
ЕВРАЗИЙСКИЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И
СЕРТИФИКАЦИИ
(ЕАСС)

EURO-ASIAN COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND
CERTIFICATION
(EASC)



МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ

ГОСТ 1778-202
(проект,
первая редакция RU)

СТАЛЬ

Металлографические методы определения неметаллических включений

*Настоящий проект стандарта не подлежит применению
до его принятия*

Москва

202

Предисловие

Цели, основные принципы и общие правила проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены в 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 _____ № _____)

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

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от _____ 202 _____ № _____ межгосударственный стандарт ГОСТ 1778–202 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с _____ 202 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".

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.....	
2 Нормативные ссылки.....	
3 Термины, определения и обозначения.....	
4 Классификация и сущность методов	
5 Отбор образцов и изготовление микрошлифов.....	
6 Методы испытаний.....	
6.1 Метод Ш.....	
6.2 Метод К.....	
6.3 Метод П.....	
6.4 Метод Л.....	
Приложение А (рекомендуемое)	Варианты методов определения загрязненности неметаллическими включениями металла различных способов производства и групп стали.....
Приложение Б (обязательное)	Шкалы для оценки неметаллических включений.....
Приложение В (справочное)	Характеристика видов неметаллических включений.....
Приложение Г (справочное)	Пример записи результатов оценки загрязненности плавки включениями. Методы Ш1-Ш6, Ш9-Ш12, Ш15.....
Приложение Д (справочное)	Примеры записи результатов оценки загрязненности плавки включениями. Методы Ш7 и Ш8, Ш13 и Ш14.....
Приложение Е (справочное)	Пример подсчета предельной ошибки при определении среднего балла неметаллических включений методом Ш.....
Приложение Ж (справочное)	Пример записи результатов при оценке металла плавки методом К1.....
Приложение И (справочное)	Пример подсчета ошибки определения неметаллических включений 1-й группы методом К1.....
Приложение К (справочное)	Пример записи и подсчета результатов оценки оксидов на микроскопе МИМ-8 при увеличении 280 [×]
Приложение Л (справочное)	Пример подсчета количества оксидов на шлифе площадью 100 мм ²
Приложение М (справочное)	Пример подсчета ошибки при определении оксидных включений в объемных процентах методом П.....
Приложение Н (справочное)	Пример подсчета загрязненности плавки стали марки 35Л методом Л.....
Приложение П (справочное)	Пример подсчета предельной ошибки при определении неметаллических включений методом Л в зависимости от выбранной длины для подсчета.....
Библиография.....	

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

СТАЛЬ

Металлографические методы определения неметаллических включений

Steel. Metallographic methods for the determination of nonmetallic inclusions

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на стали и сплавы и устанавливает металлографические методы определения загрязненности их неметаллическими включениями.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие межгосударственные стандарты:

ГОСТ 33439Metalлопродукция 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 (www.easc.by) или 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, по стандартам [1]¹, [2], [3]², а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **шлиф**: Специальные образцы металла, имеющие шлифованную и полированную гладкую поверхность, отражающую световой луч.

4 Классификация и сущность методов

4.1 Загрязненность стали и сплавов неметаллическими включениями определяют:

- методом Ш (варианты Ш1–Ш15) – сравнением с эталонными шкалами в деформированном металле со степенью обжатия не менее 3;
- методом К (варианты К1–К2) – подсчетом количества включений в литом и деформированном металле;
- методом П (варианты П1–П4) – подсчетом количества и объемного процента включений в литом и деформированном металле;
- методом Л (варианты Л1–Л2) – линейным подсчетом включений в отливках.

По согласованию изготовителя с заказчиком допускается загрязненность стали и сплавов неметаллическими включениями методами К, П и Л оценивать с помощью автоматического анализатора изображений.

¹ В Российской Федерации может использоваться ГОСТ Р 54384-2011 (ЕН 10020:2000) «Сталь. Определение и классификация по химическому составу и классам качества».

² В Российской Федерации может использоваться ГОСТ Р 58765-2019 «Металлопродукция из стали и сплавов. Термины и определения»

4.2 Применение методов и их вариантов, нормы загрязненности стали и сплавов неметаллическими включениями предусматривают в нормативных документах, утвержденных в установленном порядке, на конкретную металлопродукцию.

Рекомендации по выбору методов указаны в приложении А.

5 Отбор образцов и изготовление микрошлифов

5.1 Количество образцов для определения загрязненности стали и сплавов неметаллическими включениями указывают в нормативных документах на металлопродукцию, утвержденных в установленном порядке, и должно быть кратным трем, но не менее 6 от каждой плавки. Количество образцов зависит от требуемой точности определения.

5.2 Образцы от деформированного металла отбирают в следующем порядке:

- а) при контроле на 6 шлифах – от 6 прутков, бунтов, труб, листов, полос;
- б) при контроле более чем на 6 шлифах – по 1, 2, 3, 4 и т.д. от каждого из 6 или более прутков, бунтов, труб, листов, полос.

Примечания

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

2 При контроле деформированного металла диаметром или толщиной более 150 мм допускается отбор образцов от двух прутков.

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

4 При контроле листов шириной более 1000 мм образцы отбирают от двух листов.

5.3 Образцы от деформированных прутков диаметром или толщиной не более 120 мм вырезают из прутков поставляемого размера, а образцы от прутков диаметром или толщиной более 120 мм – из проб, перекованных или перекатанных на круг или квадрат диаметром или толщиной от 80 до 120 мм.

Примечание – По согласованию изготовителя с заказчиком допускается вырезать образцы из прутков диаметром или толщиной свыше 120 до 270 мм, а также из трубной заготовки (сверленной или предназначенной для сверления) диаметром до 600 мм, без перековки или прокатки.

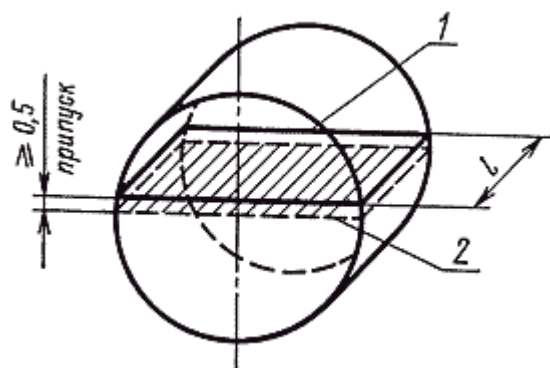
5.4 Образцы от литого металла отбирают:

- а) от одного или более слитков или от пробы одной плавки;
- б) для отливок – от одного или более пробного литого бруска, от одной или более литой заготовки разрывных образцов или от одного пробного приливочного бруска данной плавки.

Пробные бруски и заготовки литых разрывных образцов устанавливают соответствующими нормативными документами, а место расположения приливных пробных брусков – по согласованию изготовителя с заказчиком.

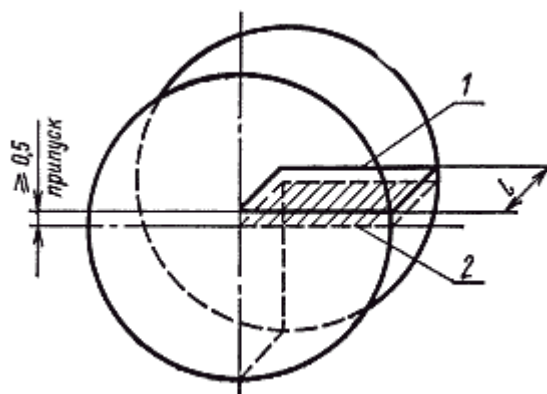
5.5 Образцы из деформированного металла для изготовления шлифов с продольным направлением волокон вырезают:

- 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 $\frac{1}{4}$ диаметра или толщины (рисунок 3), или от центра до края (рисунок 2);



1 – плоскость реза;
2 – плоскость шлифа

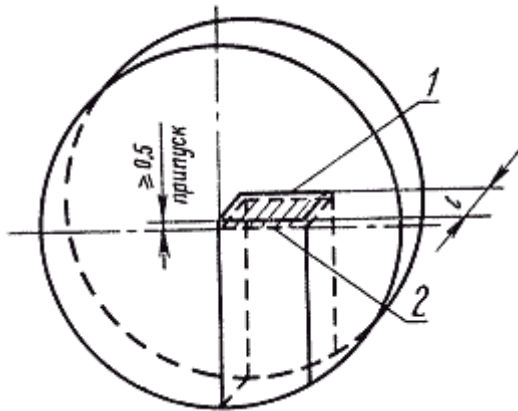
Рисунок 1



1 – плоскость реза;
2 – плоскость шлифа

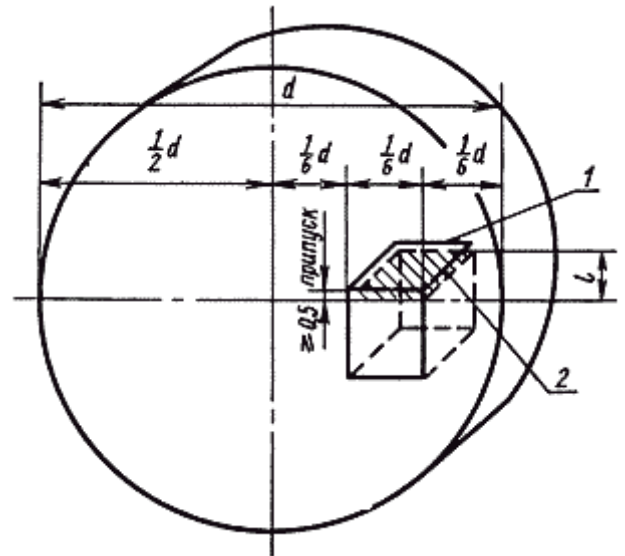
Рисунок 2

- г) из круглого и квадратного профилей диаметром или толщиной свыше 120 мм – на расстоянии $\frac{1}{6}$ 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

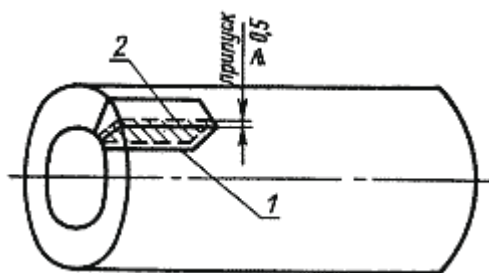


1 – плоскость реза;
2 – плоскость шлифа

Рисунок 4

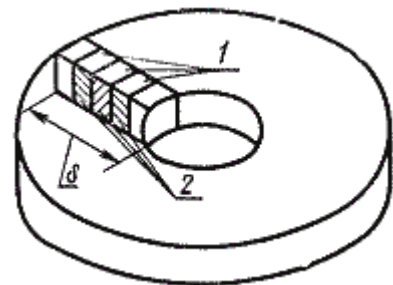
д) из труб – по всей толщине стенки (рисунок 5);

е) из сверленной 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

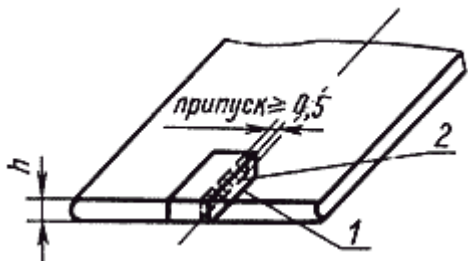
Рисунок 5



1 – образцы для испытания;
2 – плоскости шлифов

Рисунок 6

ж) из листа и полосы толщиной до 40 мм включительно – по всей толщине (рисунок 7а), а толщиной свыше 40 мм – до половины толщины (рисунок 7б) из середины листов и полос по ширине.



1 – плоскость реза; 2 – плоскость шлифа
Рисунок 7а

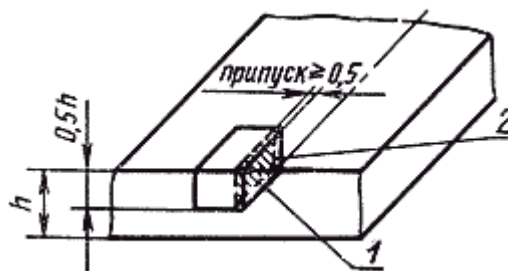


Рисунок 7б

Длину образца (l) выбирают с таким расчетом, чтобы площадь шлифа была (400 ± 50) мм².

Примечания

1 Из фасонных симметричных профилей (треугольных, шестигранных, ромбических и др.) образцы вырезают по чертежам для образцов из круглого или листового проката, а из несимметричных фасонных профилей – по чертежам, утвержденным в установленном порядке.

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

3 Допускается контроль тонких профилей диаметром или толщиной менее 10 мм проводить на уменьшенной площади шлифа, но не менее (200 ± 50) мм².

4 Допускается проводить контроль включений на шлифах площадью (500 ± 100) мм².

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

а) из 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 круглого и квадратного профилей диаметром или толщиной свыше 20 до 40 мм включительно – от края до края прутка через центр (рисунок 9);

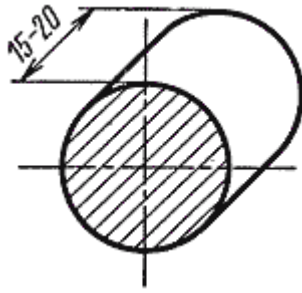


Рисунок 8

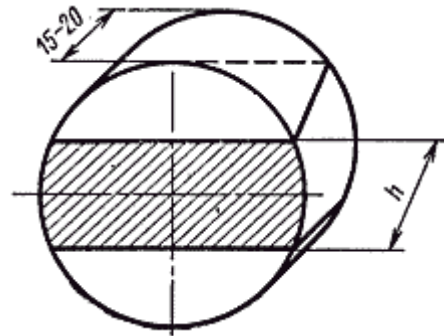


Рисунок 9

в) из круглого и квадратного профилей диаметром или толщиной свыше 40 до 120 мм включительно – от центра до края прутка (рисунок 10);

г) из круглого и квадратного профилей диаметром или толщиной свыше 120 до 270 мм включительно – в соответствии с рисунком 11;

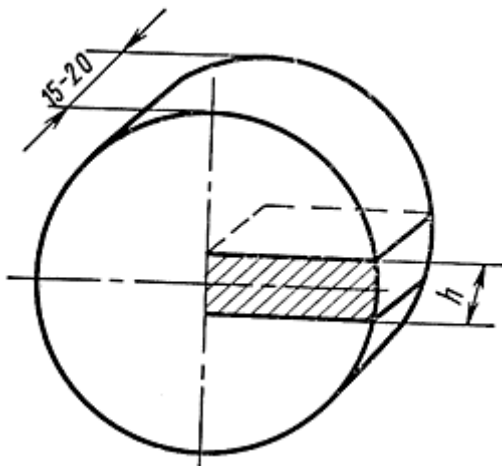
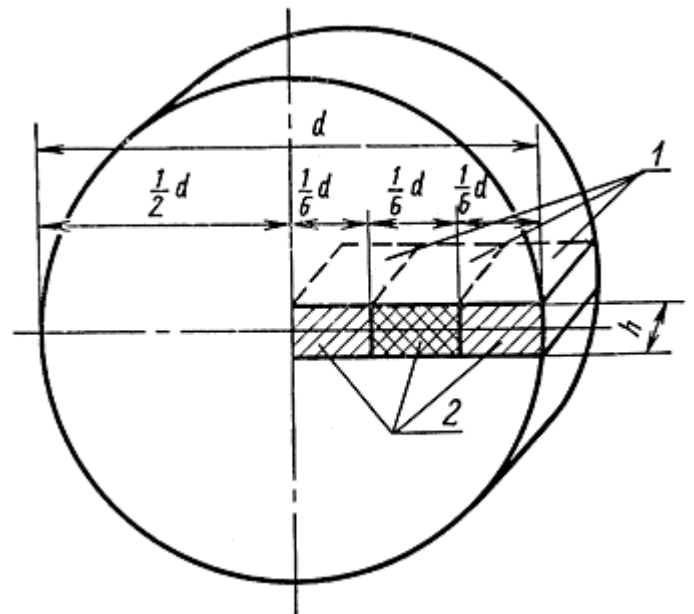


Рисунок 10



1 – образцы для испытаний;
2 – плоскости шлифов

Рисунок 11

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

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

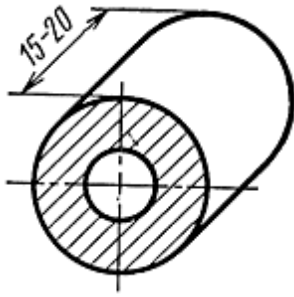


Рисунок 12

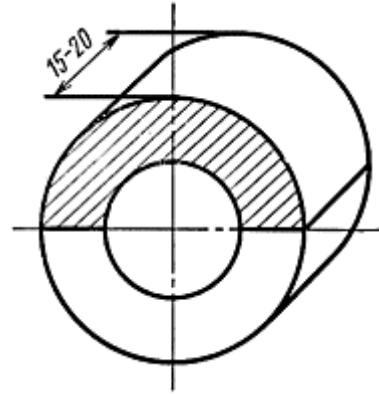


Рисунок 13

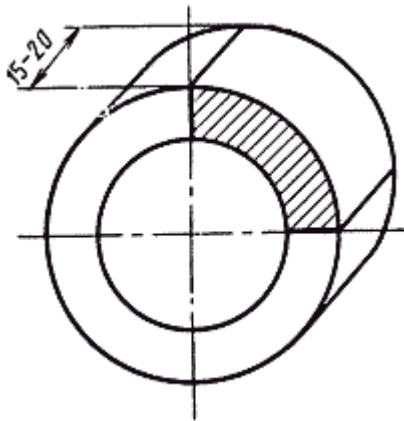


Рисунок 14

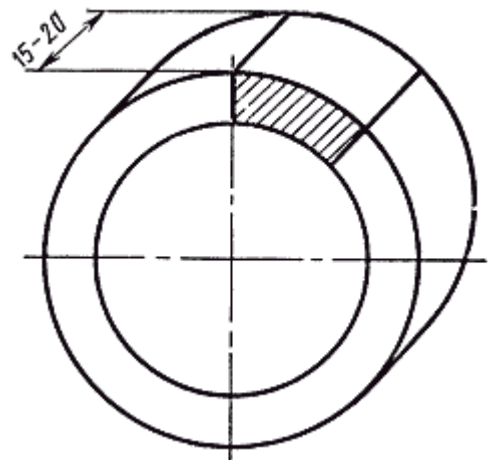
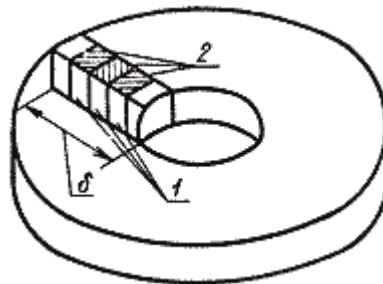


Рисунок 15



1 – образцы для испытания; 2 – плоскости шлифов

Рисунок 16

ж) из листа и полосы толщиной до 40 мм включительно – по всей толщине (рисунок 17а), свыше 40 мм - до половины толщины из середины листов и полос по ширине (рисунок 17б);

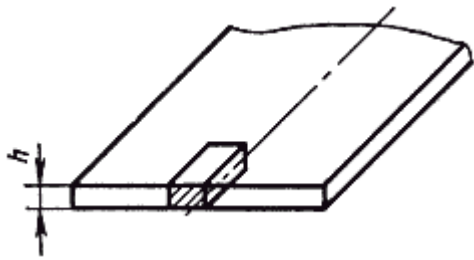


Рисунок 17а

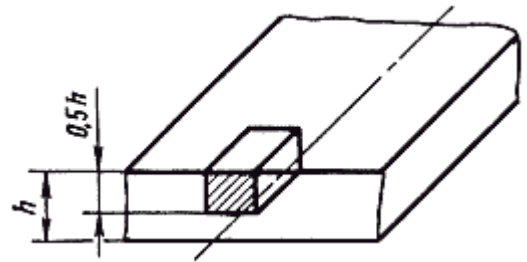


Рисунок 17б

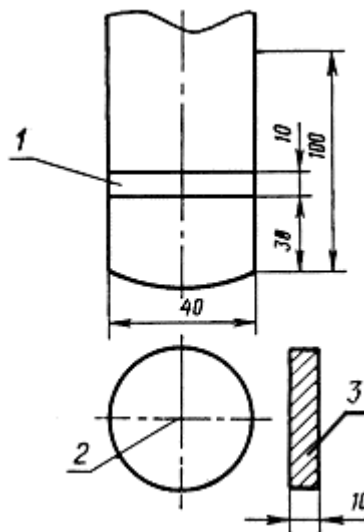
Площадь шлифов должна быть не менее 200 мм².

Примечание – Допускается составлять требуемую площадь из нескольких шлифов.

5.7 Образцы вырезают с припуском, обеспечивающим удаление с плоскости шлифа неровностей после резки и окисления при термической обработке.

5.8 Образцы для изготовления шлифов из литого металла вырезают:

а) из пробы – на расстоянии $2/3$ высоты пробы в виде шайб толщиной от 10 до 15 мм (рисунок 18);



1 – шайба; 2 – плоскость реза; 3 – плоскость шлифа

Рисунок 18

б) из слитка – в трех или более горизонтальных плоскостях по высоте слитка (H), и из трех сечений (у края, из середины и центра слитка) или по всему сечению от края до оси слитка (рисунок 19, 20).

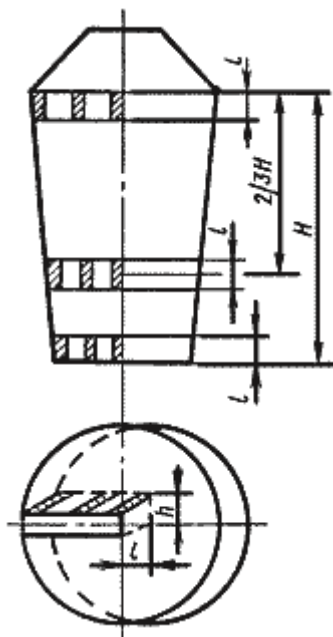


Рисунок 19

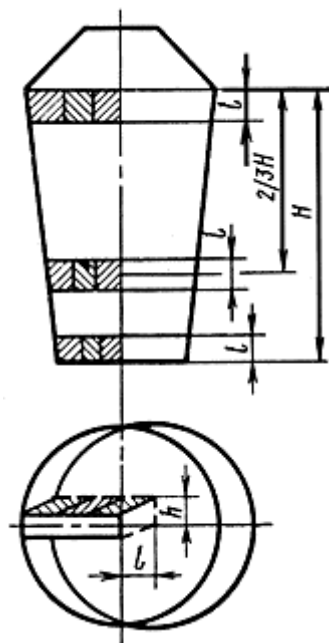
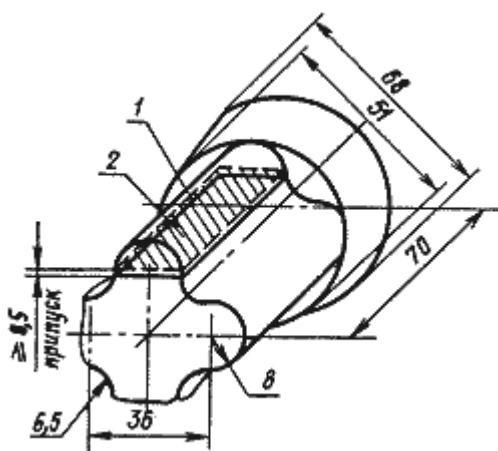


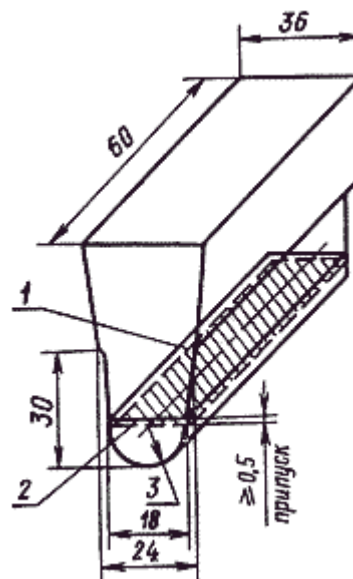
Рисунок 20

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

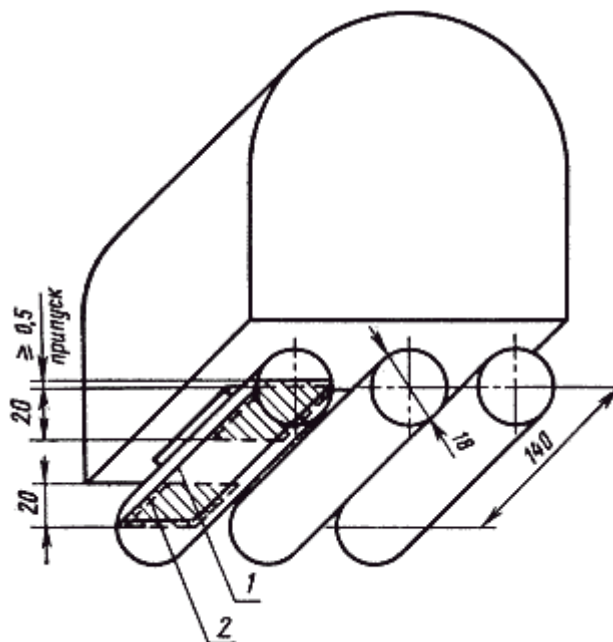
Рисунок 21



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

5.9 Образцы следует вырезать холодным механическим способом или любым другим методом, не изменяющим структуру металла.

5.10 На вырезанных образцах изготавливают шлифы на плоскостях, указанных штриховкой на рисунках 1–23.

Допускается изготовление шлифов на двух взаимно перпендикулярных плоскостях образца, вырезанного в виде четверти круга или квадрата. Каждая плоскость шлифа считается отдельным образцом.

5.11 Допускается образцы перед изготовлением шлифов для повышения твердости подвергать термической обработке.

Режимы термической обработки должны быть указаны в соответствующих нормативных документах, утвержденных в установленном порядке.

После термической обработки на абразивном круге или другим способом снимается слой металла, равный припуску.

6 Методы испытаний

6.1 Метод Ш

6.1.1 Оценку неметаллических включений стали и сплавов в деформированном металле диаметром или толщиной не менее 6 мм проводят под микроскопом

сравнением с эталонными шкалами при просмотре всей площади нетравленных шлифов с продольным направлением волокон.

Край шлифа, прилегающий к поверхности заготовки или изделия, на глубину 1 мм не контролируют.

Примечание – Загрязненность стали и сплавов в деформированном металле диаметром или толщиной менее 6 мм методом Ш определяют в промежуточном профиле или заготовке.

6.1.2 Пятибалльная шкала видов неметаллических включений приведена в приложении Б и классифицирует виды неметаллических включений, приведенные в таблице 1:

Таблица 1

№ п/п	Виды неметаллических включений	Условное обозначение
1	Оксиды строчечные	ОС
2	Оксиды точечные	ОТ
3	Силикаты хрупкие	СХ
4	Силикаты пластичные	СП
5	Силикаты недеформирующиеся	СН
6	Сульфиды	С
7	Нитриды строчечные	НС
8	Нитриды точечные	НТ
9	Нитриды алюминия	НА
10	Карбонитриды строчечные	КС
11	Карбонитриды точечные	КТ
12	Карбонитриды по границам зерен	КЗ

По шкале могут быть оценены и другие виды включений, если они по своим размерам, форме и расположению соответствуют приведенным фотоэталонам.

Допускается по шкале силикатов оценивать кислородсодержащие включения сложного состава.

Характеристика отдельных видов включений приведена в приложении В.

Виды включений, подлежащие оценке, оговаривают в нормативных документах на металлопродукцию, утвержденных в установленном порядке.

Если включения по форме и размерам не могут быть оценены одним из двух соседних баллов, допускается оценка в 0,5; 1,5; 2,5 балла и т.д.

Включения выше балла 5 оценивают баллом 5 со знаком «более» (>5).

Оценку «0» ставят при отсутствии какого-либо вида включений, а также когда включений более чем в 2 раза меньше по сравнению с баллом 1.

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

Исключением являются случаи, когда в одном поле зрения наблюдают:

- а) строчечные включения оксидов, хрупких и пластичных силикатов и нитридов;
- б) точечные включения оксидов и нитридов.

В том и другом случае их оценку проводят совокупно, а результаты оценки записывают в графу преобладающего вида включений.

Примечания

1 По согласованию изготовителя с заказчиком допускается оценка строчечных включений максимальным из баллов, полученным при оценке строчечных оксидов, хрупких и пластичных силикатов.

2 При оценке загрязненности стали и сплавов включениями строчечных нитридов, строчечных карбонитридов и карбонитридов по границам зерен отдельные точечные включения не учитывают.

6.1.4 Варианты метода Ш для оценки загрязненности шлифов и плавки неметаллическими включениями приведены в таблице 2.

Таблица 2

Варианты метода Ш	Увеличение	Диаметр поля зрения, мм	Критерии оценки загрязненности неметаллическими включениями	
			шлифа	плавки
Ш1	(90-110) [*]	0,75-0,85	по наиболее загрязненному месту шлифа (максимальный балл)	средний балл, подсчитанный как среднее арифметическое максимальных оценок каждого образца для каждого вида включений
Ш2	(90-110) [*]	0,75-0,85	по наиболее загрязненному месту шлифа (максимальный балл)	средний и максимальный баллы и количество образцов с баллом выше максимального, в процентах от общего количества образцов
Ш3	(90-110) [*]	0,75-0,85	по наиболее загрязненному месту шлифа (максимальный балл)	средний и максимальный баллы и количество образцов с максимальным баллом
Ш4	(90-110) [*]	1,1-1,3	по наиболее загрязненному месту шлифа (максимальный балл)	средний балл, подсчитанный как среднее арифметическое максимальных оценок каждого образца для каждого вида включений

Продолжение таблицы 1

Варианты метода Ш	Увеличение	Диаметр поля зрения, мм	Критерии оценки загрязненности неметаллическими включениями	
			шлифа	плавки
Ш5	(90-110) [*]	1,1-1,3	по наиболее загрязненному месту шлифа (максимальный балл)	средний и максимальный баллы и количество образцов с баллом выше максимального, в процентах от общего количества образцов
Ш6	(90-110) [*]	1,1-1,3	по наиболее загрязненному месту шлифа (максимальный балл)	средний и максимальный баллы и количество образцов с максимальным баллом
Ш7	(90-110) [*]	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 кислородным, сульфидным и нитридным включениям, отнесенным к площади 10 см ²
Ш8	(90-110) [*]	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 кислородным, сульфидным и нитридным включениям, отнесенным к площади 10 см ²
Ш9	(170-210) [*]	0,38-0,48	по наиболее загрязненному месту шлифа (максимальный балл)	средний балл, подсчитанный как среднее арифметическое максимальных оценок каждого образца для каждого вида включений
Ш10	(170-210) [*]	0,38-0,48	по наиболее загрязненному месту шлифа (максимальный балл)	средний и максимальный баллы и количество образцов с максимальным баллом
Ш11	(170-210) [*]	0,6-0,8	по наиболее загрязненному месту шлифа (максимальный балл)	средний балл, подсчитанный как среднее арифметическое максимальных оценок каждого образца для каждого вида включений
Ш12	(170-210) [*]	0,6-0,8	по наиболее загрязненному месту шлифа (максимальный балл)	средний и максимальный баллы и количество образцов с максимальным баллом

Продолжение таблицы 1

Варианты метода Ш	Увеличение	Диаметр поля зрения, мм	Критерии оценки загрязненности неметаллическими включениями	
			шлифа	плавки
Ш13	(170-210) [*]	0,38-0,48	количество полей зрения с баллом 2 и более	количество полей зрения с баллом 2 и более раздельно по кислородным, сульфидным и нитридным включениям, отнесенным к площади 10 см ²
Ш14	(170-210) [*]	0,6-0,8	количество полей зрения с баллом 2 и более	количество полей зрения с баллом 2 и более раздельно по кислородным, сульфидным и нитридным включениям, отнесенным к площади 10 см ²
Ш15	1000 [*]	0,12	по наиболее загрязненному месту шлифа (максимальный балл)	средний и максимальный баллы и количество образцов с максимальным баллом
<p>Примечания</p> <p>1 В методах Ш1, Ш2, Ш3, Ш7, Ш9, Ш10, Ш13 диаметр поля зрения микроскопа соответствует диаметру фотоэталона (80 мм), деленному на увеличение.</p> <p>2 При подсчете среднеарифметического балла, балл более 5 принимают равным 5.</p> <p>3 В методах Ш7, Ш8, Ш13 и Ш14 допускается оценивать шлиф количеством полей зрения с баллами 1, 2, 3, 4, 5 и более 5. Критерием оценки плавки является количество полей зрения с баллом 1, 2, 3, 4, 5 и более 5 раздельно по кислородным, сульфидным и нитридным включениям, отнесенным к площади 10 см².</p>				

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

6.1.5 Данные контроля загрязненности плавки неметаллическими включениями первого определения могут отличаться от результатов второго определения на величину ошибки, зависящей от степени загрязненности металла и от числа образцов, взятых для контроля.

Предельные ошибки при определении среднего балла включений и формулы их подсчета приведены в приложении Е.

6.2 Метод К

6.2.1 Подсчет количества включений, имеющих размеры больше установленного, проводят под микроскопом на нетравленных шлифах.

Для оценки загрязненности стали и сплавов в деформированном металле применяют шлифы с продольным направлением волокна.

6.2.2 Всю площадь шлифа просматривают в микроскопе с увеличением (170-180)^{*} и ценой деления окулярной шкалы (0,007±0,0005) мм. Отдельно определяют количество кислородных, сульфидных и нитридных включений по группам:

- 1 группа - включения свыше 1 до 2 делений окулярной шкалы включительно;
- 2 группа - включения свыше 2 до 3 делений окулярной шкалы включительно;
- 3 группа - включения свыше 3 до 4 делений окулярной шкалы включительно;
- 4 группа - включения свыше 4 до 5 делений окулярной шкалы включительно;
- 5 группа - включения свыше 5 до 6 делений окулярной шкалы включительно.

Количество групп может быть увеличено в зависимости от максимальных размеров включений в металле. С помощью окулярной шкалы 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 ¼ деления окулярной шкалы. Средний линейный размер вытянутого включения (*l*) вычисляют по формуле (1):

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

где *a*₀ и *l*₀ – измеренные величины соответственно толщины и длины включений.

Вид включений, подлежащий оценке, указывают в нормативных документах на металлопродукцию, утвержденных в установленном порядке.

6.2.3 Варианты метода К для оценки шлифов и плавки приведены в таблице 3.

Таблица 3

Варианты метода К	Критерий оценки загрязненности неметаллическими включениями данного вида	
	шлифа	плавки
К1	Количество включений 1-5 групп	Количество включений каждой группы на площади 24 см ²
К2	Количество включений 2-5 групп	Количество включений 2-5 групп на площади 24 см ²

Результаты подсчета количества включений на шлифах и в плавке записывают в соответствии с приложением Ж.

Примечания

1 Допускается оценивать включения в стали и сплавах деформированного металла толщиной или диаметром менее 6 мм на площади 6 см² на плавку.

2 Допускается оценивать включения на площади 12 см² на плавку, если на одном шлифе определено более 75 включений 1-й группы.

6.2.4 Оценка первого определения включений разных групп может отличаться от оценки второго определения на величину ошибки, которая зависит от степени загрязненности металла и от количества образцов, принятых для контроля.

Пример подсчета ошибки определения неметаллических включений дан в приложении И.

6.3 Метод П

6.3.1 Включения определенных размеров подсчитывают под микроскопом на нетравленных шлифах.

Для оценки неметаллических включений в деформированном металле применяют шлифы с поперечным направлением волокон. Допускается применение шлифов с продольным направлением волокон.

6.3.2 Размер включений на шлифах определяют с помощью окулярной шкалы по группам, приведенным в таблице 4.

Таблица 4

Группы 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	¼	от	0,5	до	0,7	включ.	от	0,4	до	0,6	включ.	от	0,18	до	0,35	включ.
2	½	св.	0,7	»	0,9	»	св.	0,6	»	0,8	»	св.	0,35	»	0,7	»
3	1	»	0,9	»	1,3	»	»	0,8	»	1,2	»	»	0,7	»	1,4	»
4	2	»	1,3	»	1,9	»	»	1,2	»	1,7	»	»	1,4	»	2,8	»
5	4	»	1,9	»	2,7	»	»	1,7	»	2,4	»	»	2,8	»	5,6	»
6	8	»	2,7	»	3,8	»	»	2,4	»	3,4	»	»	5,6	»	11,3	»
7	16	»	3,8	»	5,4	»	»	3,4	»	4,8	»	»	11,3	»	22,6	»
8	32	»	5,4	»	7,6	»	»	4,8	»	6,7	»	»	22,6	»	45,1	»
9	64	»	7,6	»	10,7	»	»	6,7	»	9,5	»	»	45,1	»	90,2	»
10	128	»	10,7	»	15,2	»	»	9,5	»	13,4	»	»	90,2	»	180,5	»
11	256	»	15,2	»	21,4	»	»	13,4	»	19,0	»	»	180,5	»	361,0	»
12	512	»	21,4	»	30,3	»	»	19,0	»	26,9	»	»	361,0	»	722,0	»
13	1024	»	30,3	»	42,9	»	»	26,9	»	38,0	»	»	722,0	»	1444,0	»

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

6.3.3 Варианты метода П для оценки загрязненности шлифов и плавки неметаллическими включениями приведены в таблице 5.

Таблица 5

Варианты метода П	Увеличение	Критерии оценки загрязненности неметаллическими включениями	
		шлифа	плавки
П1	300 [*] (280-300 [*])	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 [*] (400-420 [*])		
П3	500 [*] (500-520 [*])		
П4	600 [*] (600-630 [*])		

Примечание – В скобках указаны пределы применяемых увеличений.

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 5 равных зон (рисунок 24). Набор полей зрения по зонам на каждом шлифе проводят в соответствии с требованиями таблицы 6.



Рисунок 24

Таблица 6

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

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 2, 3, 4 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 2 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 4.

Результаты замера включений записывают в соответствии с приложением К.

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_{cp}) в одном поле зрения вычисляют по формуле (2):

$$f_{cp} = \frac{f}{n}, \quad (2)$$

где f – общая площадь включений;

n – количество полей зрения.

6.3.9 Содержание включений (ϑ) в объемных процентах вычисляют по формуле (3):

$$\vartheta = f_{cp} \cdot K, \quad (3)$$

где

$K = \frac{100}{F}$ – коэффициент

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

D – диаметр поля зрения в делениях окулярной шкалы, определяемый делением диаметра поля зрения в мм, измеренного с помощью объект-микromетра, 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 мм² подсчитывают в соответствии с приложениями К и Л.

6.3.12 Оценка 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.

Пример подсчета ошибки при определении включений в объемных процентах приведен в приложении М.

6.4 Метод Л

6.4.1 Оценку загрязненности стали неметаллическими включениями проводят под микроскопом на нетравленных шлифах.

Варианты метода Л оценки загрязненности шлифов и плавки неметаллическими включениями приведены в таблице 7.

Таблица 7

Варианты метода Л	Увеличение	Критерии оценки загрязненности неметаллическими включениями	
		шлифа	плавки
Л1	300 [×] (280-300 [×])	загрязненность включениями определенного размера	загрязненность включениями на общей длине подсчета 10 см
Л2	500 [×] (500-520 [×])	загрязненность включениями определенного размера	загрязненность включениями на общей длине подсчета 10 см
Примечание – В скобках указаны пределы применяемых увеличений.			

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.

6.4.3 Шлиф передвигают с помощью микрометрических винтов предметного столика микроскопа в одном направлении вдоль отмеченных линий. Замеряют максимальные размеры включений a (см. рисунок 25), попадающих в перекрестие нитей

окуляра, и фиксируют их в соответствии с группами, указанными в таблице 8.

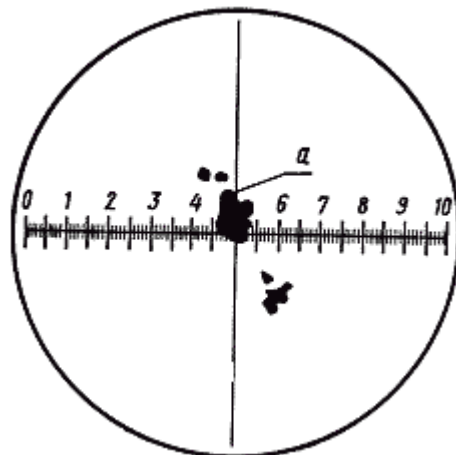


Рисунок 25

Таблица 8

Группы включений	Размеры включений в делениях окулярной шкалы	Средние значения размеров включений в делениях окулярной шкалы
1	0-2	1
2	2,1- 4,0	3
3	4,1- 6,0	5
4	6,1- 8,0	7
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

6.4.4 Загрязненность шлифов оценивают отдельно по кислородным, 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 (I) вычисляют по формуле (4):

$$I = \frac{b \sum a_i \cdot m_i}{l}, \quad (4)$$

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.

6.4.6 Оценка первого определения загрязненности может отличаться от оценки второго определения на величину ошибки, которая зависит от степени загрязненности металла и суммарной длины подсчета на плавку.

Предельные ошибки при определении загрязненности включениями приведены в приложении П.

**Приложение А
(рекомендуемое)**

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

Таблица А.1

Варианты методов	Виды испытаний	Преимущественное применение методов в зависимости от	
		способа производства металла	группы стали
Ш1, Ш2 Ш4, Ш5, Ш15	Контрольные	выплавка в электродуговых, индукционных и, в отдельных случаях, мартеновских печах и конверторах; электрошлаковый переплав.	шарико- и роликоподшипниковые, 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, Ш7, Ш8, Ш15	Исследовательские	выплавка в электродуговых, индукционных, мартеновских печах и конверторах	стали и сплавы всех марок
Ш9, Ш11	Контрольные	вакуумно-индукционная выплавка, рафинирующие переплавы (электрошлаковый, вакуумно-дуговой и т.д.)	шарико- и роликоподшипниковая 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.)	шарико- и роликоподшипниковые для прецизионных подшипников, заготовки из коррозионно-стойкой стали для особо тонкостенных труб

Окончание таблицы А.1

Варианты методов	Виды испытаний	Преимущественное применение методов в зависимости от	
		способа производства металла	группы стали
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
Л1, Л2	Исследовательские	выплавка в мартеновских, электродуговых и индукционных печах, конверторах	отливки из нелегированной и легированной конструкционной стали
<p>Примечание – Методы П1, П2, П3, П4 могут быть применены для исследовательских испытаний металла, выплавленного в мартеновских электродуговых печах и конверторах. В этом случае количество просматриваемых полей зрения должно быть увеличено в 3 раза и более.</p>			

**Приложение Б
(обязательное)**

Шкалы для оценки неметаллических включений

ГОСТ 1778–202
(проект, первая редакция RU)

ГОСТ 1778–202
(проект, первая редакция RU)

ГОСТ 1778–202
(проект, первая редакция RU)

ГОСТ 1778–202
(проект, первая редакция RU)

Приложение В (справочное)

Характеристика видов неметаллических включений

Таблица В.1

Вид неметаллических включений	Характеристика неметаллических включений
1 Оксиды	
- строчечные	включения отдельных мелких зерен, чаще корунда и шпинели, расположенные в виде строчек;
- точечные	включения преимущественно простых и сложных кристаллов окислов в виде отдельных частиц или разрозненных групп, рассредоточенных по всей плоскости шлифа.
2 Силикаты	
- хрупкие	разрушенные в результате деформации вытянутые в сплошные строчки хрупкие силикаты или силикатные стекла, иногда вместе с включениями окислов;
- пластичные	пластично-деформированные включения силикатов или силикатных стекол, вытянутые по направлению волокна, отличающиеся от сульфидов более темным цветом и прозрачностью в темном поле зрения;
- недеформирующиеся	недеформирующиеся (глобулярные) единичные или групповые округлые или неправильной формы включения силикатов и силикатных стекол, крупные частицы оксидных включений, чаще корунда.
3 Сульфиды	
	пластичные, непрозрачные в темном поле зрения, вытянутые по направлению волокна отдельные включения или группы включений, как правило, двойного сульфида железа и марганца.
4 Нитриды	
- точечные	строчки и рассредоточенные по всему полю зрения желто-розовые кристаллы титана, преимущественно правильной формы;
- строчечные	строчки и рассредоточенные по всему полю зрения бледно-розовые включения нитридов ниобия неправильной и округлой формы;
- нитриды алюминия	темные кристаллы, в основном правильной формы, анизотропные.
5 Карбонитриды	
- точечные	включения рассредоточенные по всему полю зрения, преимущественно геометрической формы;
- строчечные	строчки, рассредоточенные по всему полю зрения, преимущественно геометрической формы;
- по границам зерен	включения, рассредоточенные вдоль границ зерен, преимущественно геометрической формы.
Примечание – Включения, приведенные в п.1 и 2 относятся к кислородным включениям.	

Приложение Г
(справочное)

Пример записи результатов оценки загрязненности плавки включениями.
Методы Ш1-Ш6, Ш9-Ш12, Ш15

Таблица Г.1

Номер плавки	Номер образца	Оценка в баллах												
		Оксиды строчечные (ОС)	Оксиды точечные (ОТ)	Силикаты хрупкие (СХ)	Силикаты пластичные (СП)	Силикаты недеформирующиеся (СН)	Максимальный балл из строчечных включений (ОС, СХ и СП)*	Сульфиды С	Нитриды карбонитриды строчечные (НС)	Нитриды и карбонитриды точечные (НТ)	Нитриды алюминия (НА)	Карбонитриды строчечные (КС)	Карбонитриды точечные (КТ)	Карбонитриды по границам зерен (КЗ)
25	1	4,0	0	0	0	4,0	4,0	1,0	0	0	0	0	0	0
	2	2,5	0	0	0	2,0	2,5	1,0	0	0	0	0	0	0
	3	1,0	0	2,0	0	0	2,0	0,5	0	0	0	0	0	0
	4	2,0	0	0	0	1,0	2,0	2,0	0	0	0	0	0	0
	5	1,5	0	1,5	0	3,5	1,5	1,5	0	0	0	0	0	0
	6	3,0	0	0	0	1,0	3,0	2,5	0	0	0	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	0,0	0,0	0,0

* Графа заполняется, если по согласованию изготовителя с заказчиком допускается оценка строчечных включений максимальным из баллов, полученных при оценке строчечных оксидов, хрупких и пластичных силикатов.

Количество образцов с баллом выше максимального (X), %, определяют по формуле (Г.1):

$$X = \frac{m \cdot 100}{n}, \quad (\text{Г.1})$$

где m – количество образцов с баллом выше максимального;

n – общее количество образцов.

Пример подсчета X для силикатов недеформирующихся при установленном максимальном балле 3,0:

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

Приложение Д
(справочное)

Примеры записи результатов оценки загрязненности плавки включениями.
Методы Ш7 и Ш8, Ш13 и Ш14

Таблица Д.1

Но- мер плавки	Но- мер об- разца	Пло- щадь шли- фов, см ²	Количество полей зрения с баллами 2 и более при определении																														
			Оксидов строчеч- ных ОС					Оксидов точечных ОТ					Силикатов хруп- ких СХ					Силикатов пла- стичных СП					Силикатов неде- формирующихся СН					Всего кислородных включений					
			баллы																														
			2	3	4	5 и бо- лее	все- го	2	3	4	5 и бо- лее	все- го	2	3	4	5 и бо- лее	все- го	2	3	4	5 и бо- лее	все- го	2	3	4	5 и бо- лее	все- го						
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	

Продолжение таблицы Д.1

Но- мер плавки	Но- мер об- разца	Пло- щадь шли- фов, см ²	Количество полей зрения с баллами 2 и более при определении																						
			Сульфидов S					Нитридов точечных НТ					Нитридов алюминия НА					Всего нитридных включений							
			2	3	4	5 и бо- лее	всего	2	3	4	5 и бо- лее	всего	2	3	4	5 и бо- лее	всего	2	3	4	5 и бо- лее	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 кислородными включениями балла 2 и более на площади 10 см² равно $\frac{131 \cdot 10}{24} = 54,6$.

Количество полей зрения с сульфидными включениями балла 2 и более на площади 10 см² равно $\frac{184 \cdot 10}{24} = 76,7$.

Количество полей зрения с нитридными включениями балла 2 и более на площади 10 см² равно $\frac{179 \cdot 10}{24} = 74,5$.

**Приложение Е
(справочное)**

**Пример подсчета предельной ошибки при определении среднего балла
неметаллических включений методом Ш**

Таблица Е.1

Количество образцов	Предельная ошибка в баллах			
	Для нелегированной и легированной высококачественной стали размерами, мм		Для подшипниковой стали 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
<i>n</i>	$\frac{1,0}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,5}{\sqrt{n}}$	$\frac{0,7}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,2}{\sqrt{n}}$
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
<i>n</i>	$\frac{1,5}{\sqrt{n}}$	$\frac{2,0}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,0}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,5}{\sqrt{n}}$
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
<i>n</i>	$\frac{1,2}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,7}{\sqrt{n}}$	$\frac{0,5}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,0}{\sqrt{n}}$
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
<i>n</i>	$\frac{1,2}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,5}{\sqrt{n}}$	$\frac{0,7}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,0}{\sqrt{n}}$
Нитриды и карбонитриды				
6	0,4	0,7	–	–
9	0,3	0,6	–	–
12	0,3	0,5	–	–
<i>n</i>	$\frac{1,0}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,7}{\sqrt{n}}$	–	–

Средний балл оценки плавки (\bar{X}) вычисляют по формуле (Е.1):

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n}, \quad (\text{Е.1})$$

где $\sum x_i$ – сумма максимальных баллов всех образцов;

n – количество образцов.

Предельную ошибку ($\sigma_{\bar{x}}$) при определении среднего балла вычисляют по формуле (E.2):

$$\sigma_{\bar{x}} = \pm \frac{\sigma_0 \cdot 1,65}{\sqrt{n}}, \quad (\text{E.2})$$

где σ_0 – среднее квадратичное отклонение, подсчитанное из распределения оценок не менее 200 образцов;

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

n – количество образцов.

Приложение Ж
(справочное)

Пример записи результатов при оценке металла плавки методом 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 подсчета ошибки определения неметаллических включений
1-й группы методом 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

Среднеарифметическое количества включений (\bar{X}) в одном образце вычисляют по формуле (И.1):

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n}, \quad (\text{И.1})$$

где $\sum x_i$ – суммарное количество включений данной группы;

n – количество образцов.

Ошибку ($\sigma_{0\bar{x}}$) при подсчете включений вычисляют по формуле (И.2):

$$\sigma_{0\bar{x}} = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (\text{И.2})$$

где σ – среднее квадратичное отклонение:

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

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

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

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

Приложение К
(справочное)

Пример записи и подсчета результатов оценки оксидов на микроскопе МИМ-8
при увеличении 280*

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.

$$f_{\text{cp}} = \frac{1291,75}{125} = 10,33$$

$$\vartheta = \frac{10,33 \cdot 100}{10200} = 10,33 \cdot 0,0098 = 0,1012 \%$$

$$K = \frac{100}{10200} = 0,0098$$

**Приложение Л
(справочное)**

Пример подсчета количества оксидов на шлифе площадью 100 мм²

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 мм²), умноженной на количество просмотренных полей зрения (125).
3 За количество включений в плавке принимают среднее арифметическое оценок отдельных образцов на площади 100 мм².

**Приложение М
(справочное)**

Пример подсчета ошибки при определении оксидных включений в объемных процентах методом П

Таблица М.1

Номер образца	Оксидные включения в объемных %, x_i	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 (\bar{X}) в объемных процентах вычисляют по формуле (М.1):

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

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

n – количество образцов.

Ошибку ($\sigma_{\bar{x}}$) при подсчете включений в объемных процентах вычисляют по формуле (М.2):

$$\sigma_{\bar{x}} = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (\text{М.2})$$

где σ – среднее квадратичное отклонение:

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

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

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

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

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

Относительная ошибка равна:

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

Приложение Н
(справочное)

Пример подсчета загрязненности плавки стали марки 35Л 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

$l = 180000$ мкм.

$b = 4$ мкм.

Увеличение 300^x.

$$I_{\text{оксидов}} = \frac{4 \cdot 47}{180000} = 1,04 \cdot 10^{-3}.$$

$$I_{\text{сульфидов}} = \frac{4 \cdot 446}{180000} = 9,91 \cdot 10^{-3}.$$

$$I_{\text{общий}} = I_{\text{оксидов}} + I_{\text{сульфидов}}$$

$$I_{\text{общий}} = 1,04 \cdot 10^{-3} + 9,91 \cdot 10^{-3} = 10,95 \cdot 10^{-3}$$

Приложение П
(справочное)

Пример подсчета предельной ошибки при определении неметаллических включений методом Л в зависимости от выбранной длины для подсчета

Таблица П.1

Выбранная длина для подсчета, см	Предельная ошибка $\sigma_{0\bar{x}} \cdot 10^{-3}$
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	$\frac{1,3}{\sqrt{l}}$

Предельную ошибку ($\sigma_{0\bar{x}}$) загрязненности вычисляют по формуле (П.1):

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

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.

Библиография

- | | | |
|-----|----------------------------------|--|
| [1] | ЕН 10020:2000
(EN 10020:2000) | Определение и классификация классов качества стали
(Definition and classification of grades of steel) |
| [2] | ЕН 10079:2007
(EN 10079:2007) | Изделия из стали. Термины и определения
(Definition of steel products) |
| [3] | ИСО 6929:2013
(ISO 6929:2013) | Стальная продукция. Словарь
(Steel products – Vocabulary) |

УДК 669.14:543.06:006.354

МКС 77.080.20

Ключевые слова: металлографические 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

Директор ЦССМ ФГУП
«ЦНИИчермет им. И.П. Бардина»



С.А. Горшков

Зав. сектором нелегированных и легированных
сталей ЦССМ
ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина»



Н.А. Соколова

Старший научный сотрудник сектора нелегиро-
ванных и легированных сталей ЦССМ
ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина»



Л.С. Чуднова

Младший научный сотрудник сектора нелеги-
рованных и легированных сталей ЦССМ
ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина»



Р.Н. Хадиева