



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Технология конструкционных материалов»

## **Практикум** по дисциплине

# **«Теория и технология термической обработки металлов и сплавов»**



Авторы  
Баклаг Г.Н.,  
Кем А.Ю.,  
Рубанов В.В.

Ростов-на-Дону, 2017



## Аннотация

Практикум предназначен для студентов очной формы обучения направления 22.03.02 «Металлургия».

## Авторы

к.т.н., доцент Баклаг Г.Н.,  
д.т.н., профессор Кем А.Ю.,  
д.т.н., профессор Рубанов В.В.



## Оглавление

<b>Практическая работа №1 Методы определения содержания ферритной фазы в стали.....</b>	<b>4</b>
<b>Практическая работа №2 Методы испытаний и оценки макроструктуры сталей .....</b>	<b>12</b>
<b>Практическая работа №3 Изучение эталонов микроструктуры .....</b>	<b>58</b>
<b>Практическая работа №4 Методы оценки степени полосчатости или ориентации микроструктур .....</b>	<b>85</b>
<b>Практическая работа №5 Формы и требования к заполнению технологических документов (далее - документов), применяемых при различных методах проектирования технологических процессов термической обработки.....</b>	<b>106</b>
<b>Литература.....</b>	<b>122</b>

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

### МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ФЕРРИТНОЙ ФАЗЫ В СТАЛИ

Цель работы: Овладение обучающимися практических навыков по определению содержания ферритной фазы в аустенитной стали различными методами.

#### 1. ОТБОР ОБРАЗЦОВ И ВЫРЕЗКА ШЛИФОВ

1.1. Число образцов для определения содержания СФФ в плавке стали устанавливают стандартами и техническими условиями на продукцию; их должно быть не менее двух.

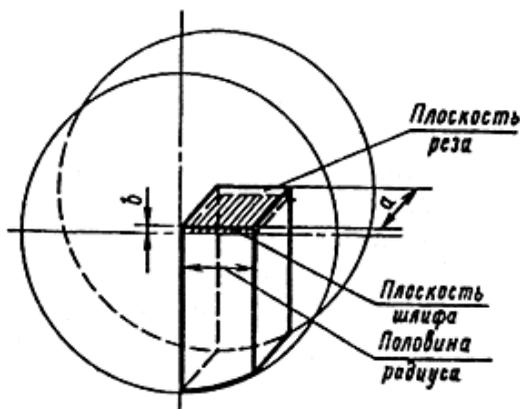
1.2. Образцы отбирают от любых прутков контролируемой плавки в произвольных местах:

а) при контроле на двух или трех шлифах - от разных прутков;

б) при контроле на большем числе шлифов образцы должны быть отобраны не менее чем от трех прутков.

Место отбора образцов от штанг, соответствующих определенному месту по высоте слитка, может быть установлено по соглашению сторон.

1.3. При металлографическом методе определения СФФ образцы для изготовления шлифов вырезают из круглого или квадратного профиля диаметром или толщиной от 80 до 270 мм от центра до середины радиуса или четверти толщины (см. чертеж).



1.4. Длину образца  $a$  в направлении оси прутка устанавливают не менее 10-12 мм. Припуск  $b$  на шлифование должен быть больше или равен 0,5 мм (см. чертеж).

1.6. Образцы следует вырезать холодным механическим способом. Допускается автогенная резка при условии, что шлиф будет изготовлен от места реза на расстоянии не менее 25 мм.

1.7. Определение содержания СФФ металлографическим и магнитным методами проводят на образцах в состоянии поставки.

## **2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ФЕРРИТНОЙ ФАЗЫ МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

2.1. На образцах, вырезанных вдоль волокна, изготавливают шлифы по плоскости, проходящей от центра до середины радиуса прутка (см. чертеж).

2.2. Микрошлиф подвергают электролитическому или химическому травлению. Электролитическое травление осуществляют в 10 %-ном водном растворе щавелевой кислоты при комнатной температуре и плотности тока 0,03-0,08 а/см<sup>2</sup> в течение 20-40 с.

Химическое травление осуществляют в реактиве следующего состава: 20 мл воды, 20 мл концентрированной соляной кислоты и 4 г медного купороса. Травление проводят при комнатной температуре в течение 8-10 с.

Допускается травление в реактивах другого состава, обеспечивающих быстрое и качественное травление (участки не должны быть окисленными, а их границы должны быть тонкими и резкими).

2.3. Содержание СФФ в стали оценивают просмотром всей площади травленного микрошлифа.

2.4. На каждом шлифе при увеличении 280-320 $\times$  и диаметре поля зрения микроскопа 0,38-0,43 мм определяют место с наибольшим содержанием СФФ, которое визуально оценивают в баллах или в процентах путем сравнения с фотоэталоном прилагаемой шкалы.

Арбитражные определения содержания СФФ проводят по фотоснимку, сделанному при увеличении 280-320 $\times$ , с диаметром фотоотпечатка, соответственно равным 115-130 мм.

2.5. Прилагаемая к настоящему стандарту шкала для определения содержания СФФ - пятибалльная и имеет дополнительные фотоэталоны в 0,5; 1,5 и 2,5 балла.

Шкала представлена двумя рядами фотоэталонов, различающимися по величине и количеству участков (см. вкладки).

2.7. Содержание СФФ в плавке оценивают двумя способами:

а) по максимальному баллу или проценту из оценок двух образцов;

б) по среднему баллу или проценту из оценок двух или более образцов.

Способ оценки устанавливается стандартами и техническими условиями на продукцию.

2.8. Норма содержания СФФ в зависимости от назначения стали устанавливается стандартами и техническими условиями на продукцию.

Если результаты испытаний неудовлетворительные, то повторно проводят испытания на образцах, отобранных от других штанг; при оценке плавки по п. 2.7а - на том же количестве, при оценке плавки по п. 2.7б - на удвоенном количестве образцов. Результаты повторных испытаний являются окончательными.

### **3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ФЕРРИТНОЙ ФАЗЫ МАГНИТНЫМ МЕТОДОМ**

3.1. Для магнитного метода определения СФФ образцы отрезают от прутков в виде поперечных темплетов высотой не менее 10 мм.

3.2. Определения проводят на шлифованной поверхности макрошлифов, изготовленных на образцах. Допускается определение проводить на макрошлифах, применяемых для контроля

макроструктуры до травления.

3.3. Основным магнитным методом высшей точности является метод магнитного насыщения.

3.4. Рабочими средствами измерения являются ферритометры по ГОСТ 26364-90 при измерении содержания ферритной фазы в пределах 0-20 %. При измерении СФФ более 20% допускается применение других приборов при наличии соответствующей градуировки.

3.5. Градуировка рабочих средств измерения должна осуществляться по стандартным образцам СФФ, аттестованным методом магнитного насыщения или металлографическим методом.

3.6. Для определения СФФ на макрошлифе проводят не менее 40 измерений равномерно расположенных по двум-трем диаметрам (диагоналям). При установлении на макрошлифе зоны с наибольшим СФФ проводят меньшее число измерений, но не менее 20.

3.7. СФФ на макрошлифе определяют средним из трех максимальных показаний прибора в разных местах шлифа с последующим его выражением по градуировочной кривой в баллах или процентах.

3.8. СФФ в плавке оценивают двумя способами:

- а) по максимальному показанию из оценок двух образцов;
- б) по среднему показанию из оценок двух или более образцов.

Способ оценки устанавливается стандартами или техническими условиями на продукцию.

3.9. Если результаты испытаний неудовлетворительны, то повторно проводят испытания на образцах, отобранных от других штанг; при оценке плавки по максимальному показателю - на том же количестве, при оценке плавки по среднему показателю - на удвоенном количестве образцов. Результаты повторных испытаний являются окончательными.

## 4. ПОВЕРКА ПРИБОРОВ

4.1. Перед началом работы новый прибор градуируется.

4.1а. Методику первичной и периодических проверок ферритометров (по ГОСТ 26364-90) устанавливают в соответствии с ГОСТ 8.518-84.

4.2. Градуировку прибора, т.е. получение градуировочной кривой зависимости показаний прибора от содержания СФФ, проводят по эталонным образцам с различным содержанием СФФ. Рекомендуется построение одной градуировочной кривой для прутков размером от 80 до 180 мм и второй - 180 мм и более.

4.3. Эталоны необходимо изготавливать из прутков контролируемой марки стали.

Допускается изготовление эталонов для стали марок 17Х18Н9, 12Х18Н9, 12Х18Н9Т, 04Х18Н10Т, 08Х18Н10, 04Х18Н10, 02Х18Н10, 06Х18Н11, 12Х18Н12Т, 08Х18Н12Т, 08Х18Н12Б, из стали марки 12Х18Н10Т.

4.4. В качестве эталонов используют микрошлифы, вырезанные и изготовленные в соответствии с пп. 1.3 и 2.1. Одну из сторон микрошлифа, расположенную поперек оси прутка, готовят как макрошлиф в соответствии с п. 3.2.

4.5. Содержание СФФ в эталонах металлографическим методом определяют путем балльной оценки по методике, изложенной в разд. 2.

4.6. Содержание СФФ в эталонах магнитным методом определяют в соответствии с методикой, изложенной в разд. 3.

4.7. По данным, соответствующим эталонам с различным содержанием СФФ, строят градуировочную кривую прибора в координатах "показание прибора - балл СФФ". Каждые 5-6 точек кривой должны определяться не менее чем 10 результатами, полученными на разных эталонных образцах.

Примечание. Допускается градуировка прибора в координатах "показание прибора - объемное содержание СФФ". В этом случае содержание СФФ в эталонных образцах определяют одним из методов количественной металлографии, например точеч-

ным, и выражают в процентах.

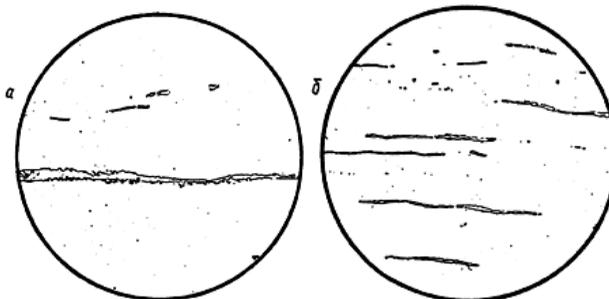
4.8. Правильность работы прибора в течение эксплуатации и после ремонта проверяют периодически по двум-трем эталонным образцам с заранее фиксированными показаниями, соответствующими разным участкам градуировочной кривой прибора.

## ШКАЛА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

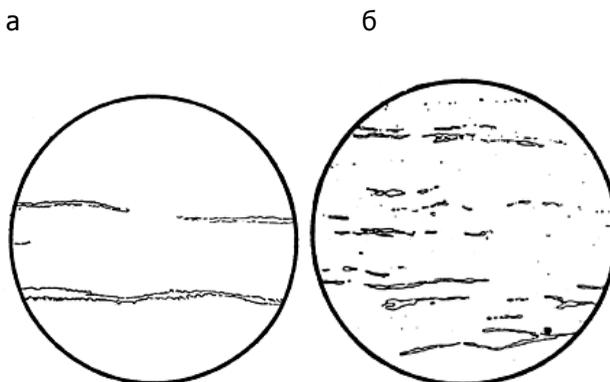
**УВЕЛИЧЕНИЕ 300X**

**Баллы (проценты)**

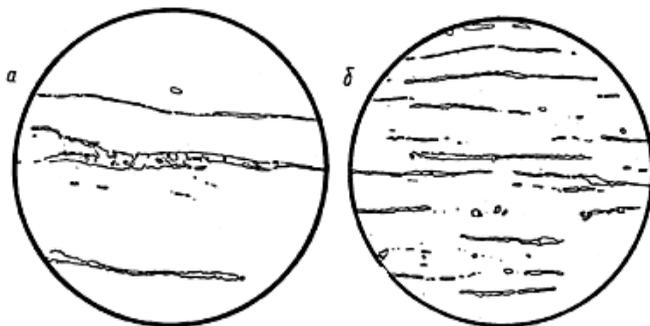
0,5 (1-2%)



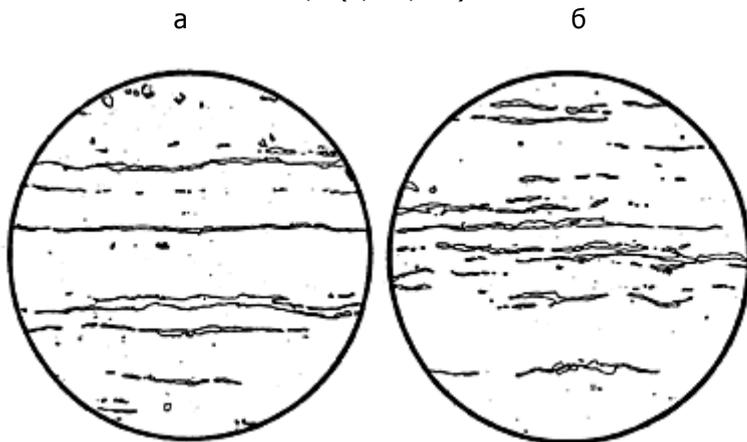
1,0 (2,5-3,5%)



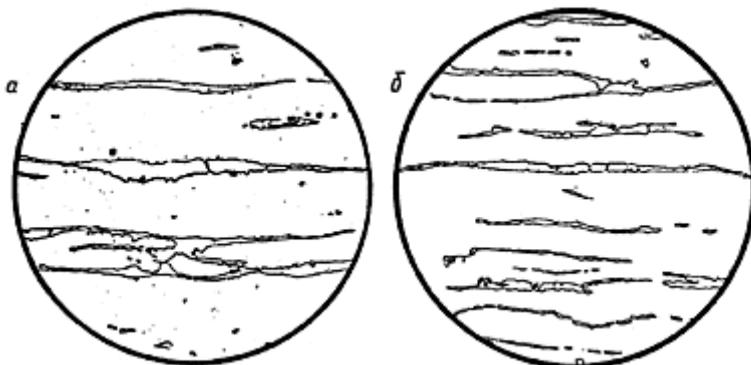
1,5 (4-5%)



2,0 (5,5-6,5%)



2,5 (8,5-9,5%)

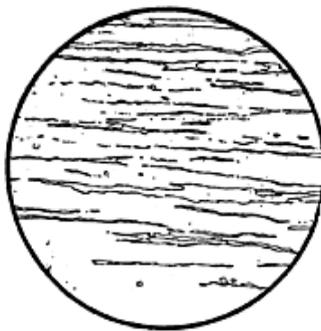


3 (11,5-12,5%)

а

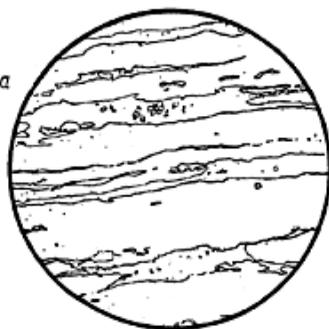


б

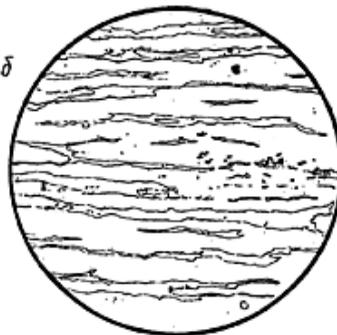


4 (23,5-24,5%)

а

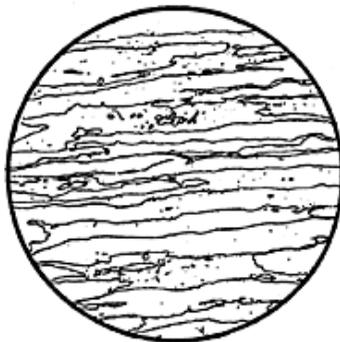


б



5 (47,5-48,5%)

а



б



## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2**

### **МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ И ОЦЕНКИ**

### **МАКРОСТРУКТУРЫ СТАЛЕЙ**

Цель работы:

- ознакомиться с методикой оценки макроструктуры сталей
- изучить возможные дефекты кристаллического строения

#### **1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

1.1. Макроструктуру металла контролируют: протравливанием специально подготовленных образцов в растворах кислот.

Метод основан на различии в травимости бездефектного металла и участков с наличием пор, ликвации, неоднородности структуры и других дефектов;

изломом специально подготовленных (в том числе дополнительно термически обработанных) образцов.

Метод основан на различном разрушении участков металла с пористостью, флокенами, перегревом, сколами и без них.

Контроль качества металла по излому производят:

взамен контроля протравленных образцов, если это предусмотрено стандартами на металлопродукцию;

дополнительно к контролю протравленных образцов для проверки классификации макродефектов, а также в исследовательских целях.

1.2. Макроструктуру углеродистой (с содержанием углерода до 0,3%) конструкционной стали по излому не контролируют.

1.3. Оценку макротемплетов и изломов производят осмотром невооруженным глазом. Для уточнения классификации дефектов допускается применять двух-, четырехкратное увеличение.

#### **2. ОТБОР ПРОБ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОБРАЗЦОВ**

2.1. Макроструктуру металла контролируют по одному из следующих вариантов.

2.1.1. Прутки и заготовки размером до 140 мм в полном поперечном сечении.

2.1.2. Прутки и заготовки размером свыше 140 мм на перекованных или перекатанных пробах, если стандартами или техническими условиями не оговорена необходимость контроля в полном сечении - до 250 мм.

2.2. Количество проб и место отбора их по длине и сече-

нию раската слитка (литой заготовки) указываются в стандартах и технических условиях на конкретные виды металлопродукции.

При отсутствии таких указаний пробы для контроля отбирают (на заводах-поставщиках металла) от заготовок, соответствующих наиболее загрязненным частям слитка.

Маркировка на пробах и вырезаемых из них образцах должна соответствовать маркировке контролируемых заготовок.

Рекомендуется:

а) при разливке металла сверху контролировать заготовки от первого и последнего слитков по времени разливки; при разливке сифоном - заготовки от одного слитка первого и последнего сифона; при отсутствии клейма - контролировать заготовки любых слитков;

б) металл вакуумно-индукционной выплавки (ВИ) контролировать по одной пробе от подприбыльной части каждого слитка;

металл вакуумно-дугового (ВД), электронно-лучевого (ЭЛ), плазменно-дугового (ПДП) и электрошлакового (Ш) переплавов - на пробах от заготовок, соответствующих верхней и нижней частям одного или двух слитков от партии-плавки;

в) металл после двойных переплавов: вакуумно-индукционный + вакуумно-дуговой (ИД), электрошлаковый + вакуумно-дуговой (ШД) и других контролировать в соответствии с рекомендациями, указанными для последнего способа переплава.

2.3. При контроле плавов, разделенных по размерам на несколько партий, пробы отбирают от заготовок с максимальным сечением. Положительные результаты контроля могут быть распространены на все партии данной плавки меньшего размера, а также на заготовки, поперечные размеры которых превышают контролируемые не более чем на 20 мм.

2.4. Пробы для контроля на флокены отбирают от любых заготовок после окончания полного цикла режима охлаждения или термической обработки каждой партии-плавки. При одинаковых условиях охлаждения заготовок разных сечений пробы отрезают от партии заготовок максимального сечения в данной плавке. Вырезка проб и темплетов поперек волокна производится пилами или автогеном на расстоянии не менее одного диаметра (стороны квадрата) от края заготовки.

В случаях, не допускающих автогенного реза (оговоренных стандартами или техническими условиями), отрезают пробу сразу же после прокатки иликовки, в горячем состоянии. Длина пробы должна быть не менее четырех диаметров (сторон квадрата).

Охлаждение и термическую обработку пробы производят вместе с металлом контролируемой партии-плавки. Темплеты вырезают из середины этой пробы.

Контроль металла на флокены допускается производить:

по продольным темплетам или продольным изломам. В последнем случае поперечные темплеты следует надрезать, закаливать в воде и разламывать;

методом ультразвуковой дефектоскопии.

2.5. Вырезку образцов для контроля макроструктуры производят при соблюдении требований и рекомендаций, указанных ниже.

2.5.1. Темплеты должны быть вырезаны с таким расчетом, чтобы контролируемое сечение находилось на расстоянии, исключающем влияние условий резки: нагрев от резки, смятие от пресса, пилы и т. д.

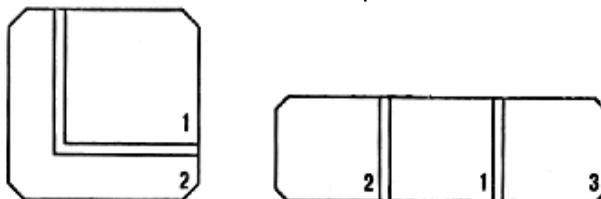
2.5.2. При испытании металла на перекованных пробах от контролируемой заготовки отрезают кусок длиной не менее одного диаметра (или стороны квадрата) и перековывают на размер 90-140 мм, если стандартами не оговорены другие размеры. Темплеты для контроля следует вырезать из средней части длины кованой пробы.

2.5.3. Темплеты вырезают перпендикулярно направлению прокатки иликовки через все сечение заготовки, а при контроле макроструктуры и флокенов на продольных образцах - параллельно направлению прокатки,ковки. В последнем случае плоскость будущего шлифа должна совпадать или быть близкой к осевой плоскости контролируемой заготовки.

Длина продольных темплетов должна быть 100-150 мм.

2.5.4. Рекомендуемая высота поперечных темплетов должна быть 15-40 мм.

2.5.5. При необходимости образцы от заготовок большого сечения (более квадрата 200 мм и слябы) допускается разрезать на части при условии сохранения осевой зоны (черт.1). Травить и оценивать необходимо все части образца.



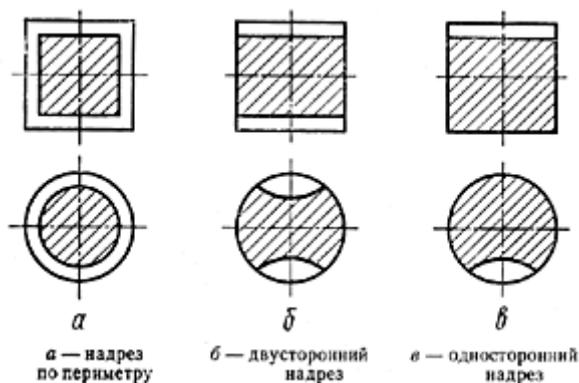
Черт.1

2.6. Поверхность темплетов перед травлением необходимо подвергать холодной механической обработке: торцеванию, строганию, шлифованию. После обработки поверхность должна быть ровной и гладкой, без поверхностного наклепа и прижога металла. При арбитражных испытаниях шероховатость поверхности обрабатываемых темплетов должна быть не более 20 мкм по ГОСТ 2789-73.

2.7. Шлифование темплетов производят при твердости металла не более НВ 388 (диаметр отпечатка не менее 3,1 мм). При контроле стали с большой структурной неоднородностью, а также поставляемой с повышенной твердостью необходимо производить смягчающую термическую обработку проб или темплетов.

2.8. Контроль по излому проводят на образцах с поперечным или продольным направлением волокна. При замене контроля на протравленных образцах контролем по излому применяют образцы с поперечным направлением волокна; при контроле по излому, дополнительно к контролю макроструктуры, применяют образцы с продольным направлением волокна.

2.8.1. Для контроля по излому поперек волокна заготовки в состоянии поставки (или образцы от них) надрезают по одной из приведенных на черт.2 схем.



Черт.2

Площадь излома должна составлять не менее  $\frac{1}{2}$  площади сечения заготовки. Полоска образца или заготовки должна производиться с максимальной скоростью и большой сосредоточенной нагрузкой, исключая смятие поверхности излома и образование ложных расщеплений.

2.8.2. Для контроля по излому вдоль волокна отрезают специальные образцы или используют темплеты после травления и

контроля макроструктуры. Надрез темплетов для поломки производят по осевой линии или через дефектное место, но с обратной стороны по отношению к плоскости макрошлифа. Глубина и форма надреза должны гарантировать прямолинейный излом (без смятия) и достаточную высоту его: не менее 10 мм для заготовок размером 80 мм и более и 5 мм для размеров менее 80 мм. Для обнаружения очень мелких дефектов темплеты нагревают до температуры не ниже предусмотренной стандартами или техническими условиями для термической обработки образцов при испытании механических свойств или твердости и закаливают в воде.

### 3. ОБОРУДОВАНИЕ, РЕАКТИВЫ И РЕЖИМЫ ТРАВЛЕНИЯ ТЕМПЛЕТОВ

3.1. Для травления темплетов следует применять ванны, сосуды, изготовленные из материалов, не вступающих в реакцию с применяемыми травильными растворами.

3.2. Перед травлением темплеты необходимо очистить от грязи и, если требуется, обезжирить.

Образцы в травильных ваннах не должны соприкасаться контролируемыми плоскостями друг с другом и со стенками ванны. Количество травильного раствора должно обеспечивать небольшое снижение концентрации кислоты за время травления.

Количество раствора должно быть, в см<sup>3</sup> (ориентировочно):

100 - на 10 см<sup>2</sup> площади темплета;

500 - на 100 см<sup>2</sup> площади темплета;

2000 - на 1000 см<sup>2</sup> площади темплета.

Образцы перед травлением рекомендуется подогревать до 60-80 °С, т. е. до температуры раствора.

3.3. Рекомендуемые реактивы и режимы травления указаны в приложении 1. Допускается применять другие реактивы при условии получения идентичных результатов травления. Применяемые реактивы должны быть чистыми, светлыми, без взвешенных частиц и пены. Условия травления должны исключать возникновение ложных дефектов.

3.4. При использовании больших ванн допускается од-

новременно травить образцы от марок, близких по химическому составу.

Время травления должно быть более продолжительным (в пределах, рекомендованных в приложении 1):

3.5. Травление образцов должно обеспечивать получение четко выявленной макроструктуры, позволяющей надежно оценивать ее при сравнении со шкалами и фотоснимками.

3.6. В случае сильного растравливания металла (потемнения поверхности, появления ложной пористости по всему сечению, шероховатости) испытания повторяют на тех же образцах после снятия поверхностного слоя на глубину не менее 2 мм.

3.7. После травления в любом реактиве образцы должны быть тщательно промыты в проточной воде и просушены. При этом рекомендуется использовать неметаллические щетки.

Образцы, предназначенные для хранения, рекомендуется дополнительно обработать 10%-ным спиртовым раствором аммиака или промыть спиртом, а затем покрыть бесцветным лаком.

## 4. ОЦЕНКА ПРОТРАВЛЕННЫХ ТЕМПЛЕТОВ И ИЗЛОМОВ

4.1. Определение вида и оценку степени развития дефектов макроструктуры производят сравнением натурального вида свежепротравленных образцов с эталонами шкал настоящего стандарта (см. приложение 2) или с фотоснимками (см. приложение 4), с использованием описания, приведенного в приложениях 3 и 4. Для правильной классификации дефектов, обнаруживаемых в изломе, используют фотоснимки и краткие описания, приведенные в приложении 4.

4.2. Каждая шкала состоит из пяти баллов. Шкалы иллюстрируют следующие виды дефектов макроструктуры:

шкалы N 1 и 1а - центральную пористость;

шкалы N 2 и 2а - точечную неоднородность;

шкалы N 3, 3а и 3б - общую пятнистую ликвацию;

шкалы N 4 и 4а - краевую пятнистую ликвацию;

шкалы N 5 и 5а - ликвационный квадрат;

шкалы N 6 и 6а - подусадочную ликвацию;

шкала N 7 - подкорковые пузыри;

шкала N 8 - межкристаллитные трещины;

шкала N 9 - послойную кристаллизацию;

шкала N 10а - светлую полосу (контур).

4.3. Образцы от заготовок размером 90-140 мм, а также от перекованных проб оценивают по шкалам N 1, 2, 3, 3б, 4, 5, 6, 7, 8, 9; образцы от заготовок размером свыше 140 до 250 мм - по шкалам N 1а, 2а, 3а, 4а, 5а, 6а, 10а.

Подкорковые пузыри, межкристаллитные трещины, послойную кристаллизацию в заготовках размером от 140 до 250 мм оценивают по шкалам N 7, 8, 9 (соответственно). Светлую полосу (контур) в заготовках размером 90-140 мм оценивают по шкале N 10а.

При оценке заготовок размером свыше 250 мм и менее 90 мм площадь, занимаемая дефектами, по сравнению со шкалами должна быть соответственно увеличена (для заготовок более 250 мм) или уменьшена (для заготовок размером менее 90 мм) пропорционально увеличению или уменьшению площади поперечного сечения контролируемой заготовки. При этом принимается во внимание степень развития дефекта.

4.4. Величину дефектов допускается оценивать как целым баллом, так и половиной (0,5; 1,5 и т. д.). Баллом 0,5 оценивают структуру темплетов, имеющих дефекты со степенью развития в полтора, два раза меньше, чем на фотоэталонах первых баллов соответствующих шкал.

При отсутствии дефектов проставляют балл 0; при грубом развитии - балл более 5.

При одновременном присутствии нескольких дефектов оценку и классификацию каждого дефекта производят отдельно.

4.5. Оценку степени развития дефектов в изломах и на продольных макротемплетях производят сопоставлением их натурального вида с фотоэталонами специальных шкал, согласованных между поставщиком и потребителем.

4.6. При оценке макроструктуры металла по фотоснимкам (в арбитражных испытаниях) последние должны быть выполнены четко, в натуральную величину или с указанием масштаба.

4.7. При неудовлетворительных результатах первично-

го контроля макроструктуры повторные испытания производят в объеме, установленном стандартами на конкретную металлопродукцию.

При отсутствии указаний повторное испытание рекомендуется проводить по одному из следующих вариантов:

- а) на удвоенном количестве проб;
- б) на пробах от дефектных заготовок, а при послиточной маркировке - от дефектных слитков после дополнительной обрезки дефектной части заготовок;
- в) на пробах от смежных заготовок после отсортировки дефектных;
- г) на пробах от каждого слитка или от каждой заготовки - в особо ответственных случаях или при обнаружении дефектов нового вида.

## 5. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЯ

5.1. Результаты оценки макроструктуры заносят в протокол испытаний с указанием:

1. марки стали, номера плавки, обозначения стандарта на поставку;
2. сечения и размера контролируемой заготовки, мм;
3. номера и индекса заготовки;
4. баллов по дефектам:

ЦП - центральной пористости, ТН - точечной неоднородности, ОПЛ - общей пятнистой ликвации, КПЛ - краевой пятнистой ликвации, ЛК - ликвационному квадрату, ПУ - подсадочной ликвации, ПП - подкорковым пузырям; МТ - межкристаллитным трещинам; ПК - послойной кристаллизации; СП - светлой полосы (контура);

дефектов, не нормированных шкалами, и дефектов поверхности, обнаруживаемых на поперечных темплатах (вписываются в примечание).

5.2. В документе о качестве на металл указывается "годен" или "соответствует требованиям".

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### РЕКОМЕНДУЕМЫЕ РЕАКТИВЫ И РЕЖИМЫ ТРАВЛЕНИЯ

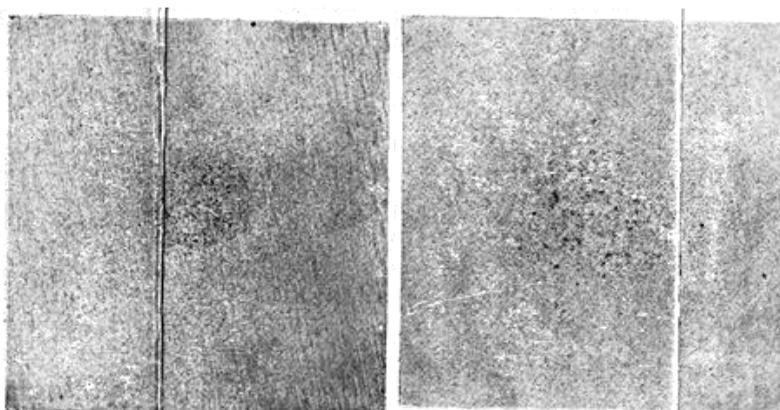
Марки стали	Состав реактива	Температура раствора, °С	Время травления, мин	Примечание
Все марки стали, кроме приведенных ниже	Реактив 1  Кислота соляная по ГОСТ 3118-77, 50%-ный водный раствор	60-80	5-45	-
Коррозионно-стойкие, жаропрочные и другие стали аустенитного класса	Реактив 2  Кислота соляная по ГОСТ 3118-77 - 100 см <sup>3</sup> Кислота азотная по ГОСТ 4461-77 - 10 см <sup>3</sup> Вода - 100 см <sup>3</sup>  Реактив 3	60-70	5-10	-

Коррозионно-стойкие, жаропрочные и другие стали аустенитного класса	Кислота соляная по ГОСТ 3118-77 - 100 см <sup>3</sup> Кислота азотная по ГОСТ 4461-77 - 100 см <sup>3</sup> Вода - 100 см <sup>3</sup>	60-70	5-10	-
Коррозионно-стойкие, жаропрочные и другие стали аустенитного класса	Реактив 4  Кислота соляная по ГОСТ 3118-77 - 100 см <sup>3</sup> Кислота азотная по ГОСТ 4461-77 - 100 см <sup>3</sup> Вода - 100 см <sup>3</sup> Калий двухромовокислый по ГОСТ 4220-75 - 11,0-11,5 г  Реактив 5	20	5-10	-

<p>Коррозионно-стойкие, жаропрочные и другие стали аустенитного класса и стали ферритного класса</p>	<p>Кислота соляная по ГОСТ 3118-77 - 100 см<sup>3</sup>          Кислота серная по ГОСТ 4204-77 - 7 см<sup>3</sup>          Медь серно-кислая по ГОСТ 4165-78 - 30 г или медь серно-кислая безводная - 20 г.</p>	<p>20</p>	<p>15-25</p>	<p>Травление рекомендуется производить про-иркой ватой, смоченной в реактиве. Шлиф промыть водой и 5-10%-ным раствором хромпика (по ГОСТ 4220-75)</p>
--	--	-----------	--------------	---

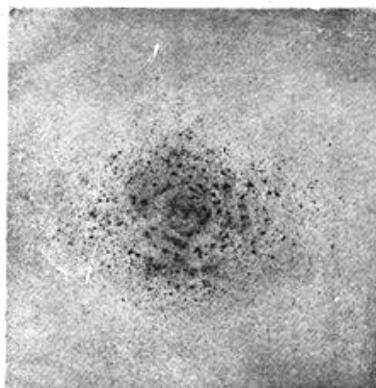
## ПРИЛОЖЕНИЕ 2 ШКАЛЫ МАКРОСТРУКТУР

### ШКАЛА N 1 ЦЕНТРАЛЬНАЯ ПОРИСТОСТЬ



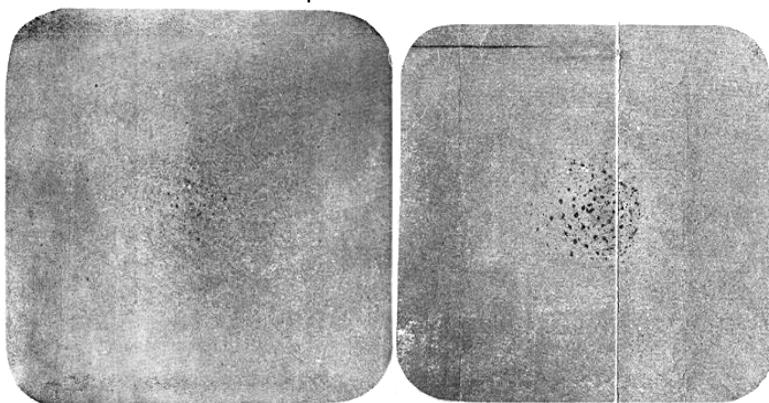
БАЛЛ 1

БАЛЛ 3



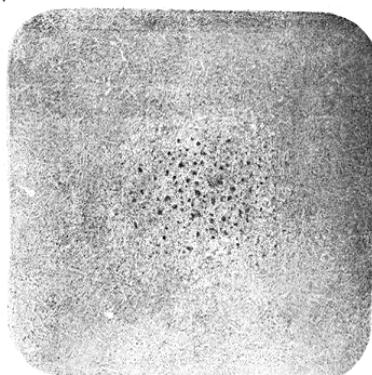
БАЛЛ 5

**ШКАЛА N 1a ЦЕНТРАЛЬНАЯ ПОРИСТОСТЬ**



БАЛЛ 1

БАЛЛ 3



БАЛЛ 5

**ШКАЛА N 2 ТОЧЕЧНАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ**



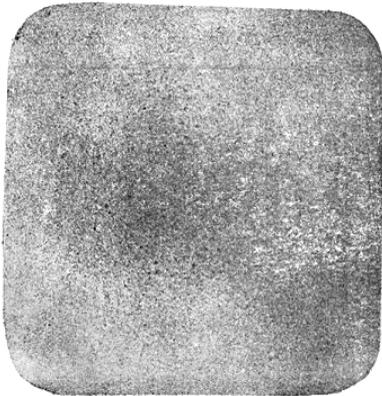
БАЛЛ 1

БАЛЛ 3

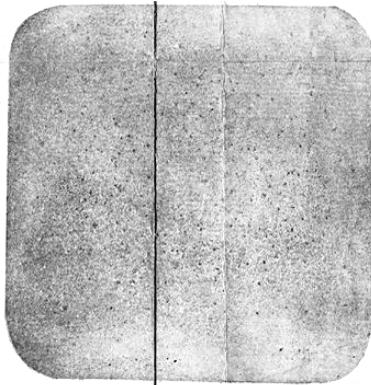


БАЛЛ 5

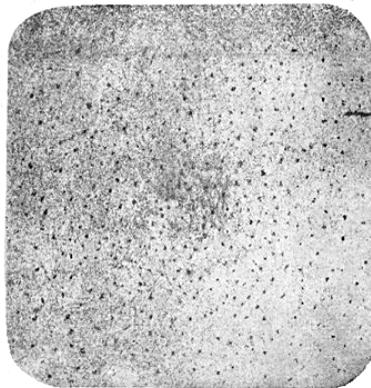
ШКАЛА N 2a ТОЧЕЧНАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ



БАЛЛ 1

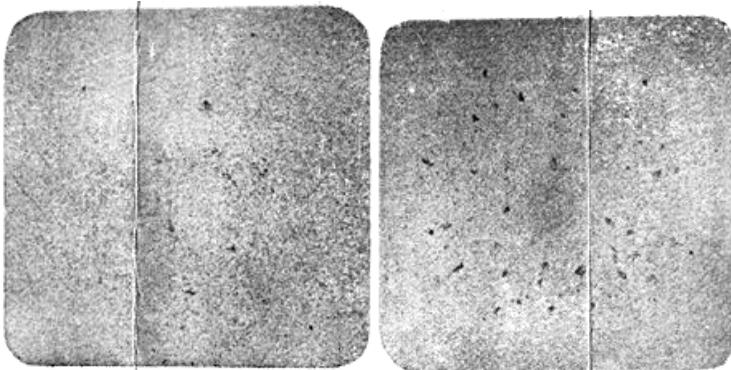


БАЛЛ 3



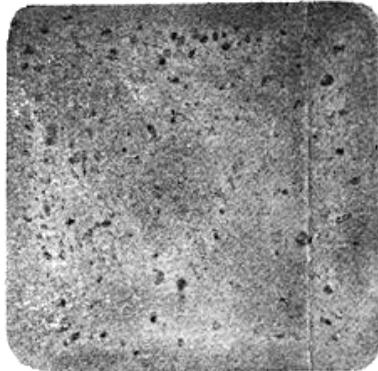
БАЛЛ 5

### ШКАЛА N 3 ОБЩАЯ ПЯТНИСТАЯ ЛИКВАЦИЯ



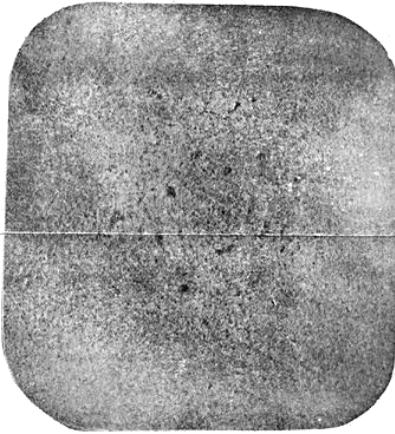
БАЛЛ 1

БАЛЛ 3

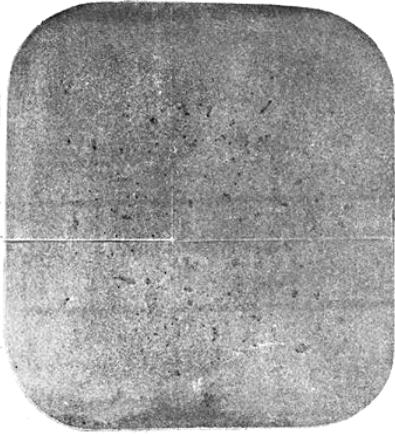


БАЛЛ 5

ШКАЛА N ЗА ОБЩАЯ ПЯТНИСТАЯ ЛИКВАЦИЯ



БАЛЛ 1



БАЛЛ 3

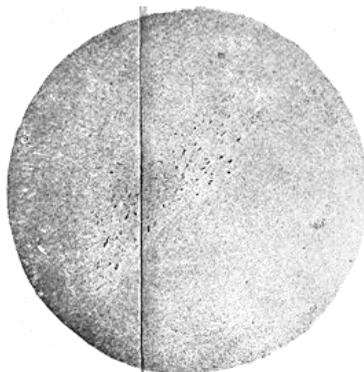


БАЛЛ 5

ШКАЛА N 3Б ПЯТНИСТАЯ ЛИКВАЦИЯ, ХАРАКТЕРНАЯ ДЛЯ  
МЕТАЛЛА ЭЛЕКТРОШЛАКОВОГО И ВАКУУМНО-ДУГОВОГО  
ПЕРЕПЛАВОВ



БАЛЛ 1



БАЛЛ 3

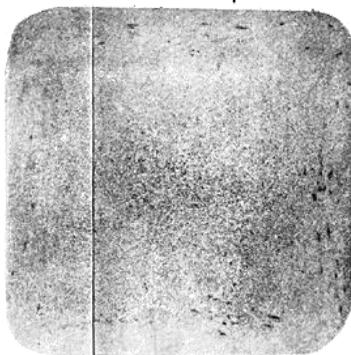


БАЛЛ 5

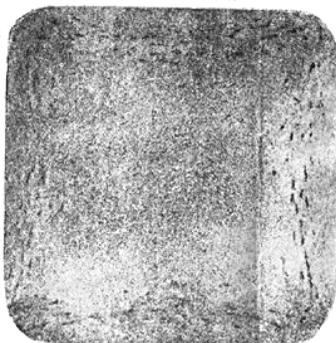
ШКАЛА N 4 КРАЕВАЯ ПЯТНИСТАЯ ЛИКВАЦИЯ



БАЛЛ 1

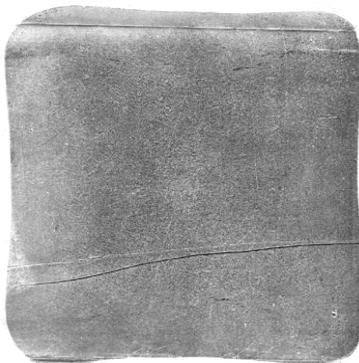


БАЛЛ 3

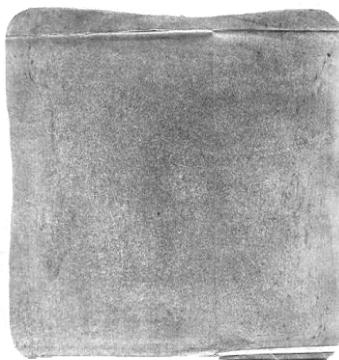


БАЛЛ 5

ШКАЛА N 4А КРАЕВАЯ ПЯТНИСТАЯ ЛИКВАЦИЯ



БАЛЛ 1



БАЛЛ 3

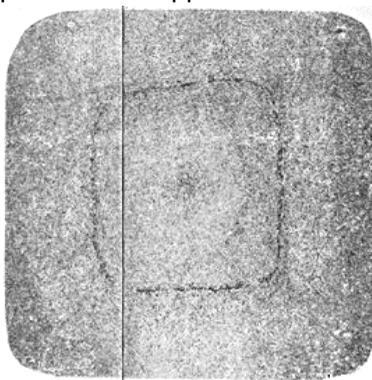


БАЛЛ 5

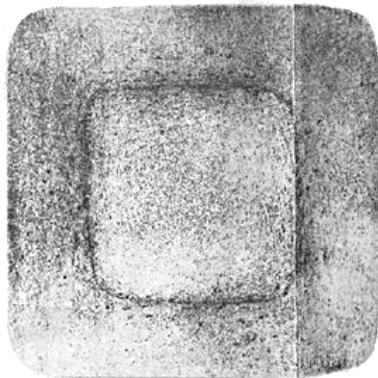
### ШКАЛА N 5 ЛИКВАЦИОННЫЙ КВАДРАТ



БАЛЛ 1

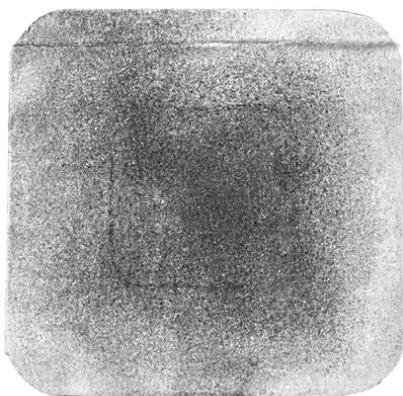


БАЛЛ 3

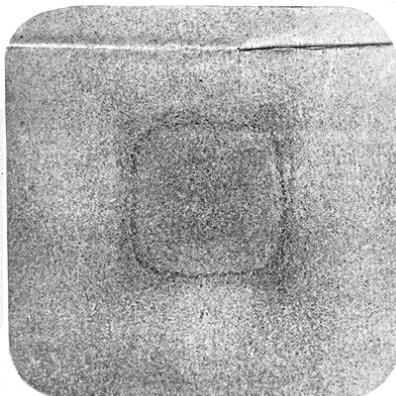


БАЛЛ 5

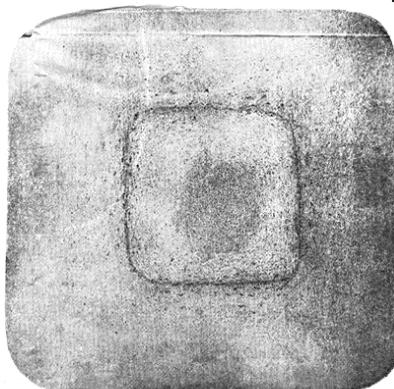
### ШКАЛА N 5А ЛИКВАЦИОННЫЙ КВАДРАТ



БАЛЛ 1

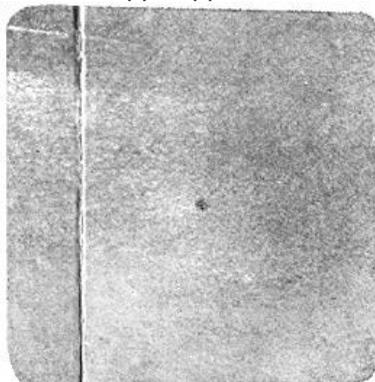


БАЛЛ 3

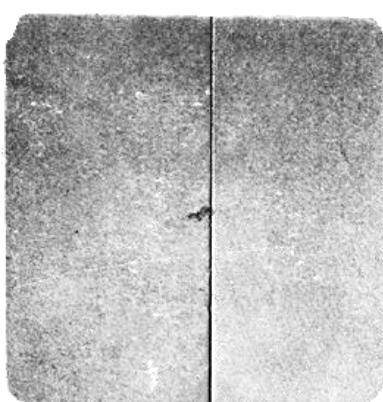


БАЛЛ 5

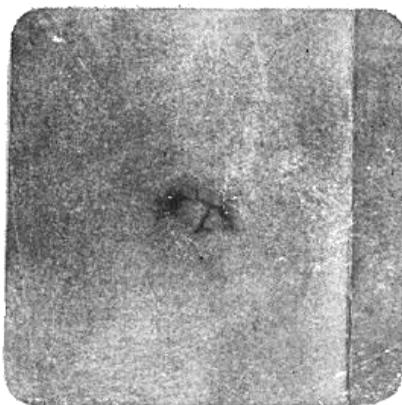
### ШКАЛА N 6 ПОДУСАДОЧНАЯ ЛИКВАЦИЯ



БАЛЛ 1

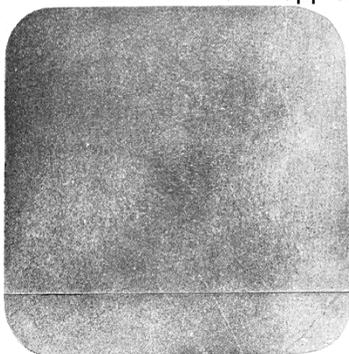


**БАЛЛ 3**

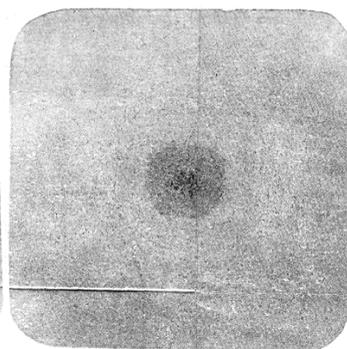


**БАЛЛ 5**

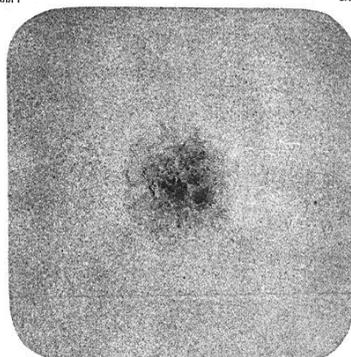
**ШКАЛА N 6A ПОДУСАДОЧНАЯ ЛИКВАЦИЯ**



**БАЛЛ 1**



**БАЛЛ 2**



**БАЛЛ 5**

### ШКАЛА N 7 ПОДКОРКОВЫЕ ПУЗЫРЬКИ



БАЛЛ 1



БАЛЛ 3

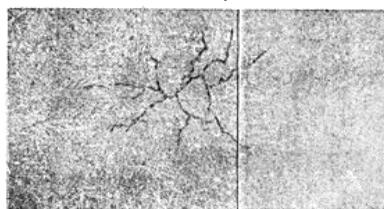


БАЛЛ 5

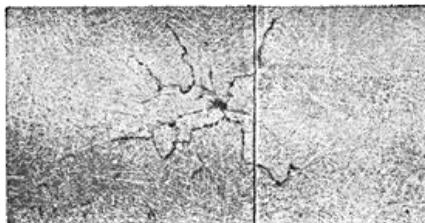
### ШКАЛА N 8 МЕЖКРИСТАЛЛИТНЫЕ ТРЕЩИНЫ



БАЛЛ 1

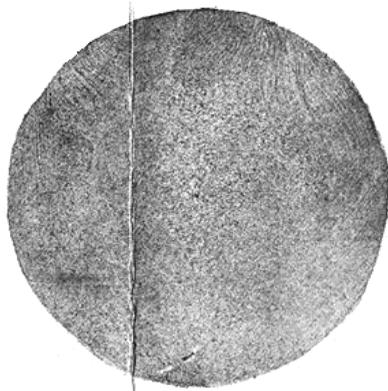


БАЛЛ 3

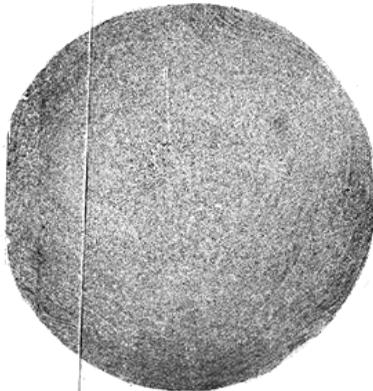


БАЛЛ 5

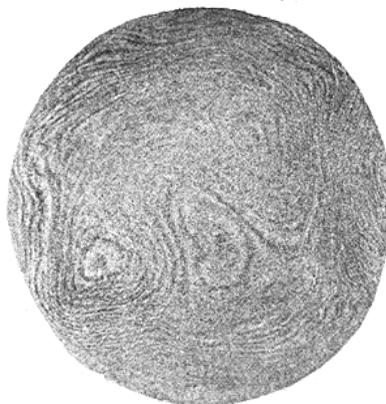
### ШКАЛА N 9 ПОДСЛОЙНАЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ



БАЛЛ 1

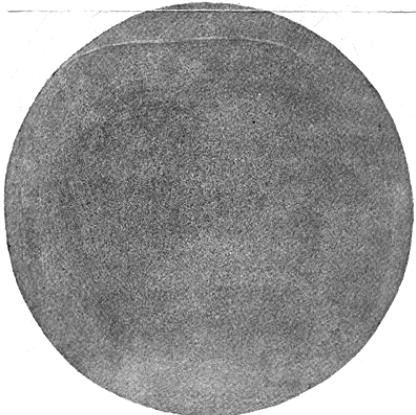


БАЛЛ 3



БАЛЛ 6

ШКАЛА N 10А СВЕТЛАЯ ПОЛОСКА (КОНТУР)



БАЛЛ 1



БАЛЛ 3



БАЛЛ 5

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

### ОПИСАНИЕ МАКРОСТРУКТУРЫ И ДЕФЕКТОВ, ИЛЛЮСТРИРОВАННЫХ ШКАЛАМИ

1. Центральная пористость - мелкие пустоты, не заварившиеся при горячей механической обработке слитка. На макротемплете пористость выявляется в виде мелких или отдельных крупных темных точек - пор. Развитие дефекта (балл) определяется количеством, размерами пор и площадью образца, пораженной пористостью (шкалы N 1 и 1а).

2. Ликвация - неоднородность отдельных участков металла по химическому составу, структуре, неметаллическим и газовым включениям.

Предусматривается классификация и оценка четырех видов ликвации.

2.1. Точечная неоднородность, точечная ликвация - мелкие округлые, сильно травящиеся (матовые) точки, расположенные по всему сечению образца, за исключением краевой зоны. Развитие дефекта (балл) в основном определяется количеством точек и растрогом металла в них. Принимаются во внимание размеры точек и площадь образца, пораженная ими (шкала N 2 и 2а). В закаленном продольном изломе ликвация иногда обнаруживается в виде полосок с более светлой кристаллической структурой.

2.2. Пятнистая ликвация - отдельные темные пятна различных размеров и формы. По расположению на образцах различают два вида пятнистой ликвации:

а) общая пятнистая ликвация - пятна, расположенные по сечению образца сравнительно симметрично к оси заготовки (шкалы N 3 и 3а) или несимметрично расположенные пятна меньших размеров, но с большим отличием их структуры от структуры основного металла (шкала N 3б). Последние обнаруживаются в основном в металле, переплавленном в вакуумных дуговых и электрошлаковых печах;

б) краевая пятнистая ликвация - ориентированные вдоль граней образца пятна овальной формы.

Развитие дефекта (балл) определяется количеством, резкостью проявления, размером пятен и площадью образца, пораженного пятнами. Учитывается также глубина залегания пятен от поверхности заготовок (шкалы N 4 и 4а).

2.3. Ликвационный квадрат или ликвационный круг - контуры ликвации определяются конфигурацией слитка. На мак-

ротемплете выявляется в виде полоски металла (расположенной чаще на середине радиуса или  $\frac{1}{4}$  стороны квадрата), травящейся более интенсивно по сравнению с остальной частью шлифа. С увеличением травимости металла в полосе и с увеличением замкнутости контура балл при оценке увеличивается (шкалы N 5 и 5а).

2.4. Подусадочная ликвация - темные, легко растрavляющиеся участки металла в центре заготовок. Балл возрастает с увеличением размера пятен и разницы в травимости осевой зоны и остальной части образца (шкалы N 6 и 6а). Появление темных пятен может быть обусловлено также науглероживанием металла от утепляющих засыпок, содержащих углерод.

Для уточнения классификации дефектов и выявления ликвации рекомендуется дополнительная проверка методом снятия отпечатков на распределение серы - по Бауману (приложение 5, п. 1), а также травление отполированных образцов реактивами Обергоффера, Хайна и др. В исследовательских целях для определения распределения свинца в стали применяется метод снятия отпечатка по Врэггу (приложение 5, п. 2).

3. Подкорковые пузыри - мелкие пустоты-поры, расположенные вблизи или на поверхности заготовки. Форма дефекта зависит от глубины залегания: в виде округлых, овальных или закатанных до тонких "черточек". Степень развития дефекта оценивается в баллах. С увеличением количества пузырей в плоскости образца, а также глубины залегания их от поверхности балл увеличивается (шкала N 7).

4. Межкристаллитные трещины - в виде трех и более извилистых, тонких, паукообразных полосок, направленных от оси заготовки в стороны (шкала N 8). Балл возрастает с увеличением количества и размера трещин (длины и ширины их). Классификация дефекта проверяется изломом: наличие расслоения в закаленном изломе свидетельствует о правильном определении.

Растрав металла по "паучку" может происходить за счет структурной неоднородности, что не является браковочным признаком. В этом случае испытание рекомендуется повторить после термической обработки: нормализации или отжига образцов.

5. Послойная кристаллизация - чередующиеся слои металла в виде узких светлых и темных полос, расположенных чаще у поверхности реже по всему сечению образца. Балл возрастает с увеличением травимости полос, их ширины, количества и глубины залегания (шкала N 9).

6. Светлая полоска (контур) - сравнительно яркая кон-

центрическая полоска металла пониженной травимости. Форма полоски (круг, квадрат) определяется конфигурацией кристаллизатора. Балл возрастает с увеличением яркости и ширины полосы, замкнутости контура и количества полос (шкала N 10а).

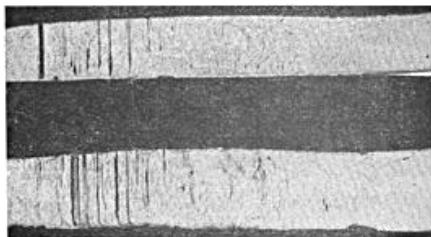
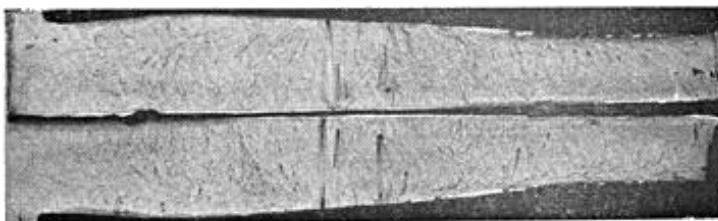
## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

### ОПИСАНИЕ МАКРОСТРУКТУРЫ И ДЕФЕКТОВ, ИЛЛЮСТРИРОВАННЫХ ФОТОСНИМКАМИ

#### **Дефекты, обнаруживаемые в изломах**

1. Грубые раскатанные поры и газовые пузыри - отдельные нитевидные полосы с искаженной кристаллической структурой. Пузыри могут быть одиночными, групповыми, расположенными по всему сечению, в центре или у поверхности заготовок (черт. 1а, б).

#### **Грубые раскатанные поры и газовые пузыри**



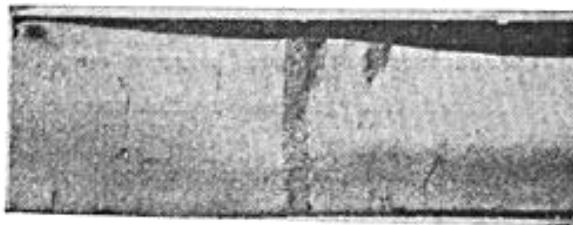
а

б

Черт. 1

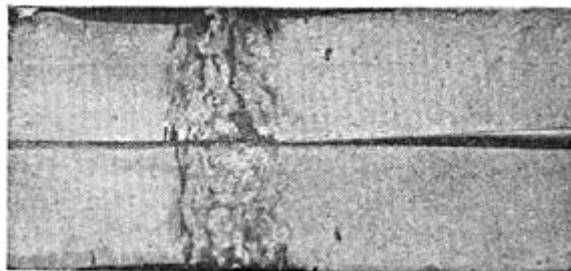
2. Грубая пятнистая ликвация - широкие полосы с иной кристаллической структурой, чаще темные, произвольно расположенные по сечению заготовки (черт. 2).

### Грубая пятнистая ликвация



Черт. 2

### Остатки усадочной раковины



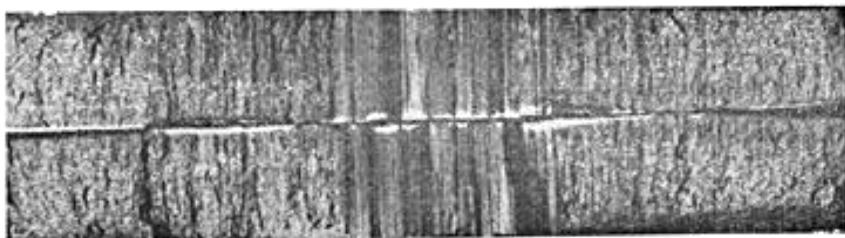
Черт. 3

3. Остатки усадочной раковины - в осевой зоне в виде темной или светло-серой со шлаком полосы, с некристаллической структурой или с заглаженной, притертой, окисленной поверхностью (черт. 3).

4. Подусадочная рыхлота - одна или несколько темных полос с грубослоистой структурой, часто сопровождающихся порами, шлаковыми включениями.

5. Расслоение - широкие полосы с заглаженной, кристаллической, светлой (в отличие от усадочной раковины) структурой в осевой, реже в краевой зоне заготовки. Вызывается наличием интеркристаллических трещин в слитке, незаваривающихся при последующей деформации (черт. 4а, б).

## Расслоение



а

б

Черт. 4

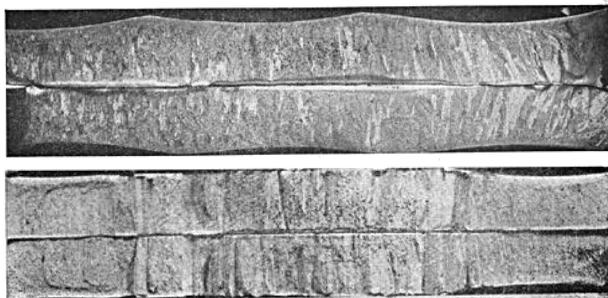
После большой степени деформации в изломе остаются отдельные светлые (серебристые) нити.

6. Межкристаллитные прослойки - обнаруживаются в сравнительно мало деформированном металле в виде неоднородного строения излома трех видов.

6.1. Сколы - участки различной формы и размеров, расположены чаще в краевой зоне заготовок, прокатанных из стали конструкционных марок. Поверхность сколов имеет более мелкозернистую структуру и светлый или матовый оттенок (черт. 5а, б) в зависимости от марки стали и условий контроля образца.

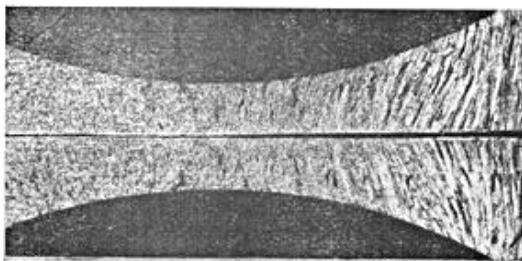
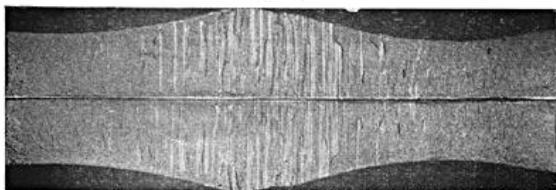
6.2. Слоистые изломы - в виде более закономерно чередующихся полос с мелкозернистой и обычной для данной марки стали структурой. Различаются местом расположения по сечению заготовок: у поверхности, в осевой зоне, по всему сечению - в зависимости от марки стали, режимов деформации, места отбора проб для контроля (черт. 5в, г).

### Межкристаллитные прослойки



а - сколы со светлым оттенком

б - сколы (площадки) с матовым оттенком



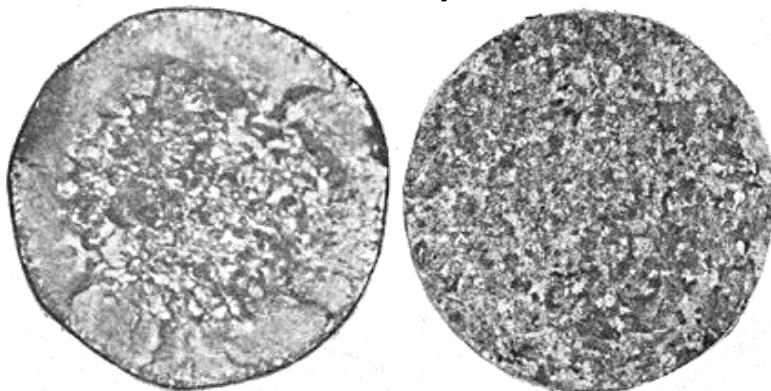
в - слоистый излом в осевой

г - слоистый излом в краевой части заготовки  
части заготовки

Черт. 5

7. Обезуглероженный и науглероженный слой - в изломе прутков поперек волокна отличается величиной зерна и оттенком структуры: светлый, крупнозернистый - при обезуглероживании (черт. б); матовый, мелкозернистый - при науглероживании металла (по всему периметру прутка или его части).

### Обезуглероженный слой (после сильного перегрева металла)



Черт. 6

а

б



Черт. 7

8. Нафталинистый и камневидный изломы - результат сильного перегрева металла перед деформацией или при термической обработке.

Нафталинистым - классифицируется плоскостной излом с характерным блеском в сечении крупных зерен, по различному отражающих свет (черт. 7а).

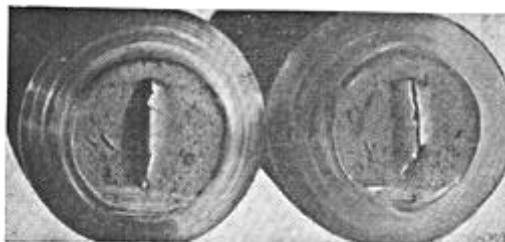
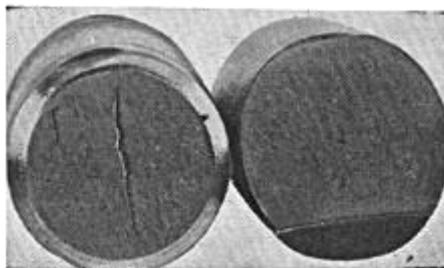
Камневидным - классифицируется матовый излом по границам крупных или мелких зерен, вскрывающих их огранку (черт. 7б).

### Нафталинистый и камневидный изломы

В отличие от нафталинистого отражательная способность граней зерна слабо зависит от направления освещения. Иногда для выявления камневидного излома требуется определить оптимальные условия отпуска закаленных образцов.

9. Расщепления, вырывы, ложные расслоения - в виде узких щелей, выступов и углублений ("язычков") в изломе прутков поперек, а иногда и вдоль волокна. Образуются в случаях, когда не соблюдается рациональная форма надреза образца, условия термической обработки перед поломкой и скорость поломки (черт. 8а, б). Расщепления (вырывы) не связаны с качеством металла, что подтверждается контролем макро- и микроструктуры той же пробы в месте расщепления.

### Расщепления, вырывы, ложные расслоения



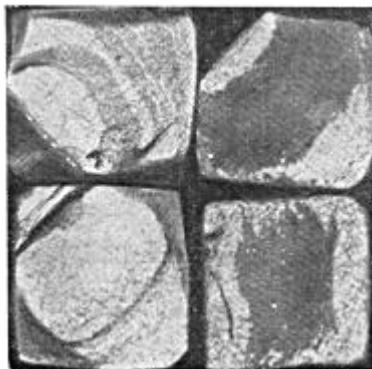
а

б

Черт. 8

10. Черный излом - сплошной или в виде отдельных участков (различной формы) излом с темно-серой или черной окраской. Встречается в высокоуглеродистых инструментальных марках стали (черт. 9).

## Черный излом



Черт. 9

Примечание. Дефекты, указанные в пп. 1-6, более четко обнаруживаются в продольных изломах, в пп. 7-10 - в поперечных.

Дефекты, обнаруживаемые на макротемплетах и затем в изломах

12. Корочки (экзогенные включения) у края или по сечению заготовки - участки различной травимости, разные по форме и величине. Могут быть темными (черт. 11а, б) или светлыми в зависимости от места расположения по высоте слитка, от химического состава, температуры образования и степени насыщенности газовыми и неметаллическими включениями.

### Корочки (экзогенные включения)





а - темная корочка (внутри заготовки)  
темная корочка у поверхности

б -

Черт. 11

13. Свищи (газовые пузыри, раковины) - отдельные крупные и мелкие пустоты, поры овальной, круглой или вытянутой формы; по сечению образца расположены, как правило, несимметрично (черт. 12). Могут быть одиночными и групповыми. Образуются при кристаллизации металла, перенасыщенного газами, в том числе при нарушении условий разливки.

### Свищи



Черт. 12

14. Флокены - тонкие извилистые трещины длиной от 1 до 30 мм и более. Ориентированы беспорядочно, поражают часть или все сечения заготовки, за исключением краевой зоны (черт. 13). Для правильной классификации дефекта производится дополнительный контроль по излому этого же образца после закалки.

В изломе флокены выявляются в виде светлых пятен круглой или овальной формы, с кристаллической поверхностью се-

ребристого или светлого оттенка в зависимости от марки стали и времени образования дефекта (черт. 13б, в). Флокены, не заварившиеся при последующем обжатии заготовки, имеют вид несплошностей различной величины и формы (черт. 13г, ). Расположение флокенов по длине и сечению заготовок произвольное.

### Флокены



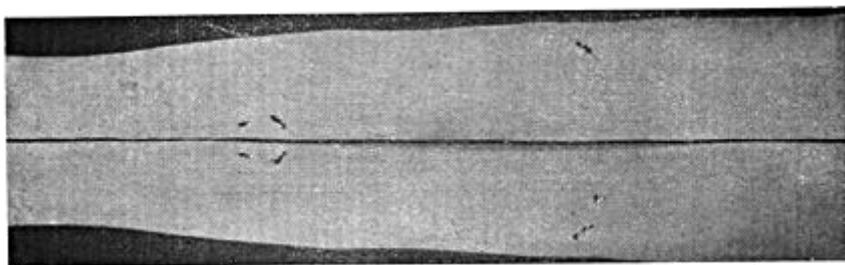
а

б





в - в стали с 1% углерода  
 г - незаварившиеся флокены в продольном макротемплете

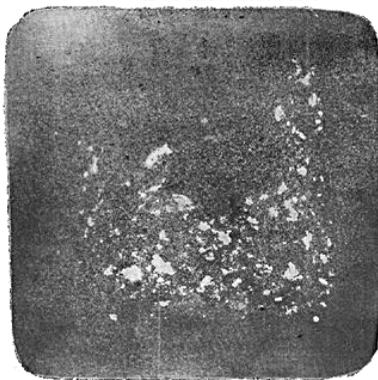


д - незаварившиеся флокены в закаленном изломе

Черт. 13

15. Белые пятна - инородные, расположенные группами, металлические включения с характерной резкой структурной неоднородностью (черт. 14). От основного металла отличаются макро- и микроструктурой, твердостью, химическим составом (по углероду и легирующим элементам). Встречаются в слитках, избыточная часть которых засыпается термитом, обогащенным окалиной.

### Белые пятна

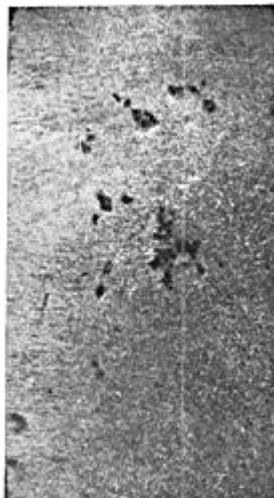
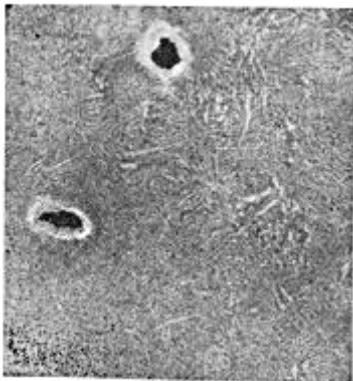


Черт. 14

Белые пятна не следует смешивать со светлыми корочками и инородными случайными включениями.

16. Инородные металлические и шлаковые включения - как правило, единичные, случайно попавшие в слитки кусочки различного рода нерастворившихся ферросплавов, частиц окисленного металла, шлака, сосуллек, дужек, огнеупоров, "короны" и др. Имеют различную с основным металлом травимость, химический состав, микроструктуру и твердость (черт. 15а, б, в, г). Иногда обнаруживают в изломе.

### Инородные металлические и шлаковые включения





а - от феррониобия

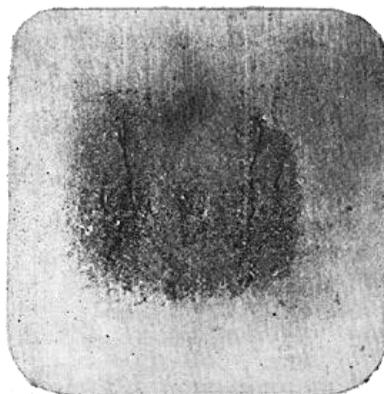
б - шлак

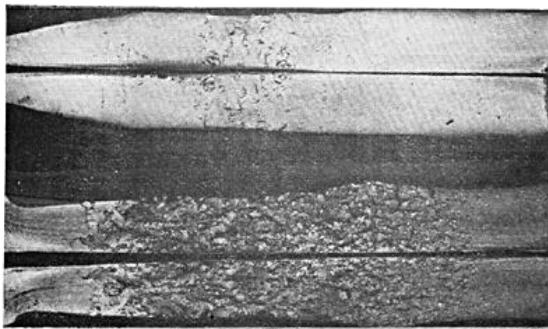
в - сосульки

Черт. 15

17. Черновины (трещины, надрывы) - в виде рыхлой, сильно травящейся внутренней зоны или отдельных темных пятен, часто сопровождаются одной или двумя трещинами - разрывами, параллельными граням слитка (черт. 16а). В продольном изломе выявляются в виде нарушений сплошности металла - рыхлости; при малой степени развития - в виде полос с крупнозернистой структурой и надрывами (черт. 16б). Дефекты пережога при нагреве и разрушения при деформации внутренней зоны заготовок.

### **Черновины (трещины, надрывы)**





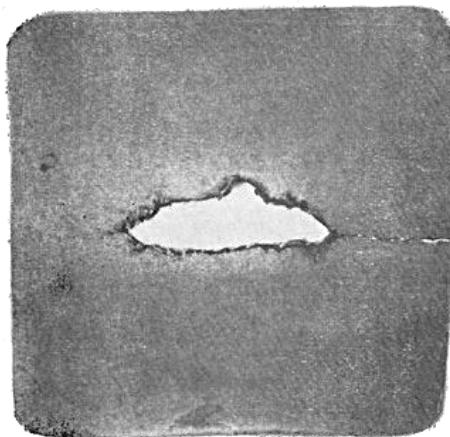
а

б

Черт. 16

18. Скворечники - пустоты, дыры, различной величины и формы, чаще одиночные по длине раската слитка. Образуются путем раскрытия и неполного заваривания внутренних поперечных термических трещин (черт. 17). При осмотре поверхности заготовок могут не обнаруживаться.

#### **Скворечник**



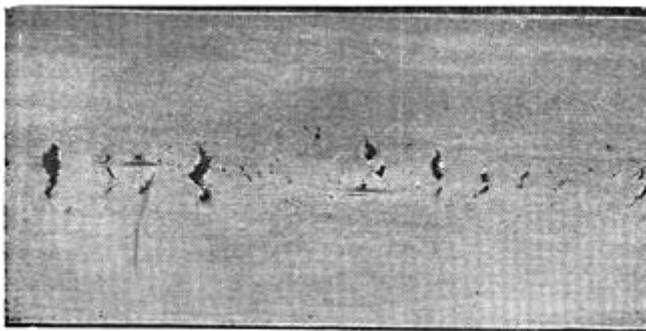
Черт. 17

Дополнительной характеристикой служит отсутствие ликвации углерода, серы, фосфора, а также неметаллических включений вокруг дефекта.

19. Внутренние разрывы - многочисленные поперечные надрывы, расположенные цепочкой вдоль оси заготовки (черт. 18). Отличаются от скворечников меньшими размерами, большим количеством, извилистым контуром и кристаллической структурой поверхности разрушения. Образуются при недостаточном давлении.

нии для деформации середины слитка, характерны для стали с высоким сопротивлением деформации и малой скоростью рекристаллизации.

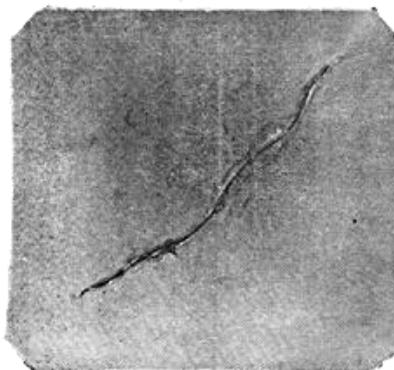
### Внутренние разрывы



Черт. 18

20. Ковочные трещины - внутри осевой зоны. Могут быть в виде креста, одной трещины по диагонали, двух или более трещин, направленных от оси заготовки в стороны (черт. 19). В отличие от межкристаллитных трещин - более широкие и прямолинейные. Расположение по высоте слитка произвольное. В изломе имеют вид грубых широких окисленных расслоений.

### Ковочные трещины



Черт. 19

21. Трещины - образующиеся при нарушении условий подготовки образцов (при оценке макроструктуры во внимание не

принимаются).

21.1. Шлифовочные трещины - сетка трещин или отдельные тонкие трещины различного направления и длины. Образуются при шлифовании металла с высокой твердостью (более 388 НВ), значительной хрупкостью и малой теплопроводностью.

21.2. Травильные трещины - повышенный локальный расклев в виде прерывистых трещин, иногда в виде сетки, образующихся при травлении металла, имевшего напряжения от структурных превращений или наклеп от деформации.

21.3. Шлифовочно-травильные трещины - локальный расклев металла, имеющего трещины после шлифования (черт. 20).

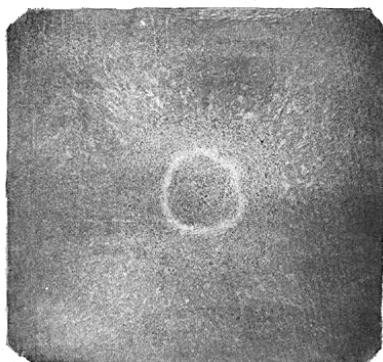
### **Шлифовочно-травильные трещины**



Черт. 20

22. Светлое кольцо или квадрат - обнаруживается в осевой зоне или в пределах половины радиуса заготовки. Форма обуславливается контуром кристаллизатора. По сравнению со светлой полоской (шкала N 10а) имеет большую ширину и замкнутый контур (черт. 21). Разновидностью дефекта является светлое (серое) пятно в осевой зоне подприбыльных заготовок.

### Светлое кольцо

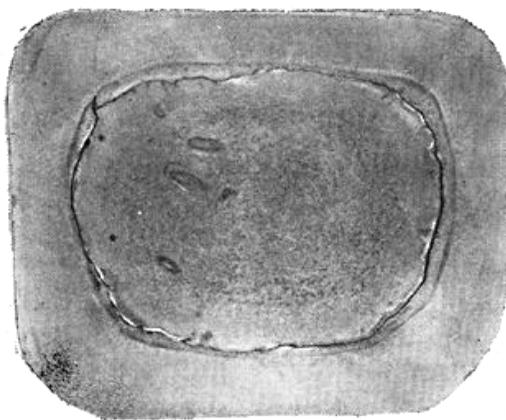


Черт. 21

Дефекты обнаруживаются при недостаточном удалении верхней части слитков вакуумного дугового или электрошлакового переплава.

23. Краевой отслоя (двойной налив) - отслаивающаяся полоска металла по всему контуру заготовки или ее части (черт. 22). Образуется из-за прерывания струи металла при сифонной разливке, а также при внезапном увеличении скорости разливки, приводящей к заливу металла между слитком и изложницей.

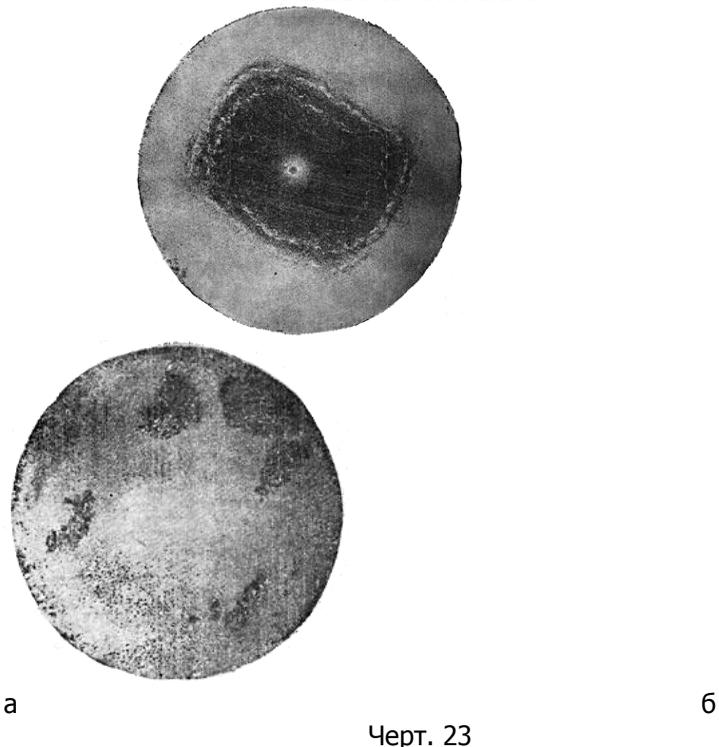
### Краевой отслоя (двойной налив)



Черт. 22

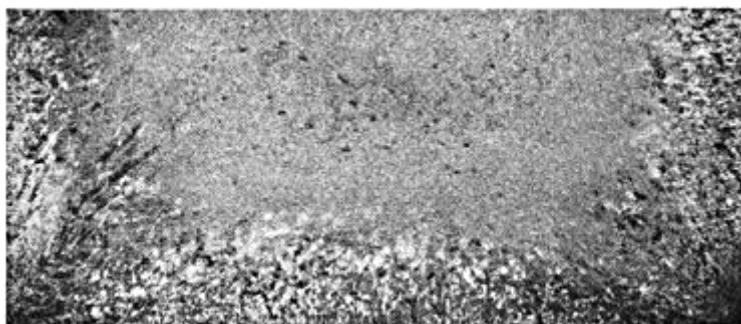
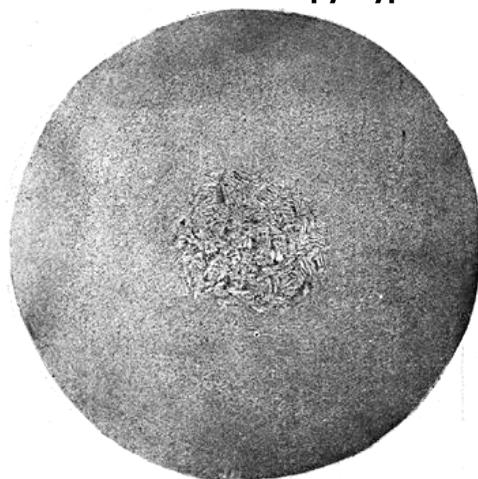
24. Повышенная или пониженная травимость осевой зоны, а также отдельных участков темплета - обуславливается условиями кристаллизации и деформации слитка (черт. 23а), неравномерным наклепом и рекристаллизацией отдельных объемов заготовок, разнотравностью (черт. 23б). Различия в травимости исчезают или уменьшаются после высокотемпературной обработки металла.

**Разнотравность и различная травимость при наклепе металла**



25. Остатки литой структуры - в центре (черт. 24а) или у поверхности (черт. 24б) заготовок в виде четкого рисунка дендритов или крупных кристаллов, зерен.

### Остатки литой структуры



а

б

Черт. 24

#### 26. Краевые дефекты

26.1. Участки повышенной травимости металла, сопровождающиеся загрязненностью неметаллическими включениями (черт. 25а) - образуются при кристаллизации слитков ВДП, остаются на поверхности заготовок при недостаточной глубине обдирки и зачистки их.

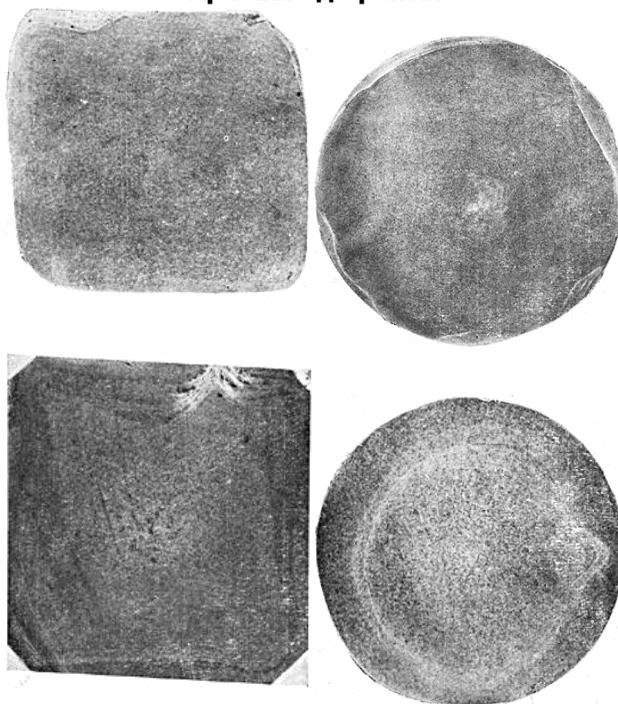
26.2. Участки пониженной травимости металла без видимой загрязненности (черт. 25б) - образуются при нарушении режима кристаллизации нижней части слитков и обнаруживаются в заготовках при недостаточной обрезки этой части слитков ВДП и ЭШП.

26.3. Местная грубая неоднородность (электропробой) - сопровождается газовыми пузырями, свищами (черт. 25в) или искажением формы других дефектов (черт. 25г). В последнем слу-

чае - при нарушении последовательности кристаллизации. Дефекты образуются из-за нарушения сплошности шлакового гарниссажа в результате электропробоев при электрошлаковом переплаве. Рекомендуется дополнительный контроль образца с продольным направлением волокна.

26.4. Угловые трещины - в виде одной и более узких полосок расположены в угловых зонах заготовки или несколько смещены на одну из граней (черт. 25д). Образуются при нарушении условий раскисления и разливки металла, при неправильном закруглении углов изложниц и др.

### Краевые дефекты



Черт. 25

а - участки повышенной травимости с неметаллическими включениями; б - участки пониженной травимости без видимых загрязнений; в - местная грубая неоднородность (электропробой)

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

### ИЗУЧЕНИЕ ЭТАЛОНОВ МИКРОСТРУКТУРЫ

Цель работы: Приобретение обучающимися навыков оценки микроструктуры сплавов по ее эталонам.

#### I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Для оценки микроструктуры должны вырезаться образцы площадью  $0,5-1,0 \text{ см}^2$  и меньших размеров, если исследуемое изделие малых размеров.

2. Количество образцов и место их вырезки, в зависимости от назначения, размеров и способа изготовления исследуемого объекта, должно быть оговорено в соответствующих стандартах или других нормативных документах.

3. Травление шлифов, изготовленных из образцов, производится в спиртовом растворе азотной или пикриновой кислоты:  $4 \text{ см}^3$  азотной кислоты (уд. в. 1,405) на  $100 \text{ см}^3$  или 4 г пикриновой кислоты на  $100 \text{ см}^3$  спирта, или смесью этих растворов в отношении 1:4.

#### II. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОСТРУКТУР

4. Применяемые увеличения микроскопа:

а) Определение дисперсности пластинчатого и зернистого перлита - при увеличении 1000. В случае отсутствия оптики для получения увеличения в 1000 раз определение проводят при увеличении 500 или 600, пользуясь табл.1 (для пластинчатого перлита) и табл.2 (для зернистого перлита) для определения балла.

Таблица 1

Для увеличения 1000	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Для других увеличений										
500	-	1	1,5	2,0	3,0	4,0	4,5	5,0	6,0	7-10
600	-	1	1,5	2,0	3,5	4,5	5,0	6,0	7,0	8-10

Таблица 2

Для увеличения 1000	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Для других увеличений										
500	-	1	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,5	7-10
600	-	1	1,5	2,0	3,0	3,5	4,5	6,0	7,5	8-10

б) Определение размеров игл мартенсита - при увеличении 1000. При отсутствии оптики для получения увеличения 1000 определение производят при увеличении 500 и 600, пользуясь табл.3 для определения балла.

Таблица 3

Для увеличения 1000	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Для других увеличений										
500	-	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,5	5,0	6,0	6,5-10
600	-	1,5	2,0	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	6,5	7,0-10

в) Определение нитридов и карбидной сетки - при увеличении 500.

г) Определение карбидной неоднородности - при увеличении 100.

5. Количественная характеристика основных элементов микроструктуры: перлита, мартенсита, нитридов и карбидов производится на основании сопоставления структуры с эталонами соответствующих шкал настоящего стандарта (см. вкладки).

При этом оценку нитридов, карбидной сетки и карбидной неоднородности проводят сравнением наихудшего по включениям поля зрения, встречающегося при просмотре площади шлифа, с соответствующими шкалами настоящего стандарта.

Для более точного количественного металлографического анализа структурных составляющих применяют линейный или планиметрический метод.

6. В зависимости от степени дисперсности пластинчатый перлит подразделяют на 10 баллов согласно табл.4 и шкале 1 настоящего стандарта.

Таблица 4

Балл	Характеристика перлита	Межпластинчатое расстояние, мк
1	Сорбитообразный	Менее 0,20
2	Скрытопластинчатый	0,30
3	Тонкопластинчатый	0,40
4	Мелкопластинчатый	0,60
5	Мелкопластинчатый	0,80
6	Среднепластинчатый	1,00
7	Среднепластинчатый	1,20
8	Крупнопластинчатый	1,60
9	Крупнопластинчатый	2,00
10	Грубoplastинчатый	Более 2,00

Примечание. Межпластинчатое расстояние определяется в зернах перлита наибольшей дисперсности, где пластинки цементита расположены перпендикулярно к плоскости шлифа.

7. В зависимости от дисперсности зерен цементита зернистый перлит подразделяют на 10 баллов согласно табл.5 и шкале 2 настоящего стандарта.

Таблица 5

Балл	Характеристика перлита	Средний диаметр зерен цементита, мк
1	Точечный	До 0,25
2	Весь- ма мелкозернистый	0,40
3	Мелкозернистый	0,60
4	Мелкозернистый	1,00
5	Среднезернистый	1,20
6	Среднезернистый	1,60
7	Крупнозернистый	2,00
8	Крупнозернистый	2,50
9	Крупнозернистый	3,00
10	Грубозернистый	Более 3,00

Примечание. Шкала 2 не характеризует размера избыточных карбидов.

### Мартенсит

8. В зависимости от размеров (длины) игл мартенсита подразделяют на 10 баллов согласно табл.6 и шкале 3.

Таблица 6

Балл	Характеристика мартенсита	Наибольшая длина игл, мк
1	Скрытоигольчатый	Менее 0,2
2	Весьма мелкоигольчатый	2,0
3	Мелкоигольчатый	4,0
4	Мелкоигольчатый	6,0
5	Среднеигольчатый	8,0
6	Среднеигольчатый	10,0
7	Крупноигольчатый	12,0
8	Крупноигольчатый	16,0
9	Крупноигольчатый	20,0
10	Грубоигольчатый	Более 20,0

Примечание. Шкала 3 применяется также для оценки сорбита отпуска, если в нем сохранена ориентировка мартенсита.

### Нитриды

9. В зависимости от количества нитридов (количество штук на определенной площади микрошлифа) структуру стали подразделяют на 10 баллов, согласно табл.7 и шкале 4 настоящего стандарта.

Таблица 7

Балл	А. Нитриды с длиной игл до 10 мк		Б. Нитриды с длиной игл более 10 мк	
	Количество нитридов на площади круга $\varnothing 70$ мм при увеличении 500, шт.	Общая протяженность нитридов на площади круга $\varnothing 70$ мм при увеличении 500, мм	Количество нитридов на площади круга $\varnothing 70$ мм при увеличении 500, шт.	Общая протяженность нитридов на площади круга $\varnothing 70$ мм при увеличении 500, мм
1	0	0	0	0
2	2	До 10	1	До 10
3	4	11-16	2	11-16
4	6	17-25	4	17-25
5	10	26-40	6	26-40
6	16	41-63	8	41-63

7	20	64-100	12	64-100
8	25	101-120	16	101-120
9	32	121-160	20	121-160
10	Более 32	Более 160	Более 20	Более 160

Примечание. При наличии в структуре мелких и крупных нитридов сопоставление структуры проводят со шкалой 4Б при наличии более 50% нитридов с величиной игл 10 и более микрон.

10. В зависимости от характера карбидной сетки структура стали подразделяют на 6 баллов согласно шкале 5 настоящего стандарта.

11. В зависимости от характера карбидной неоднородности структуру стали подразделяют на 6 баллов согласно шкале 6 настоящего стандарта. При этом верхний ряд (А) шкалы характеризует структуру заэвтектоидных сталей, а нижний ряд (Б) - сталей ледобуритного класса.

12. При составлении укрупненных шкал для оценки зернистого и пластинчатого перлита, мартенсита и нитридов допускается применять баллы 1, 3, 5, 7 и 9, предусмотренные в шкалах 1, 2, 3 и 4.

13. Рекомендуемые шкалы соотношения феррита и перлита, зернистого и пластинчатого перлита, мартенсита и троостита указаны в приложении к настоящему стандарту.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

1. В зависимости от количества феррита (средний процент площади, занятой перлитом на микрошлифе) ферритоперлитовую структуру стали подразделяют на 10 баллов согласно табл.1 и шкале 7.

Таблица 1

Балл	Содержание, %	
	перлита	феррита
1	100	0
2	95	5
3	85	15
4	75	25
5	65	35
6	50	50
7	35	65
8	20	80
9	5	95
10	0	100

Примечание. Шкала пригодна для оценки соотношения феррита и перлита в структуре независимо от характера перлитных участков (пластинчатый, зернистый, сорбитообразный), которые характеризуются дополнительно на основании сопоставления их с соответствующими шкалами.

2. В зависимости от соотношения между пластинчатым и зернистым перлитом (средний процент площади, занятой пластинчатым перлитом) структуру стали подразделяют на 10 баллов согласно табл.2 и шкале 9.

Таблица 2

Балл	Содержание перлита, %	
	зернистого	пластинчатого
1	100	0
2	Более 95	До 5
3	90	10
4	85	15
5	80	20
6	65	35
7	50	50
8	35	65
9	5	95
10	0	100

3. В зависимости от количества мартенсита (средний процент площади, занятой мартенситом) структуру стали подразделяют на 10 баллов согласно табл.3 и шкале 8.

Таблица 3

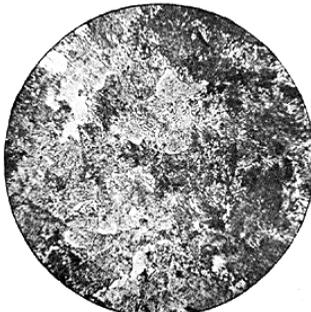
Балл	Содержание, %	
	мартенсита	троостита
1	100,0	0
2	Более 99,0	До 1,0
3	97,5	2,5
4	95,0	5,0
5	90,0	10,0
6	85,0	15,0
7	75,0	25,0
8	50,0	50,0
9	25,0	75,0
10	0	100,0

## ШКАЛА 1

### Пластинчатый перлит 1000



Балл 1



Балл 2



Балл 3



Балл 4



Балл 5



Балл 6



Балл 7



Балл 8



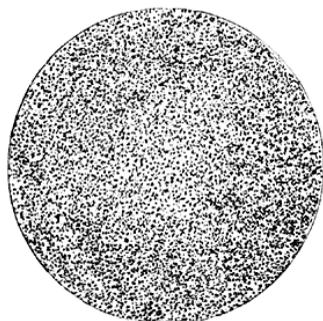
Балл 9



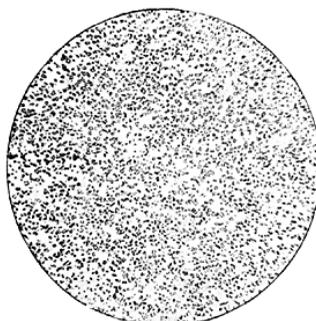
Балл 10

## ШКАЛА 2

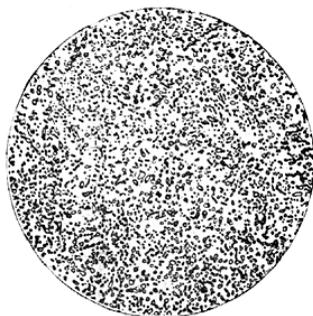
### Зернистый перлит 1000



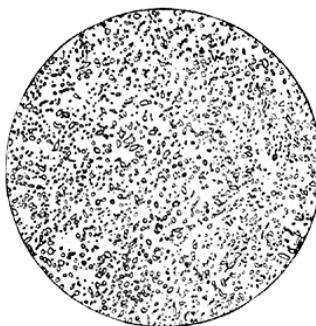
Балл 1



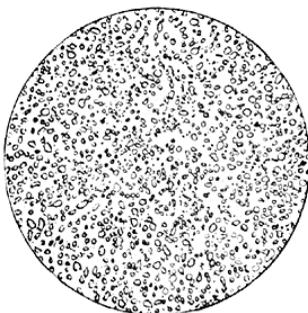
Балл 2



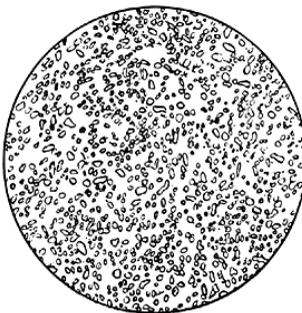
Балл 3



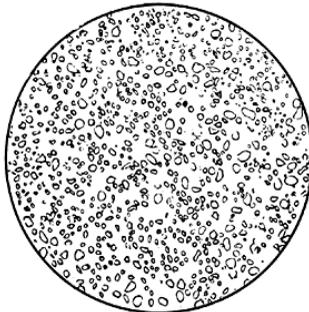
Балл 4



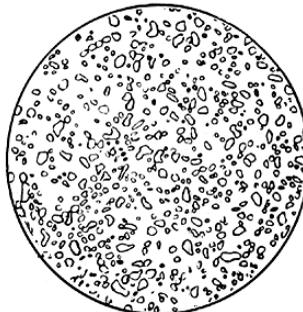
Балл 5



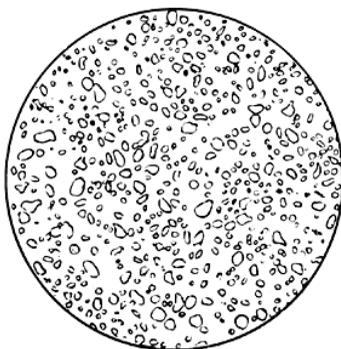
Балл 6



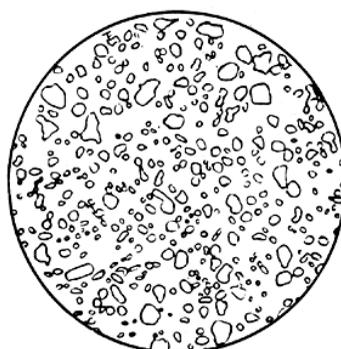
Балл 7



Балл 8

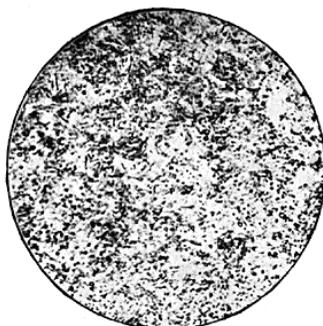


Балл 9



Балл 10

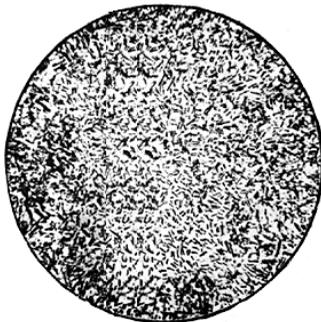
**ШКАЛА 3  
Мартенсит 1000**



Балл 1



Балл 2



Балл 3



Балл 4



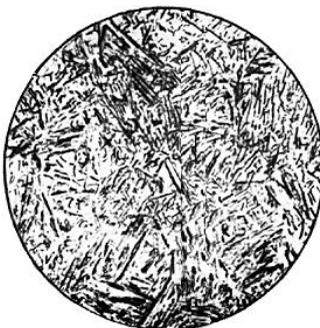
Балл 5



Балл 6



Балл 7



Балл 8

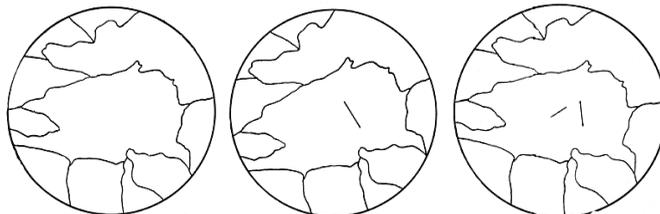
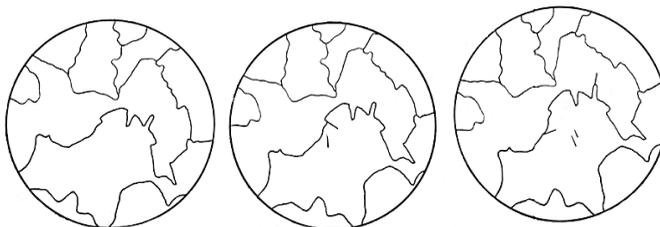


Балл 9



Балл 10

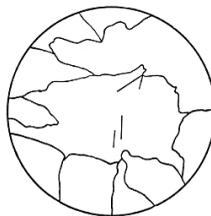
### ШКАЛА 4 Включения нитридов 500



Балл 1

Балл 2

Балл 3

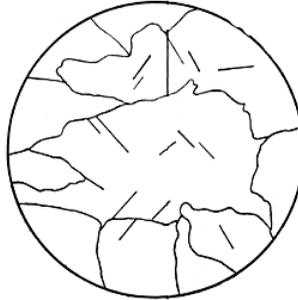
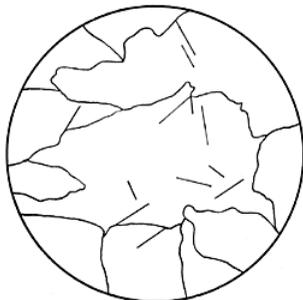


Балл 4



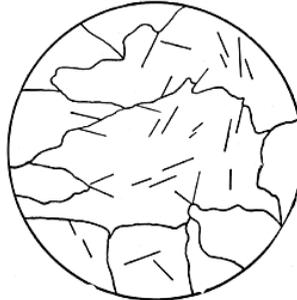
**Балл 5**

**Балл 6**



**Балл 7**

**Балл 8**

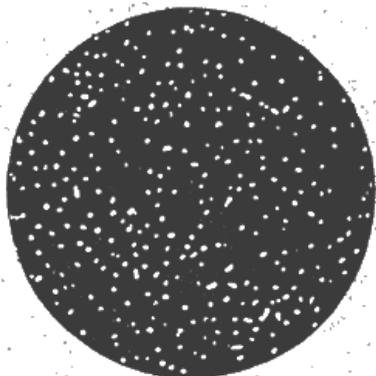


**Балл 9**

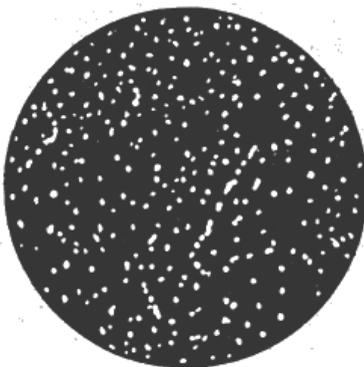
**Балл 10**

## ШКАЛА 5

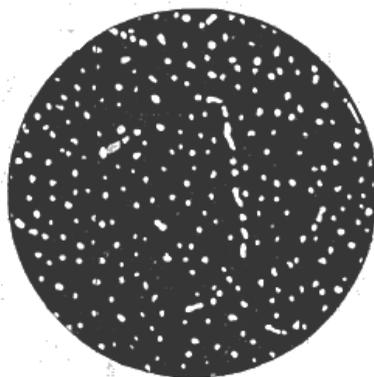
### Карбидная сетка 500



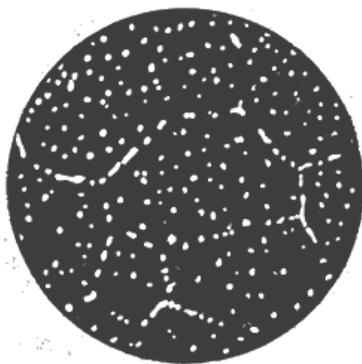
Балл 1



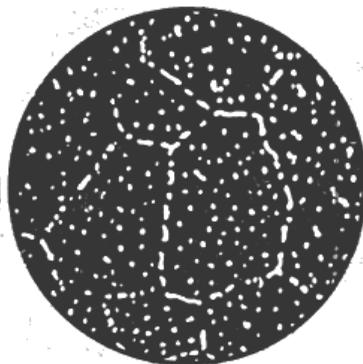
Балл 2



Балл 3



**Балл 4**



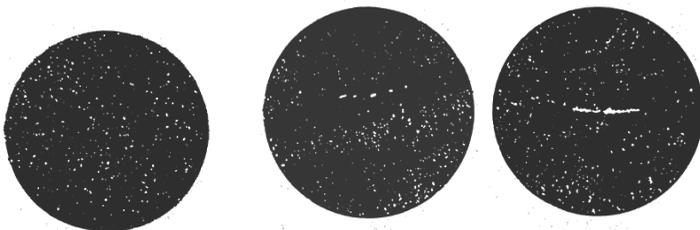
**Балл 5**



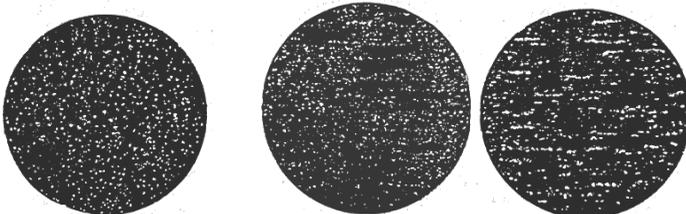
**Балл 6**

### ШКАЛА 6 Карбидная неоднородность 100

А



Б



Балл 1

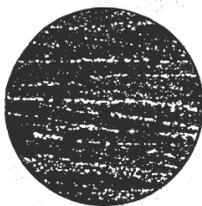
Балл 2

Балл 3

А



Б



Балл 4



Балл 5



Балл 6

### ШКАЛА 7

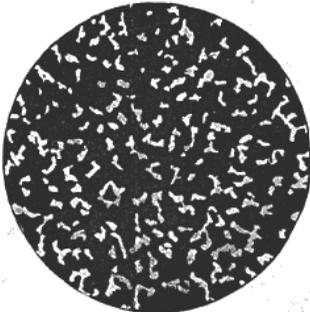
Соотношение перлита и феррита 100  $\frac{\% \text{ перлита}}{\% \text{ феррита}}$



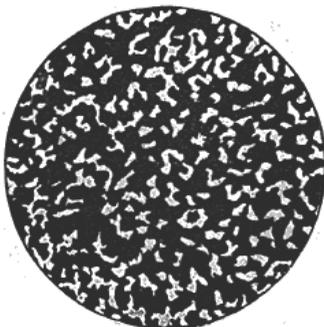
$\frac{100}{0}$



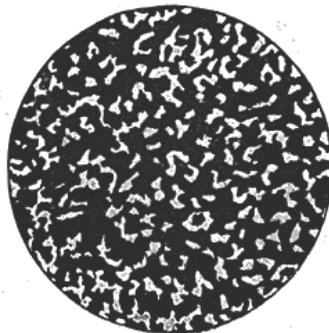
$\frac{95}{5}$



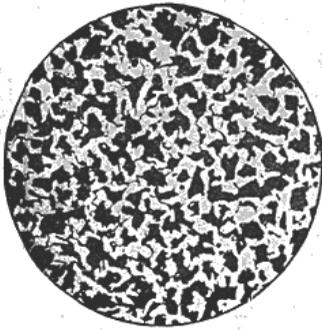
$\frac{85}{15}$



$\frac{75}{25}$



$\frac{65}{35}$



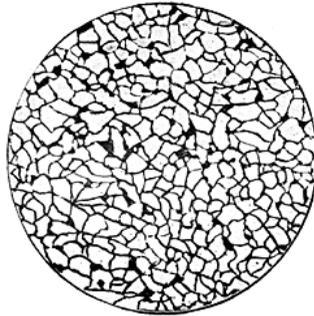
$\frac{50}{50}$



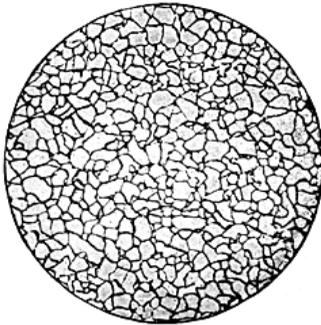
$\frac{35}{65}$



$\frac{20}{80}$



$\frac{5}{95}$



$\frac{0}{100}$

### ШКАЛА 8

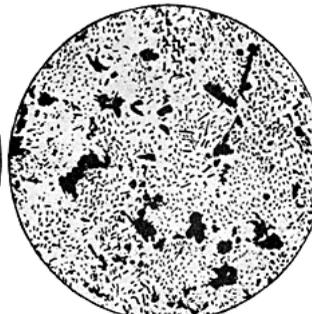
Соотношение мартенсита и троостита 500

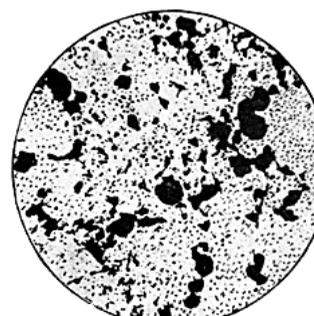
% мартенсита
% троостита

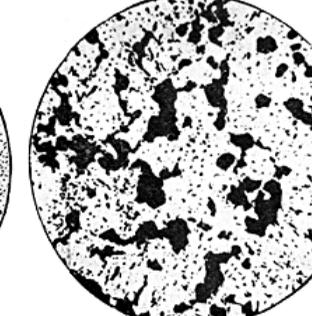


$$\frac{100}{0}$$

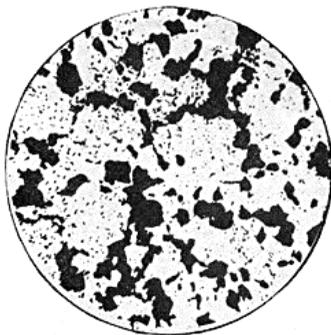

$$\frac{99}{1}$$


$$\frac{97,5}{2,5}$$


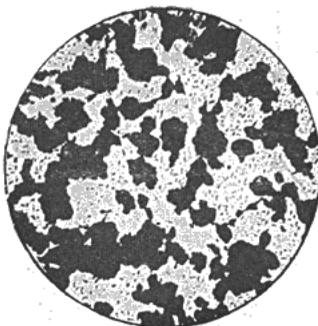
$$\frac{95}{5}$$


$$\frac{90}{10}$$


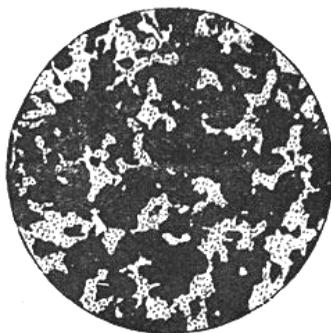
$$\frac{85}{15}$$



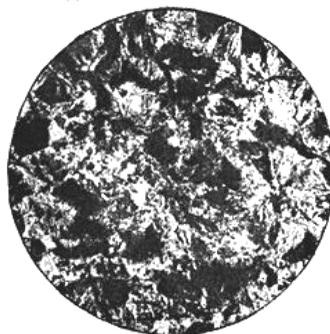
$\frac{75}{25}$



$\frac{50}{50}$



$\frac{25}{75}$



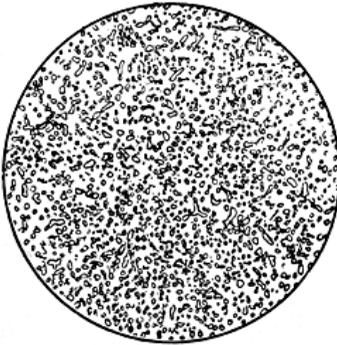
$\frac{0}{100}$

### ШКАЛА 9

#### Соотношение зернистого и пластинчатого перлита 500

$\frac{\%}{\%}$  зерн. перлита

$\frac{\%}{\%}$  пласт. перлита



$\frac{100}{0}$



$\frac{95}{5}$



$\frac{90}{10}$



$\frac{85}{15}$



$\frac{80}{20}$



$\frac{65}{35}$



$\frac{50}{50}$



$\frac{35}{65}$



$\frac{5}{95}$



$\frac{0}{100}$

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4

# МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ПОЛОСЧАТОСТИ ИЛИ ОРИЕНТАЦИИ МИКРОСТРУКТУР

Цель работы: - ознакомить обучающихся с методами оценки степени полосчатости и ориентации микроструктур,

### 1 Общие сведения

Настоящая работа раскрывает методы, которые позволяют описать внешний вид полосчатых структур и оценить степень полосчатости. Рассматриваемые методы применяются для оценки характера и степени полосчатости микроструктур металлов и других материалов, которые в результате деформации и других технологических операций имеют полосчатую или ориентированную структуру. Наиболее распространенным примером полосчатости является полосчатая ферритно-перлитная структура деформированных низкоуглеродистых сталей. Другие примеры полосчатости - карбидная полосчатость в заэвтектоидных инструментальных сталях и мартенситная полосчатость в термообработанных легированных сталях. Приведенные методы могут быть использованы также для характеристики не содержащих полосчатости микроструктур с частицами второй фазы, ориентированными (вытянутыми) в различной степени в направлении деформации.

**2** Полосчатые или ориентированные микроструктуры могут образоваться в однофазных, двухфазных или многофазных металлах и материалах. На внешний вид ориентации или полосчатости влияют такие технологические факторы, как скорость кристаллизации, степень ликвации, степень горячей или холодной деформации, характер использованного процесса деформации, термическая обработка и другие факторы.

Микроструктурная полосчатость или ориентация влияют на однородность механических свойств, определяемых при различной ориентации образцов по отношению к направлению деформации.

Результаты, полученные приведенными методами испытаний, могут быть использованы для контроля качества материала в соответствии с нормами, согласованными между потребителем и изготовителем, для сравнения различных технологических процессов или вариантов одного процесса, а также для получе-

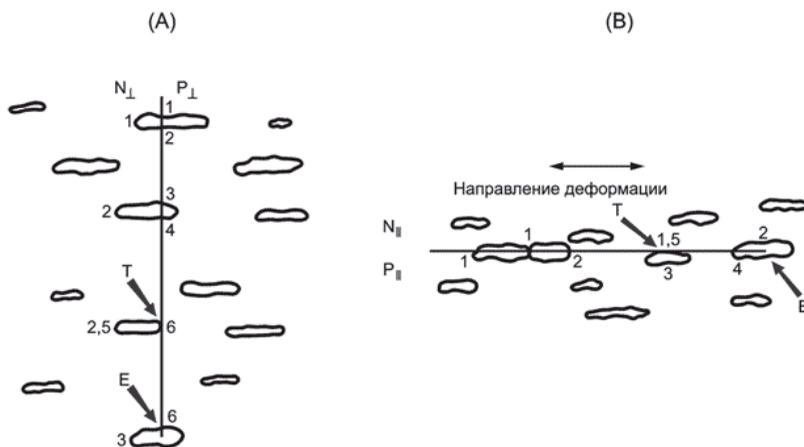
ния требуемых данных при исследовании зависимости между структурой и свойствами.

### 3 Термины, определения и обозначения

#### 3.1 Определения

**3.1.1 полосчатая микроструктура:** Разделение одной или более фаз или структурных составляющих в двухфазной или многофазной микроструктуре, или участков ликвации в однофазной или состоящей из одной структурной составляющей микроструктуре на два отчетливых слоя, параллельных оси деформации, в результате удлинения участков микроликвации. На образование полосчатой структуры могут влиять другие факторы, например температура конца горячей деформации, величина обжатия при горячей или холодной деформации, частичные превращения аустенита, обусловленные ограниченной прокаливаемостью или недостаточной скоростью охлаждения.

**3.1.2 число пересечений частиц (feature interceptions):** Число частиц (или скоплений частиц) рассматриваемой фазы или структурной составляющей, которые пересекаются линиями измерительной сетки (рисунок 1).



Примечания

1 Показаны линии измерительной сетки, ориентированные

перпендикулярно к оси деформации (А) и параллельно оси деформации (В). Показаны схемы подсчета  $N_{\perp}$ ,  $N_{\parallel}$ ,  $P_{\perp}$  и  $P_{\parallel}$  для подсчетов, проводимых сверху вниз (А) и слева направо (В).

2 Т указывает касание частицы, а Е указывает, что измерительная линия заканчивается внутри частицы; оба эти случая оцениваются, как показано на рисунке.

Рисунок 1 - Иллюстрация методики подсчета пересечений частиц  $N$  и пересечений границ  $P$  для ориентированной микроструктуры

**3.1.3 число пересечений границ:** Число границ между матричной и рассматриваемой фазами или структурной составляющей, которые пересекаются линиями измерительной сетки (см. рисунок 1). Для отдельных частиц, распределенных в матрице, число пересечений границ будет в два раза больше числа пересечений частиц.

**3.1.4 ориентированные структурные составляющие:** Одна или более избыточных фаз (структурных составляющих), вытянутых параллельно оси деформации не в виде полосы (т.е. беспорядочно распределенных); степень вытянутости изменяется в зависимости от размера и деформируемости фазы или структурной составляющей и степени обжатия при горячей или холодной деформации.

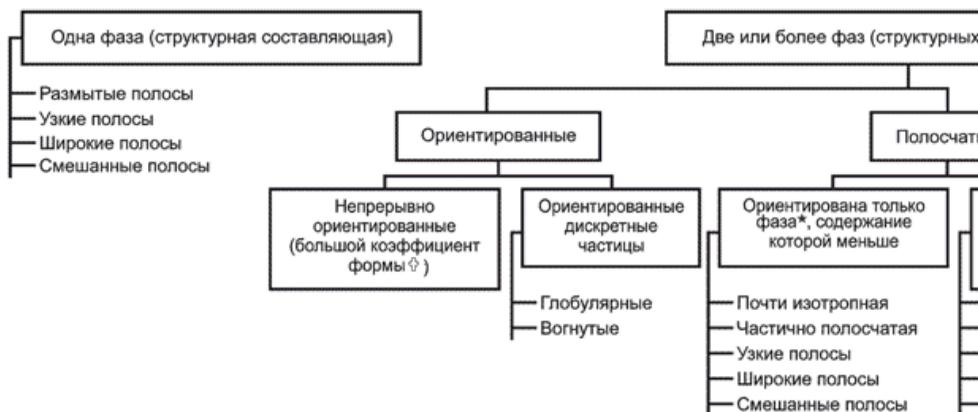
**3.1.5 стереологические методы:** Методы, используемые для характеристики трехмерных составляющих микроструктуры на основании измерений, проводимых на двухмерных плоскостях шлифов.

#### Примечания

1 Хотя для оценки степени полосчатости или ориентации используются стереологические методы измерений, эти измерения проводятся только на плоскостях, параллельных направлению деформации (т.е. продольной плоскости), и трехмерные характеристики полосчатости или ориентации не определяются.

2 В приложении А.1 приведены примеры микроструктур, иллюстрирующие терминологию, используемую для каче-

ственного описания характера и степени полосчатости или ориентации. На рисунке 2 показана схема качественной классификации.



ϕ Длина/ширина.

\* Или структурная составляющая.

Рисунок 2 - Схема качественной классификации для ориентированных или полосчатых микроструктур

### 3.2 Обозначения

$N_{\perp}$  - число пересечений частиц измерительными линиями, перпендикулярными к направлению деформации.

$N_{\parallel}$  - число пересечений частиц измерительными линиями, параллельными направлению деформации.

$M$  - увеличение.

$L_{\xi}$  - истинная длина измерительной линии, т.е. длина измерительной линии, деленная на  $M$ .

$$N_{L\perp} = \frac{N_{\perp}}{L_{\xi}} .$$

$$N_{L\parallel} = \frac{N_{\parallel}}{L_{\xi}} .$$

$P_{\perp}$  - число пересечений границ измерительными линиями, перпендикулярными к направлению деформации.

$P_{\parallel}$  - число пересечений границ измерительными линиями, параллельными направлению деформации.

$$P_{L\perp} = \frac{P_{\perp}}{L_t} \cong 2N_{L\perp}.$$

$$P_{L\parallel} = \frac{P_{\parallel}}{L_t} \cong 2N_{L\parallel}.$$

$N$  - число измеренных полей или число отпечатков микро-твердости.

$$\bar{N}_{L\perp} = \frac{\sum N_{L\perp}}{n}.$$

$$\bar{N}_{L\parallel} = \frac{\sum N_{L\parallel}}{n}.$$

$$\bar{P}_{L\perp} = \frac{\sum P_{L\perp}}{n} \cong 2\bar{N}_{L\perp}.$$

$$\bar{P}_{L\parallel} = \frac{\sum P_{L\parallel}}{n} \cong 2\bar{N}_{L\parallel}.$$

$\bar{X}$  - средние значения ( $\bar{N}_{L\perp}$ ,  $\bar{N}_{L\parallel}$ ,  $\bar{P}_{L\perp}$ ,  $\bar{P}_{L\parallel}$ ).

$S$  - оценка стандартного отклонения ( $\sigma$ ).

$t$  - множитель, зависящий от числа исследованных полей и используемый вместе со стандартным отклонением измерений для определения 95% CI.

95% CI - 95%-ный доверительный интервал.

$$95\% \text{ CI} = \pm \frac{tS}{\sqrt{n}}.$$

% RA - относительная точность, %.

$$\% \text{ RA} = \frac{95\%}{X} \cdot 100.$$

$SB_{\perp}$  - среднее расстояние между центрами полос.

$$SB_{\perp} = \frac{1}{\bar{N}_{L\perp}}.$$

$V_v$  - объемная доля полосчатой фазы (структурной составляющей).

$\lambda_{\perp}$  - среднее расстояние между краями полос, средний свободный путь (расстояние).

$$\lambda_{\perp} = \frac{1 - V_v}{\bar{N}_{L\perp}} .$$

$AI$  - коэффициент анизотропии.

$$AI = \frac{\bar{N}_{L\perp}}{\bar{N}_{L\parallel}} = \frac{\bar{P}_{L\perp}}{\bar{P}_{L\parallel}} .$$

$\Omega_{12}$  - степень ориентации частично ориентированных линейных элементов структуры на двухмерной плоскости полировки.

$$\Omega_{12} = \frac{\bar{N}_{L\perp} - \bar{N}_{L\parallel}}{\bar{N}_{L\perp} + 0,571\bar{N}_{L\parallel}} .$$

$$\Omega_{12} = \frac{\bar{P}_{L\perp} - \bar{P}_{L\parallel}}{\bar{P}_{L\perp} + 0,571\bar{P}_{L\parallel}} .$$

## 4 Сущность методов

### 4.1 Методика качественного описания характера полосчатых или ориентированных микроструктур на основании морфологических признаков микроструктуры

4.1.1 Для исследования микроструктуры образцов используется металлографический микроскоп. Полосчатость или ориентацию лучше наблюдать при низких увеличениях, например от  $50\times$  до  $200\times$ .

4.1.2 Степень микроструктурной полосчатости или ориентации описывают качественно, используя микрошлифы, вырезанные параллельно направлению деформации изделия. Схема качественной классификации для полосчатых или ориентированных микроструктур показана на рисунке 2. В приложении А.1 приведены примеры микроструктур, иллюстрирующие терминологию, используемую для качественного описания характера и степени полосчатости или ориентации.

## 4.2 Стереологические методы для количественного измерения степени полосчатости или ориентации микроструктуры

4.2.1 Эти методы используются для измерения числа полос на единицу длины, расстояния между полосами или частицами и степени анизотропии или ориентации (параметров  $N_{\perp\perp}$ ,  $N_{\parallel}$ ,  $AI$ ,  $\Omega_{12}$ ,  $SB_{\perp}$ ,  $\lambda_{\perp}$  и др.).

4.2.2 Стереологические методы могут быть использованы для определения характера и степени микроструктурной полосчатости или ориентации любого металла или материала.

4.2.3 Стереологические методы не пригодны для измерения особенностей структуры в отдельных зонах ликвации, присутствующих в достаточно гомогенной остальной микроструктуре. Вместо них следует использовать стандартные методы измерений для определения размера таких зон. Для таких структур можно также использовать метод измерения микротвердости.

4.2.4 Стереологические измерения проводят наложением измерительной сетки, состоящей из ряда близко расположенных параллельных линий известной длины, нанесенных на прозрачную пластиковую накладку или окулярную вставку, на спроектированное изображение микроструктуры или на микрофотографию. Измерения проводят наложением измерительных линий параллельно и перпендикулярно к направлению деформации. Суммарная длина линий измерительной сетки должна быть не менее 500 мм. Примеры измерений полосчатых или ориентированных структур приведены в приложении А.1.

4.2.5 Для микроструктур с достаточным контрастом между полосчатыми или ориентированными структурными составляющими подсчет можно проводить на автоматическом анализаторе изображений.

## 4.3 Метод измерения микротвердости

4.3.1 Метод измерения микротвердости следует использовать только для определения различий в твердости в термообработанных металлах с полосчатой структурой, главным образом в сталях.

4.3.2 Для определения твердости полос каждого типа в термообработанных сталях или других металлах используется микротвердомер. Для таких измерений особенно хорошо подходит индентор Кнупа.

4.3.3 Для полностью мартенситных углеродистых и легиро-

ванных сталей (0,10%-0,65% С) в состоянии после закалки содержание углерода в матрице и ликвационном участке может быть оценено по значениям микротвердости.

## 5 Отбор образцов

5.1 Обычно образцы следует отбирать от конечной продукции после того, как выполнены все технологические операции, особенно те, которые могут повлиять на характер и степень полосчатости. Поскольку степень полосчатости или ориентации может изменяться по толщине поперечного сечения, исследуемая плоскость должна проходить через все поперечное сечение. Если размер изделия слишком велик для изготовления микрошлифа по всему поперечному сечению, то образцы следует отбирать в стандартных участках, например у поверхности, в середине радиуса (или на расстоянии, равном  $1/4$  толщины поверхности) и в центре или в определенных местах, указанных в соглашениях между изготовителем и потребителем.

5.2 Степень присутствующей полосчатости или ориентации определяют на продольных образцах, т.е. образцах с плоскостью полирования, параллельной направлению деформации. Для листового проката может быть также испытан образец, ориентированный в плоскости прокатки (т.е. плоскость шлифа параллельна поверхности листа), приготовленный под поверхностью, в середине толщины или центре листа в зависимости от характера применения продукции.

5.3 Полосчатость или ориентация могут быть оценены на промежуточных видах продукции, например заготовках или прутках, с целью характеристики материала или контроля качества. Однако результаты таких испытаний могут не показать прямой связи с результатами испытаний конечной продукции. Образцы для испытаний следует изготавливать в соответствии с 5.1 и 5.2, но с учетом дополнительного требования к выбору места расположения образцов относительно слитка или непрерывнолитого сляба и ручья установки непрерывной разливки. Число и место отбора таких образцов должны быть указаны в соглашении между изготовителем и потребителем.

5.4 Площадь полированной поверхности отдельных металлографических образцов должна охватывать все поперечное сечение, если это возможно. Длина образцов, изготовленных в полном поперечном сечении, в направлении деформации должна составлять не менее 10 мм. Если слишком большой размер продук-

ции не позволяет приготовить шлиф по всему поперечному сечению, то минимальная площадь полированной поверхности образцов, приготовленных в требуемых местах, должна составлять  $100 \text{ мм}^2$  при длине образца в продольном направлении не менее 10 мм.

## 6 Подготовка образцов

6.1 Методика подготовки образцов должна обеспечивать выявление микроструктуры и исключать чрезмерное влияние возникающих в процессе приготовления деформации или сглаживания микронеровностей.

6.2 В зависимости от вида образца или, если это необходимо для обработки на автоматических полировальных станках, может применяться монтировка образцов.

6.3 Для выявления\* микроструктуры необходимо достижение значительного контраста путем использования соответствующего метода химического или электролитического травления, цветного травления или окисления и т.д. Для некоторых материалов травление может оказаться необязательным, если естественно возникающая разница в отражательной способности структурных составляющих может обеспечить достаточный контраст.

## 7 Методика

7.1 Полированный и протравленный образец помещают на столик микроскопа, выбирают подходящее низкое увеличение, например,  $50\times$  или  $100\times$ , и изучают микроструктуру. Устанавливают образец так, чтобы направление деформации на проекционном экране было горизонтальным.

7.1.1 Используют объект-микрометр для определения увеличения в плоскости проекции изображения или в плоскости фотографирования. Для определения длины линий на измерительной сетке накладке в миллиметрах используют линейку.

7.1.2 Первоначальное поле выбирают путем произвольного перемещения столика и устанавливают без дополнительной регулировки его положения.

7.1.3 Для большинства измерений используется светлое освещение. Однако в зависимости от исследуемого сплава или материала могут быть использованы другие виды освещения, например поляризованный свет или дифференциальный ин-

терференционный контраст.

7.1.4 Измерения можно также проводить наложением измерительной сетки на микрофотографии произвольно выбранных полей зрения при соответствующих увеличениях.

7.2 Качественно определяют характер и степень присутствующей полосчатости или ориентации в соответствии с последующими указаниями. Для идентификации и классификации присутствующих структурных составляющих может потребоваться исследование при более высоких увеличениях. Используемая схема классификации показана на рисунке 2.

7.2.1 Определяют, возникла ли полосчатость или ориентация вследствие изменений в интенсивности травления одной фазы или структурной составляющей, как это может происходить в результате ликвации в образцах отпущенной мартенситной легированной стали, или вследствие преимущественной ориентации одной или более фаз или структурных составляющих в двухфазном или многофазном образце.

7.2.2 При наличии ориентации или полосчатости в двухфазном или многофазном образце определяют, имеет ли место только преимущественная ориентация содержащейся в меньшем количестве фазы или структурной составляющей в матричной фазе. В других случаях могут быть ориентированы обе фазы, причем ни одна из них не является матричной фазой.

7.2.3 Для двухфазных (содержащих две структурные составляющие) или многофазных (содержащих много структурных составляющих) микроструктур определяют, имеет ли полосчатая вторая фаза (структурная составляющая) вид слоев или представляет собой беспорядочно распределенные ориентированные частицы, не образующие полос.

7.2.4 В тех случаях, когда вторая фаза или структурная составляющая имеет вид полос или ориентирована в неполосчатой, неориентированной матрице, определяют, присутствует ли полосчатая или ориентированная структурная составляющая в виде дискретных частиц (которые могут быть глобулярными или вытянутыми) или в виде непрерывной ориентированной структурной составляющей.

7.2.5 Описывают вид распределения второй фазы (более светлых или более темных участков травления в однофазной микроструктуре) на основании наблюдаемой картины, например: изотропная (неориентированная или неполосчатая), почти изотропная, частично полосчатая, частично ориентированная, раз-

мытые полосы, узкие полосы, широкие полосы, смешанные узкие и широкие полосы, полностью ориентированная и т.д.

7.2.6 Примеры микроструктур, приведенные в приложении А.1, иллюстрируют использование такой терминологии для качественного описания характера и степени полосчатости или ориентации. Рисунок 2 показывает схему подхода к классификации микроструктур.

7.3 Помещают измерительную сетку на спроецированное изображение или микрофотографию произвольно выбранного поля (7.1) так, чтобы линии сетки были перпендикулярны к направлению деформации. Сетка должна быть установлена оператором без смещения. Определяют, какая фаза или структурная составляющая является полосчатой. В том случае, если полосчатыми являются обе фазы или структурные составляющие при отсутствии различимой матричной фазы, выбирают одну из фаз для подсчета. Обычно лучше проводить подсчет для фазы, присутствующей в меньшем количестве. В зависимости от цели измерений или в соответствии с требованиями технических условий может быть измерено значение  $N_{\perp}$  или  $P_{\perp}$  или оба эти значения (методика определения в 7.3.1-7.3.4), используя ориентации измерительной сетки перпендикулярно ( $\perp$ ) или параллельно ( $\parallel$ ) направлению деформации.

7.3.1 Измерение  $N_{\perp\perp}$  - накладывают измерительную сетку перпендикулярно к направлению деформации и подсчитывают число дискретных частиц или скоплений частиц, пересеченных измерительными линиями. Для двухфазной структуры подсчитывают все пересечения рассматриваемой фазы, т.е. те, которые отчетливо являются частью полос, и те, которые не являются. Если две или более смежных частиц, зерен или скоплений частиц рассматриваемой фазы или структурной составляющей пересекаются линией сетки, т.е. между подобными частицами, зернами или скоплениями не присутствует другой фазы или структурной составляющей, то этот случай следует учитывать как одно пересечение ( $N = 1$ ). Касание с измерительной линией учитывается как половина пересечения. Случаи, когда концы линии находятся внутри частицы, скопления частиц или зерна, также учитываются как половина пересечения. В таблице 1 приведены правила подсчета, а рисунок 1 иллюстрирует методику подсчета. Вычисляют число пересечений частиц на единицу длины линии, перпендикулярной к оси деформации,  $N_{\perp\perp}$ , по формуле

$$N_{\perp\perp} = \frac{N_{\perp}}{L_t}, \quad (1)$$

где  $N_{\perp}$  - число пересечений;

$L_t$  - истинная длина измерительной линии, т.е. длина измерительной линии, деленная на  $M$ .

Таблица 1 - Правила подсчета значений  $N$  и  $P$

1	$N$ пересечения - Подсчитывают число отдельных частиц, зерен или скоплений рассматриваемой структурной составляющей, пересеченных линиями измерительной сетки
2	$P$ пересечения - Подсчитывают число границ между непохожими фазами или структурными составляющими <sup>A)</sup> , пересеченными линиями измерительной сетки
3	Если две или более смежных частиц, зерен или скоплений частиц рассматриваемой фазы или структурной составляющей пересекаются линиями сетки (никакой другой фазы или структурной составляющей между пересекаемыми частицами не присутствует), то такой случай следует учитывать как одно пересечение ( $N = 1$ ). Для $P$ пересечений не учитывают границы фазы или структурной составляющей между сходными частицами, зернами и т.д. Этот вопрос наиболее часто возникает при измерениях $N_{\parallel}$ и $P_{\parallel}$ в структурах с сильно выраженной полосчатостью
4	Если измерительная линия касается рассматриваемой частицы, зерна или скопления частиц, то $N$ учитывают как 1/2, а $P$ как 1
5	Если измерительная линия заканчивается внутри частицы, то $N$ учитывают как 1/2, а $P$ как 1

6	Если вся измерительная линия полностью помещается внутри фазы или рассматриваемого объекта (это может происходить при параллельном расположении измерительной линии относительно оси деформации в материалах с сильно выраженной полосчатостью), то $N$ учитывается как $1/2$ , а $P$ как 0
А) Если возможно, то образцы травят так, чтобы сходные границы фазы или структурной составляющей не были выявлены и наблюдались только непохожие границы.	

7.3.2 Измерение  $N_{\perp}$  - поворачивают измерительную сетку относительно того же поля и того же места, на котором измеряли  $N_{\parallel}$ , так, чтобы измерительные линии были ориентированы параллельно направлению деформации. Не следует устанавливать измерительную сетку на какую-либо специально выбранную особенность или особенности микроструктуры. Подсчитывают все пересечения частиц  $N_{\parallel}$  с измерительными линиями (как описано в 7.3.1) независимо от того, являются они отчетливой частью участка полосы или не являются. Вычисляют число пересечений частиц на единицу длины линии, параллельной оси деформации,  $N_{\perp}$ , по формуле

$$N_{\perp} = \frac{N_{\parallel}}{L_t}, \quad (2)$$

где  $L_t$  - истинная длина измерительной линии (см. 7.3.1).

7.3.3 Измерение  $P_{\perp}$  - накладывают измерительную сетку перпендикулярно к направлению деформации и подсчитывают число случаев пересечения измерительными линиями границы частицы, фазы или структурной составляющей,  $P_{\perp}$ , независимо от того, является частица, фаза или структурная составляющая отчетливой частью полосы или нет. Не учитывают границ между фазой или структурной составляющей и подобными частицами, зернами или скоплениями частиц. Учитывают только пересечения границ фазы или структурной составляющей с непохожими части-

цами, зернами или скоплениями частиц. Касание границы с измерительной линией учитывают как одно пересечение. В таблице 1 приведены правила подсчета, а рисунок 1 иллюстрирует методику подсчета. Вычисляют число пересечений частиц на единицу длины линии, перпендикулярной к оси деформации,  $P_{L\perp}$ , по формуле

$$P_{L\perp} = \frac{P_{\perp}}{L_t}, \quad (3)$$

где  $L_t$  - истинная длина измерительной линии (см. 7.3.1).

7.3.4 Измерение  $P_{L\parallel}$  - поворачивают измерительную сетку относительно того поля и того же места, на котором измеряли  $P_{L\perp}$ , так, чтобы линии были ориентированы параллельно направлению деформации и подсчитывают число всех пересечений границ частиц, фазы или структурной составляющей,  $P_{\parallel}$ , для рассматриваемых объектов (как описано в 7.3.3). Вычисляют число пересечений границ на единицу длины линии, параллельной оси деформации,  $P_{L\parallel}$ , по формуле

$$P_{L\parallel} = \frac{P_{\parallel}}{L_t}, \quad (4)$$

где  $L_t$  - истинная длина измерительной линии (см. 7.3.1).

7.3.5 Измерения следует повторить по меньшей мере на пяти полях для каждого образца или участка, выбранных оператором произвольно. Если картина полосчатости существенно изменяется по толщине продольного образца, то измерения могут быть проведены в определенных местах, например под поверхностью, в середине толщины и центре или в ряде мест по толщине для оценки возможных изменений для различных участков образца.

7.3.6 Примеры использования этих методик измерения приведены в приложении А.1.

7.4 Для полосчатых термообработанных микроструктур, особенно для легированных сталей, описанные выше измерения микроструктуры могут быть дополнены определением средней микротвердости полос. Определяют природу присутствующих полос, например, являются ли светло и темно травящиеся полосы мартенситом или, соответственно, бейнитом и мартенситом.

7.4.1 Твердость каждой полосы измеряют с использованием индентора Кнупа или Виккерса. Нагрузку подбирают так, чтобы отпечаток полностью находился внутри полос. Если это возможно, то следует использовать нагрузку 500 г, особенно если должна быть оценена эквивалентная твердость по шкале С Роквелла (HRC). Измерения микротвердости следует выполнять в соответствии с ГОСТ 9450.

7.4.2 Для определения средней твердости следует проводить не менее пяти измерений в каждом типе полос (светло и темно травящемся мартенсите или мартенсите и бейните в зависимости от природы полос). Для мелких участков ликвации получение пяти и более отпечатков микротвердости может оказаться невозможным.

Примечание - Если разница в значениях микротвердости по Кнупу между полосами незначительна, то можно определить статистическую значимость этой разницы, используя  $t$ -критерий, как описано в большинстве учебников по статистике.

7.4.3 Перевод значений твердости по Кнупу (HK) в эквивалентные значения твердости по шкале С Роквелла (HRC) требует большой тщательности и может сопровождаться значительной ошибкой, особенно если использованные при испытаниях нагрузки были менее 500 г. Таблицы, приведенные в ASTM E 140, не включают перевод значений HK в HRC (или другие шкалы) для сталей твердостью выше 251 HK; однако стандарт ASTM A 370 позволяет осуществить такой перевод для интервала значений твердости, охватывающего термообработанные стали. Для перевода значений HK в HRC можно также использовать формулы, приведенные в приложении А.2.

7.4.4 Для закаленных углеродистых и легированных сталей с массовой долей углерода от 0,10% до 0,65% измерения твердости в состоянии после закалки позволяют оценить содержание углерода в матрице и ликвационных полосках или пятнах. Как матрица, так и ликвационные участки должны быть полностью мартенситными (за исключением обычного незначительного ко-

личества остаточного аустенита) и в состоянии после закалки. Значения микротвердости по Кнупу (при нагрузке 500 г) для матрицы и ликвационных участков переводятся в значения HRC (формулы (A.2.1) и (A.2.3) приложения A.2), содержание углерода в зависимости от значения твердости определяют по формуле (A.2.4) приложения A.2.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А.1

(обязательное)

### Примеры измерений полосчатых или ориентированных микроструктур

А.1.1 В настоящем приложении приведены примеры однофазных и двухфазных микроструктур (рисунки А1.1-А1.17), которые иллюстрируют различные степени полосчатости или ориентации микроструктур. Для каждой микроструктуры дано качественное описание в соответствии со схемой, показанной на рисунке 1, и каждая структура была измерена, используя соответствующие методики, описанные в 6.3. Все измерения были проведены, используя двукратное укрупнение представленных микрофотографий. Измерительная сетка, использованная для этих измерений, состояла из восьми параллельных линий, расположенных на расстоянии 20 мм друг от друга; каждая линия измеряла длину 125 мм при суммарной длине линий 1000 мм. Измерительную сетку устанавливали поочередно перпендикулярно и параллельно оси деформации в различных произвольно выбранных местах микрофотографий с минимально возможным смещением. На каждой микрофотографии проводили не менее пяти (обычно больше) измерений в каждом направлении с участием одного или более операторов. Для каждой показанной микроструктуры ось деформации соответствует горизонтальному направлению.

### Деформированная коррозионностойкая сталь AISI 312



× 200

	$\bar{N}_{LL} ( \text{мм}^{-1} )$	$\bar{N}_{\square} ( \text{мм}^{-1} )$	$AI\bar{N}_{LL} / \Omega_{12}$		$\bar{P}_{LL} ( \text{мм}^{-1} )$	$\bar{P}_{\square} ( \text{мм}^{-1} )$	$AI\bar{P}_{LL} / \Omega_{12}$	
$\bar{X}$	32,30	28,71	1,13	0,074	62,02	56,50	1,10	0,059
$s$	1,409	2,316			3,208	4,117		
95% С#	±1,06	±1,75			±2,42	±3,10		
% RA	3,3	6,1			3,9	5,5		
$n$	10							

Примечание - Измерения проведены на аустенитной (белой) фазе. Цветное травление.

Рисунок А.1.1 - Неориентированная, неполосчатая изотропная двухфазная микроструктура, в которой отсутствует матричная фаза; феррит (черный), аустенит (белый)

## ПРИЛОЖЕНИЕ А.2

(обязательное)

### Перевод значений НК в значения HRC и оценка содержания углерода

#### А.2.1 Перевод твердости по Кнупу в твердость по шкале С Роквелла

А.2.1.1 В стандарте ASTM A 370 приведен перевод твердости по Кнупу (НК) в твердость по шкале С Роквелла (HRC) для полного интервала значений HRC, используемого для сталей. Эти переводные значения HRC даны для значений твердости по Кнупу, полученных при нагрузках 500 г и выше. При измерении твердости по Кнупу с уменьшением нагрузки ниже 500 г точность перевода полученных значений в HRC становится более низкой.

А.2.1.2 Нанесение этих данных на график, построенный в полулогарифмических координатах (НК на логарифмической шкале, а HRC на линейной шкале), показывает линейную зависимость для значений твердости  $\geq 360$  НК и 36 HRC. Линейный регрессионный анализ для этой области переводных значений показывает следующую зависимость:

$$\text{HRC (переводная)} = (77,6 \lg \text{НК}) - 162,2, \quad (\text{А.2.1})$$

где коэффициент корреляции равен 0,999908. При использовании этой формулы точность определения HRC находится в пределах  $\pm 0,17$  единиц HRC для интервала 360-870 НК и в пределах  $\pm 0,10$  HRC - для интервала 495-870 НК. Столь незначительная степень ошибки значительно меньше ошибок, связанных с измерением значений НК или интерполяцией между значениями, приведенными на номограмме, и не должна оказывать существенного влияния на разницу в переводных значениях HRC для различных полюс. Приведенное выше выражение легко использовать для расчетов с помощью обычного калькулятора.

А.2.1.3 Поскольку зависимость между  $I_g$  НК и HRC при значениях НК ниже 360 не является линейной, использование выражения (А.2.1) для значений  $\leq 360$  НК будет приводить к получе-

нию более высоких значений HRC.

А.2.1.4 Для значений твердости по Кнупу (при нагрузке 500 г) ниже 360 НК можно использовать следующее выражение для получения эквивалентных значений HRC:

$$\text{HRC (переводная)} = (103,76 \lg \text{НК}) - 228,7, \quad (\text{A.2.2})$$

Это выражение позволяет предсказать значения, приведенные в стандарте ASTM A 370 с точностью  $\leq 0,29$  HRC в интервале 342-251 НК. Коэффициент корреляции составляет 0,999448.

### **А.2.2 Оценка содержания углерода на основании твердости в закаленном состоянии**

А.2.2.1 Для углеродистых и легированных сталей с содержанием углерода от 0,10% до 0,65% существует прямая зависимость между твердостью мартенсита закалки и содержанием углерода. Исследования закаливаемости показали такую зависимость для полностью мартенситных микроструктур в сталях, быстро охлажденных с определенных температур аустенитизации. График таких данных, построенный в стандартных прямоугольных координатах, показывает два линейных участка, наклон которых изменяется при 58 HRC (0,44% C).

А.2.2.2 Линейный регрессионный анализ значений твердости после закалки от 38 до 58 HRC (0,10%-0,44% C) дает следующую корреляционную зависимость

$$\% \text{ C} = (0,0167 \text{ HRC}) - 0,539, \quad (\text{A.2.3})$$

с коэффициентом корреляции 0,9985.

Для значений твердости после закалки 58-64 HRC (0,44%-0,65% C) была получена следующая корреляционная зависимость:

$$\% \text{ C} = (0,0358 \text{ HRC}) - 1,639 \quad (\text{A.2.4})$$

с коэффициентом корреляции 0,9836.

А.2.2.3 Для иллюстрации использования этой зависимости

был проведен анализ данных для образца из стали AISI 1547 (рисунок А.1.16) с целью прогнозирования содержания углерода в матрице и ликвационной полоске. Этот образец был в состоянии после закалки, и при измерении его твердости по Кнупу (при нагрузке 500 г) были получены значения 744,5 в светло травящейся полоске и 688,8 в матрице. Используя выражение (А.2.2), при переводе этих значений НК в значения HRC получают 62,0 HRC для полоски и 58,0 HRC для матрицы.

А.2.2.4 Используя выражение (А.2.4), было определено содержание углерода в матрице 0,44% и в светло травящейся полоске - 0,58%. Следует отметить, что значение твердости 58 HRC соответствует точке перегиба между двумя линейными участками зависимости HRC от массовой доли углерода. Если для прогнозирования содержания углерода в матрице использовать выражение (А.2.3), то получим 0,43% С. Экспериментальные данные по закаливанию показывают, что твердость 58 HRC после закалки наблюдается в сталях с содержанием углерода от 0,43% до 0,45%. Таким образом, существует узкий интервал неопределенности в прогнозировании содержания углерода (около  $\pm 0,01\%$  С), особенно при содержаниях углерода 0,44% и выше. Однако эта степень неопределенности не является чрезмерной и меньше ошибки, которая может быть получена при использовании методов микроанализа. Описанный метод применим только для сталей в состоянии после закалки с полностью мартенситной структурой (в высокоуглеродистых сталях будет присутствовать незначительное количество остаточного аустенита) с массовой долей углерода от 0,10% до 0,65%.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5 ФОРМЫ И ТРЕБОВАНИЯ К ЗАПОЛНЕНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ (ДАЛЕЕ - ДОКУМЕНТОВ), ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

Цель работы: Создание у обучающихся навыков по заполнению технологических документов при проектировании процессов термообработки.

1. Выбор соответствующих видов документов в зависимости от типа и характера производства, стадии разработки технологической документации (далее - документации), степени детализации описания проектирования технологических процессов (ТП) - устанавливает разработчик документов по табл.1 настоящего стандарта.

Таблица 1

Тип производства	Стадия разработки документации	Степень детализации описания	Наименование вида документа и обозначение	Условное обозначение	Указания по применению
------------------	--------------------------------	------------------------------	---	----------------------	------------------------

<p>Единичное, мелкосерийное</p>	<p>Предварительный проект, разработка документации опытного образца (опытной партии)</p>	<p>Маршрутно-операционное описание</p>	<p>Маршрутная карта (МК) по ГОСТ 3.1118, формы 1, 16, 3, 36, 5, 5а</p>	<p>КТП</p>	<p>Для описания операций термической обработки в технологической последовательности с указанием режимов в блоках технологических режимов в строке со служебным символом "Р" или в тексте содержания перехода.</p> <p>Маршрутное описание допускается применять для операций, сопутствующих операциям термической обработки, например операций перемещения, зачистки и т.п.</p>
---------------------------------	--	--	--	------------	--

		То же	Маршрутная карта (МК) по ГОСТ 3.1118 формы 2, 16, 4, 36, 6, 5а	КТТ П	Для описания операций термической обработки и операций, сопутствующих операциям термической обработки, в технологической последовательности при разработке документов типового (группового) технологического процесса (ТТП)
Среднесерийное, крупносерийное	Разработка документации серийного и крупносерийного производства	Операционное описание	Маршрутная карта (МК) по ГОСТ 3.1118, формы 1, 16, 3, 36, 5, 5а	ОК	Для описания операций термической обработки с указанием режимов в строке со служебным символом "Р" или в тексте содержания перехода

				То же	КТО	Для описания типовых (групповых) операций с указанием постоянной информации для всей группы изделий
				"	КТИ	Для указания переменной информации по изделию одного обозначения дополнительно к ТТП; к типовой (групповой) операции (ТО, ГО) взамен ведомости к типовому (групповому) процессу (ВТП, ВТО)

			Маршрутная карта (МК) по ГОСТ 3.1118, формы 2, 16, 4, 36	КТП	Для описания операций, сопутствующих операциям термической обработки, в технологической последовательности
			То же	КТП П	Для описания операций термической обработки и операций, сопутствующих операциям термической обработки, в технологической последовательности
Все типы производства	На всех стадиях разработки документации	Маршрутно-операционное описание	Ведомость деталей к ТТП, ГТП по ГОСТ 3.1121, формы 3, 3а, 2 и 2а	ВТП (ВТО)	Для указания состава изделий, обрабатываемых по ТТП (ГТП), ТО (ГО)

			Технологическая инструкция по ГОСТ 3.1105, формы 5 и 5а	ТИ	Для описания процессов подготовки материалов, среды охлаждения и т.п.
			Карта эскизов ГОСТ 3.1105, формы 6, 6а, 7, 7а, 8, 8а	КЭ	Для указания графических иллюстраций
			Ведомость технологических документов по ГОСТ 3.1122, формы 5, 5а	ВТД	Для указания состава изделий и документов в комплекте документов на технологический процесс

Примечание. Применение других видов документов, указанных в ГОСТ 3.1102 и не приведенных в табл.1, производится в соответствии с правилами, установленными на уровне отрасли или предприятия (организации).

2. Общие требования к формам и бланкам документов при проектировании документов и общие требования к их оформлению:

- без применения средств механизации и автоматизации по ГОСТ 3.1129 и ГОСТ 3.1130;

- с применением средств механизации и автоматизации по ГОСТ 2.004.

3. Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов:

- для единичных технологических процессов по ГОСТ 3.1119;

- для типовых и групповых технологических процессов (операций) по ГОСТ 3.1121.

3.1. Запись наименования операции следует выполнять в соответствии с классификатором технологических операций машиностроения и приборостроения.

4. Изложение требований безопасности в технологических документах - по ГОСТ 3.1120.

5. Указание параметров технологических режимов (далее - режимов) термической обработки следует выполнять в последовательности, предусмотренной в типовых блоках режимов термической обработки (см. приложение 1).

5.1. Выбор соответствующего блока режимов и простановку параметров режимов должен осуществлять разработчик документов.

5.2. В зависимости от применяемых форм документов типовые блоки режимов могут быть внесены при подготовке форм к размножению в головку таблицы формы после строк со служебными символами Б, К/М, Е с привязкой к служебному символу Р.

При введении в бланки форм блоков режимов формы документов будут распространяться на конкретные виды термической обработки, и им присваивают наименование в соответствии с указаниями, приведенными в приложении 1.

5.3. В документах, предусматривающих введение нескольких типовых блоков режимов, например P1 и P2, а также для документов формата A4 с вертикальным расположением поля подшивки следует применять построчную запись информации по режимам с привязкой к служебному символу P. В этом случае запись информации следует производить после записи содержания операции (перехода) и указания данных по технологической оснастке в последовательности, установленной в типовых блоках режимов каждого вида термической обработки с указанием названий или условных обозначений режимов, их параметров и единиц величин через знак "=", например, ... T-ра=830-860 °C, UK=7-9 кВ.

Запись информации следует выполнять по всей длине строки с возможностью переноса информации на последующие строки.

5.3.1. Указание величин параметров режимов следует выполнять в заголовке графы (при наличии места) или непосредственно при записи параметров режимов.

5.4. Допускается указывать значения режимов, твердости и наименование среды в строке со служебным символом "O".

6. Для описания технологических процессов (операций) термической обработки следует применять формы МК по ГОСТ 3.1118.

6.1. При подготовке форм МК к размножению допускается в формах документов предусматривать зоны для внесения графических иллюстраций к процессам и операциям.

Зоны следует располагать в нижней части форм документов. Размеры зон устанавливает разработчик документов с учетом кратности шага и интервала печатающих устройств.

При использовании зон для внесения текстовой информации, в формах документов следует применять штриховые линии, выполненные знаками "-" или ".", обозначающие границу строк и граф. Интервалы штриховых линий устанавливает разработчик документов исходя из обеспечения четкости выполнения графических иллюстраций.

Допускается штриховые линии не проставлять.

6.2. При применении форм МК, выполняющих функции документов других видов, их оформление следует выполнять в соответствии с правилами для применяемых видов документов, предусмотренными стандартами ЕСТД. При этом в графе 28 блока Б6 основной надписи по ГОСТ 3.1103 следует проставлять через дробь условное обозначение соответствующего вида документа, функции которого выполняет МК, например МК/КТП, МК/ОК и т.д.

6.2.1. При применении форм МК/ОК запись информации в графах, относящихся к служебным символам А, Б или В, Г, Д и Е, следует выполнять по ГОСТ 3.1118 с учетом следующего дополнения: не заполнять графы по трудозатратам, кроме граф "Тп.з." и "Тшт.", в которые следует вносить данные по вспомогательному и основному времени соответственно.

6.3. Информацию о количестве изделий в приспособлении (КДП), при необходимости, следует указывать в строке со служебным символом "О".

6.3.1. При разработке типового технологического процесса в ВТП, установленной ГОСТ 3.1121, КДП указывают в графах "Количество деталей" или "Для особых указаний".

6.4. Технические требования, указанные в конструкторском документе, и требования по выполнению технологического процесса допускается указывать в верхней зоне документа перед описанием текста операции (перехода) или в нижней зоне документа, располагая данные требования совместно с эскизом обрабатываемого изделия.

7. Пример оформления формы МК/КТП приведен в приложении 2.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### **ТРЕБОВАНИЯ К ЗАПОЛНЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ТИПОВЫХ БЛОКОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ДОКУМЕНТАХ НА ТЕРМИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ**

1. При описании операций термической обработки применяют типовые блоки режимов, указанные в чертеже.

Дополнительные блоки режимов на другие виды термической обработки, не указанные в чертеже, применяют в соответствии с правилами, установленными на отраслевом уровне или уровне предприятия (организации). В данном случае блокам режимов присваивают последующие порядковые номера.

2. Размеры граф, входящих в блоки режимов, устанавливает разработчик документов, исходя из:

- максимальной длины строки - 286 мм (110 знаков), за вычетом размера графы для обозначения служебных символов и порядкового номера строки;

- необходимости размещения граф таким образом, чтобы вертикальные линии, разделяющие графы в строках со служебными символами (например Б, Е), и графы в блоках режимов по возможности совпадали;

- необходимости простановки в графах параметров режимов с указанием единиц величины (при невозможности указания единиц величины непосредственно в блоке режимов);

- необходимости указания дополнительной информации по режимам термической обработки.

### Типовые блоки технологических режимов термической обработки

P1 - для термической обработки с общими способами нагрева

Среда	Т-ра	Скорость	Время	Твердость	
1	2	3	4	5	6

P2 - для термической обработки с нагревом токами высокой частоты (ТВЧ)

ЛГ	IA	IC	UA	UK		МГ	IG	IB	UG	UN	NG	
7	8	9	10	11	6	12	13	14	15	16	17	6

P3 - для термической обработки с лазерным излучением

Н изл.	Время	V луча	D пятна	
18	4	19	20	6

Примечание. Под общими способами нагрева понимают нагрев изделий в газовых печах, электрических печах и т.д.

3. Формам документов, в головку таблицы которых вводят блоки режимов, присваивают наименования того вида документа, функции которого выполняет МК. Например, при введении блока

режимов Р2 маршрутной карте присваивают наименование: "КТП термической обработки с нагревом высокой частоты (ТВЧ)" или "ОК термической обработки с нагревом ТВЧ".

4. Графы блоков режимов термообработки заполняют по табл.2.

Таблица 2

Но- мер гра- фы	Условное обозначение гра- фы при		Номер блока режи- мов	Содержание графы
	ручном способе заполне- ния	автоматизи- рованном про- ектировании		
1	Среда	СРЕДА	Р1	Наименование среды, в кото- рой производят нагрев или охлаждение изделия
2	Т-ра	Т-РА	Р1	Температура среды нагрева или охлажде- ния изделия

3	Скорость	v	P1	<p>Скорость:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- перемещения изделия в рабочем пространстве оборудования;</li> <li>- нагрева или охлаждения изделия.</li> </ul> <p>Допускается для печей с режимом толкания указывать темп толкания</p>
4	Время	T	P1, P3	<p>Время нагрева, выдержки или охлаждения изделия излучения</p>
5	Твердость	ТВЕРДОСТЬ	P1	<p>Твердость изделия после термообработки</p>

6	-	-	P1, P2, P3	Резервная графа. Заполняют при необходимости по усмотрению разработчика
7	ЛГ	ЛГ	P2	Ламповый генератор (ЛГ)
8	IA	IA	P2	Сила анодного тока ЛГ
9	IC	IC	P2	Сила сеточного тока ЛГ
10	UA	UA	P2	Анодное напряжение ЛГ
11	UK	UK	P2	Напряжение на контуре ЛГ
12	МГ	МГ	P2	Машинный генератор (МГ)
13	IG	IG	P2	Сила тока МГ

14	IB	IB	P2	Сила тока возбуждения МГ
15	УГ	УГ	P2	Напряжение МГ
16	UN	UN	P2	Напряжение на индукторе МГ
17	НГ	НГ	P2	Потребляемая мощность МГ
18	N изл.	НИ	P3	Мощность излучения
19	v луча	VL	P3	Скорость перемещения луча
20	D пятна	DP	P3	Диаметр пятна луча

5. Допускается по усмотрению разработчика смещать расположение граф блоков режимов в строке со служебным символом P.

Размеры граф и их расположение в строках допускается устанавливать в соответствии с правилами, установленными на отраслевом уровне или уровне предприятия (организации).

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Пример оформления КТП термической обработки, выполненной на форме МК

ГОСТ 3.118-82										Форма 1			
Адрес													
Взвеш													
Платье													
Разряд	Категория	Эк.б.зв.					01100.0147	1	2				
				ИПО „Орбита“		АБВГ.ХХХХХ.ХХХ	ХХХХХ.ХХХХХХХХ	50150	00001	К			
И.контр.	Лапасв	25	25		Штифт установочный				А				
М.01	Сталь 50 ГОСТ 1050-80												
	Ков	ТВ	МД	ЕН	Н.рас.	ККМ	Код загот.	Профиль и размеры		КД	МЗ		
М.02	ХХХХХ.ХХХ	166	0.117					Ф10 х 20					
А	Цех	Ич	РМ	Впер.		Код наименования операции		Обозначение документа					
Б	Код наименования оборудования		СМ	Проп.	Р	ЧТ	К*	К*МД	ЕН	СП	К.шт	Т.п.х	Т.шт.
В	ЛГ	ГЛ	ЛС	Свдс	У.РА	Скорость	Время	Твердость					
	ЛГ	ГЛ	ЛС	У.А	УК	МГ	ЛГ	ЛВ	УГ	УИ			
А 05	07	2	-	005	Загрузка		ИОТ N175-01						
Б 04	АБВГ.ХХХХХ.ХХХ	Электроды СМБ.6.12.4/10		2	ХХХХ	ХХХ	ХХХХ	1	3000	1	3000	1	0,004
В 05	Уложить детали на поддон и загрузить в печь												
Г 06	АБВГ.ХХХХХ.ХХХ	Поддон											
07													
А 03	07	2	-	010	Закалка		ИОТ N110-01						
Б 09	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	Электроды СМБ.6.12.4/10		2	ХХХХ	ХХХ	ХХХХ	1	1000	1	3000	1	0,337
В 10	Г. Изрезать детали												
	820 - 850 °С												
Г 11	З. Выгрузить детали из печи, положить в воде												
	20 - 25 °С												
Б 12	АБВГ.ХХХХХ.ХХХ. Бак закалочный. ГОСТ 19040-74												
13													
14													
15													
Итого КТП													

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 11878-66. СТАЛЬ АУСТЕНИТНАЯ. Методы определения содержания ферритной фазы в прутках
2. ГОСТ 10243-75 (СТ СЭВ 2837-81) Сталь. Методы испытаний и оценки макроструктуры.
3. ГОСТ 8233-56 Сталь. Эталоны микроструктуры.
4. ГОСТ Р 54570-2011 Сталь. Методы оценки степени полосчатости или ориентации микроструктур.
5. ГОСТ 3.1405-86 ЕСТД. Формы и требования к заполнению и оформлению документов на термическую обработку.