методы измерения по Шору и Виккерсу с переводом полученных данных на значения по Роквеллу.

Твердость сердцевины зубьев проверяют на уровне впадин по методу Бринелля по ГОСТ 9012 или по методу Роквелла по ГОСТ 9013. Твердость сердцевины зубьев должна быть от 255 HB до 302 HB или от 26 HRCэ до 31 HRCэ.

4.4.4 Определение степени наклепа впадины при секторной закалке зуба

Для определения степени наклепа и толщины упрочненного накаткой слоя производят измерения микротвердости (твердости) в зоне переходной поверхности зуба. Измерения производить по линии, перпендикулярной к касательной в переходной точке от рабочей поверхности вглубь зуба до стабилизации величины отпечатка (твердости сердцевины).

Расстояние от поверхности до первого отпечатка, показывающего твердость сердцевины определяет глубину наклепа. Разность значений твердости рабочей поверхности и сердцевины в единицах Виккерса, отнесенная к значению твердости сердцевины, определяет степень наклепа (минимальная степень наклепа 10%).

4.5 Оценка качества упрочненного поверхностного слоя зубьев при термообработке цементацией путем сравнения с эталонами шкал

Качество цементованного слоя проверяют на микрошлифах при увеличении $200\times$ и $500\times$. Оценку производить путем сопоставления полученной структуры с соответствующими эталонными шкалами, на которых приведены структуры после окончательной термической обработки - закалки и отпуска.

4.5.1 Контроль наличия структурно-свободного цементита

После цементации и последующей термической обработки цементованный слой должен иметь структуру мелкоигольчатого мартенсита с отдельными мелкими карбидами.

В структуре цементованного слоя допускается тонкая разорванная

цементитная сетка. Сплошная цементитная сетка, а также разорванная сетка с отдельными грубыми карбидами не допускаются. Характеристика и фотографические изображения эталонов шкалы 3 на наличие и распределение структурно-свободного цементита приведены в приложении В.

4.5.2 Контроль микроструктуры цементованного слоя по остаточному аустениту

Наличие остаточного аустенита в структуре цементованного слоя после окончательной термической обработки (закалки и отпуска) - в соответствии со шкалой 4 приложения Г.

Площадь, занятая аустенитом при увеличении $200\times$, не должна быть более 10% площади поля, видимого в микроскоп по всей поверхности шлифа. Для более четкого определения границ участков со структурой аустенита просмотр производить при увеличении $500\times$.

Характеристика и фотографические изображения эталонов микроструктуры цементованного слоя по остаточному аустениту приведены в приложении Г, шкала 4.

4.5.3 Контроль на наличие межзеренного окисления

Межзеренное окисление поверхности впадин зубьев не допускается. На эталонах 1-3 шкалы в приложении Д приведены недопустимые структуры межзеренного окисления поверхности впадины зуба. Просмотр структуры производят при увеличении $100\times$. Для более четкого выявления межзеренного окисления применять увеличение $500\times$.

4.5.4 Контроль конфигурации и толщины цементованного слоя

Конфигурацию и толщину цементованного слоя проверяют на поперечных темплатах, вырезанных по схеме, приведенной на рисунке 1.

Цементованный слой должен повторять конфигурацию профиля зуба и иметь равномерную толщину по контуру. Толщина определяется измерением ширины темного слоя, окрашенного при травлении, в направлении, перпендикулярном касательной к поверхности зуба в данной точке.

Допустимая толщина слоя - $0,2 \pm 0,4$ мм (где m_n - нормальный модуль зубчатого зацепления) после окончательной механической обработки. Завышенная или заниженная толщина слоя является браковочным признаком. Удовлетворительная конфигурация цементованного слоя приведена на рисунке 2. В случае предельных значений из допустимого диапазона толщины слоя, его величину уточняют по микроструктуре.

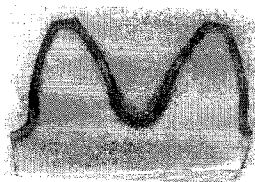


Рисунок 2 - Конфигурация цементованного слоя

4.5.5 Контроль твердости цементованного слоя и сердцевины зуба

Твердость цементованного слоя измеряют по методу Роквелла по ГОСТ 9013. Допускается производить измерения твердости методами Шора и Виккерса с последующим переводом полученных величин твердости на значения по шкале Роквелла. Твердость цементованного слоя измеряют на расстоянии равном половине высоты зуба и по впадине. Твердость должна быть не менее 56 HRC_с для ведомого колеса и (59 HRC_с) для ведущего колеса.

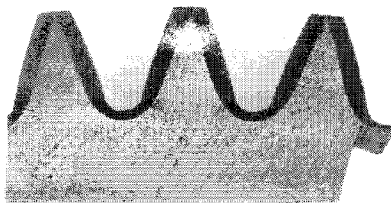
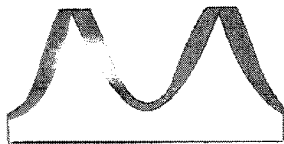
Твердость сердцевины зуба проверяют по методу Бринелля по ГОСТ 9012 посредине зуба на уровне впадин. Твердость сердцевины зуба должна быть не менее 294 HB (30HRC_с). Допускается замер твердости на приборе по методу Роквелла по ГОСТ 9013 с переводом значений твердости на шкалу Бринелля.

Приложение А
(обязательное)

Шкала I. Оценка конфигурации закаленного слоя

Эталон 1

Закаленный слой непрерывный по контуру и длине зуба. Толщина слоя удовлетворяет требованиям нормативных документов на зубчатые колеса. Конфигурация слоя удовлетворительная

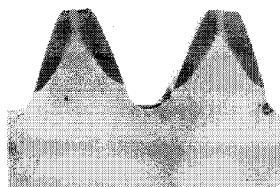
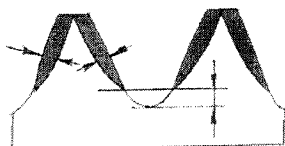


Допускается утолщение слоя у торцев зуба



Эталон 2

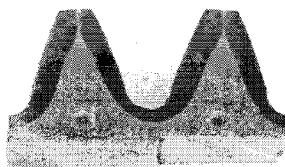
Закаленные секторы равной толщины по сторонам зуба, отстоящие от дна впадины на расстоянии от 4 до 7 мм. Конфигурация слоя при секторной закалке удовлетворительная



Для секторной закалки следует использовать продольный темплет эталона 1.

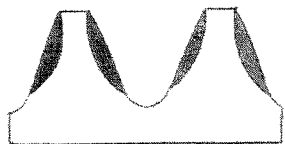
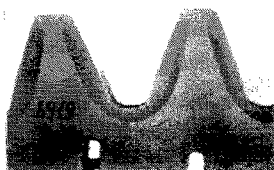
Эталон 3

Разная толщина закаленного слоя по сторонам зуба и впадины, но в пределах требований нормативных документов на зубчатые колеса. Конфигурация слоя удовлетворительная



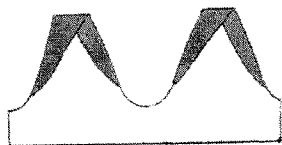
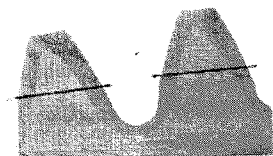
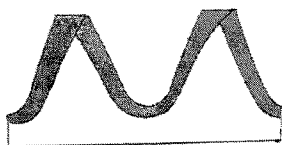
Эталон 4

Разрыв закаленного слоя у вершины зуба по всей нерабочей поверхности (для контурной и секторной закалки). Конфигурация слоя удовлетворительная



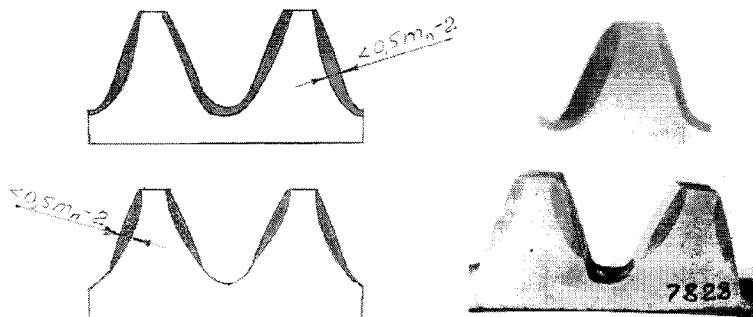
Эталон 5

Перекрывание слоев по всей вершине зуба без выхода на рабочую поверхность. Конфигурация слоя удовлетворительная для секторной и контурной закалки.



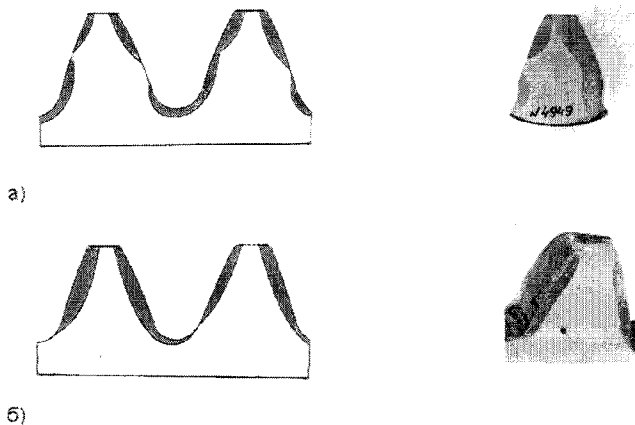
Эталон 6

Недостаточная толщина закаленного слоя по рабочей поверхности. Конфигурация слоя неудовлетворительная для секторной и контурной закалки.



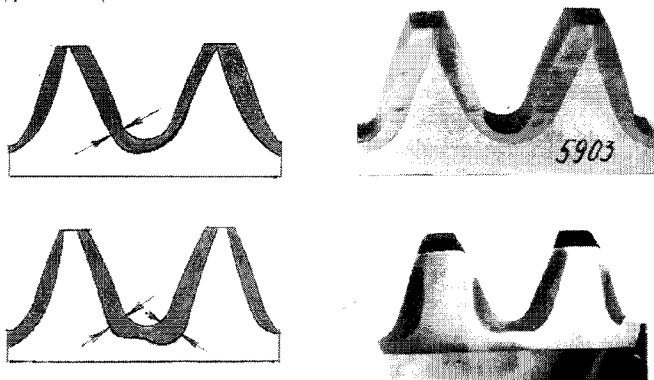
Эталон 7

Недостаточная толщина или разрыв закаленного слоя на рабочей поверхности (а) или по впадине (б) зуба при контурной закалке. Конфигурация слоя неудовлетворительная



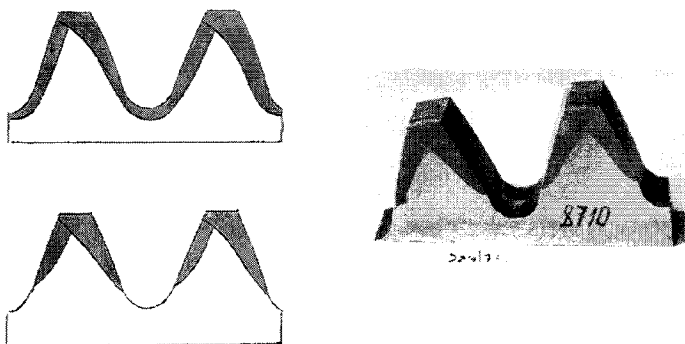
Эталон 8

Завышенная толщина закаленного слоя по переходной поверхности от впадины зуба при контурной закалке. Конфигурация слоя неудовлетворительная



Эталон 9

Перекрывание закаленных слоев у вершины зуба с выходом на рабочую поверхность. Конфигурация слоя неудовлетворительная для секторной и контурной закалки.



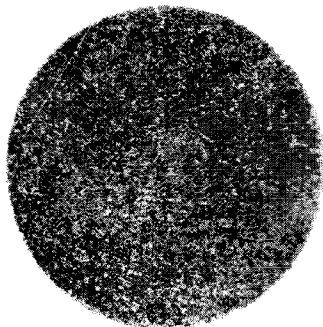
Приложение Б
(обязательное)

Шкала 2. Оценка микроструктуры закаленного ося и сердцевины
зуба

2а. Микроструктура закаленного ося.

Эталон 1

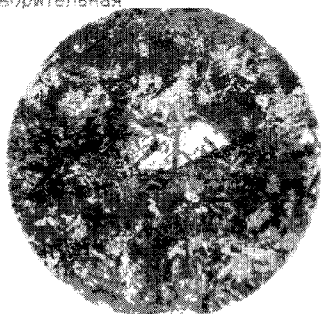
Зернистый или мелкоигольчатый троостомартенсит. Структура
удовлетворительная



500x

Эталон 2

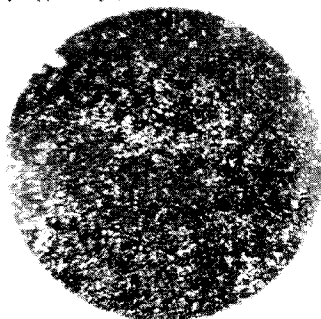
Крупноигольчатый троостомар-
тенсит. Структура неудовлет-
ворительная



500x

Эталон 3

Троостомартенсит и феррит.
Структура неудовлетворительная

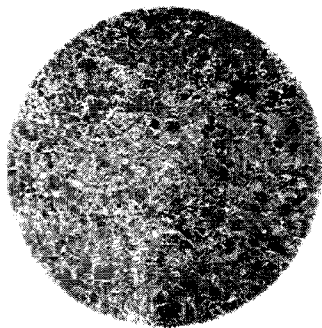


500x

26. Микроструктура сердцевины зуба

Эталон 4

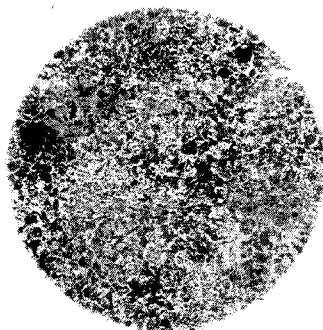
Сорбит и феррит. Размер зерна не крупнее номера 5. Структура удовлетворительная



100×

Эталон 5

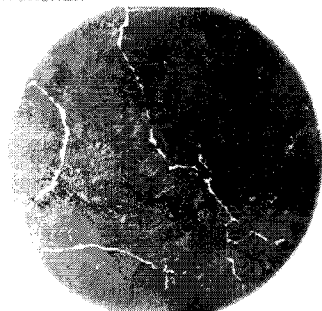
Сорбит и феррит. Структурная полосчатость. Структура удовлетворительная



100×

Эталон 6

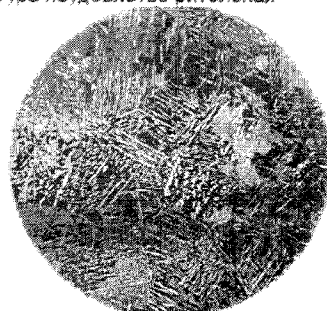
Сорбит и феррит. Зерно крупнее номера 4. Структура неудовлетворительная



100×

Эталон 7

Игольчатые выделения феррита (структура видманштета). Структура неудовлетворительная



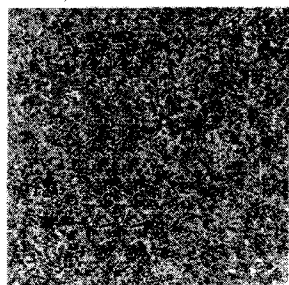
100×

Приложение В
(обязательное)

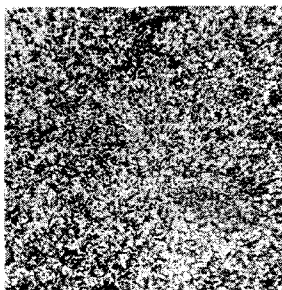
ШкалаОцОценка микроструктуры цементованного слоя по карбидам

Эталон 1

Мелкопыльчатый мартенсит, карбиды отсутствуют. Структура слоя удовлетворительная



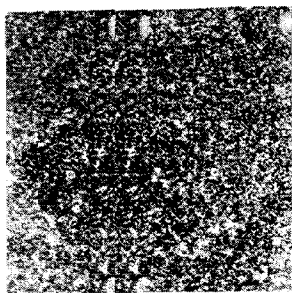
20 200 $\times$



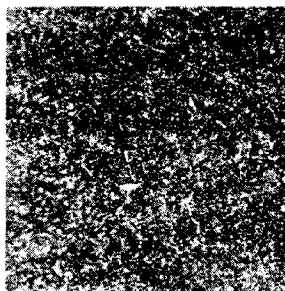
500 $\times$

Эталон 2

Мелкопыльчатый мартенсит и мелкие отдельные карбиды. Структура слоя удовлетворительная



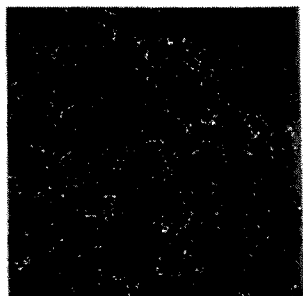
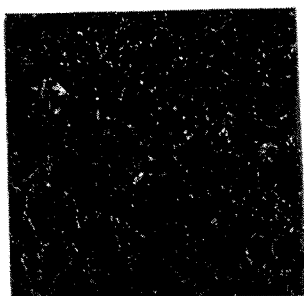
00 100 $\times$



500 $\times$

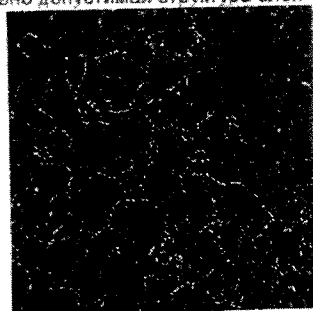
Эталон 3

Отдельные мелкие карбиды и тонкая разорванная сетка. Структура слоя удовлетворительная

200 $\times$ 500 $\times$

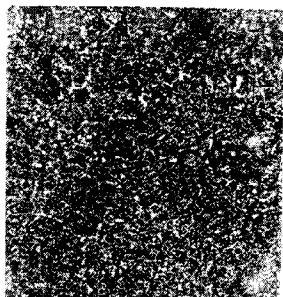
Эталон 4

Тонкая разорванная сетка. Предельно допустимая структура слоя

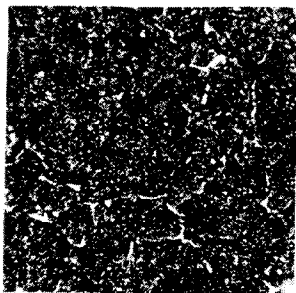
200 $\times$ 500 $\times$

Эталон 5

Крупные карбиды, разорванная карбидная сетка. Структура слоя неудовлетворительная



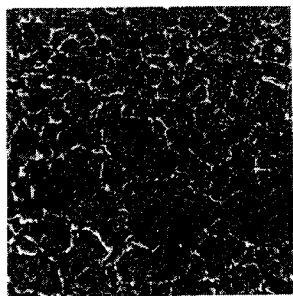
200 ×



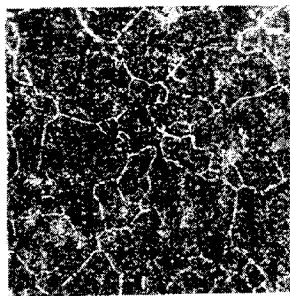
500 ×

Эталон 6

Сплошная карбидная сетка. Структура слоя неудовлетворительная



200 ×



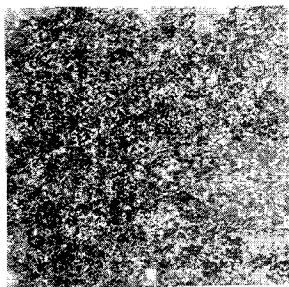
500 ×

Приложение Г
(обязательное)

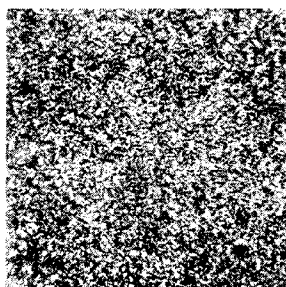
Шкала 4. Оценка микроструктуры цементованного слоя по остаточному аустениту

Эталон 1

Мелкоигольчатый мартенсит. Остаточный аустенит отсутствует.
Структура слоя удовлетворительная



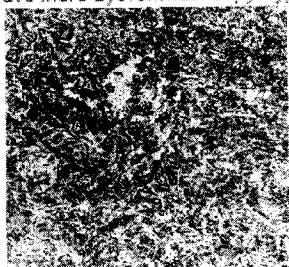
200 $\times$



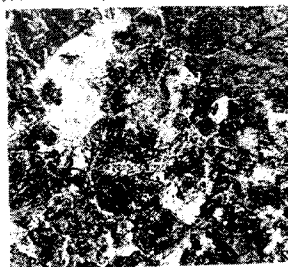
500 $\times$

Эталон 2

Мелкоигольчатый мартенсит и отдельные небольшие участки остаточного аустенита. Структура слоя удовлетворительная



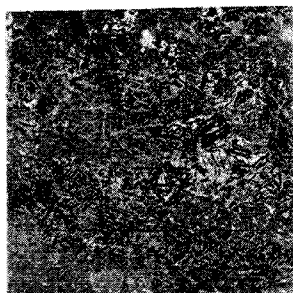
200 $\times$



500 $\times$

Эталон 3

Мелкоигольчатый мартенсит и участки остаточного аустенита, занимающие до 10% площади поля, видимого в микроскоп (при 200 $\times$). Предельно допустимая структура слоя



200 $\times$



500 $\times$

Эталон 4

Участки аустенита более 10% площади поля, видимого в микроскоп (при 200 $\times$). Структура слоя неудовлетворительная



200 $\times$



500 $\times$

Приложение Д
(обязательное)

Шкала 5. Оценка микроструктуры цементованного слоя на наличие межзеренного окисления

Эталон 1

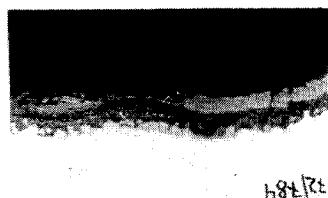
Структура неудовлетворительная



100 $\times$

Эталон 2

Структура неудовлетворительная



100 $\times$

Эталон 3

Структура неудовлетворительная



500 $\times$

Научно-исследовательский институт тепловозов и путевых машин
(ВНИТИ) МПС РФ

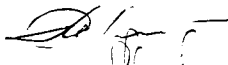
Зам. директора, к.т.н.



Э.И.Нестеров

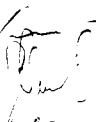
Отдел стандартизации, сертификации и комплексных
нормативно-технических исследований

Зав. отделом, к.т.н.



А.А.Рыбалов

И.о.зав.сектором



Л.В.Ширкалин

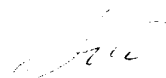
Ведущий конструктор, к.т.н.



В.Г.Шевченко

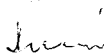
Отдел материалов

Зав. отделом



А.А.Пономарев

Старший научный сотрудник,
к.т.н.



Ю.А.Хмелева

Инженер-технолог II кат.



Н.В.Карцева

Соисполнитель:

Всероссийский научно-исследовательский институт
железнодорожного транспорта

Заместитель директора



А.Н.Коган

Заведующий отделением

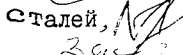
Испытания материалов и конструкций



Е.А.Сапожников

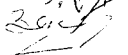
Заведующий лабораторией прокатных

Сталей, к.т.н.



И.Л.Пашолок

Старший научный сотрудник



Т.И.Зайчикова

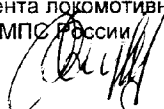
Научный сотрудник



В.П.Бечина

СОГЛАСОВАНО

Заместитель начальника
Департамента локомотивного
хозяйства МПС России



А.М.Кривной

" 21 " 07 1997г.

28.06.97





МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

г. Москва, 107174, Н.-Басманная, 2.

22. "августа" 1997 г.

№ Б-1022у

У К А З А Н И Е

Начальникам департаментов и
управлений ИПС (по списку)

Об утверждении и введении
в действие ОСТ 32.81-97

Руководителям предприятий
и организаций ИПС (по списку)

С целью проведения единой технической политики при создании и эксплуатации подвижного состава, Министерство путей сообщения России

П Р И К А З Ы В А Е Т:

Утвердить и ввести в действие с 1 сентября 1997 года стандарт отрасли ОСТ 32.81-97 "Макро - и микроструктуры зубчатых колес тяговых передач тягового подвижного состава. Уценочные шкалы и порядок контроля

Приложение: ОСТ 32.81-97 на 26 л.

Первый заместитель Министра

И.С.Беседин



В. №	381	28	08	1997
------	-----	----	----	------