МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ 1778— 2022

МЕТАЛЛОПРОДУКЦИЯ ИЗ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ

Металлографические методы определения неметаллических включений

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и общие правила проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина» (ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина»)

2 ВНЕСЕН Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 120 «Чугун, сталь, прокат»

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 13 декабря 2022 г. № 62)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Армения	AM	ЗАО «Национальный орган по стандартизации и метрологии» Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Узбекистан	UZ	Узстандарт

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2022 г. № 1640-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 1778—2022 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июня 2023 г.

5 ВЗАМЕН ГОСТ 1778—70

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных стандартов, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет на сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации.

В случае пересмотра, изменения или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты»

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023

В Российской Федерации настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 1
4 Классификация 2
5 Отбор образцов и изготовление шлифов 2
6 Методы испытаний 10
6.1 Метод Ш 10
6.2 Метод К 13
6.3 Метод П 15
6.4 Метод Л 18
Приложение А (рекомендуемое) Варианты методов определения загрязненности неметаллическими включениями металлопродукции различных способов производства и групп стали . . . 20
Приложение Б (обязательное) Шкалы эталонов для оценки загрязненности металлопродукции неметаллическими включениями методом Ш 22
Приложение В (справочное) Характеристика видов неметаллических включений 23
Приложение Г (справочное) Пример записи результатов оценки загрязненности металлопродукции неметаллическими включениями методом Ш, варианты Ш1—Ш6, Ш9—Ш12, Ш15, Ш16 24
Приложение Д (справочное) Примеры записи результатов оценки загрязненности металлопродукции неметаллическими включениями методом Ш, варианты Ш7 и Ш8, Ш13 и Ш14 25
Приложение Е (справочное) Пример вычисления предельной ошибки при определении среднего балла загрязненности металлопродукции неметаллическими включениями методом Ш 27
Приложение Ж (справочное) Пример записи результатов оценки загрязненности металлопродукции неметаллическими включениями методом К, вариант К1 28
Приложение И (справочное) Пример вычисления предельной ошибки при определении загрязненности металлопродукции неметаллическими включениями группы 1 методом К, вариант К1 29
Приложение К (справочное) Пример записи результатов оценки загрязненности металлопродукции оксидами методом П и вычисления ошибки 30
Приложение Л (справочное) Пример подсчета количества оксидов на шлифе площадью 100 мм^2 при определении загрязненности металлопродукции неметаллическими включениями методом П 31
Приложение М (справочное) Пример вычисления предельной ошибки при определении объема оксидов методом П 32
Приложение Н (справочное) Пример определения загрязненности металлопродукции из стали марки 35Л неметаллическими включениями методом Л 33
Приложение П (справочное) Пример вычисления предельной ошибки при определении загрязненности металлопродукции неметаллическими включениями методом Л 34
Библиография 35

Поправка к ГОСТ 1778—2022 Металлопродукция из сталей и сплавов. Металлографические методы определения неметаллических включений

В каком месте	Напечатано	Должно быть		
Предисловие. Таблица согласования	—	Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан

(ИУС № 11 2024 г.)

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

МЕТАЛЛОПРОДУКЦИЯ ИЗ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ

Металлографические методы определения неметаллических включений

Steel and alloy metal products. Metallographic methods for the determination of nonmetallic inclusions

Дата введения — 2023—06—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает металлографические методы определения загрязненности металлопродукции из стали и сплавов неметаллическими включениями.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие межгосударственные стандарты:

ГОСТ 21014 Металлопродукция из стали и сплавов. Дефекты поверхности. Термины и определения

ГОСТ 33439 Металлопродукция из черных металлов и сплавов на железоникелевой и никелевой основе. Термины и определения по термической обработке

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации (gost.e-ecolog.ru по указателям национальных стандартов, издаваемым в государствах, указанных в предисловии, или на официальных сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации. Если на документ дана недатированная ссылка, то следует использовать документ, действующий на текущий момент, с учетом всех внесенных в него изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то следует использовать указанную версию этого документа. Если после принятия настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение применяется без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 33439, [1][1)], [2], [3][2)], а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **шлиф:** Специальный образец металла, имеющий шлифованную и полированную гладкую плоскую поверхность, отражающую световой луч.

[1)] В Российской Федерации допускается применять ГОСТ Р 54384—2011 (ЕН 10020:2000) «Сталь. Определение и классификация по химическому составу и классам качества».

[2)] В Российской Федерации допускается применять ГОСТ Р 58765—2019 «Металлопродукция из стали и сплавов. Термины и определения».

Издание официальное

3.2 **литая металлопродукция:** Металлопродукция, полученная в процессе литья (отливка, непрерывнолитая заготовка и т. д.).

Примечание — Включения характеризуются размером, формой, количеством и распределением, а не химическим составом. Название химических соединений, используемых в настоящем стандарте и связанных с различными типами включений имеют историческое происхождение. Хотя наименования шкал соответствуют определенным химическим соединениям, что подразумевает определение химического состава, оценка включений основана строго на морфологии.

4 Классификация

4.1 Загрязненность металлопродукции из стали и сплавов неметаллическими включениями определяют:

- методом Ш (варианты Ш1—Ш16) — сравнением полей зрения шлифов с эталонными шкалами в деформированной металлопродукции и непрерывнолитой заготовке круглого сечения;
- методом К (варианты К1—К2) — подсчетом количества включений в литой металлопродукции и деформированной металлопродукции;
- методом П (варианты П1—П4) — подсчетом количества и объемного процента включений в литой и деформированной металлопродукции;
- методом Л (варианты Л1—Л2) — линейным подсчетом включений в отливках.

Для оценки загрязненности неметаллическими включениями непрерывнолитой заготовки приведены шкалы для непрерывнолитой заготовки круглого сечения, выплавленной в дуговых печах с последующей внепечной обработкой и продувкой аргоном. Допускается проводить оценку загрязненности неметаллическими включениями непрерывнолитой заготовки другой формы и способа производства, если включения своими размерами, формой и расположением соответствуют приведенным шкалам.

Загрязненность металлопродукции неметаллическими включениями допускается оценивать с помощью автоматического анализатора изображений. В спорных ситуациях приоритетными являются результаты, полученные ручным методом.

4.2 Применение методов и их вариантов, нормы загрязненности металлопродукции неметаллическими включениями предусматривают в нормативных документах на конкретную металлопродукцию.

Рекомендации по выбору методов указаны в приложении А.

5 Отбор образцов и изготовление шлифов

5.1 Метод определения загрязненности металлопродукции из стали и сплавов неметаллическими включениями и количество образцов указывают в нормативных документах на металлопродукцию.

Количество образцов должно быть не менее шести от каждой плавки.

Примечание — Количество образцов устанавливают в зависимости от требуемой точности определения.

5.2 Если в нормативных документах на металлопродукцию не установлено иное, образцы от деформированного металла отбирают:

а) при контроле на шести шлифах — от шести единиц металлопродукции;

б) при контроле более чем на шести шлифах — от шести единиц металлопродукции по два, три, четыре и т. д. шлифа от каждой единицы металлопродукции;

в) при количестве единиц продукции меньше шести — от каждой единицы не менее двух шлифов, с общим количеством не менее шести шлифов.

5.2.1 По согласованию изготовителя с заказчиком может быть установлено место отбора образцов от металлопродукции по высоте слитка. Образцы металлопродукции могут быть отобраны от одного или нескольких слитков по ходу разливки металла.

5.2.2 При контроле металлопродукции диаметром или толщиной более 150 мм отбор образцов осуществляют от двух единиц продукции.

5.2.3 При контроле сверленой или предназначенной для сверления трубной заготовки диаметром до 600 мм и толщиной стенки не более 250 мм образцы отбирают от двух заготовок.

5.2.4 При контроле полос и листов шириной более 1000 мм образцы отбирают от двух единиц продукции.

5.2.5 Для заготовок, не указанных в настоящем стандарте, схема отбора образцов должна быть предусмотрена нормативным документом на металлопродукцию или согласована между изготовителем и заказчиком.

5.3 Если в нормативных документах на металлопродукцию не установлено иное, образцы от литой продукции отбирают:

а) от одного или более слитков из одной плавки или пробы одной плавки;

б) от двух непрерывнолитых заготовок круглого сечения от каждого ручья (одной из начала разливки, другой из конца разливки) одной плавки;

в) для отливок — от одного или более пробного бруска, одной или более литой заготовки для разрывных образцов или от одного приливного пробного бруска данной плавки.

Отбор образцов от пробных брусков и заготовок для литых разрывных образцов устанавливают в нормативных документах на отливки.

5.4 Образцы от деформированных трубных заготовок, прутков и поковок диаметром или толщиной не более 120 мм вырезают из металлопродукции поставляемого размера, а образцы диаметром или толщиной более 120 мм — из проб, перекованных или перекатанных на круг или квадрат диаметром или толщиной от 80 до 120 мм.

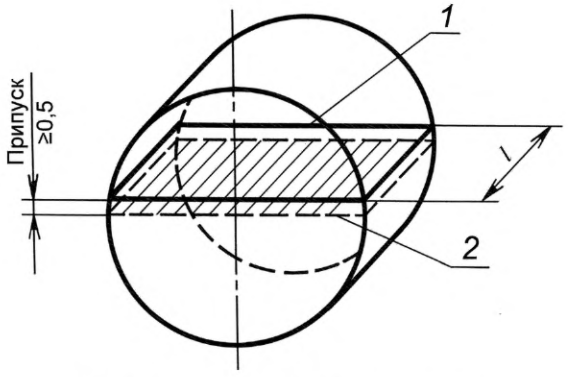
По согласованию изготовителя с заказчиком допускается вырезать образцы из трубных заготовок, прутков и поковок диаметром или толщиной свыше 120 до 270 мм, а также из деформированной сверленой или предназначенной для сверления трубной заготовки диаметром до 650 мм включительно, без перековки или прокатки.

5.5 Образцы из деформированной металлопродукции для изготовления шлифов с продольным направлением волокон вырезают:

а) из круглого и квадратного профилей диаметром или толщиной до 40 мм включительно — через центр прутка от края до края (рисунок 1);

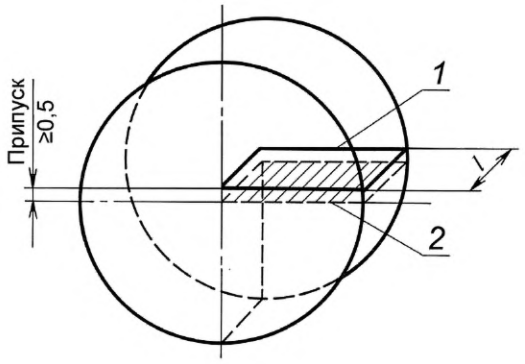
б) из круглого и квадратного профилей диаметром или толщиной свыше 40 до 80 мм включительно — от центра прутка до края (рисунок 2);

в) из круглого и квадратного профилей диаметром или толщиной свыше 80 до 120 мм включительно — от центра до 1/4 диаметра или толщины (рисунок 3), или от центра до края (рисунок 2);



1 — плоскость реза; *2* — плоскость шлифа

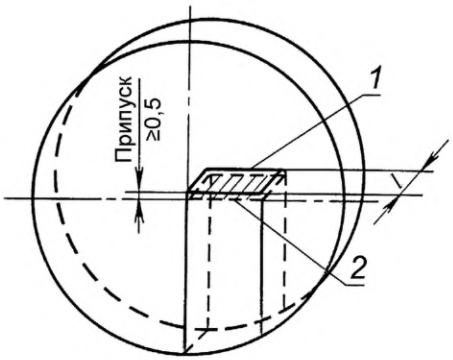
Рисунок 1



1 — плоскость реза; *2* — плоскость шлифа

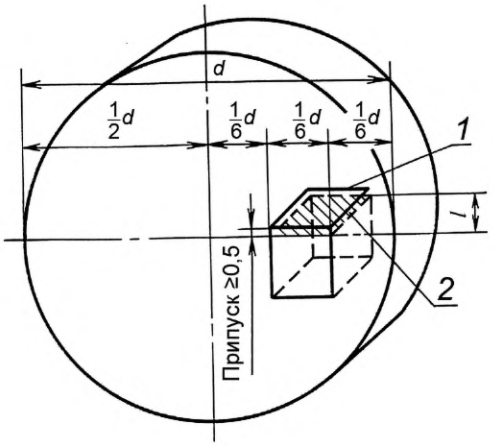
Рисунок 2

г) из круглого и квадратного профилей диаметром или толщиной свыше 120 мм — на расстоянии 1/6 диаметра или толщины от центра и от края (рисунок 4) так, чтобы центр шлифа совпадал с серединой радиуса или четвертью толщины;



1 — плоскость реза; *2* — плоскость шлифа

Рисунок 3

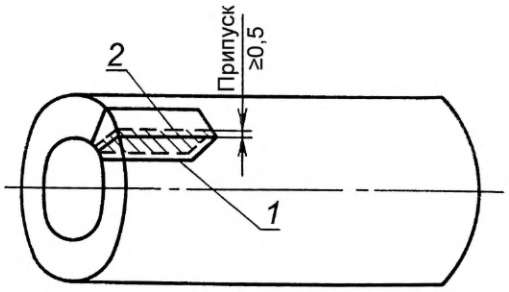


1 — плоскость реза; *2* — плоскость шлифа

Рисунок 4

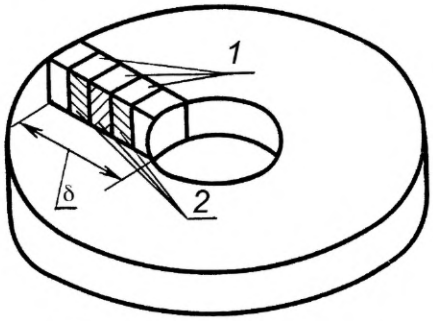
д) из труб — по всей толщине стенки (рисунок 5);

е) из сверленой или предназначенной для сверления трубной заготовки диаметром до 600 мм, толщиной стенки (δ) до 250 мм — в соответствии с рисунком 6, причем размер каждого образца в радиальном направлении должен составлять 1/5 толщины стенки заготовки;



1 — плоскость реза; *2* — плоскость шлифа

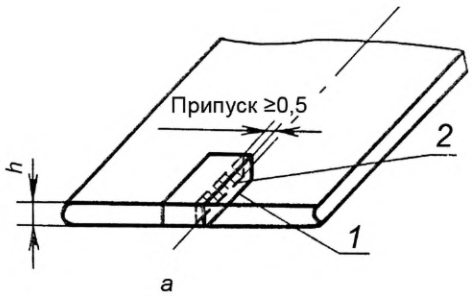
Рисунок 5



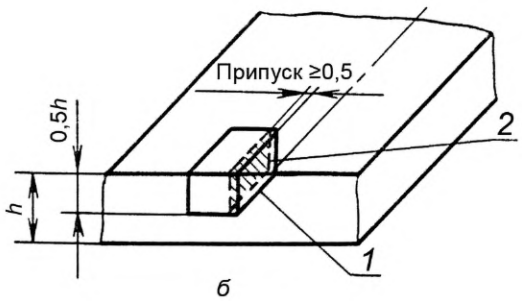
1 — образец; *2* — плоскости шлифов

Рисунок 6

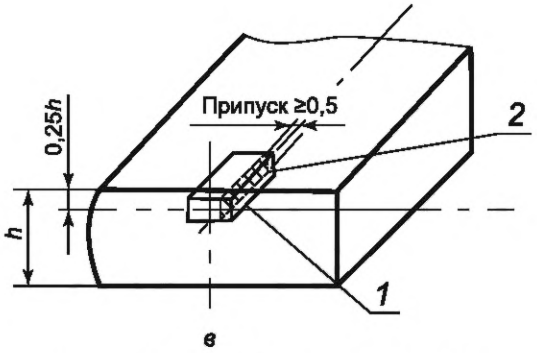
ж) из листа и полосы толщиной до 40 мм включительно — по всей толщине (рисунок 7*а*), толщиной свыше 40 до 80 мм включительно — до половины толщины (рисунок 7*б*), из листа толщиной более 80 мм — 1/4 толщины листа, но не более 40 мм, при этом центр шлифа должен находиться на расстоянии 1/4 толщины от поверхности листа (рисунок 7*в*). Пробы отбираются из середины листов и полос по ширине.



а



б



1 — плоскость реза; *2* — плоскость шлифа

Рисунок 7

Длину образца (*l*) выбирают с таким расчетом, чтобы площадь шлифа была не менее 400 мм^2.

Из фасонного проката симметричных профилей (трехгранных, шестигранных, ромбических и др.) образцы вырезают как указано для образцов, вырезаемых из трубных заготовок, прутков и поковок круглого профиля, полосы или листового проката. Из фасонного проката несимметричных профилей — по согласованию изготовителя с заказчиком.

Допускается проводить контроль на шлифах меньшей площади, но не менее 100 мм^2, если толщина или диаметр металлопродукции менее 10 мм.

Допускается образцы большой длины разрезать перед изготовлением шлифов на несколько частей, считая эти части за один шлиф, а при недостаточной длине металлопродукции набирать необходимую площадь из нескольких образцов от одной единицы металлопродукции, считая их за один шлиф.

Допускается контроль труб проводить на шлифах площадью (200 ± 50) мм^2.

5.6 Образцы из деформированного металла для изготовления шлифов с поперечным направлением волокон вырезают:

а) из трубных заготовок, прутков и поковок круглого и квадратного профилей диаметром или толщиной до 20 мм включительно — в виде поперечных шайб высотой от 15 до 20 мм (рисунок 8);

б) из трубных заготовок, прутков и поковок круглого и квадратного профилей диаметром или толщиной свыше 20 до 40 мм включительно — от края до края прутка через центр (рисунок 9);

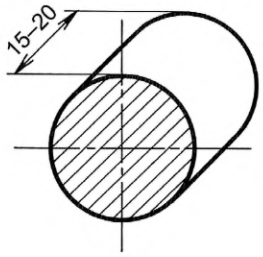


Рисунок 8

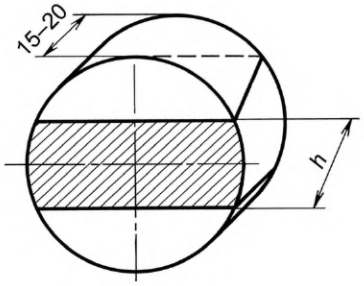


Рисунок 9

в) из трубных заготовок, прутков и поковок круглого и квадратного профилей диаметром или толщиной свыше 40 до 120 мм включительно — от центра до края прутка (рисунок 10);

г) из трубных заготовок, прутков и поковок круглого и квадратного профилей диаметром или толщиной свыше 120 до 270 мм включительно — в соответствии с рисунком 11;

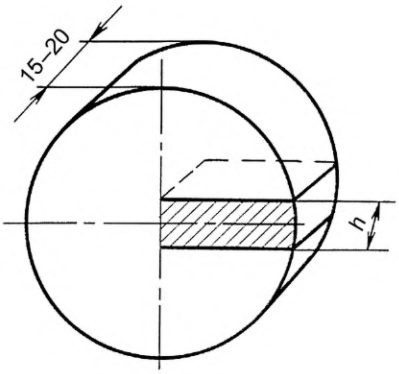
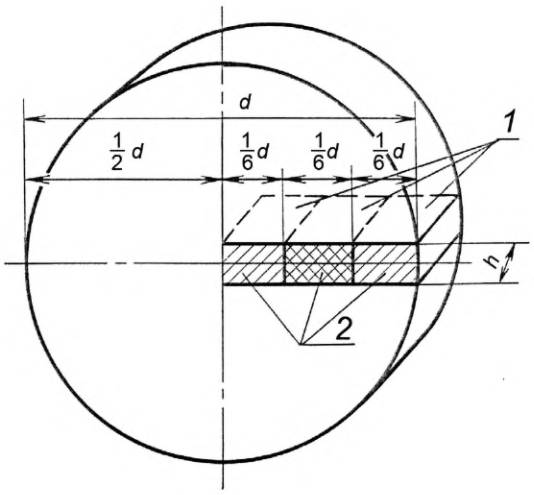


Рисунок 10



1 — образец; *2* — плоскости шлифов

Рисунок 11

д) из труб — по всему кольцевому сечению трубы, из половины, четверти или части его (рисунки 12—15);

е) из сверленой трубной заготовки с толщиной стенки (δ) до 250 мм — в радиальном направлении (рисунок 16);

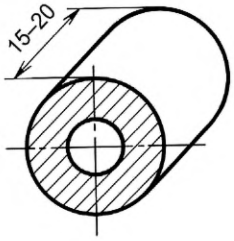


Рисунок 12

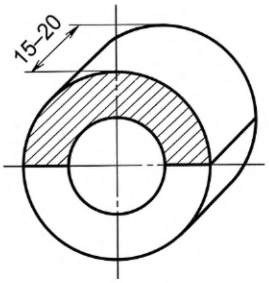


Рисунок 13

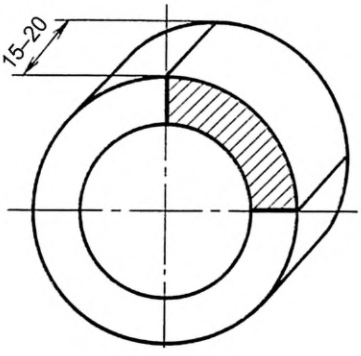


Рисунок 14

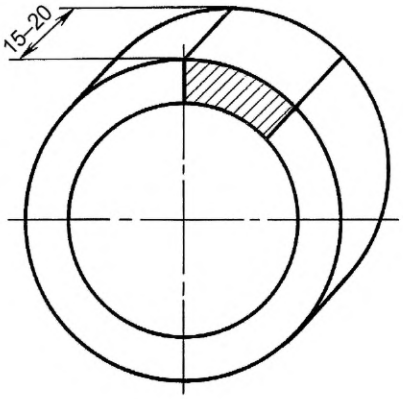
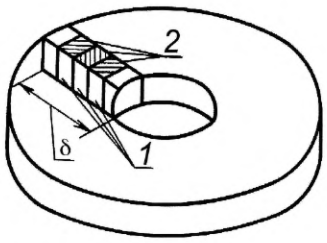


Рисунок 15



1 — образец; *2* — плоскости шлифов

Рисунок 16

ж) из листа и полосы толщиной до 40 мм включительно — по всей толщине (рисунок 17*а*), толщиной свыше 40 мм до 80 мм включительно — до половины толщины (рисунок 17*б*), из листа толщиной более 80 мм — 1/4 толщины листа, но не более 40 мм, при этом центр шлифа должен находиться на расстоянии 1/4 толщины от поверхности листа (рисунок 17*в*). Пробы отбирают из середины листов и полос по ширине.

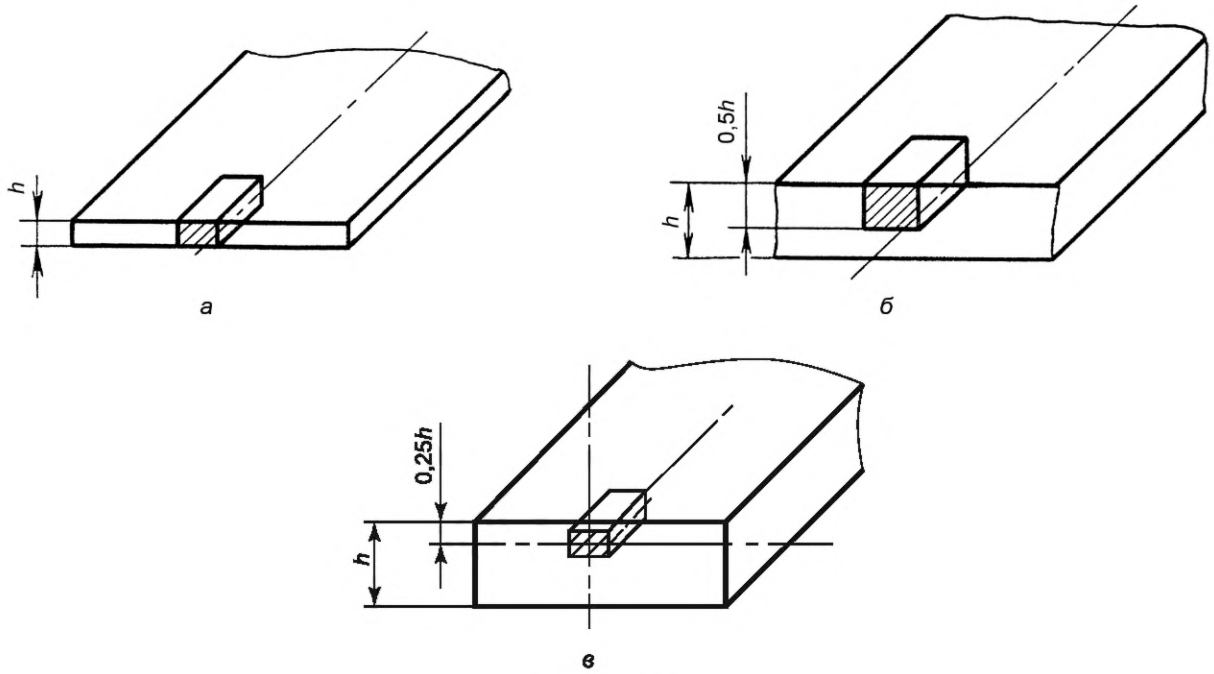


Рисунок 17

Длину образцов (*l*) выбирают с таким расчетом, чтобы площадь шлифа составляла не менее 200 мм^2.

Допускается при недостаточной ширине продукции набирать необходимую площадь из шлифов нескольких образцов от одной единицы продукции, считая их за один шлиф.

5.7 Образцы для изготовления шлифов из литой металлопродукции вырезают:

а) из слитка — из трех или более участков по высоте (*H*) у края по сечению, из середины и центра или по всему сечению от края до оси слитка (рисунки 18, 19).

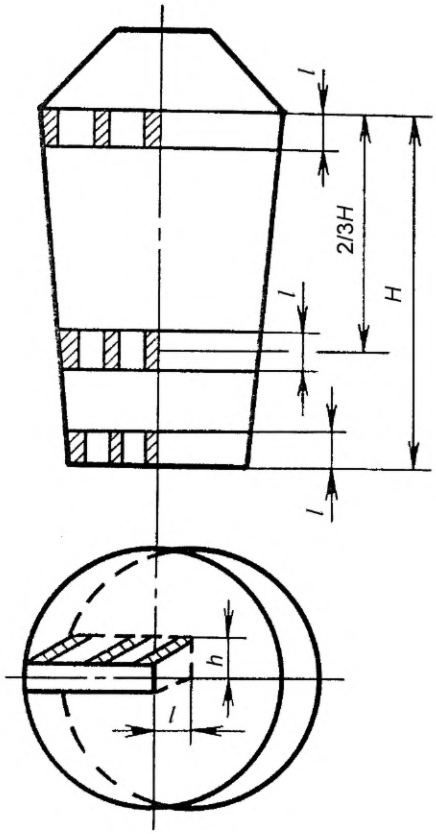


Рисунок 18

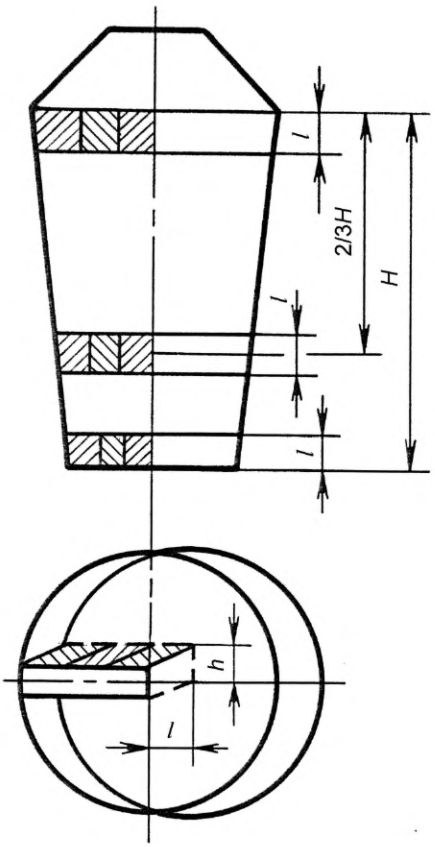
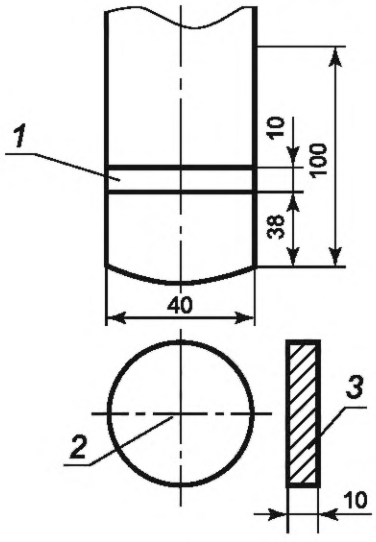


Рисунок 19

б) из пробы — на расстоянии 2/3 высоты пробы в виде шайб толщиной от 10 до 15 мм (рисунок 20);

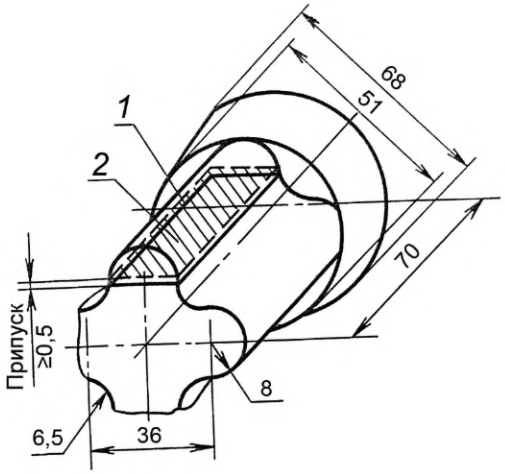


1 — шайба; *2* — плоскость реза; *3* — плоскость шлифа

Рисунок 20

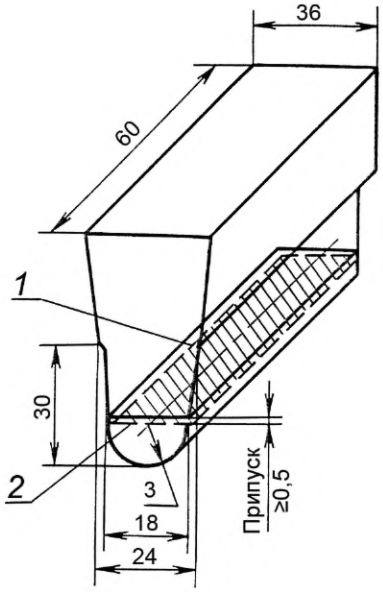
в) из лепестков трефы — через центр от края до края лепестка (рисунок 21);

г) из клиновой пробы — по диаметральной плоскости от края до края (рисунок 22);



1 — плоскость реза; *2* — плоскость шлифа

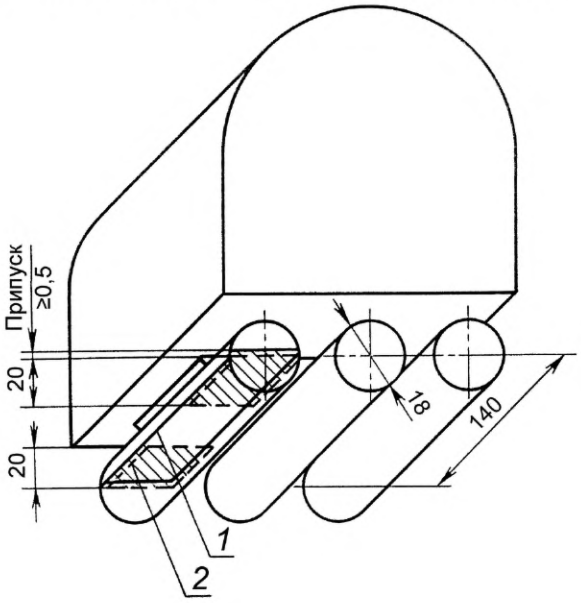
Рисунок 21



1 — плоскость реза; *2* — плоскость шлифа

Рисунок 22

д) из заготовок для разрывных образцов — в соответствии с рисунком 23.



1 — плоскость реза; *2* — плоскость шлифа

Рисунок 23

е) из непрерывнолитой заготовки круглого сечения — от края, 1/2 радиуса и из центра (рисунок 24).

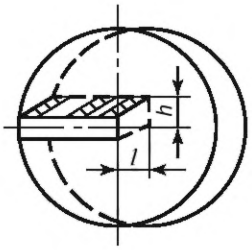


Рисунок 24

Размеры на рисунках 21, 22 и 23 носят рекомендательный характер. Размеры образцов устанавливаются в соответствии с нормативными документами и должны обеспечивать требования настоящего стандарта на метод.

5.8 Шлифы изготовляют на плоскости образца(ов), указанной на рисунках 1—24. Шлиф не должен иметь царапин, посторонних загрязнений.

Допускается изготовление шлифов на двух взаимно перпендикулярных плоскостях одного образца, вырезанного в виде четверти круга или квадрата. Каждый такой шлиф считается шлифом отдельного образца.

5.9 Образцы следует вырезать способом, не изменяющим структуру металла.

Допускается для повышения твердости подвергать образцы термической обработке по режимам, установленным в документации изготовителя.

Образцы вырезают с припуском, обеспечивающим удаление с плоскости шлифа неровностей резки и окисленного слоя при термической обработке.

6 Методы испытаний

6.1 Метод Ш

6.1.1 Оценку загрязненности неметаллическими включениями проводят сравнением с эталонными шкалами при просмотре под микроскопом нетравленых шлифов.

При построении шкал за основу принята определенная площадь, занимаемая неметаллическими включениями и возрастающая от балла к баллу в геометрической прогрессии со знаменателем 2. Площадь сульфидных включений принята в два раза большей, чем оксидов и силикатов.

Оценку загрязненности неметаллическими включениями в деформированной металлопродукции проводят на шлифах с продольным направлением волокон.

Оценку загрязненности неметаллическими включениями проводят в деформированной металлопродукции диаметром или толщиной не менее 6 мм, если в нормативных документах на металлопродукцию не установлено иное.

В металлопродукции диаметром или толщиной менее 6 мм оценку проводят в промежуточном профиле или заготовке.

По согласованию изготовителя с заказчиком допускается проводить контроль загрязненности в деформированном металле толщиной или диаметром от 0,38 до 6,00 мм. При этом толщина поперечного сечения металлопродукции должна быть не менее установленного минимального размера одного поля зрения.

Оценку не проводят в месте обнаружения поверхностного дефекта на шлифе. В протоколе испытаний указывают наличие поверхностного дефекта по ГОСТ 21014.

6.1.2 В деформированной металлопродукции оценку загрязненности неметаллическими включениями, указанными в таблице 1, проводят по шкалам, иллюстрации которых приведены в приложении Б. Характеристика отдельных видов включений приведена в приложении В.

Таблица 1

Наименование шкал	Условное обозначение	Иллюстрация шкал
Оксиды строчечные	ОС	Таблица Б.1
Оксиды точечные	ОТ	Таблица Б.2

Окончание таблицы 1

Наименование шкал	Условное обозначение	Иллюстрация шкал
Силикаты хрупкие	СХ	Таблица Б.3
Силикаты пластичные	СП	Таблица Б.4
Силикаты недеформирующиеся	СН	Таблица Б.5
Сульфиды	С	Таблица Б.6, ряды а и б
Нитриды и карбонитриды строчечные	НС	Таблица Б.7
Нитриды и карбонитриды точечные	НТ	Таблица Б.8
Нитриды алюминия	НА	Таблица Б.9
Примечание — Оксиды точечные, оксиды строчечные, силикаты хрупкие, силикаты пластичные, силикаты недеформирующиеся относятся к оксидным включениям.		

6.1.2.1 Допускается проводить оценку оксидных включений по шкалам для оценки силикатов, если они по своим размерам, форме и расположению соответствуют приведенным эталонным шкалам.

6.1.2.2 По шкалам приложения Б могут быть оценены и другие виды включений, если они по своим размерам, форме и расположению соответствуют приведенным в приложениях эталонным шкалам.

6.1.2.3 Виды неметаллических включений, подлежащих оценке, и критерии оценки загрязненности устанавливают в нормативных документах на металлопродукцию.

6.1.2.4 Если загрязненность неметаллическими включениями из-за формы и размеров включений не может быть оценена одним из двух соседних баллов, допускается оценка в 0,5; 1,5; 2,5 балла и т. д.

Загрязненность неметаллическими включениями более балла 5 оценивают баллом 5 со знаком «более» (> 5).

Баллом 0 оценивают отсутствие какого-либо вида включений, а также когда загрязненность включениями более чем в два раза меньше загрязненности, оцениваемой баллом 1.

6.1.3 Если в одном поле зрения выявлены несколько видов неметаллических включений, то оценку загрязненности проводят по каждому виду включений в отдельности.

Исключением являются случаи, когда в одном поле зрения выявлены:

а) строчечные включения оксидов, хрупких и пластичных силикатов и нитридов и карбонитридов;

б) точечные включения оксидов и нитридов и карбонитридов.

В том и другом случае их оценку проводят по всей совокупности включений, а результаты оценки указывают по преобладающему виду включений.

При оценке загрязненности металлопродукции включениями строчечных нитридов и карбонитридов отдельные точечные включения не учитывают.

6.1.4 Варианты метода Ш для оценки загрязненности неметаллическими включениями шлифов и плавки приведены в таблице 2. Вариантом Ш2, Ш3, Ш4 или Ш6 допускается проводить оценку загрязненности в непрерывнолитых заготовках по шкалам «Оксиды точечные» (таблица Б.2), «Силикаты недеформирующиеся» (таблица Б.5) и «Сульфиды» (таблица Б.6).

По согласованию изготовителя с заказчиком может быть проведена оценка загрязненности строчечными оксидами, хрупкими и пластичными силикатами в целом, по наибольшему из максимальных баллов, полученных при оценке по каждому виду включений.

Таблица 2

Вариант метода Ш	Увеличение	Диаметр поля зрения, мм	Показатель оценки загрязненности неметаллическими включениями	
			шлифа	плавки
Ш1	100×	0,75—0,85	По наиболее загрязненному месту шлифа (максимальный балл)	Средний балл, подсчитанный как среднее арифметическое максимальных оценок каждого шлифа для каждого вида включений
Ш2	100×	0,75—0,85	По наиболее загрязненному месту шлифа (максимальный балл)	Средний и максимальный баллы и количество шлифов с баллом выше максимального допустимого для каждого вида включений, в процентах от общего количества образцов

Продолжение таблицы 2

Вариант метода Ш	Увеличение	Диаметр поля зрения, мм	Показатель оценки загрязненности неметаллическими включениями	
			шлифа	плавки
Ш3	100×	0,75—0,85	По наиболее загрязненному месту шлифа (максимальный балл)	Средний и максимальный баллы и количество шлифов с максимальным баллом для каждого вида включений
Ш4	100×	1,1—1,3	По наиболее загрязненному месту шлифа (максимальный балл)	Средний балл, подсчитанный как среднее арифметическое максимальных оценок каждого шлифа для каждого вида включений
Ш5	100×	1,1—1,3	По наиболее загрязненному месту шлифа (максимальный балл)	Средний и максимальный баллы и количество шлифов с баллом выше максимального допустимого для каждого вида включений, в процентах от общего количества образцов
Ш6	100×	1,1—1,3	По наиболее загрязненному месту шлифа (максимальный балл)	Средний и максимальный баллы и количество шлифов с максимальным баллом для каждого вида включений
Ш7	100×	0,75—0,85	Количество полей зрения с баллом 2 и более по каждому виду включений	Количество полей зрения с баллом 2 и более раздельно по оксидным, сульфидным и нитридным и карбонитридным включениям, отнесенным к площади 10 $см^2$
Ш8	100×	1,1—1,3	Количество полей зрения с баллом 2 и более по каждому виду включений	Количество полей зрения с баллом 2 и более раздельно по оксидным, сульфидным и нитридным и карбонитридным включениям, отнесенным к площади 10 $см^2$
Ш9	200×	0,38—0,48	По наиболее загрязненному месту шлифа (максимальный балл)	Средний балл, подсчитанный как среднее арифметическое максимальных оценок каждого шлифа для каждого вида включений
Ш10	200×	0,38—0,48	По наиболее загрязненному месту шлифа (максимальный балл)	Средний и максимальный баллы и количество шлифов с максимальным баллом для каждого вида включений
Ш11	200×	0,6—0,8	По наиболее загрязненному месту шлифа (максимальный балл)	Средний балл, подсчитанный как среднее арифметическое максимальных оценок каждого шлифа для каждого вида включений
Ш12	200×	0,6—0,8	По наиболее загрязненному месту шлифа (максимальный балл)	Средний и максимальный баллы и количество шлифов с максимальным баллом для каждого вида включений
Ш13	200×	0,38—0,48	Количество полей зрения с баллом 2 и более	Количество полей зрения с баллом 2 и более раздельно по оксидным, сульфидным и нитридным и карбонитридным включениям, отнесенным к площади 10 $см^2$
Ш14	200×	0,6—0,8	Количество полей зрения с баллом 2 и более	Количество полей зрения с баллом 2 и более раздельно по оксидным, сульфидным и нитридным и карбонитридным включениям, отнесенным к площади 10 $см^2$
Ш15	100×	0,75—0,85	По наиболее загрязненному месту шлифа (максимальный балл)	Максимальный балл и количество шлифов с максимальным баллом для каждого вида включений

Окончание таблицы 2

Вариант метода Ш	Увеличение	Диаметр поля зрения, мм	Показатель оценки загрязненности неметаллическими включениями	
			шлифа	плавки
Ш16	100×	0,75—0,85	По наиболее загрязненному месту шлифа (максимальный балл)	Максимальный балл для каждого вида включений

Примечания

1 В вариантах Ш1, Ш2, Ш3, Ш7, Ш9, Ш10, Ш13, Ш15, Ш16 диаметр поля зрения микроскопа соответствует диаметру эталонной шкалы (80 мм), деленному на увеличение.

2 В вариантах Ш7, Ш8, Ш13 и Ш14 оценка может быть проведена по количеству полей зрения с баллами 1 и более, а также с баллами более балла 5.

3 Максимальный балл при оценке шлифа определяют по наиболее загрязненному месту шлифа, при оценке плавки — по наибольшему из максимальных баллов оцениваемых шлифов.

4 Средний балл для оценки плавки $(\overline{X})$ вычисляют по следующей формуле, при этом максимальный балл шлифа более 5 суммируют как балл 5.

$$\overline{X} = \frac{\sum X_i}{n},$$

где ΣX_i — сумма максимальных баллов всех шлифов;

n — количество оцениваемых шлифов.

5 Количество шлифов с максимальным баллом выше допустимого (X), в процентах от общего количества шлифов, вычисляют по следующей формуле

$$X = \frac{m \cdot 100}{n},$$

где m — количество шлифов с максимальным баллом выше допустимого;

n — количество оцениваемых шлифов.

Результаты оценки шлифов и плавки записывают в соответствии с приложениями Г и Д.

6.1.5 Результаты первой оценки загрязненности плавки неметаллическими включениями могут отличаться от результатов второй оценки на величину ошибки, зависящей от степени загрязненности включениями и количества оцениваемых шлифов.

Предельную ошибку $\left(\sigma_{0\overline{x}}\right)$ при определении среднего балла включений вычисляют по формуле (1). Предельные ошибки приведены в приложении Е.

$$\sigma_{0\overline{x}} = \pm\frac{\sigma_0 \cdot 1{,}65}{\sqrt{n}}, \quad (1)$$

где σ_0 — среднее квадратичное отклонение, подсчитанное из распределения оценок не менее 200 шлифов;

1,65 — постоянный множитель для вероятности 0,9;

n — количество шлифов.

6.2 Метод К

6.2.1 Оценку загрязненности неметаллическими включениями проводят подсчетом количества включений определенных размеров при просмотре под микроскопом по всей площади нетравленых шлифов.

Оценку загрязненности неметаллическими включениями в деформированной металлопродукции проводят на шлифах с продольным направлением волокон.

6.2.2 Всю площадь шлифа просматривают в микроскопе с увеличением 200× и ценой деления окулярной шкалы (0,005 ± 0,0005) мм. Отдельно определяют количество оксидных, сульфидных и нитридных и карбонитридных включений по группам согласно таблице 3.

Таблица 3

Группа	Размер неметаллических включений в делениях окулярной шкалы микроскопа	Размер неметаллических включений, мкм
1	Св. 1,0 до 2,0 включ.	5—10
2	Св. 2,0 до 3,0 включ.	10—15
3	Св. 3,0 до 4,0 включ.	15—20
4	Св. 4,0 до 5,0 включ.	20—25
5	Св. 5,0 до 6,0 включ.	25—30

При отсутствии в микроскопе окулярной шкалы допускается использовать систему анализа изображений, внесенную в реестр средств измерений, или компьютерную программу анализа изображений, откалиброванную с помощью объект-микрометра.

Количество групп может быть увеличено в зависимости от максимальных размеров включений в металле. С помощью окулярной шкалы или компьютерной программы анализа изображений измеряют диаметр или толщину включений соответственно в форме круга или квадрата, или минимальный и максимальный размеры включений другой формы. Если отношение максимального и минимального размеров включения не превышает двух, то размер включения определяют, как их среднеарифметическое. Размеры вытянутых включений (при отношении длины к толщине более двух) определяют, если их толщина не менее 1/4 деления окулярной шкалы. Средний линейный размер вытянутого включения (l) вычисляют по формуле

$$l = \frac{1 + a_0 \cdot l_0}{2}, \qquad (2)$$

где a_0 и l_0 — измеренные величины соответственно толщины и длины включений.

6.2.3 Варианты метода К для оценки шлифов и плавки приведены в таблице 4.

6.2.4 Виды неметаллических включений, подлежащих оценке, и критерии оценки загрязненности устанавливают в нормативных документах на металлопродукцию.

Таблица 4

Вариант метода К	Показатель оценки загрязненности неметаллическими включениями данного вида	
	шлифа	плавки
К1	Количество включений групп 1—5 по каждой группе	Общее количество включений по каждой группе на площади 24 см^2*
К2	Количество включений групп 2—5 по каждой группе	Общее количество включений по каждой группе на площади 24 см^2

* Площадь шести микрошлифов из расчета, что площадь каждого шлифа составляет 4 см^2.

Примечания

1 Допускается при оценке загрязненности включениями в деформированной продукции толщиной или диаметром менее 6 мм оценка плавки на площади 6 см^2.

2 Допускается при оценке загрязненности включениями оценка плавки на площади 12 см^2, если на одном шлифе определено более 75 включений группы 1.

6.2.5 Результаты оценки загрязненности неметаллическими включениями шлифов и плавки записывают в соответствии с приложением Ж.

6.2.6 Результаты первой оценки загрязненности неметаллическими включениями разных групп могут отличаться от результатов второй оценки на величину ошибки, зависящей от степени загрязненности неметаллическими включениями и количества оцениваемых шлифов.

Предельную ошибку $\left(\sigma_{0\bar{x}}\right)$ вычисляют по формуле (3), пример вычисления приведен в приложении И.

$$\sigma_{0\bar{x}} = \pm\frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \qquad (3)$$

где σ — среднее квадратичное отклонение:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum a^2}{n-1}}, \quad (4)$$

где $\sum a^2$ — сумма квадратов отклонений от среднего значения количества включений.

6.3 Метод П

6.3.1 Оценку загрязненности неметаллическими включениями определенных размеров проводят путем подсчета под микроскопом на нетравленых шлифах.

Оценку загрязненности неметаллическими включениями в деформированной металлопродукции проводят на шлифах с поперечным направлением волокон. Допускается применение шлифов с продольным направлением волокон.

6.3.2 Размер включений на шлифах определяют с помощью окулярной шкалы или компьютерной программы анализа изображений по группам, приведенным в таблице 5.

6.3.3 Варианты метода П для оценки загрязненности шлифов и плавки неметаллическими включениями приведены в таблице 6.

Таблица 6

Вариант метода П	Увеличение	Показатель оценки загрязненности неметаллическими включениями	
		шлифа	плавки
П1	300×	Величина объемного процента и количество включений определенного размера	Среднеарифметическое значений объемного процента каждого шлифа и количество включений определенных групп на площади 100 мм^2
П2	400×		
П3	500×		
П4	600×		

6.3.4 В каждом поле зрения определяют размеры всех или некоторых видов включений в зависимости от цели исследования.

6.3.5 Перед просмотром шлиф расчерчивают от края до центра на пять равных зон (рисунок 25). Набор полей зрения по зонам на каждом шлифе проводят в соответствии с требованиями таблицы 7.



Рисунок 25

Таблица 7

Увеличение	Минимальное количество полей зрения по зонам					Общее количество полей зрения на шлифе *n*
	1	2	3	4	5	
300× и 400×	5	15	25	35	45	125
500× и 600×	15	45	75	105	135	375

Таблица 5

Группа включений	Средняя значимость для групп по площади включений	Размер включения в делениях окулярной шкалы										Площадь включения в делениях окулярной шкалы в квадрате				
		по диаметру					по стороне квадрата									
1	1/4	От	0,5	до	0,7	включ.	от	0,4	до	0,6	включ.	от	0,18	до	0,35	включ.
2	1/2	Св.	0,7	до	0,9	включ.	Св.	0,6	до	0,8	включ.	Св.	0,35	до	0,7	включ.
3	1	Св.	0,9	до	1,3	включ.	Св.	0,8	до	1,2	включ.	Св.	0,7	до	1,4	включ.
4	2	Св.	1,3	до	1,9	включ.	Св.	1,2	до	1,7	включ.	Св.	1,4	до	2,8	включ.
5	4	Св.	1,9	до	2,7	включ.	Св.	1,7	до	2,4	включ.	Св.	2,8	до	5,6	включ.
6	8	Св.	2,7	до	3,8	включ.	Св.	2,4	до	3,4	включ.	Св.	5,6	до	11,3	включ.
7	16	Св.	3,8	до	5,4	включ.	Св.	3,4	до	4,8	включ.	Св.	11,3	до	22,6	включ.
8	32	Св.	5,4	до	7,6	включ.	Св.	4,8	до	6,7	включ.	Св.	22,6	до	45,1	включ.
9	64	Св.	7,6	до	10,7	включ.	Св.	6,7	до	9,5	включ.	Св.	45,1	до	90,2	включ.
10	128	Св.	10,7	до	15,2	включ.	Св.	9,5	до	13,4	включ.	Св.	90,2	до	180,5	включ.
11	256	Св.	15,2	до	21,4	включ.	Св.	13,4	до	19,0	включ.	Св.	180,5	до	361,0	включ.
12	512	Св.	21,4	до	30,3	включ.	Св.	19,0	до	26,9	включ.	Св.	361,0	до	722,0	включ.
13	1024	Св.	30,3	до	42,9	включ.	Св.	26,9	до	38,0	включ.	Св.	722,0	до	1444,0	включ.

Примечания

1 Группы построены по принципу возрастания площади включений в геометрической прогрессии со знаменателем 2.

2 Определение группы включений допускается проводить делением полученного размера включений в мкм, полученной с помощью программы анализа изображений, на значение цены деления окулярной шкалы при данном увеличении (3,33 мкм для увеличения 300 крат, 2,50 мкм — 400 крат, 2,00 мкм — 500 крат, 1,66 мкм — 600 крат).

В каждой зоне шлифа поля зрения набирают по прямым линиям на шлифе, перпендикулярным к оси слитка или проката.

Для повышения точности оценки загрязненности шлифов количество полей зрения по зонам может быть соответственно увеличено в два, три четыре и т. д. раз.

6.3.6 Размером включений считают диаметр или сторону квадрата соответственно при круглой или квадратной форме включений.

При определении размера включений овальной или неправильной формы подсчитывают среднеарифметическое минимального и максимального размеров, принимая этот размер за диаметр включения.

При определении размера включений прямоугольной, ромбической или подобных форм подсчитывают среднеарифметическое минимального и максимального размеров, принимая этот размер за сторону квадрата. При разнице между максимальным и минимальным размерами включений более чем в два раза группу определяют по площади включения. Общую площадь включений сложной формы допускается определять суммированием площадей отдельных участков.

6.3.7 Включения фиксируют по группам, указанным в таблице 5.

Результаты измерений включений записывают в соответствии с приложением М.

6.3.8 Для подсчета площади, занятой включениями на шлифе, количество включений каждой группы умножают на среднее значение площади включений данной группы и полученные произведения по всем группам суммируют.

Среднюю площадь включений ($f_{ср}$) в одном поле зрения вычисляют по формуле

$$f_{ср} = \frac{f}{n}, \tag{5}$$

где f — общая площадь включений;

n — количество полей зрения.

6.3.9 Содержание включений (ϑ) в объемных процентах вычисляют по формуле

$$\vartheta = f_{ср} \cdot K, \tag{6}$$

где K — коэффициент, $K = \frac{100}{F}$;

F — площадь поля зрения на шлифе при установленном увеличении в делениях окулярной шкалы в квадрате, $F = \frac{\pi D^2}{4}$;

D — диаметр поля зрения в делениях окулярной шкалы, определяемый делением диаметра поля зрения в мм, измеренного с помощью объект-микрометра, на цену деления окулярной шкалы данного микроскопа;

F, D и K — постоянные величины для данного микроскопа и увеличения.

6.3.10 Содержание неметаллических включений в объемных процентах для плавки подсчитывают как среднеарифметическое определений всех образцов.

6.3.11 Вычисление объемного процента проводят с точностью до 0,0001.

Объемный процент и количество включений на площади 100 мм^2 подсчитывают в соответствии с приложениями К и Л.

6.3.12 Результаты первой оценки загрязненности неметаллическими включениями первого определения включений может отличаться от оценки второго определения на величину ошибки, которая зависит от степени загрязненности металла и от количества полей зрения, принятых на плавку для исследования.

Ошибку $\left(\sigma_{0\bar{x}}\right)$ при определении включений в объемных процентах вычисляют по формуле (7), пример вычисления приведен в приложении М.

$$\sigma_{0\bar{x}} = \pm\frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \tag{7}$$

где σ — среднее квадратичное отклонение:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum a^2}{n-1}}, \quad (8)$$

где $\sum a^2$ — сумма квадратов отклонений от среднего значения количества включений в объемных %.

6.4 Метод Л

6.4.1 Оценку загрязненности неметаллическими включениями проводят под микроскопом на нетравленых шлифах.

Варианты метода Л оценки загрязненности шлифов и плавки неметаллическими включениями приведены в таблице 8.

6.4.2 Шлиф расчерчивают параллельными линиями в произвольном направлении таким образом, чтобы выбранная длина для подсчета была не менее 3 см и охватывала периферийные и центральные зоны литых проб.

Таблица 8

Вариант метода Л	Увеличение	Показатель оценки загрязненности неметаллическими включениями	
		шлифа	плавки
Л1	300×	Загрязненность включениями определенного размера	Загрязненность включениями на общей длине подсчета 10 см
Л2	500×	Загрязненность включениями определенного размера	Загрязненность включениями на общей длине подсчета 10 см

6.4.3 Шлиф передвигают с помощью микрометрических винтов предметного столика микроскопа в одном направлении вдоль отмеченных линий. Измеряют максимальные размеры включений а (см. рисунок 26), попадающих в перекрестие нитей окуляра, и фиксируют их в соответствии с группами, указанными в таблице 9.

Допускается прямое измерение размеров неметаллических включений с помощью программы анализа изображений.

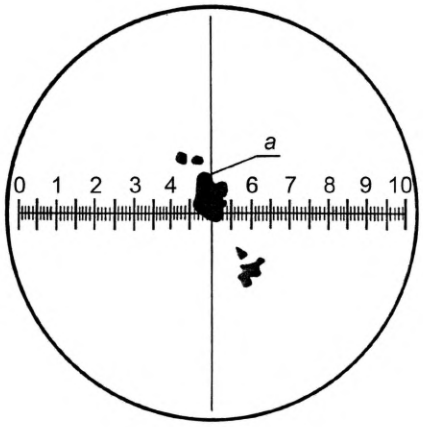


Рисунок 26

Таблица 9

Группа включений	Размеры включений в делениях окулярной шкалы	Среднее значение размеров включений в делениях окулярной шкалы
1	0,5—2,0	1
2	2,1— 4,0	3
3	4,1— 6,0	5
4	6,1— 8,0	7

Окончание таблицы 9

Группа включений	Размеры включений в делениях окулярной шкалы	Среднее значение размеров включений в делениях окулярной шкалы
5	8,1—10,0	9
6	10,1—12,0	11
7	12,1—14,0	13
8	14,1—16,0	15
9	16,1—18,0	17
10	18,1—20,0	19
11	20,1—22,0	21
12	22,1—24,0	23
13	24,1—26,0	25
14	26,1—28,0	27
15	28,1—30,0	29
Примечание — Определение группы включений допускается проводить делением полученного размера включений в мкм, полученной с помощью программы анализа изображений, на значение цены деления окулярной шкалы при данном увеличении (3,33 мкм для увеличения 300 крат, 2,00 мкм — 500 крат).		

6.4.4 Загрязненность шлифов оценивают отдельно по оксидным, сульфидным, нитридным и карбонитридным включениям или совокупно по всем видам включений.

Вид включений, подлежащих оценке, зависит от цели исследования.

6.4.5 Загрязненность включениями плавки (И) вычисляют по формуле

$$И = \frac{b\sum a_i \cdot m_i}{l}, \quad (9)$$

где b — цена деления окулярной шкалы при данном увеличении в мкм;

a_i — среднее значение размеров включений в делениях окулярной шкалы;

m_i — количество включений данной группы;

l — длина подсчета в мкм.

Пример подсчета загрязненности приведен в приложении Н.

При использовании для подсчетов неметаллических включений программы анализа изображений расчеты необходимо проводить по формуле

$$И = \frac{\sum d_i}{l}, \quad (10)$$

где d_i — значение размеров включений в мкм.

6.4.6 Результаты первой оценки загрязненности неметаллическими включениями может отличаться от оценки второго определения на величину ошибки, которая зависит от степени загрязненности металлопродукции и суммарной длины подсчета на плавку.

Предельную ошибку $\left(\sigma_{0\bar{x}}\right)$ загрязненности неметаллическими включениями вычисляют по формуле (11), пример вычисления приведен в приложении П:

$$\sigma_{0\bar{x}} = \pm\frac{\sigma \cdot 1{,}65}{\sqrt{l}}, \quad (11)$$

где σ — среднее квадратичное отклонение распределения на 25 см длины подсчета;

1,65 — постоянный множитель для вероятности 0,9;

l — выбранная длина для подсчета в см.

Приложение А
(рекомендуемое)

Варианты методов определения загрязненности неметаллическими включениями металлопродукции различных способов производства и групп стали

Таблица А.1

Варианты методов	Виды испытаний	Преимущественное применение методов в зависимости от	
		способа выплавки (переплава) металла	группы стали
Ш1, Ш2, Ш4, Ш5, Ш6	Контрольные	Выплавка в электродуговых, индукционных и, в отдельных случаях, конверторах; электрошлаковый переплав	Подшипниковые, конструкционные особо ответственного назначения, высокопрочные (с временным сопротивлением в термически обработанном состоянии более 1765 Н/мм^2), инструментальные для изготовления измерительных мер и изделий высокой точности, коррозионно-стойкие для ответственных полируемых и вакуумплотных изделий
Ш3, Ш6, Ш10, Ш12	Контрольные	Электрошлаковый и вакуумно-дуговой переплавы	Конструкционные высокопрочные особо ответственного назначения
Ш1, Ш2, Ш4, Ш5, Ш6, Ш7, Ш8, Ш15, Ш16	Исследовательские	Выплавка в электродуговых, индукционных печах и конверторах	Стали и сплавы всех марок
Ш9, Ш11	Контрольные	Вакуумно-индукционная выплавка, рафинирующие переплавы (электрошлаковый, вакуумно-дуговой и т. д.)	Подшипниковая сталь для прецизионных подшипников, высокопрочные стали (с временным сопротивлением в термически обработанном состоянии более 1765 Н/мм^2)
Ш13, Ш14	Исследовательские	Вакуумно-индукционная выплавка, рафинирующие переплавы (электрошлаковый, вакуумно-дуговой и т. д.)	Стали и сплавы всех марок
К1	Контрольные	Вакуумно-индукционная выплавка, рафинирующие переплавы (электрошлаковый, вакуумно-дуговой и т. д.)	Подшипниковые для прецизионных подшипников, заготовки из коррозионно-стойкой стали для особо тонкостенных труб
К2	Контрольные	Вакуумно-индукционная выплавка, рафинирующие переплавы (электрошлаковый, вакуумно-дуговой и т. д.)	Конструкционные особо ответственного назначения или для изготовления изделий высокого класса точности и чистоты поверхности; инструментальные для измерительных мер и изделий высокого класса точности и чистоты поверхности; коррозионно-стойкие для полируемых изделий высокого класса чистоты поверхности для вакуумплотной аппаратуры. Прецизионные сплавы в заготовке для микронной проволоки
К1, К2	Исследовательские	Вакуумно-индукционная выплавка, рафинирующие переплавы (электрошлаковый, вакуумно-дуговой и т. д.)	Стали и сплавы всех марок
П1, П2, П3, П4	Исследовательские	Вакуумно-индукционная выплавка, рафинирующие переплавы (электрошлаковый, вакуумно-дуговой и т. д.)	Стали и сплавы всех марок

Окончание таблицы А.1

Варианты методов	Виды испытаний	Преимущественное применение методов в зависимости от	
		способа выплавки (переплава) металла	группы стали
Л1, Л2	Исследовательские	Выплавка в электродуговых и индукционных печах, конверторах	Отливки из нелегированной и легированной конструкционной стали
Примечание — Методы П1, П2, П3, П4 могут быть применены для исследовательских испытаний металла, выплавленного в электродуговых печах и конверторах. В этом случае количество просматриваемых полей зрения должно быть увеличено в три раза и более.			

Приложение Б
(обязательное)

Шкалы эталонов для оценки загрязненности металлопродукции неметаллическими включениями методом Ш

Б.1 Шкалы эталонов для оценки загрязненности деформированной металлопродукции неметаллическими включениями методом Ш (см. вкладку):

- таблица Б.1 — Оксиды строчечные (ОС)
- таблица Б.2 — Оксиды точечные (ОТ)
- таблица Б.3 — Силикаты хрупкие (СХ)
- таблица Б.4 — Силикаты пластичные (СП)
- таблица Б.5 — Силикаты недеформирующиеся (СН)
- таблица Б.6 — Сульфиды (С)
- таблица Б.7 — Нитриды и карбонитриды строчечные (НС)
- таблица Б.8 — Нитриды и карбонитриды точечные (НТ)
- таблица Б.9 — Нитриды алюминия (НА)

Приложение В
(справочное)

Характеристика видов неметаллических включений

Таблица В.1

Вид неметаллических включений	Характеристика вида неметаллических включений
Оксиды строчечные	Отдельные мелкие включения, расположенные в виде строчек (к примеру, корунд, шпинель)
Оксиды точечные	Включения оксидов в виде отдельных частиц или разрозненных их групп, рассредоточенных по всей плоскости шлифа
Силикаты хрупкие	Хрупкие включения оксидов или силикатов, разрушенные в результате деформации и вытянутые в сплошные строчки
Силикаты пластичные	Пластично-деформированные включения оксидов или силикатов, вытянутые по направлению волокна, отличающиеся от сульфидов более темным цветом и прозрачностью в темном поле зрения
Силикаты недеформирующиеся	Недеформирующиеся (глобулярные) единичные или групповые округлые, или неправильной формы включения силикатов, крупные частицы оксидных включений (к примеру, комплексные включения на основе корунда, магнезиальной шпинели, алюминатов кальция и церия)
Сульфиды	Пластичные, непрозрачные в темном поле зрения, вытянутые по направлению волокна отдельные включения или группы включений (к примеру, двойного сульфида железа и марганца); в литой металлопродукции располагаются отдельными частицами, группами частиц
Нитриды и карбонитриды точечные	Рассредоточенные по всему полю зрения желто-розовые кристаллы нитридов и карбонитридов титана (преимущественно правильной формы) и бледно-розовые включения нитридов и карбонитридов ниобия (неправильной и округлой формы)
Нитриды и карбонитриды строчечные	Строчки желто-розовых кристаллов нитридов и карбонитридов титана (преимущественно правильной формы) и бледно-розовых включений нитридов и карбонитридов ниобия (неправильной и округлой формы)
Нитриды алюминия	Темные кристаллы, в основном правильной формы, анизотропные
Примечание — Оксиды и силикаты относятся к оксидным включениям.	

Приложение Г
(справочное)

Пример записи результатов оценки загрязненности металлопродукции неметаллическими включениями методом Ш, варианты Ш1—Ш6, Ш9—Ш12, Ш15, Ш16

Таблица Г.1

Номер плавки	Номер шлифа	Оценка загрязненности неметаллическими включениями, максимальный балл									
		Оксиды строчечные (ОС)	Оксиды точечные (ОТ)	Силикаты хрупкие (СХ)	Силикаты пластичные (СП)	Силикаты недеформирующиеся (СН)	Строчечные включения (ОС, СХ и СП)*	Сульфиды С	Нитриды и карбонитриды строчечные (НС)	Нитриды и карбонитриды точечные (НТ)	Нитриды алюминия (НА)
25	1	4,0	0	0	0	4,0	4,0	1,0	0	0	0
	2	2,5	0	0	0	2,0	2,5	1,0	0	0	0
	3	1,0	0	2,0	0	0	2,0	0,5	0	0	0
	4	2,0	0	0	0	1,0	2,0	2,0	0	0	0
	5	1,5	0	1,5	0	3,5	1,5	1,5	0	0	0
	6	3,0	0	0	0	1,0	3,0	2,5	0	0	0
Средний балл		**2,3**	**0,0**	**0,6**	**0,0**	**1,9**	**2,5**	**1,3**	**0,0**	**0,0**	**0,0**

* Указывается, если по согласованию изготовителя с заказчиком проводят оценку загрязненности строчечными оксидами, силикатами хрупкими и силикатами пластичными в целом, по наибольшему из максимальных баллов, полученных при оценке по каждому виду включений.

Пример подсчета X для силикатов недеформирующихся (СН) при допустимом максимальном балле 3,0:

$$X = \frac{2 \cdot 100}{6} = 33\ \%.$$

Приложение Д
(справочное)

Примеры записи результатов оценки загрязненности металлопродукции неметаллическими включениями методом Ш, варианты Ш7 и Ш8, Ш13 и Ш14

Таблица Д.1

Номер плавки	Номер шлифа	Площадь шлифа, $см^2$	Количество полей зрения с максимальным баллом 2 и более																												
			оксидов строчечных (ОС)					оксидов точечных (ОТ)					силикатов хрупких (СХ)					силикатов пластичных (СП)					силикатов недеформирующихся (СН)					Всего оксидных включений				
			баллы																														
			2	3	4	5 и более	всего	2	3	4	5 и более	всего	2	3	4	5 и более	всего	2	3	4	5 и более	всего	2	3	4	5 и более	всего	2	3	4	5 и более	всего
451	1	3,8	10	—	—	—	10	2	—	—	—	2	—	—	1	—	1	—	1	—	—	1	4	1	—	—	5	16	2	1	—	19
	2	4,2	5	—	1	—	6	3	—	—	—	3	—	2	—	—	2	1	—	—	—	1	5	—	1	—	6	14	2	2	—	18
	3	4,1	30	3	—	—	33	1	—	—	—	1	—	—	2	—	2	—	—	—	—	—	2	2	—	1	5	33	5	2	1	41
	4	3,9	1	—	—	—	1	4	—	—	—	4	—	1	—	—	1	—	1	—	—	1	8	—	—	—	8	13	2	—	—	15
	5	3,7	8	2	—	—	10	5	—	—	—	5	—	—	1	—	1	—	—	1	—	1	10	3	—	—	13	23	5	2	—	30
	6	4,3	2	—	—	—	2	1	—	—	—	1	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	3	—	1	—	4	7	—	1	—	8
Всего		**24**	**56**	**5**	**1**	**—**	**62**	**16**	**—**	**—**	**—**	**16**	**1**	**3**	**4**	**—**	**8**	**1**	**2**	**1**	**—**	**4**	**32**	**6**	**2**	**1**	**41**	**106**	**16**	**8**	**1**	**131**

Окончание таблицы Д.1

Номер плавки	Номер шлифа	Площадь шлифа, $см^2$	Количество полей зрения с максимальным баллом 2 и более																		
			сульфидов С					нитридов и карбонитридов точечных НТ					нитридов алюминия НА					Всего нитридов и карбонитридов				
			баллы																		
			2	3	4	5 и более	всего	2	3	4	5 и более	всего	2	3	4	5 и более	всего	2	3	4	5 и более	всего
451	1	3,8	30	5	1	—	36	12	10	5	—	27	—	—	—	—	—	12	10	5	—	27
	2	4,2	42	22	—	—	64	5	11	10	—	26	—	—	—	—	—	5	11	10	—	26
	3	4,1	26	3	—	—	29	13	16	8	—	37	—	—	—	—	—	13	16	8	—	37
	4	3,9	15	6	1	—	22	18	8	10	—	36	—	—	—	—	—	18	8	10	—	36
	5	3,7	17	4	—	—	21	7	12	4	—	23	—	—	—	—	—	7	12	4	—	23
	6	4,3	10	1	1	—	12	11	17	2	—	30	—	—	—	—	—	11	17	2	—	30
Всего		**24**	**140**	**41**	**3**	**—**	**184**	**66**	**74**	**39**	**—**	**179**	**—**	**—**	**—**	**—**	**—**	**66**	**74**	**39**	**—**	**179**

Количество полей зрения с оксидными включениями балла 2 и более на площади 10 $см^2$: $\frac{131 \cdot 10}{24} = 54,6$.

Количество полей зрения с сульфидными включениями балла 2 и более на площади 10 $см^2$: $\frac{184 \cdot 10}{24} = 76,7.$

Количество полей зрения с нитридными и карбонитридными включениями балла 2 и более на площади 10 $см^2$: $\frac{179 \cdot 10}{24} = 74,5.$

Приложение Е
(справочное)

Пример вычисления предельной ошибки при определении среднего балла загрязненности металлопродукции неметаллическими включениями методом Ш

Таблица Е.1

Количество шлифов	Предельная ошибка для металлопродукции из стали			
	нелегированной и легированной размерами, мм		подшипниковой размерами, мм	
	менее 40	40 и более	менее 40	40 и более
Оксиды строчечные				
6	0,4	0,6	0,3	0,5
9	0,3	0,5	0,2	0,4
12	0,3	0,4	0,2	0,3
n	$\frac{1,0}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,5}{\sqrt{n}}$	$\frac{0,7}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,2}{\sqrt{n}}$
Силикаты хрупкие пластичные				
6	0,6	0,8	0,4	0,6
9	0,5	0,7	0,3	0,5
12	0,4	0,6	0,3	0,4
n	$\frac{1,5}{\sqrt{n}}$	$\frac{2,0}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,0}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,5}{\sqrt{n}}$
Силикаты недеформирующиеся				
6	0,5	0,7	0,2	0,4
9	0,4	0,6	0,2	0,3
12	0,3	0,5	0,1	0,3
n	$\frac{1,2}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,7}{\sqrt{n}}$	$\frac{0,5}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,0}{\sqrt{n}}$
Сульфиды				
6	0,5	0,6	0,3	0,4
9	0,4	0,5	0,2	0,3
12	0,3	0,4	0,2	0,3
n	$\frac{1,2}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,5}{\sqrt{n}}$	$\frac{0,7}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,0}{\sqrt{n}}$

Приложение Ж
(справочное)

Пример записи результатов оценки загрязненности металлопродукции неметаллическими включениями методом К, вариант К1

Таблица Ж.1

Номер плавки	Маркировка образца	Площадь шлифа, $см^2$	Количество включений для групп				
			1	2	3	4	5
421384	1А	4,1	27	0	0	0	0
	1Н	3,9	29	2	0	0	0
	2А	4,2	32	0	0	0	0
	2Н	3,8	36	0	0	0	0
	3А	3,6	49	1	0	0	0
	3Н	4,4	27	0	0	0	0
Всего		**24**	**200**	**3**	**0**	**0**	**0**

Приложение И
(справочное)

Пример вычисления предельной ошибки при определении загрязненности металлопродукции неметаллическими включениями группы 1 методом К, вариант К1

Таблица И.1

Номер образца	Площадь образца, см^2	Количество включений 1-й группы на образце x_i	Отклонение от среднего значения a	a^2
1	3,7	6	−5	25
2	4,2	7	−4	16
3	4,3	9	−2	4
4	3,8	10	−1	1
5	3,9	12	1	1
6	4,1	22	11	121
Всего	**24**	**66**		**168**

Пример вычисления предельной ошибки $\left(\sigma_{0\bar{x}}\right)$:

$$\overline{X} = \frac{66}{6} = 11. \quad \sigma = \sqrt{\frac{168}{5}} = 5{,}3.$$

$$\sigma_{0\bar{x}} = \pm\frac{5{,}3}{\sqrt{6}} = \pm 2{,}2.$$

Приложение К
(справочное)

Пример записи результатов оценки загрязненности металлопродукции оксидами методом П и вычисления ошибки

Таблица К.1

Группа включений	Количество включений в поле зрения										Всего включений на 125 полях зрения	Средняя значимость для групп по площади включений	Площадь включений в делениях окулярной шкалы в квадрате
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10*			
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	67	1/4	16,75
2	—	1	2	—	—	2	—	—	—	—	64	1/2	32
3	—	1	—	—	—	—	—	—	—	3	49	1	49
4	2	—	—	—	—	—	2	—	—	—	34	2	68
5	—	—	—	—	—	—	2	1	—	—	34	4	136
6	—	—	—	—	—	1	1	—	—	1	45	8	360
7	1	—	—	—	—	—	1	1	—	—	14	16	224
8	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	13	32	416
Всего													**1291,75**
* Графы для полей зрения 11—125 заполняют аналогично.													

Пример вычисления объемного процента включений (ϑ):

$$f_{ср} = \frac{1291,75}{125} = 10,33.$$

$$\vartheta = \frac{10,33 \cdot 100}{10\ 200} = 10,33 \cdot 0,0098 = 0,1012\ \%.$$

$$K = \frac{100}{10\ 200} = 0,0098.$$

Приложение Л
(справочное)

Пример подсчета количества оксидов на шлифе площадью 100 мм^2 при определении загрязненности металлопродукции неметаллическими включениями методом П

Таблица Л.1

Группа включений	Площадь просмотренных полей зрения, мм^2	Количество включений по группам на площади 21,625 мм^2	Количество включений на площади 100 мм^2
1	21,625	67	315
2		64	296
3		49	227
4		34	157
5		34	157
6		45	208
7		14	65
8		13	60
Всего	**21,625**	**320**	**1485**

Примечания

1 Для подсчета использованы данные приложения К.

2 Площадь просмотренных полей зрения (21,625) равна площади одного поля зрения (0,173 мм^2), умноженной на количество просмотренных полей зрения (125).

3 За количество включений в плавке принимают среднее арифметическое оценок отдельных образцов на площади 100 мм^2.

Приложение М
(справочное)

Пример вычисления предельной ошибки при определении объема оксидов методом П

Таблица М.1

Номер образца	Оксидные включения x_i в объемных %	Отклонение от среднего арифметического a	a^2
1	0,0096	+0,0036	0,00001296
2	0,0052	−0,0008	0,00000064
3	0,0045	−0,0015	0,00000225
4	0,0070	+0,0010	0,00000100
5	0,0055	−0,0005	0,00000025
6	0,0042	−0,0018	0,00000324
Всего	**0,0360**	**0,0000**	**0,00002034**

Среднеарифметическое количество включений $(\overline{X})$ в объемных процентах вычисляют по формуле

$$\overline{X} = \frac{\sum X_i}{n}, \quad \text{(М.1)}$$

где $\sum x_i$ — общее содержание включений в объемных %;

n — количество образцов.

$$\overline{X} = \frac{0,0360}{6} = 0,0060\ \%.$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{0,00002034}{5}} = 0,0018.$$

$$\sigma_{0\overline{x}} = \pm\frac{0,0018}{\sqrt{6}} = \pm 0,00075.$$

Относительная ошибка равна:

$$\frac{0,00075 \cdot 100}{0,0050} = 12,5\ \%.$$

Приложение Н
(справочное)

Пример определения загрязненности металлопродукции из стали марки 35Л неметаллическими включениями методом Л

Таблица Н.1

Группа включений	Размеры включений в делениях окулярной шкалы	Среднее значение размеров включений в делениях окулярной шкалы a_i	Оксиды		Сульфиды	
			Количество включений данной группы m_i	$a_i \cdot m_i$	Количество включений данной группы m_i	$a_i \cdot m_i$
1	0—2	1	25	25	29	29
2	2,1—4,0	3	4	12	69	207
3	4,1—6,0	5	2	10	22	110
4	6,1—8,0	7	—	—	8	56
5	8,1—10,0	9	—	—	1	9
6	10,1—12,0	11	—	—	2	22
7	12,1—14,0	13	—	—	1	13
8	14,1—16,0	15	—	—	—	—
Всего				**47**		**446**

Пример подсчета загрязненности:
l = 180 000 мкм.
b = 4 мкм.
Увеличение 300×.

$$И_{оксидов} = \frac{4 \cdot 47}{180\,000} = 1{,}04 \cdot 10^{-3}.$$

$$И_{сульфидов} = \frac{4 \cdot 446}{180\,000} = 9{,}91 \cdot 10^{-3}.$$

$$И_{общий} = И_{оксидов} + И_{сульфидов} = 1{,}04 \cdot 10^{-3} + 9{,}91 \cdot 10^{-3} = 10{,}95 \cdot 10^{-3}.$$

Приложение П
(справочное)

Пример вычисления предельной ошибки при определении загрязненности металлопродукции неметаллическими включениями методом Л

Таблица П.1

Выбранная длина для подсчета, см	Предельная ошибка $\left(\sigma_{0\bar{x}}\right) \cdot 10^{-3}$
1	1,30
3	0,75
6	0,53
9	0,43
12	0,38
15	0,33
18	0,308
21	0,283
24	0,266
l	$\frac{1,3}{\sqrt{l}}$

Библиография

[1] EN 10020:2000 Definition and classification of grades of steel (Определение и классификация классов качества стали)

[2] EN 10079:2007 Definition of steel products и определения (Изделия из стали. Термины)

[3] ISO 6929:2013 Steel products — Vocabulary (Стальная продукция. Словарь)

УДК 669.14:543.06:006.354 МКС 77.080.20

Ключевые слова: металлографичекие методы, неметаллические включения, сталь, сплав, эталонные шкалы, деформированный металл, литой металл, изготовление шлифов, профиль, трубная заготовка, оксиды строчечные, оксиды точечные, силикаты хрупкие, силикаты пластичные, силикаты недеформирующиеся, сульфиды, нитриды и карбонитриды строчечные, нитриды и карбонитриды точечные, нитриды алюминия

Редактор *Л.В. Коретникова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *И.Ю. Литовкиной*

Сдано в набор 29.12.2022. Подписано в печать 17.01.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,65 + вкл. 4,18. Уч-изд. л. 4,12 + вкл. 1,84.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

Приложение Б
(обязательное)

Шкалы эталонов для оценки загрязненности деформированной металлопродукции неметаллическими включениями методом Ш

Таблица Б.1 - Оксиды строчечные (ОС)

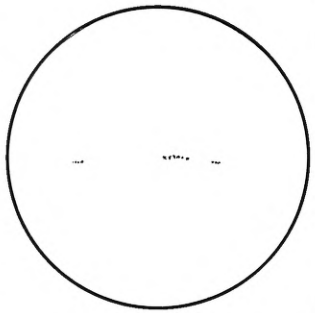
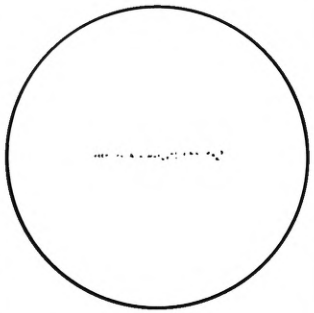
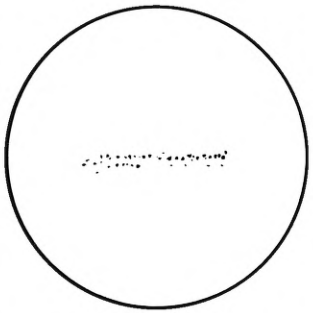
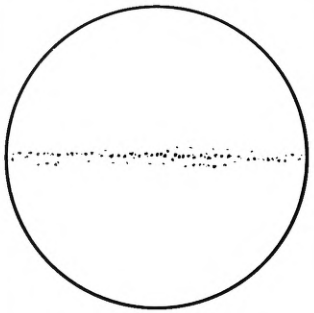
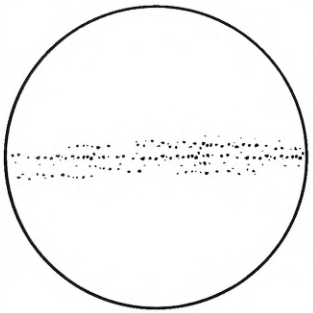
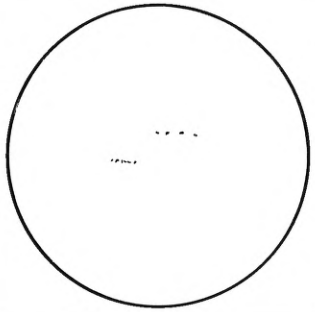
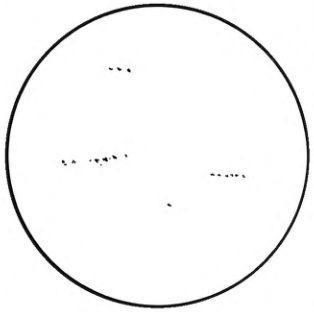
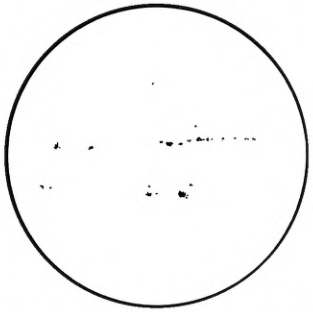
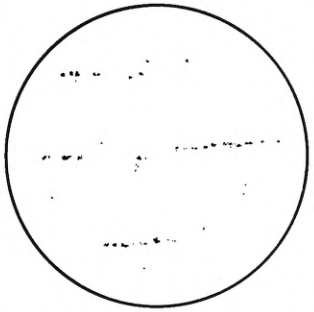
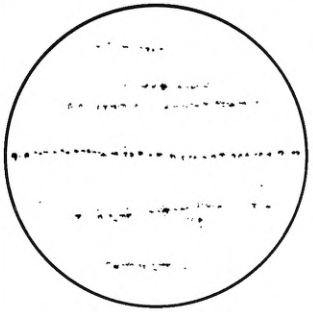
Ряд	Балл 1	Балл 2	Балл 3	Балл 4	Балл 5
а					
б					

Таблица Б.2 - Оксиды точечные (ОТ)

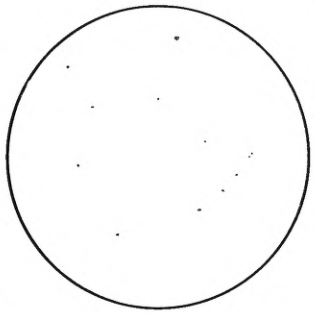
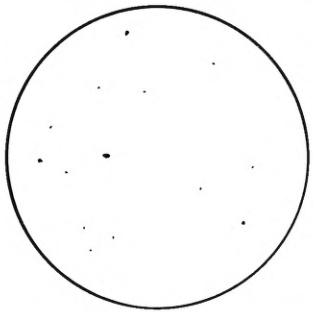
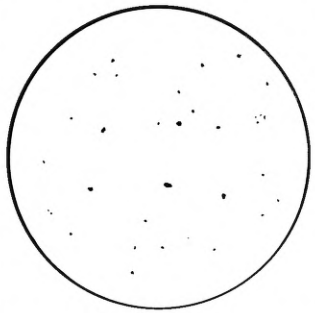
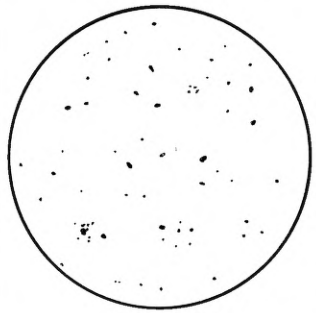
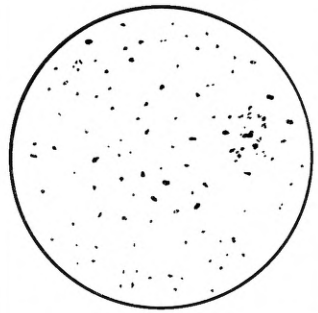
Ряд	Балл 1	Балл 2	Балл 3	Балл 4	Балл 5
а					

Таблица Б.3 - Силикаты хрупкие (СХ)

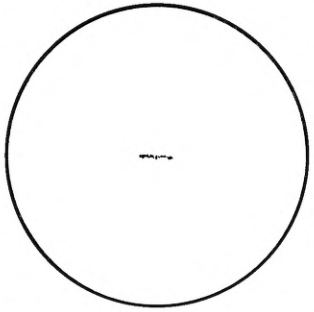
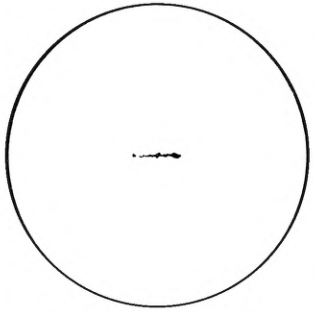
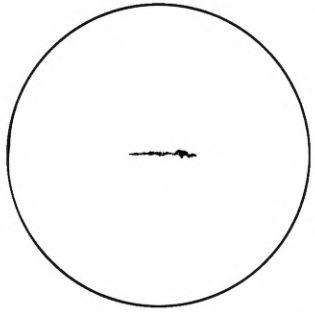
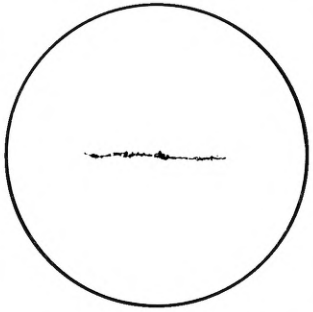
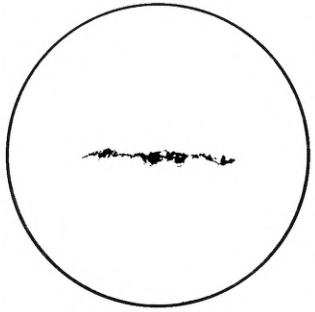
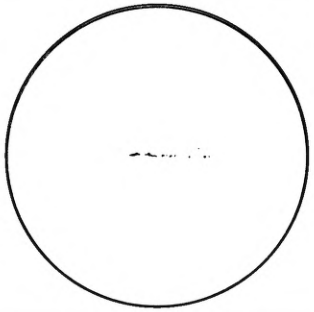
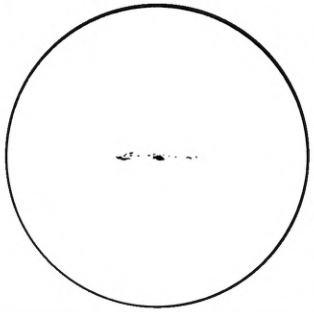
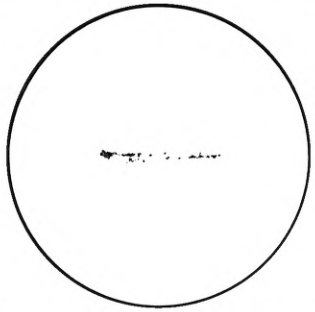
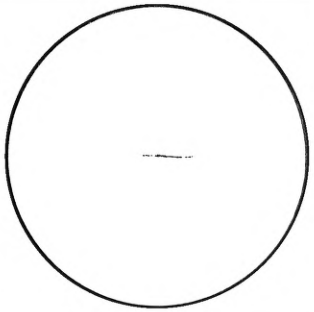
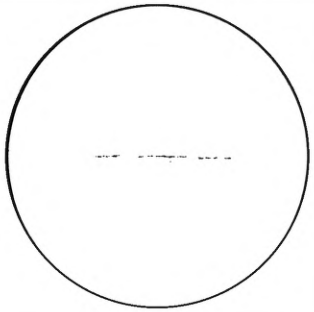
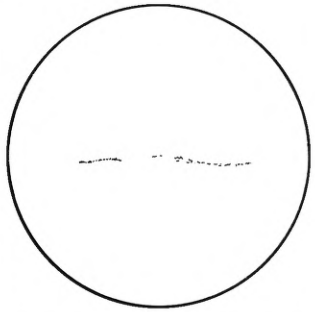
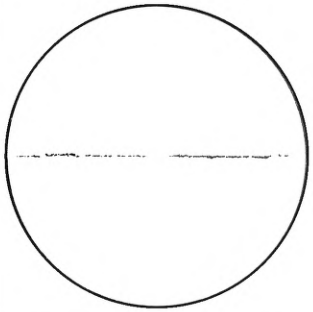
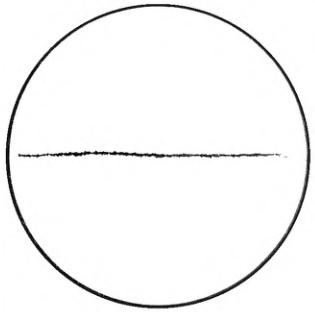
Ряд	Балл 1	Балл 2	Балл 3	Балл 4	Балл 5
а					
б					
в					

Таблица Б.4 - Силикаты пластичные (СП)

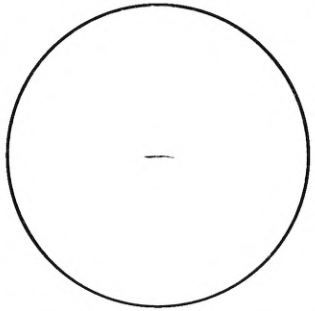
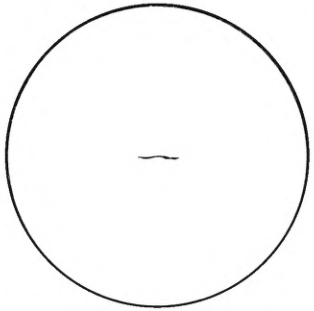
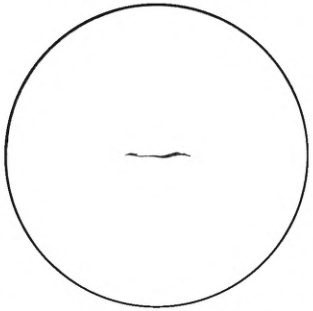
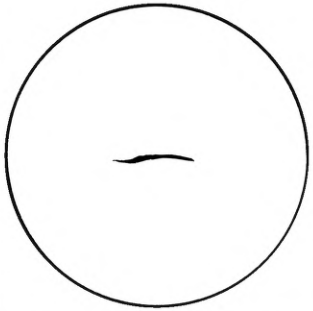
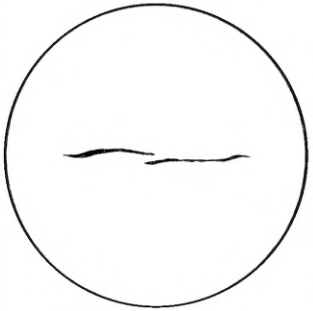
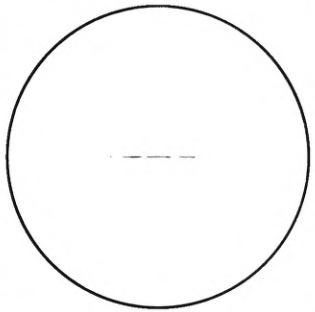
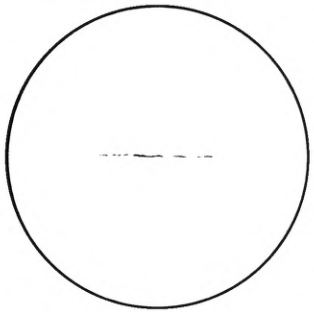
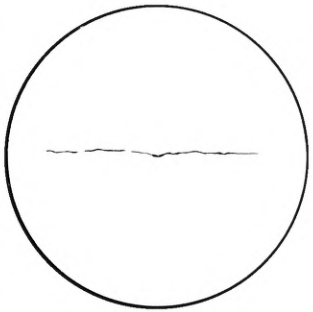
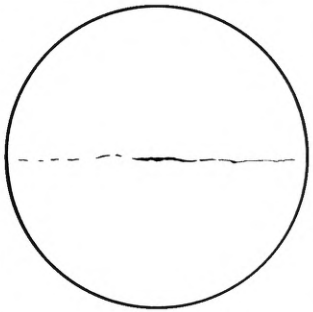
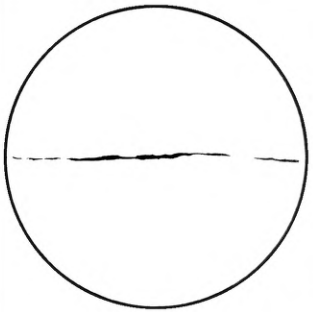
Ряд	Балл 1	Балл 2	Балл 3	Балл 4	Балл 5
а					
б					

Таблица Б.5 - Силикаты недеформирующиеся (СН)

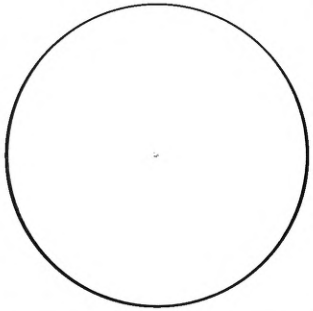
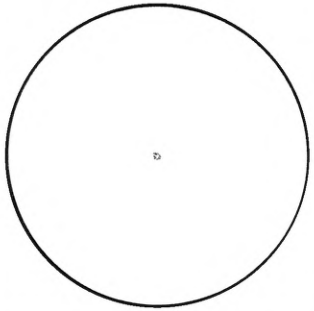
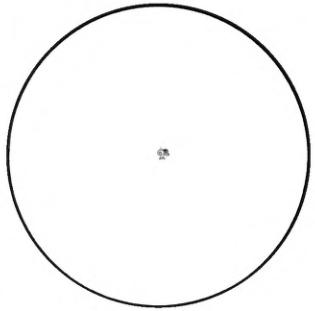
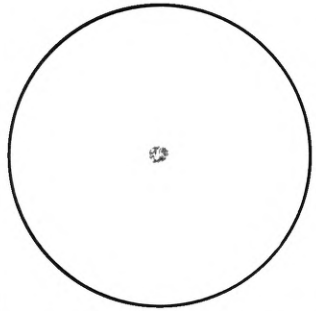
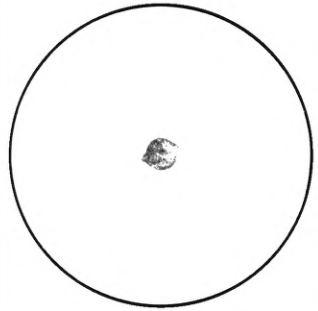
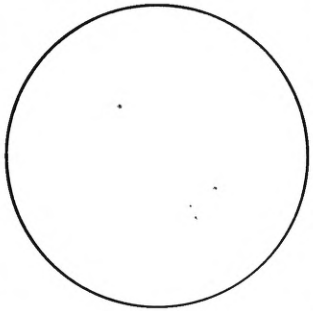
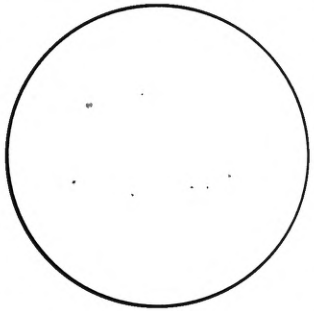
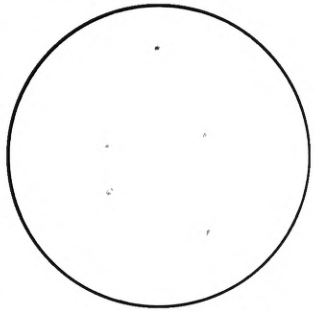
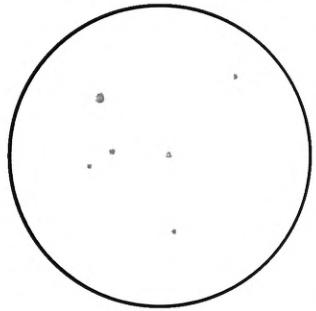
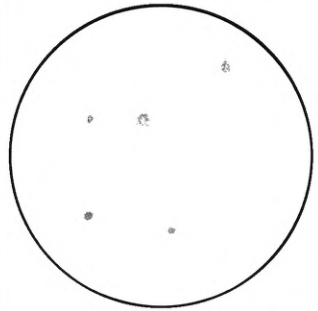
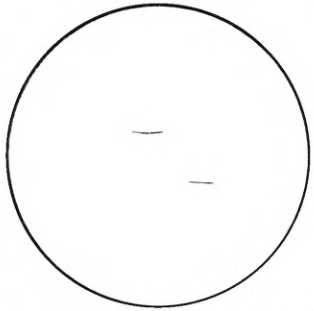
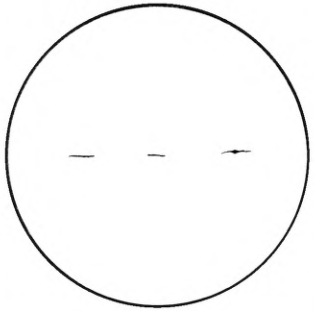
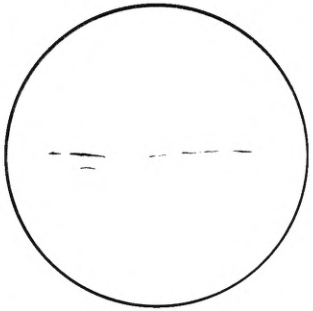
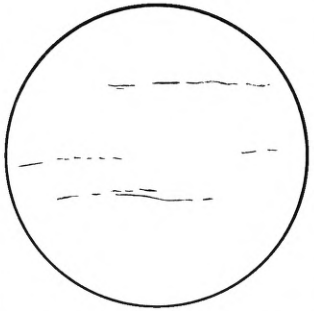
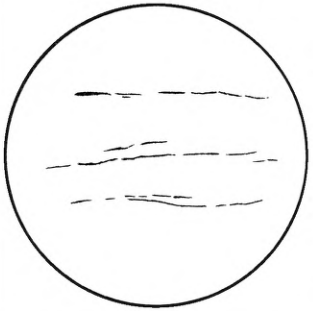
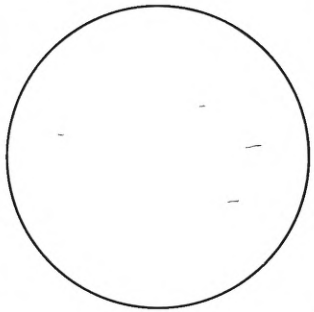
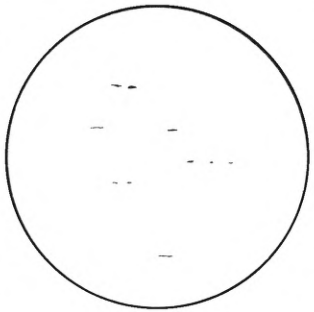
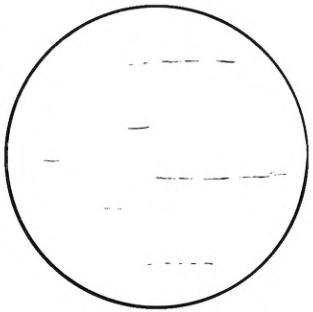
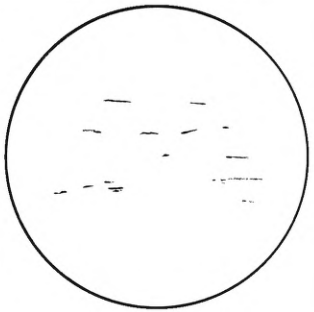
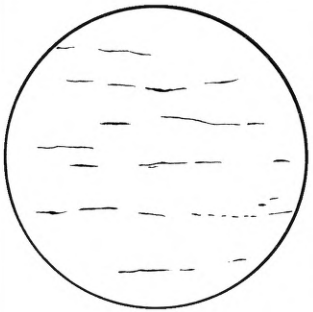
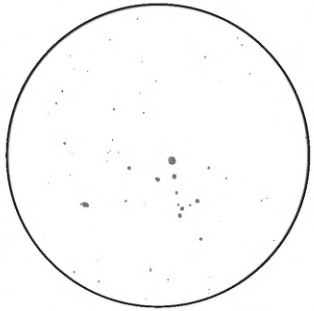
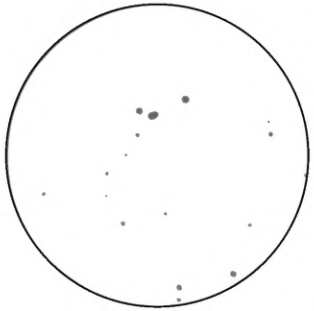
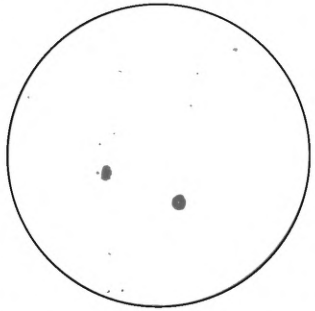
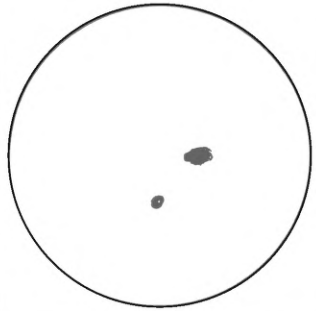
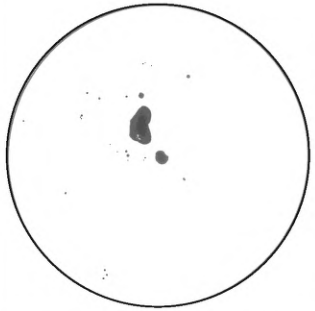
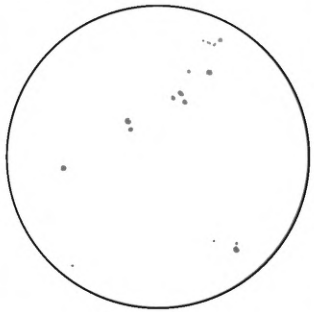
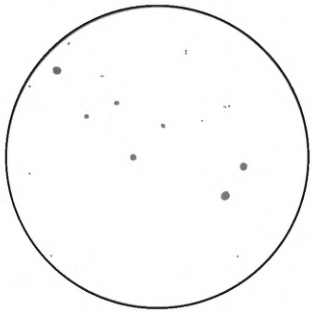
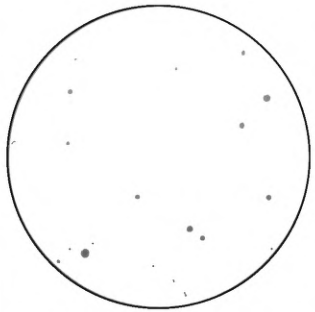
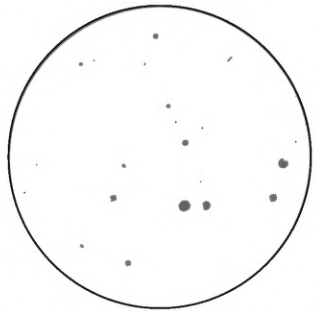
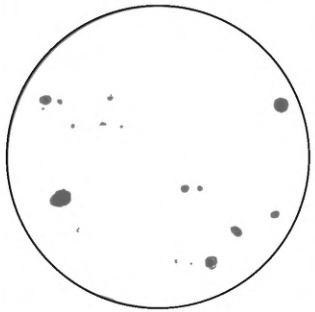
Ряд	Балл 1	Балл 2	Балл 3	Балл 4	Балл 5
а					
б					

Таблица Б.6 - Сульфиды (С)

Ряд	Балл 1	Балл 2	Балл 3	Балл 4	Балл 5
а					
б					

Продолжение Таблицы Б.6

Ряд	Балл 1	Балл 2	Балл 3	Балл 4	Балл 5
в					
г					

Примечание - Ряды «в» и «г» это дополнительные шкалы для непрерывнолитой заготовки.

Таблица Б.7 - Нитриды и карбонитриды строчечные (НС)

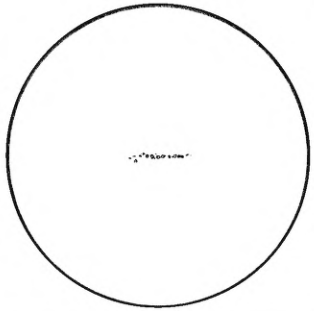
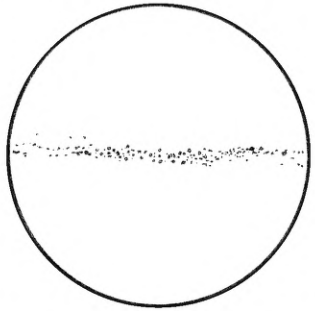
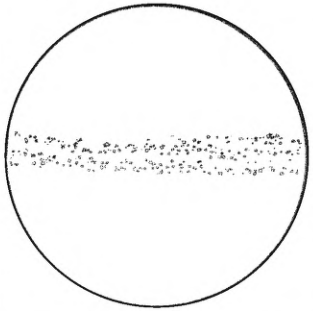
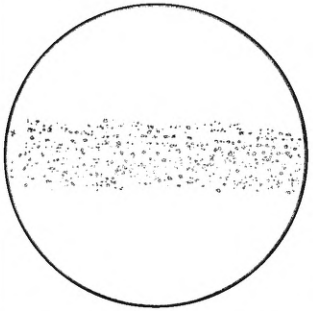
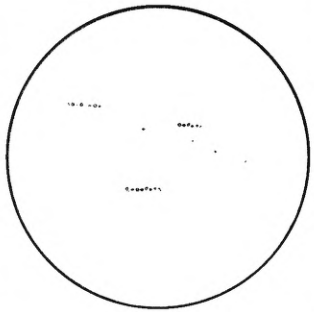
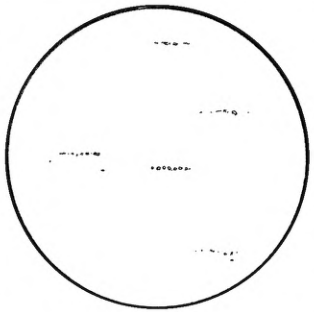
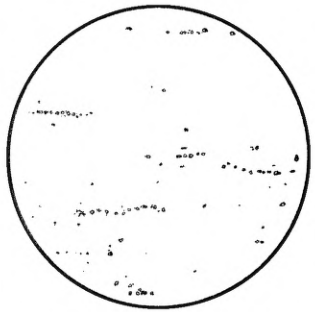
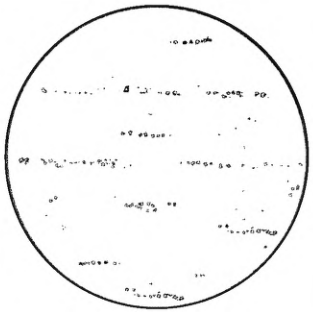
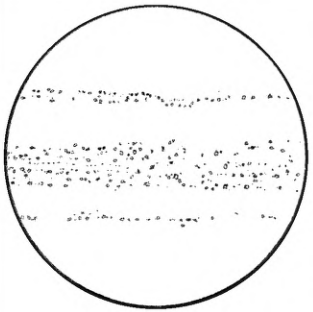
Ряд	Балл 1	Балл 2	Балл 3	Балл 4	Балл 5
а					
б					

Таблица Б.8 - Нитриды и карбонитриды точечные (НТ)

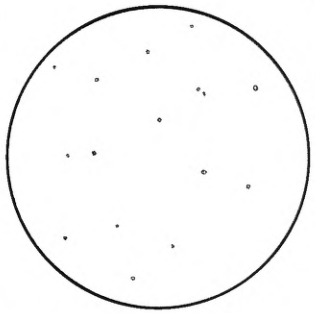
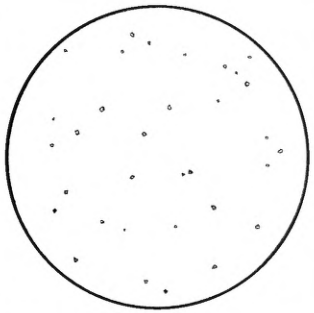
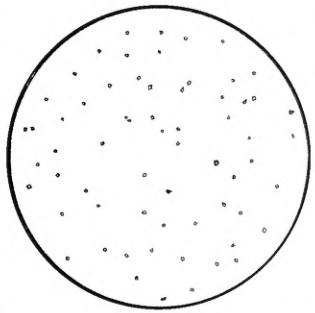
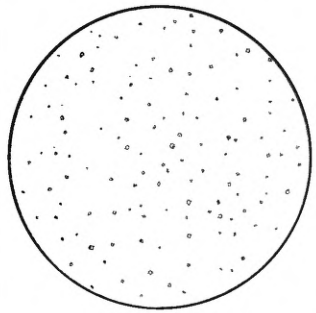
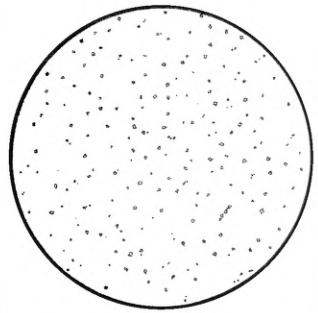
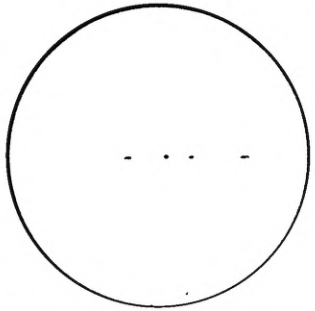
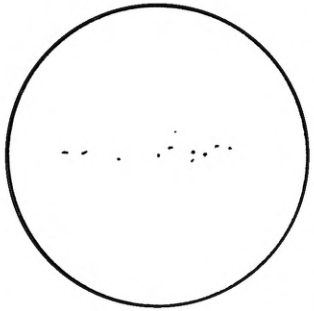
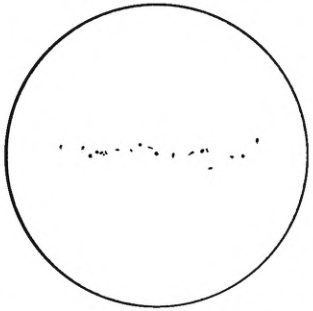
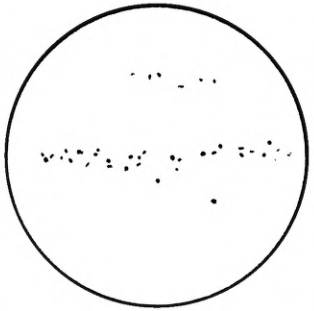
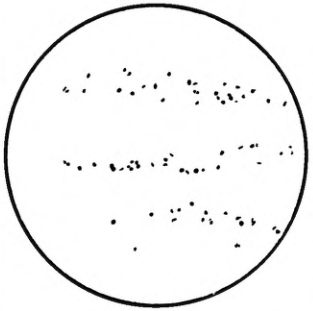
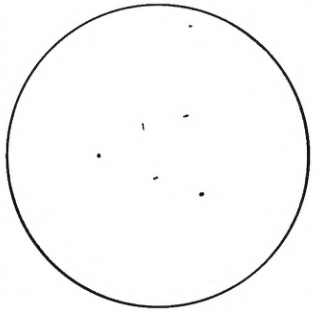
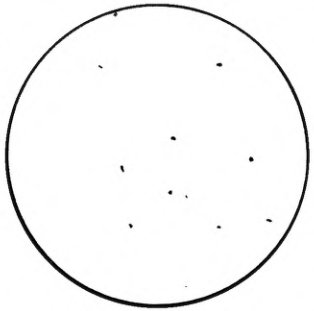
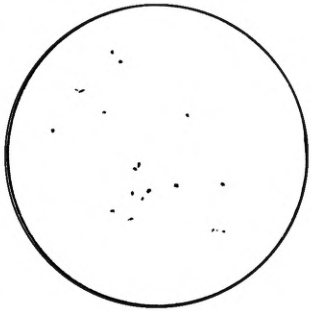
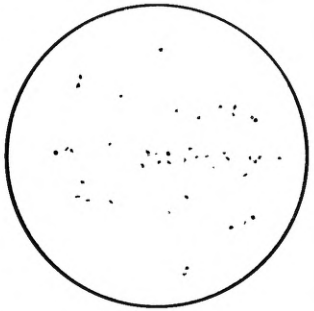
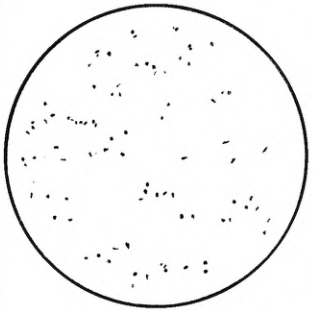
Ряд	Балл 1	Балл 2	Балл 3	Балл 4	Балл 5
а					

Таблица Б.9 - Нитриды алюминия (НА)

Ряд	Балл 1	Балл 2	Балл 3	Балл 4	Балл 5
а					
б					

Поправка к ГОСТ 1778—2022 Металлопродукция из сталей и сплавов. Металлографические методы определения неметаллических включений

В каком месте	Напечатано	Должно быть		
Предисловие. Таблица согласования	—	Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан

(ИУС № 11 2024 г.)

gost.e-ecolog.ru