ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 59727— 2021

ПРОКАТ ТОНКОЛИСТОВОЙ ХОЛОДНОКАТАНЫЙ И ЛЕНТА ИЗ ЛЕГИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ СТАЛИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА СРЕДНИХ ЧАСТОТАХ

Технические условия

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2025

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Корпорация производителей черных металлов» (ООО «Корпорация «Чермет»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 375 «Металлопродукция из черных металлов и сплавов»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 октября 2021 г. № 1080-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

5 ИЗДАНИЕ (апрель 2025 г.) с Поправкой (ИУС № 4 2025 г.)

Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.rst.gov.ru)

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024, 2025

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 2
4 Классификация и обозначения 3
5 Условия заказа 4
6 Сортамент 4
7 Технические требования 6
8 Правила приемки 10
9 Методы испытаний 11
10 Маркировка и упаковка 15
11 Оформление документации 16
12 Транспортирование и хранение 16
13 Требования безопасности и охраны окружающей среды 16
14 Гарантии изготовителя 16
Приложение А (справочное) Максимальные удельные общие потери $P_{1,0/700}$ и $P_{1,5/400}$ для проката из изотропной стали и максимальные удельные общие потери $P_{1,0/1000}$ и $P_{1,5/400}$ и соответствующая минимальная магнитная индукция при напряженности 800 А/м для проката из анизотропной стали 17
Приложение Б (справочное) Минимальный коэффициент заполнения для проката из изотропной стали с покрытием 18
Приложение В (справочное) Расчетные характеристики для определения плотности стали, магнитной поляризации и удельных магнитных потерь 19
Приложение Г (справочное) Механические свойства проката из изотропной стали 20
Приложение Д (справочное) Характеристики электроизоляционных покрытий 21
Приложение Е (обязательное) Примеры условных обозначений 22
Приложение Ж (справочное) Изготовление кольцевых витых образцов для измерения магнитных свойств ленты из анизотропной стали 23
Приложение И (справочное) Рекомендуемые режимы термической обработки образцов проката из электротехнической стали перед испытанием магнитных свойств 24

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПРОКАТ ТОНКОЛИСТОВОЙ ХОЛОДНОКАТАНЫЙ И ЛЕНТА ИЗ ЛЕГИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ СТАЛИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА СРЕДНИХ ЧАСТОТАХ

Технические условия

Cold-rolled electrical alloyed steel sheet and strip for use at medium frequencies.
Specifications

Дата введения — 2022—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на тонколистовой холоднокатаный прокат, поставляемый в рулонах, и ленту (далее — прокат) из легированной электротехнической изотропной стали толщиной от 0,05 до 0,35 мм включительно, а также из легированной электротехнической анизотропной стали толщиной от 0,05 до 0,18 мм включительно, поставляемые в термически обработанном состоянии и предназначенные для изготовления магнитопроводов различного рода электрических устройств, используемых на частотах 100 Гц и более.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 427 Линейки измерительные металлические. Технические условия

ГОСТ 2999 Металлы и сплавы. Методы измерения твердости по Виккерсу

ГОСТ 4381 Микрометры рычажные. Общие технические условия

ГОСТ 6507 Микрометры. Технические условия

ГОСТ 7566 Металлопродукция. Правила приемки, маркировка, упаковка, транспортирование и хранение

ГОСТ 11701 Металлы. Методы испытания на растяжение тонких листов и лент

ГОСТ 12119.1 Сталь электротехническая. Методы определения магнитных и электрических свойств. Методы измерения магнитной индукции и коэрцитивной силы в аппарате Эпштейна и на кольцевых образцах в постоянном магнитном поле

ГОСТ 12119.4 Сталь электротехническая. Методы определения магнитных и электрических свойств. Метод измерения удельных магнитных потерь и действующего значения напряженности магнитного поля

ГОСТ 12119.5 Сталь электротехническая. Методы определения магнитных и электрических свойств. Метод измерения амплитуд магнитной индукции и напряженности магнитного поля

ГОСТ 12119.8 Сталь электротехническая. Методы определения магнитных и электрических свойств. Метод измерения коэффициента сопротивления изоляционного покрытия

ГОСТ 13813 (ИСО 7799—85) Металлы. Методы испытания на перегиб листов и лент толщиной менее 4 мм

ГОСТ 20799 Масла индустриальные. Технические условия

ГОСТ 21014 Прокат черных металлов. Термины и определения дефектов поверхности

ГОСТ 26877 Металлопродукция. Методы измерений отклонений формы

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

ГОСТ Р 58765 Металлопродукция из стали и сплавов. Термины и определения

Издание официальное

ГОСТ Р ИСО 10002 Менеджмент качества. Удовлетворенность потребителей. Руководящие указания по управлению претензиями в организациях

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 21014, ГОСТ 33439, ГОСТ Р 58765, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **магнитная индукция *B*, Тл**: Величина, характеризующая намагниченность ферромагнитного образца, помещенного во внешнее магнитное поле с напряженностью *H* (А/м).

Примечание — Магнитная индукция и напряженность поля связаны между собой соотношением

$$B = \mu\mu_0 H, \tag{1}$$

где μ — магнитная проницаемость, о.е. (относительные единицы);

μ_0 — магнитная постоянная, равная $4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м.

3.2 **магнитные потери *P*, Вт:** Часть мощности магнитного поля, поглощаемая образцом магнитного вещества и рассеиваемая в виде тепла при воздействии на материал меняющегося во времени электромагнитного поля.

3.3 **удельные магнитные потери $P_{уд}$, Вт/кг:** Магнитные потери, отнесенные к единице массы магнитного материала.

Примечание — Потери определяют при заданных значениях частоты электромагнитного поля и магнитной индукции, создаваемой полем в магнитопроводе.

3.4 **анизотропия удельных потерь $\Delta P_{уд}$, %:** Относительная разница магнитных потерь магнитного материала, измененных вдоль и поперек направления прокатки.

3.5 **пластичность:** Повторяющийся изгиб на 90° в противоположных направлениях плоского образца, один конец которого закреплен в приспособлении, состоящем из губок установленного размера.

Примечание — Число перегибов без разрушения характеризует пластичность материала.

3.6 **внутренние (остаточные) напряжения:** Напряжения, возникающие в прокате, которые частично могут сохраниться после окончания термической обработки.

Примечание — Внутренние напряжения характеризует максимальный зазор по линии реза.

3.7 **коэффициент заполнения:** Отношение теоретического объема, заполненного металлом, определяемого исходя из массы и плотности, к действительному объему, полученному после сдавливания при определенной нагрузке набора (пакета) листов.

3.8 **коэффициент сопротивления изоляционного покрытия:** Эффективное удельное сопротивление одиночного слоя изоляции, испытанное между наложенными металлическими контактами и основным металлом изолированного испытательного образца.

3.9 **коэффициент старения:** Показатель, используемый применительно к электротехнической стали для оценки степени ухудшения ее магнитных свойств за установленный (продолжительный) период времени или за относительно малый промежуток времени при увеличении температуры.

3.10 **адгезия покрытия:** Прочность сцепления электроизоляционного покрытия с поверхностью металлической основы проката.

3.11 **электроизоляционное термостойкое неорганическое покрытие;** ЭТ: Покрытие на неорганической основе, обычно фосфатное, силикатное или комбинация таковых.

Примечание — Выдерживает температуру отжига для снятия наклепа (класс С2 или класс С2+С5 по [1]).

3.12 **электроизоляционное термостойкое органо-неорганическое покрытие, улучшающее штампуемость;** ТШ: Покрытие на органической основе, в которое добавлены пленкообразующие неорганические компоненты для повышения термостойкости и керамические наполнители для увеличения коэффициента сопротивления.

Примечание — Выдерживает температуру отжига для снятия наклепа, улучшает штампуемость стали (класс С5 по [1]).

3.13 **прокат, поставляемый в термически обработанном состоянии:** Холоднокатаный прокат, произведенный по технологии полного процесса с заключительным отжигом для получения магнитных свойств в состоянии поставки.

3.14 **прокат, поставляемый без термической обработки (нагартованный полупродукт):** Холоднокатаный прокат, произведенный по технологии без заключительного отжига для получения магнитных свойств в состоянии поставки с гарантированными или негарантированными магнитными свойствами после отжига магнитопроводов (сердечников) электрических устройств.

4 Классификация и обозначения

4.1 Сталь подразделяют:

а) в зависимости от структурного состояния на типы:

1) изотропная — Д;

2) анизотропная — Т;

б) в зависимости от максимального значения общих удельных потерь на марки, в соответствии с представленными в таблицах 5—7.

4.2 Обозначение марок

Обозначение марок состоит из букв и цифр, расположенных в определенной последовательности:

- тип стали (Д или Т):
- цифры после буквы — 100 номинальных толщин рулонного проката и ленты (в миллиметрах);
- цифры (отделенные дефисом) — максимальные удельные общие потери при заданной частоте (Вт/кг).

Пример условного обозначения марки анизотропной стали толщиной 0,10 мм с нормированными максимальными удельными магнитными потерями 12 Вт/кг при заданной частоте перемагничивания:

Т 10-12

4.3 Прокат подразделяют:

а) по виду продукции:

1) рулон;

2) лента [рулонный прокат (рулон), распущенный на полосы определенной ширины];

б) по классу неплоскостности — 1, 2;

в) по типу электроизоляционного покрытия:

1) с электроизоляционным термостойким неорганическим покрытием — ЭТ;

2) с электроизоляционным термостойким органо-неорганическим покрытием, улучшающим штампуемость — ТШ;

3) без покрытия — БП.

5 Условия заказа

5.1 Заказчик должен предоставить изготовителю все требования, необходимые для поставки продукции, в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

5.2 Основные требования, указываемые при оформлении заказа:

- марка (обозначение) стали;
- вид продукции (рулон, лента);
- обозначение настоящего стандарта;
- номинальные размеры (толщина, ширина);
- тип (класс) электроизоляционного покрытия;
- масса рулона/партии;
- объем необходимых испытаний и вид документа о качестве продукции.

5.3 Дополнительные требования, указываемые при оформлении заказа:

- наличие сварных швов и их маркировка;
- требование к качеству поверхности;
- типичные значения плотности;
- поперечная разнотолщинность (для ленты);
- коэффициент заполнения;
- требования по остаточной кривизне;
- минимальный коэффициент сопротивления электроизоляционного покрытия;
- требования к механическим свойствам проката из изотропной стали;
- требования к твердости проката из изотропной стали;
- температура проведения испытаний;
- маркировка проката.

При отсутствии в заказе дополнительных требований прокат должен соответствовать основным техническим характеристикам настоящего стандарта.

6 Сортамент

6.1 Толщина проката

6.1.1 Прокат изготовляют толщиной, мм:

- из изотропной стали: 0,05; 0,10; 0,15; 0,18; 0,20; 0,25; 0,27; 0,30 и 0,35;
- из анизотропной стали: 0,05; 0,08; 0,10; 0,15 и 0,18.

6.1.2 Предельные отклонения по толщине проката не должны превышать указанных в таблице 1.

Таблица 1 — Предельные отклонения по толщине

В миллиметрах

Номинальная толщина	Предельные отклонения по толщине проката	
	из изотропной стали	из анизотропной стали
0,05	+ 0,010 - 0,005	+ 0,010 - 0,005
0,08	–	±0,010
0,10	±0,010	±0,010
0,15	±0,015	±0,015
0,18	±0,015	±0,025
0,20	±0,020	–
0,25	±0,025	–
0,27	±0,027	–

Окончание таблицы 1

В миллиметрах

Номинальная толщина	Предельные отклонения по толщине проката	
	из изотропной стали	из анизотропной стали
0,30	±0,030	–
0,35	±0,030	–
Примечание — Знак «–» означает, что прокат указанной толщины не поставляют.		

6.1.3 Поперечная разнотолщинность не должна превышать для толщин:

- 0,05; 0,08; 0,10; 0,15; 0,18 мм — 10 % номинальной толщины;
- 0,20; 0,25; 0,27; 0,30; 0,35 мм — 0,020 мм.

Требование к поперечной разнотолщинности проката из изотропной стали действительно для проката шириной более 25 мм.

Продольная разнотолщинность не должна превышать для толщин:

- 0,05; 0,08; 0,10; 0,15; 0,18; 0,20; 0,25; 0,27 мм — 10 % номинальной толщины;
- 0,30; 0,35 мм — 8 % номинальной толщины.

6.2 Ширина проката

6.2.1 Прокат из изотропной стали поставляют шириной не более 1250 мм. По согласованию изготовителя с заказчиком допускается поставка проката другой ширины.

Предельные отклонения по ширине проката из изотропной стали должны соответствовать требованиям таблицы 2.

Таблица 2 — Предельные отклонения по ширине проката из изотропной стали

В миллиметрах

Ширина проката *l*	Предельное отклонение[1)]
До 150	+0,4/0
Св. 150 до 500 включ.	+0,6/0
Св 500 до 1250 включ.	+1,5/0
[1)] Для проката шириной свыше 1250 мм предельные отклонения должны быть согласованы при заказе. Примечание — По согласованию изготовителя с заказчиком предельные отклонения по ширине могут быть отрицательными.	

6.2.2 Ширина и предельные отклонения по ширине проката из анизотропной стали должны соответствовать требованиям таблицы 3.

Таблица 3 — Предельные отклонения по ширине проката из анизотропной стали

В миллиметрах

Ширина проката *l*	Предельное отклонение
До 150	0 / - 0,3
Св. 150 до 400 включ.	0 / - 0,3
Св 400 до 750 включ.	0 / - 0,5
Св 750 до 1250 включ.	0 / - 0,6
Примечание — По согласованию изготовителя с заказчиком предельные отклонения по ширине могут быть положительными.	

6.2.3 Необходимую ширину рулонного проката и ленты, внутренний диаметр и массу рулона согласовывают при оформлении заказа.

Рекомендуемые значения внутренних диаметров рулонов:

- для проката из изотропной стали толщиной 0,18; 0,20; 0,25; 0,27; 0,30 и 0,35 мм — (500 ± 10) мм,
- для проката из анизотропной стали толщиной 0,05; 0,08; 0,10; 0,15; 0,18 мм — (100 ± 10) мм; (140 ± 10) мм; (200 ± 10) мм; (250 ±10) мм.

6.3 При намотке рулонный прокат и лента должны быть достаточно натянуты, чтобы не было деформации рулонов под собственным весом при установке на горизонтальную ось.

Рулонный прокат и лента могут иметь швы, сваренные встык. Допустимость, количество сварных швов и их маркировку согласовывают при оформлении заказа. Допускается подмотка без сварки. Места подмоток должны быть отмечены.

Утолщение за счет сварных швов с учетом измеренной толщины проката или ленты не должно превышать 0,050 мм.

6.4 Отношение высоты неплоскостности к ее длине для изотропной стали не должно превышать требований таблицы 4.

Таблица 4 — Отношение высоты неплоскостности к ее длине

Вид проката	Отношение высоты неплоскостности к ее длине, %, не более, для классов	
	1	2
Лента	2	5
Рулон	1	2

Отношение высоты неплоскостности к ее длине для проката шириной более 100 мм из анизотропной стали не должно превышать 1,5 %. Для проката шириной 100 мм и менее из анизотропной стали отношение высоты неплоскостности к ее длине согласовывают по требованию заказчика.

6.5 Серповидность проката из изотропной стали толщиной от 0,20 до 0,35 мм включительно и шириной более 150 мм не должна превышать 1 мм на 1 м длины.

Серповидность проката из анизотропной стали на 1 м длины не должна превышать:

5 мм.....при ширине ленты до 15 мм включительно;

4 мм.....» » » свыше 15 до 30 мм включительно;

3 мм.....» » » свыше 30 до 150 мм включительно;

1 мм.....» » » свыше 150 мм.

6.6 Для проката шириной более 150 мм требования по остаточной кривизне могут быть согласованы между изготовителем и заказчиком при оформлении заказа. Для проката шириной 150 мм и менее остаточная кривизна не нормируется и не контролируется.

6.7 Телескопичность рулонного проката не должна превышать 7 мм. Превышение (выступ) одного или двух внутренних или наружных витков рулона над поверхностью торца рулона не является телескопичностью.

6.8 Рулонный прокат и ленту изготовляют с обрезной кромкой (О).

По согласованию изготовителя с заказчиком допускается изготовление рулонного проката с необрезной кромкой (НО).

6.9 Высота заусенцев на кромках проката не должна превышать для проката толщиной:

- 0,30; 0,35 мм — 0,030 мм;
- 0,27; 0,25 мм — 0,020 мм;
- 0,20 мм и менее — предельных отклонений по толщине.

7 Технические требования

7.1 Общие требования

7.1.1 Способ выплавки стали, химический состав и технологию изготовления проката определяет изготовитель в соответствии с утвержденной технологической документацией.

Если изменения в производстве проката могут привести к изменению технических и/или технологических характеристик проката у конечного потребителя, изготовитель проката должен уведомить об этом заказчика до момента поставки.

7.1.2 Прокат поставляют в термически обработанном на магнитные свойства состоянии.

По согласованию изготовителя с заказчиком прокат поставляют без термической обработки (нагартованным) — Н.

7.1.3 Прокат поставляют с двухсторонним электроизоляционным термостойким неорганическим покрытием (ЭТ) или с двухсторонним электроизоляционным термостойким органо-неорганическим покрытием, улучшающим штампуемость (ТШ).

По согласованию изготовителя с заказчиком прокат поставляют с другим видом (типом) покрытия или без покрытия (БП).

Тип покрытия проката согласовывают при оформлении заказа.

7.1.4 На поверхности проката в состоянии поставки не должно быть плен, пузырей, пятен смазки, ржавчины, сквозных разрывов и трещин. Допускаются отдельные царапины и другие мелкие дефекты при условии, если они не выводят прокат за предельные отклонения по толщине.

На кромках проката не допускается расслоений и других дефектов, выводящих прокат за предельные отклонения по ширине.

7.2 Магнитные и технологические свойства

7.2.1 Магнитная индукция (пиковое значение для магнитного поля 2500 А/м) при определенной частоте для проката из анизотропной стали должна соответствовать таблице 5.

Для проката из анизотропной стали по согласованию изготовителя с заказчиком, указанному в заказе, проводят контроль магнитной индукции при напряженности магнитного поля 800; 1000 А/м.

Магнитная индукция (пиковое значение для магнитного поля 2500 А/м) при определенной частоте для проката из изотропной стали должна соответствовать таблицам 6 и 7.

7.2.2 Удельные общие потери должны соответствовать требованиям таблиц 5—7.

Таблица 5 — Магнитные и технологические характеристики проката из анизотропной стали

Марка стали	Толщина проката, мм	Магнитные свойства				Коэффициент заполнения, %, не менее	Число перегибов, не менее
		Удельные общие потери *P*, Вт/кг, не более, при			Магнитная индукция *B*, Тл, не менее, при частоте 50 Гц		
		индукции		частоте, Гц	для напряженности 2500 А/м		
		1,0 Тл	1,5 Тл				
Т 5-20	0,05	20	–	1000	1,82	0,88	2
Т 5-22	0,05	22	–	1000	1,82	0,88	2
Т 5-24	0,05	24	–	1000	1,75	0,88	2
Т 8-12	0,08	–	12	400	1,82	0,91	2
Т 8-13	0,08	–	13	400	1,82	0,91	2
Т 8-14	0,08	–	14	400	1,82	0,91	2
Т 8-15	0,08	–	15	400	1,82	0,91	2
Т 8-16	0,08	–	16	400	1,82	0,91	2
Т 8-17	0,08	–	17	400	1,82	0,91	2
Т 8-19	0,08	–	19	400	1,75	0,91	2
Т 8-22	0,08	–	22	400	1,70	0,91	2
Т 10-12	0,10	–	12	400	1,82	0,91	2
Т 10-13	0,10	–	13	400	1,82	0,91	2
Т 10-14	0,10	–	14	400	1,82	0,91	2
Т 10-15	0,10	–	15	400	1,82	0,91	2
Т 10-16	0,10	–	16	400	1,82	0,91	2
Т 10-17	0,10	–	17	400	1,82	0,91	2
Т 10-19	0,10	–	19	400	1,75	0,91	2
Т 10-22	0,10	–	22	400	1,70	0,91	2
Т 15-16	0,15	–	16	400	1,82	0,92	2
Т 15-17	0,15	–	17	400	1,82	0,92	2
Т 15-18	0,15	–	18	400	1,82	0,92	2
Т 15-19	0,15	–	19	400	1,82	0,92	2
Т 15-20	0,15	–	20	400	1,75	0,92	2
Т 15-23	0,15	–	23	400	1,70	0,92	2
Т 18-17	0,18	–	17	400	1,85	0,93	2

Окончание таблицы 5

Марка стали	Толщина проката, мм	Магнитные свойства				Коэффициент заполнения, %, не менее	Число перегибов, не менее
		Удельные общие потери *P*, Вт/кг, не более, при			Магнитная индукция *B*, Тл, не менее, при частоте 50 Гц		
		индукции		частоте, Гц	для напряженности 2500 А/м		
		1,0 Тл	1,5 Тл				

Примечания

1 Типичная плотность стали 7,65 кг/дм^3.

2 Знак «–» означает, что данная характеристика не нормируется и не контролируется.

Таблица 6 — Магнитные и технологические характеристики проката из изотропной стали

Марка стали	Толщина проката, мм	Магнитные свойства					Коэффициент заполнения [2], %, не менее	Число перегибов, не менее	Типичная плотность [3], кг/дм^3
		Удельные общие потери[1] *P*, Вт/кг, не более, при		Магнитная индукция *B*, Тл, не менее, при частоте 50 Гц					
		индукции 1,0 Тл	частоте, Гц	для напряженности					
				2500 А/м	5000 А/м	10000 А/м			
Д 5-45	0,05	45	1 000	–	–	–	0,88	2	7,60
Д 10-13	0,10	13	400	–	–	–	0,91	2	7,60
Д 15-14	0,15	14	400	–	–	–	0,92	2	7,60
Д 18-14	0,18	14	400	1,44	–	–	0,92	2	7,60
Д 20-13	0,20	13	400	1,47	1,58	1,68	0,93	2	7,60
Д 20-15	0,20	15	400	1,48	1,59	1,69	0,93	2	7,60
Д 25-14	0,25	14	400	1,48	1,59	1,69	0,94	2	7,60
Д 25-17	0,27	17	400	1,49	1,60	1,70	0,94	2	7,60
Д 27-15	0,27	15	400	1,48	1,59	1,69	0,94	2	7,60
Д 27-18	0,27	18	400	1,49	1,60	1,70	0,94	2	7,60
Д 27-20	0,27	20	400	1,49	1,60	1,70	0,94	2	7,60
Д 27-22	0,27	22	400	1,49	1,60	1,70	0,94	2	7,60
Д 27-24	0,27	24	400	1,49	1,60	1,70	0,94	2	7,60
Д 30-16	0,30	16	400	1,48	1,59	1,69	0,94	2	7,60
Д 30-19	0,30	19	400	1,49	1,60	1,70	0,94	2	7,60
Д 35-19	0,35	19	400	1,49	1,60	1,70	0,95	2	7,60
Д 35-22	0,35	22	400	1,49	1,60	1,70	0,95	2	7,65

[1] Для марок стали толщиной 0,20; 0,25; 0,27; 0,30 и 0,35 мм значения максимальных удельных общих потерь при индукции 1,0 Тл и частоте 700 Гц, а также при 1,5 Тл и 400 Гц, в соответствии с приложением А.

[2] Значения коэффициента заполнения установлены для образцов без покрытия. Минимальные коэффициенты заполнения для проката из изотропной стали с покрытием приведены в таблице Б.1 (приложение Б).

[3] По согласованию изготовителя с заказчиком могут быть установлены другие значения типичной плотности (приложение В).

Примечания

1 Анизотропия магнитной индукции ΔB_{2500} должна быть: для марки Д 18 — не более 0,20 Тл; для марок Д 27, Д 35 — не более 0,16 Тл.

Другие значения анизотропии магнитной индукции или магнитных потерь для марок могут быть согласованы при оформлении заказа.

2 Контроль магнитной индукции при напряженности магнитного поля 5000 и 10 000 А/м проводят по согласованию изготовителя с заказчиком, указанному в заказе.

3 Знак «–» означает, что данная характеристика не нормируется и не контролируется.

Таблица 7 — Магнитные и технологические характеристики проката из изотропной стали после отжига для снятия напряжений

Марка стали	Толщина проката, мм	Магнитные свойства					Коэффициент заполнения[1], %, не менее	Число перегибов, не менее	Типичная плотность[2], кг/дм^3
		Удельные общие потери P, Вт/кг, не более, при		Магнитная индукция B, Тл, не менее, при частоте 50 Гц					
				для напряженности					
		индукции 1,0 Тл	частоте, Гц	2500 А/м	5000 А/м	10000 А/м			
Д 10-12,5 У	0,10	12,5	400	1,44	–	–	0,91	2	7,60
Д 18-12,5 У	0,18	12,5	400	1,46	–	–	0,92	2	7,60
Д 20 У	0,20	+	400	+	–	–	0,93	2	7,60
Д 25 У	0,25	+	400	+	–	–	0,93	2	7,60
Д 27-13 У	0,27	13	400	1,48	–	–	0,94	2	7,60
Д 27-13,5 У	0,27	13,5	400	1,49	–	–	0,94	2	7,60
Д 27-14 У	0,27	14	400	1,49	–	–	0,94	2	7,60
Д 27-14,5 У	0,27	14,5	400	1,49	–	–	0,94	2	7,60
Д 27-15 У	0,27	15	400	1,49	–	–	0,92	2	7,60
Д 30 У	0,30	+	400	+	–	–	0,94	2	7,60
Д 35-16 У	0,35	16	400	1,49	–	–	0,95	2	7,65
Д 35-17 У	0,35	17	400	1,49	–	–	0,95	2	7,65
Д 35-18 У	0,35	18	400	1,49	–	–	0,95	3	7,65

[1] Значения коэффициента заполнения установлены для образцов без покрытия. Минимальные коэффициенты заполнения для проката из изотропной стали с покрытием приведены в таблице Б.1 (приложение Б).

[2] По согласованию изготовителя с заказчиком могут быть установлены другие значения типичной плотности (приложение В).

Примечания

1 Образцы перед испытанием магнитных свойств подвергают отжигу для снятия напряжений (см. И.2, приложение И).

2 Анизотропия магнитной индукции ΔB_{2500} для марки Д 10-12,5 У должна быть не более 0,16 Тл, для марки Д 18-12,5 У — не более 0,12 Тл.

Другие значения анизотропии магнитной индукции или магнитных потерь для марок могут быть согласованы при оформлении заказа.

3 Знак «–» означает, что данная характеристика не нормируется и не контролируется.

4 Знак «+» означает, что определение магнитных свойств проводят для набора статистических данных и результаты контроля указывают в документе о качестве.

7.2.3 По согласованию изготовителя с заказчиком контроль магнитной индукции при определенном пиковом значении магнитного поля проводят при частоте тока перемагничивания 400 Гц и 1000 Гц.

Максимальные удельные общие потери $P_{1,0/700}$ и $P_{1,5/400}$ для проката из изотропной стали, а также максимальные удельные общие потери $P_{1,0/1000}$ и $P_{1,5/400}$ и соответствующая минимальная магнитная индукция при напряженности 800 А/м для проката из анизотропной стали представлены в приложении А.

7.2.4 Коэффициент старения проката по удельным потерям не должен превышать 6 %.

В случае превышения нормы коэффициента старения прокат должен быть аттестован маркой, соответствующей уровню удельных магнитных потерь, полученных на образцах после старения.

7.2.5 Внутренние напряжения определяют для проката из изотропной стали шириной более 150 мм. За значение внутренних напряжений принимают максимальный зазор между линиями реза, который не должен превышать 2 мм.

7.3 Расчетные характеристики для определения плотности стали и магнитной поляризации, удельных магнитных потерь приведены в приложении В.

7.4 Механические свойства проката из изотропной стали при растяжении, определяемые периодически, приведены в таблице Г.1 (приложение Г).

Специальные требования к механическим свойствам и твердости для обеспечения технологических свойств проката к резке и вырубке, при необходимости, следует устанавливать по согласованию изготовителя с заказчиком.

7.5 Требования к покрытию

7.5.1 Для проката из анизотропной стали коэффициент сопротивления двухстороннего изоляционного покрытия на каждую сторону должен быть не менее 8,0 Ом·см^2, для проката из изотропной стали — не менее 1,0 Ом·см^2.

Другое значение минимального коэффициента сопротивления покрытия или требования по величине минимального коэффициента сопротивления покрытия для каждой стороны проката, а также дополнительные требования по толщине покрытия могут быть согласованы между изготовителем и заказчиком при оформлении заказа.

7.5.2 Коэффициент сопротивления двухстороннего электроизоляционного термостойкого неорганического покрытия (ЭТ) должен сохранять электроизоляционные свойства после выдержки при температуре (800 ± 10) °С в течение 3 ч в нейтральной атмосфере или при температуре (820 ± 10) °С в течение 2,5 мин на воздухе.

Другие требования по условиям отжига могут быть согласованы между изготовителем и заказчиком при оформлении заказа.

(поправка)

7.5.3 Коэффициент сопротивления электроизоляционного термостойкого органо-неорганического покрытия (ТШ) должен сохранять сцепление с металлической основой при нагреве до температуры (450 ± 5) °С в течение 2 ч на воздухе и при нагреве до температуры (750 ± 10) °С в течение 2 ч в защитной атмосфере.

Другие требования по условиям отжига могут быть согласованы между изготовителем и заказчиком при оформлении заказа.

7.5.4 Термостойкое неорганическое покрытие (ЭТ) не должно иметь видимых отслоений на внешней стороне при изгибе образца на 90° вокруг оправки диаметром 10 мм для толщины 0,15 мм и менее, вокруг оправки диаметром 20 мм для толщины 0,18 мм и более и при резке.

7.5.5 Термостойкое органо-неорганическое покрытие (ТШ) не должно иметь видимых отслоений на внешней стороне при изгибе образца на 90° вокруг оправки диаметром 5 мм и при резке.

7.5.6 Характеристики электроизоляционного покрытия приведены в приложении Д.

7.6 Примеры условных обозначений проката — в соответствии с приложением Е.

8 Правила приемки

8.1 Общие правила приемки — по ГОСТ 7566 со следующими дополнениями.

8.2 Прокат принимают партиями, состоящими из сталиодной плавки, одной марки стали, одного размера по толщине, одного режима отжига.

8.3 Масса каждой единицы продукции проката не должна превышать:

- для проката из изотропной стали толщиной 0,20; 0,25; 0,27; 0,30 и 0,35 мм — 10 т;
- для проката из изотропной и анизотропной стали толщиной 0,05; 0,08; 0,10; 0,15 и 0,18 мм — 1 т.

Примечание — Лента из анизотропной стали толщиной от 0,05 до 0,15 мм включительно должна быть в рулонах или в связках рулонов. Масса рулона проката из анизотропной стали должна быть до 100 кг включительно, связки рулонов — до 120 кг включительно. Наружный диаметр — не более 500 мм. Допускается сматывать в один рулон несколько лент партии, при этом количество отдельных лент длиной не менее 10 м не должно превышать 5 % массы партии. Допускается рулоны ленты шириной до 50 мм включительно связывать в связки без прокладок при условии, что общая высота всех рулонов не превышает 100 мм.

Другие единицы продукции могут быть приняты по согласованию между изготовителем и заказчиком.

Для рулонного проката в связке (партии) с массой, большей, чем указанные выше значения, каждый рулон представляет собой единицу продукции.

8.4 При поставке проката в виде ленты разрешается результаты испытаний и контроля, проведенные на рулонном прокате перед порезкой на заданную ширину, распространять на ленту.

8.5 Отбор проб для испытаний проводят от каждой партии.

При этом первый внутренний виток и последний внешний виток рулона считают упаковочными и отбор проб проводят от первого внешнего или внутреннего витка рулона, исключая упаковочные витки.

8.6 Для контроля геометрических размеров, разнотолщинности, отклонения от плоскостности, серповидности, состояния поверхности и кромок, коэффициента сопротивления электроизоляционного покрытия, прочности сцепления с поверхностью и испытания магнитных свойств изготовитель отбирает один рулон от каждой партии.

8.7 Контроль коэффициента заполнения, внутренних напряжений, пластичности, механических свойств, твердости и старения проводят периодически не менее чем на десяти партиях в квартал.

При получении неудовлетворительных результатов периодических испытаний контролю подвергают каждую партию до получения положительного результата испытаний на трех партиях подряд.

8.8 При изменении основных составов или технологии нанесения электроизоляционного покрытия проводят типовые испытания на одном рулоне.

8.9 При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному из показателей по нему проводят повторные испытания в соответствии с ГОСТ 7566.

8.9.1 Повторные испытания проводят на удвоенном количестве испытательных образцов, отобранных от единиц продукции, не проходивших первичные испытания, а также на удвоенном количестве образцов, отобранных от единиц продукции, не выдержавших первичные испытания.

8.9.2 При получении удовлетворительных результатов повторных испытаний все единицы продукции, входящие в партию, считают соответствующими установленным требованиям.

8.9.3 При получении неудовлетворительных результатов повторных испытаний по 8.9.1 допускается проводить сплошной контроль по показателям выборочного контроля, по которым не выдержаны эти испытания, на всех единицах продукции.

9 Методы испытаний

9.1 Подготовка образцов

9.1.1 Геометрические размеры и отклонения формы

Для определения толщины, ширины, продольной и поперечной разнотолщинности, отклонения от плоскостности, серповидности, остаточной кривизны от начала и конца каждого контрольного рулона отбирают по два отрезка (образца) длиной от 1000 до 1500 мм и шириной, равной ширине рулона.

9.1.2 Магнитные свойства

9.1.2.1 Для определения магнитных свойств от начала и конца каждого контрольного рулона отбирают по два отрезка (пробы).

Образцы для определения магнитных свойств в аппарате Эпштейна изготовляют из полосок длиной от 280 до 305 мм включительно, шириной (30,0±0,2) мм. Полоски не должны отличаться друг от друга по длине более чем на ± 0,5 мм. Число полосок в образце должно быть кратно четырем.

Для проката из изотропной стали половину полосок нарезают вдоль направления прокатки, а другую половину поперек направления прокатки, обеспечивая равномерное распределение по всей ширине проката.

Для проката из анизотропной стали полоски нарезают вдоль направления прокатки, обеспечивая равномерное распределение по всей ширине проката.

Допуск угла между направлением проката и направлением резки должен составлять:

- ± 5° — для рулонного проката и ленты из изотропной стали;
- ± 1° — для рулонного проката и ленты из анизотропной стали.

Кромочные полоски проката в образец не включают.

В случае, если ширина ленты из изотропной стали недостаточна для отбора полосок для испытаний поперек направления прокатки, полоски отбирают только вдоль направления прокатки.

Определение магнитных свойств проката из анизотропной стали на кольцевых образцах проводят по ГОСТ 12119.1 при соответствующем размере образцов (приложение Ж).

9.1.2.2 Перед испытаниями магнитных свойств образцы проката из анизотропной стали подвергают термической обработке для снятия напряжений после резки по рекомендованным режимам, приведенным в приложении И.

9.1.2.3 Для образцов из изотропной стали термическая обработка (отжиг для снятия напряжения) перед испытаниями магнитных свойств не допускается. Испытания магнитных свойств проводят на состаренных образцах по режиму согласно 9.1.2.5.

По требованию заказчика, указанному при заказе (марки стали с буквой «У»), испытания магнитных свойств изотропной стали в термически обработанном состоянии проводят на образцах после отжига для снятия напряжений по рекомендованному режиму (см. И.2, приложение И).

9.1.2.4 Образцы нагартованного проката из изотропной электротехнической стали, поставляемого без термической обработки в соответствии с заказом, перед измерением магнитных свойств подвергают аттестационному отжигу на магнитные свойства по рекомендуемому режиму, приведенному в И.3 (приложение И), или по другому режиму, согласованному между изготовителем и заказчиком.

9.1.2.5 Для определения коэффициента старения образцы проката из изотропной и анизотропной стали после определения магнитных свойств подвергают отжигу по режиму: нагрев до температуры (225 ± 5) °С, выдержка в течение 24 ч, охлаждение с произвольной скоростью до температуры 20^{+15}_{-10} °С. Отжигу подвергают полоски, уложенные в стопки.

Примечание — Коэффициент старения проката из анизотропной стали допускается определять на образцах после определения магнитных свойств после их нагрева в течение 120 ч при температуре (120 ± 5)°С.

9.1.3 Технологические свойства

9.1.3.1 Коэффициент заполнения определяют на образце, составленном не менее чем из 100 отобранных для определения магнитных свойств полосок. Перед испытанием с образцов снимают заусенцы.

9.1.3.2 Образцы перед испытанием на перегиб не подвергают дополнительному отжигу.

Для проката из изотропной стали вырезают два образца шириной от 20 до 40 мм включительно поперек направления прокатки на расстоянии не менее 40 мм от края и середины, исключая зоны сварных швов.

В случае, если ширина ленты недостаточна для получения поперечных испытательных образцов установленной длины, испытательные образцы отбирают в продольном направлении прокатки. В этом случае также применяются нормы таблиц 6 и 7.

Для проката из анизотропной стали вырезают четыре образца шириной от 20 до 40 мм включительно вдоль направления прокатки за пределами зон сварных швов. Кромочный край проката не должен использоваться в качестве испытательного образца.

9.1.3.3 Для определения внутренних напряжений от партии проката отбирают одну пробу. Пробу длиной до 1000 мм включительно и шириной, равной ширине рулона, разрезают на две части вдоль направления прокатки примерно на середине проката по ширине.

9.1.3.4 Для испытаний механических свойств изотропной стали при растяжении вырезают четыре образца и для определения твердости два образца шириной (20 ± 0,1) мм, длиной (210 ± 0,5) мм. Образцы вырезают вдоль направления прокатки на расстоянии от 30 до 90 мм включительно от кромки.

9.1.3.5 Для определения коэффициента сопротивления изоляционного покрытия от контрольного рулона отбирают и испытывают образцы шириной от 90 до 100 мм включительно, вырезанные поперек направления прокатки: один образец для органо-неорганического покрытия — ТШ; два образца для неорганического покрытия — ЭТ.

9.1.3.6 Для оценки адгезии (прочности сцепления электроизоляционного покрытия с металлом) от контрольного рулона отбирают и испытывают одну пробу длиной от 280 до 305 мм включительно и шириной 30 мм, вырезанную вдоль направления прокатки.

9.2 Проведение испытаний

9.2.1 Условия проведения испытаний

Испытания проводят при температуре (23 ± 5) °С, если в заказе не указаны другие условия.

Все средства измерений, используемые для оценки качества готовой продукции, должны быть внесены в государственный реестр средств измерений и должны иметь свидетельства о поверке, выданные организациями, аккредитованными в установленном порядке.

9.2.2 Контроль геометрических размеров и отклонений формы

9.2.2.1 Геометрические размеры проката измеряют: толщину — микрометром по ГОСТ 6507 или ГОСТ 4381, ширину — металлической линейкой по ГОСТ 427 или другими средствами измерения соответствующей точности.

Толщину ленты из анизотропной стали определяют средством измерения с ценой деления не более 1 мкм, ширину — с ценой деления не более 0,5 мм. Толщину ленты измеряют на расстоянии не менее 3 мм от кромки. Толщина электроизоляционного покрытия не входит в размеры ленты по толщине.

Примечание — Для точного измерения толщины проката в производственном процессе допускается использовать радиоизотопные и рентгеновские толщиномеры.

9.2.2.2 Среднюю фактическую толщину проката определяют по результатам измерения образца в четырех точках, расположенных посередине каждой стороны отрезка или листа на расстоянии не менее 15 мм от кромок. Толщина в каждой измеряемой точке не должна превышать установленных норм.

9.2.2.3 Ширину измеряют поперек продольной оси проката.

9.2.2.4 Поперечную разнотолщинность определяют на прокате шириной более 150 мм путем измерения толщины не менее чем в четырех точках, расположенных на одной линии поперек направления прокатки на расстоянии не менее 15 мм от кромок. За результат принимается разность наибольшего и наименьшего значения толщины.

9.2.2.5 Продольную разнотолщинность определяют в направлении прокатки путем измерения толщины в шести точках, расположенных по три с каждой стороны от середины образца на расстоянии не менее 15 мм от кромок. Для каждой стороны в отдельности определяется разность наибольшего и наименьшего значения толщины. За результат принимается наибольшая разность по одной из двух сторон.

9.2.2.6 Контроль отношения высоты неплоскостности к ее длине, серповидности, остаточной кривизны проводят по ГОСТ 26877.

9.2.2.7 Определение отношения высоты неплоскостности к ее длине проводят на прокате шириной более 100 мм в направлении прокатки.

9.2.2.8 Определение остаточной кривизны проводят для проката шириной более 150 мм на образце длиной 500 мм и шириной, равной ширине проката, вырезанного в направлении прокатки.

9.2.2.9 Высоту заусенцев на кромке проката определяют микрометром, как разность результатов измерения толщины образца на кромке и на расстоянии 10 мм от кромки. На прокате шириной менее 80 мм толщину измеряют на расстоянии не менее 3 мм от кромки.

9.2.3 Магнитные свойства

9.2.3.1 Измерения магнитной индукции и удельных магнитных потерь в аппарате Эпштейна осуществляют в соответствии с требованиями ГОСТ 12119.4, ГОСТ 12119.5.

При измерениях магнитных свойств принимают плотность стали, указанную в таблицах 5—7.

Для измерений с повышенной точностью принимают расчетную плотность, в зависимости от массовой доли кремния и алюминия в стали, приведенную в приложении В.

По требованию заказчика допускается проведение измерений с использованием зарубежных стандартов на указанные виды испытаний.

Примечание — Измерение магнитных свойств допускается проводить другими методами, в том числе с применением установок непрерывного контроля типа EVA, обеспечивающих необходимую точность, внесенных в государственный реестр средств измерений и имеющих действующие свидетельства о поверке, выданные организациями, аккредитованными в установленном порядке.

9.2.3.2 Для определения магнитной поляризации J (внутренней плотности потока) применяют аппарат Эпштейна. Магнитную поляризацию J вычисляют по формуле В.2 (приложение В).

9.2.3.3 Анизотропию магнитной индукции для проката из изотропной стали определяют как разницу магнитной индукции образца, составленного из продольных полосок по направлению прокатки, и образца, составленного из полосок поперек направления прокатки при напряженности магнитного поля 2500 А/м.

9.2.3.4 Для определения анизотропии удельных магнитных потерь для проката из изотропной стали проводят измерения удельных магнитных потерь P (Вт/кг) отдельно на образцах Эпштейна из полосок, отобранных вдоль и поперек направления прокатки. Анизотропию потерь ΔP, %, рассчитывают по формуле

$$\Delta P = \frac{P_1 - P_2}{P_1 + P_2} \cdot 100, \qquad (2)$$

где P_1 и P_2 – удельные магнитные потери поперек и вдоль направления прокатки соответственно, %.

9.2.3.5 Для определения коэффициента старения образцы Эпштейна или кольцевые витые образцы ленты после определения магнитных свойств подвергают отжигу (термическому старению) по режиму, приведенному в 9.1.2.5. После отжига измеряют удельные магнитные потери. Склонность стали к старению оценивают по коэффициенту старения $K_{ст}$, %, по формуле

$$K_{ст} = \frac{P_{2ст} - P_{1ст}}{P_{1ст}} \cdot 100, \qquad (3)$$

где $P_{1ст}$ и $P_{2ст}$ — удельные магнитные потери до и после термического старения соответственно.

Испытания проката на старение проводят выборочно на десяти партиях в квартал.

9.2.4 Технологические свойства

9.2.4.1 Коэффициент заполнения

Образец спрессовывают равномерно по всей поверхности под давлением 0,35 Н/мм^2. Высоту спрессованного образца измеряют с погрешностью не более 0,1 мм в четырех разных местах. За высоту принимают среднее арифметическое значение результатов четырех измерений.

Коэффициент заполнения $K_з$ вычисляют по формуле

$$K_з = \frac{m}{V \cdot \gamma}, \tag{4}$$

где m — масса образца, кг, определенная с погрешностью не более 0,005 кг;

V — объем образца после спрессовывания, определенный по результатам измерения пачки, м^3;

γ — плотность стали, кг/м^3.

Испытания проката проводят выборочно на десяти партиях в квартал.

9.2.4.2 Число перегибов

Испытания проводят при температуре от 15 °С до 35 °С по ГОСТ 13813:

- для проката из изотропной стали — с использованием прибора для испытания полос и лент на перегиб с радиусом закругления губок 5 мм;
- для проката из анизотропной стали — в тисках с радиусом закругления губок 1 мм.

При испытании образец должен постоянно прилегать к поверхности губок.

Изгиб из исходного положения на 90° и обратно в исходное положение считают за один перегиб.

Испытания прерывают при первом появлении трещины, различимой невооруженным глазом, на стальной основе проката. Полученные значения числа перегибов округляют до ближайшего целого числа.

В качестве аттестационного результата используют среднее значение числа перегибов для испытанных образцов.

9.2.4.3 Внутренние напряжения

Две части образца, разрезанного согласно 9.1.3.3, соединяют по линии разреза на плоской плите и средством измерения соответствующей точности проводят измерение максимального зазора между линиями реза, характеризующего величину внутренних напряжений.

9.2.4.4 Механические свойства при растяжении

Испытания проводят по ГОСТ 11701. Допускается применение неразрушающих методов контроля по согласованным методикам.

9.2.4.5 Твердость

Испытания проводят по ГОСТ 2999. За число твердости принимается результат отдельного измерения. Причем на каждом образце должно быть выполнено не менее трех измерений (отпечатков).

9.2.4.6 Коэффициент сопротивления электроизоляционного термостойкого органо-неорганического покрытия (ТШ)

Измерение токов и коэффициента сопротивления покрытия проводят на десятиконтактной установке Франклина в соответствии с ГОСТ 12119.8.

Измерение токов проводят на одном образце на двух участках с каждой стороны образцов, т.е. всего четыре измерения.

Коэффициент сопротивления по двум сторонам образца $R_{общ}$, Ом·см^2, рассчитывают по формуле

$$R_{общ} = 6{,}45 \cdot \left(\frac{1}{I_{ср.общ}} - 1 \right), \tag{5}$$

где $I_{ср.общ}$ — среднее значение силы тока по обеим сторонам образца, А.

В документе о качестве указывают значение коэффициента сопротивления по двум сторонам образца.

По требованию заказчика, указанному в заказе как R, в документе о качестве указывают значение коэффициента сопротивления для каждой стороны образца.

Коэффициент сопротивления по одной стороне образца R, Ом·см^2, рассчитывают по формуле

$$R = 6{,}45 \cdot \left(\frac{0{,}5}{I_{ср}} - 0{,}5 \right), \quad (6)$$

где $I_{ср}$ — среднее значение силы тока по одной стороне образца, А.

9.2.4.7 Коэффициент сопротивления электроизоляционного термостойкого неорганического покрытия (ЭТ)

Измерение токов и коэффициента сопротивления покрытия проводят на десятиконтактной установке Франклина в соответствии с ГОСТ 12119.8.

Измерение токов проводят на двух образцах на двух участках с каждой стороны образцов, т.е. всего восемь измерений.

Коэффициент сопротивления по двум сторонам образца $R_{общ}$, Ом·см^2, рассчитывают по формуле

$$R_{общ} = S_э \cdot \left(\frac{1}{I_{ср.общ}} - 1 \right), \quad (7)$$

где $S_э$ — суммарная площадь контактных поверхностей электродов, см^2, рассчитанная по диаметру электродов;

$I_{ср.общ}$ — среднее значение силы тока по обеим сторонам образца, А.

В документе о качестве указывают значение коэффициента сопротивления по двум сторонам образца.

По требованию заказчика, указанному в заказе как R, в документе о качестве указывают значение коэффициента сопротивления для каждой стороны образца.

Коэффициент сопротивления по одной стороне образца R, Ом·см^2, рассчитывают по формуле

$$R = S_э \cdot \left(\frac{0{,}5}{I_{ср}} - 0{,}5 \right), \quad (8)$$

где $S_э$ — суммарная площадь контактных поверхностей электродов, см^2, рассчитанная по диаметру электродов, А;

$I_{ср}$ — среднее значение силы тока по обеим сторонам образца, А.

9.2.4.8 Адгезия изоляции поверхности

Для испытания прочности сцепления электроизоляционного термостойкого органо-неорганического покрытия (ТШ) с металлической основой образец прижимают к стержню диаметром 5 мм и плавно изгибают на 90° вокруг стержня.

Для испытания прочности сцепления электроизоляционного термостойкого неорганического покрытия (ЭТ) с металлической основой образец прижимают к стержню и плавно изгибают на 90° вокруг стержня диаметром 10 мм для проката толщиной 0,15 мм и менее и вокруг стержня диаметром 20 мм для проката толщиной 0,18 мм и более.

При визуальном осмотре не должно быть трещин и отслоения покрытия на внешней стороне образца, находящегося в испытательном устройстве.

9.3 Результаты испытаний рулона, из которого произведена резка на заданную ширину, распространяются на ленту.

9.4 При возникновении разногласий в оценке качества и при периодических испытаниях качества проката применяют методы контроля, предусмотренные настоящим стандартом.

10 Маркировка и упаковка

10.1 Маркировка и упаковка — в соответствии с ГОСТ 7566 со следующими дополнениями.

10.2 К каждой единице продукции должен быть прикреплен ярлык или наклеена этикетка изготовителя установленного образца, имеющие четкую маркировку.

10.3 На ярлыках или этикетках рулона или ленты указывают товарный знак изготовителя, номер плавки, номер партии, марку стали, размеры проката, массу партии.

10.4 Масса рулона или ленты должна быть согласована при заказе между заказчиком и изготовителем. Отклонения по массе нетто рулонов не должны превышать ±10 кг.

Масса рулона или ленты в упаковке и их размеры должны соответствовать условиям поставки.

10.5 Упаковка должна быть выполнена в соответствии с утвержденными схемами и должна защищать прокат от механических повреждений и внешних климатических воздействий при погрузке, транспортировании и хранении.

10.6 Маркировка и упаковка рулонного проката и ленты может быть согласована в момент размещения заказа.

10.7 По согласованию изготовителя с заказчиком для предохранения от коррозии на поверхность проката, поставляемого без электроизоляционного покрытия, наносят индустриальное масло по ГОСТ 20799, при необходимости ингибиторную присадку. Допускается применение других нейтральных масел, предохраняющих металл от коррозии.

На поверхность проката с электроизоляционным покрытием индустриальное масло не наносят.

11 Оформление документации

Изготовитель должен предоставить заказчику при поставке продукции документ о качестве (сертификат качества) в соответствии с ГОСТ 7566, включающий информацию о результатах испытаний каждой партии проката, подтверждающий соответствие спецификации на поставку.

12 Транспортирование и хранение

12.1 Общие требования к транспортированию и хранению — по ГОСТ 7566 со следующими дополнениями.

12.2 Прокат транспортируют транспортом всех видов в соответствии с правилами перевозки грузов, действующими на транспорте данного вида.

Транспортирование проката железнодорожным транспортом проводят в крытых вагонах, на платформах или полувагонах в соответствии с правилами перевозок грузов железнодорожным транспортом.

12.3 Прокат в ненарушенной упаковке изготовителя должен храниться в крытых складских помещениях, исключающих попадание влаги.

Максимальный гарантийный срок хранения рулонного проката и ленты с электроизоляционным покрытием без ухудшения потребительских свойств по качеству поверхности — 6 мес от даты поставки.

13 Требования безопасности и охраны окружающей среды

Металлопродукция пожаро- и взрывобезопасна, нетоксична и не требует специальных мер при транспортировании, хранении и переработке.

Осуществление специальных мер по охране окружающей среды не требуется.

14 Гарантии изготовителя

Изготовитель гарантирует соответствие продукции требованиям настоящего стандарта при соблюдении условий транспортирования и хранения.

Внутренние или внешние дефекты являются основанием для рекламации только в том случае, если они явно не соответствуют процессу изготовления или использованию рулонного проката и ленты по назначению.

Заказчик должен дать изготовителю возможность убедиться в правомерности рекламаций, а именно через предоставление продукции, на которую предъявлены рекламации и документы.

Рекламации предъявляют в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 10002.

Приложение А
(справочное)

Максимальные удельные общие потери $P_{1,0/700}$ и $P_{1,5/400}$ для проката из изотропной стали и максимальные удельные общие потери $P_{1,0/1000}$ и $P_{1,5/400}$ и соответствующая минимальная магнитная индукция при напряженности 800 А/м для проката из анизотропной стали

А.1 Значения максимальных удельных общих потерь при индукции 1,0 Тл и частоте 700 Гц, а также при 1,5 Тл и 400 Гц, для проката из изотропной стали должны соответствовать указанным в таблице А.1.

Таблица А.1 — Максимальные удельные общие потери при индукции 1,0 Тл и частоте 700 Гц и при 1,5 Тл и 400 Гц для изотропной стали

Марка стали	Номинальная толщина, мм	Максимальные удельные общие потери *P*, Вт/кг, при	
		индукции 1,0 Тл и частоте 700 Гц	индукции 1,5 Тл и частоте 400 Гц
Д 20-13	0,20	29	35
Д 20-15		32	38
Д 25-14	0,25	34	38
Д 25-17		40	42
Д 27-15	0,27	37	41
Д 27-18		41	43
Д 30-16	0,30	41	43
Д 30-19		45	47
Д 35-19	0,35	48	50
Д 35-22		54	55

А.2 Значения максимальных удельных общих потерь для проката из анизотропной стали при индукции 1,0 Тл и частоте 1000 Гц, а также при 1,5 Тл и 400 Гц и соответствующей магнитной индукции при напряженности 800 А/м представлены в таблице А.2.

Таблица А.2 — Максимальные удельные общие потери при индукции 1,0 Тл и частоте 1000 Гц и при 1,5 Тл и 400 Гц и минимальная магнитная индукция при напряженности 800 А/м для анизотропной стали

Марка	Номинальная толщина, мм	Частота, Гц	Максимальные общие удельные потери *P*, Вт/кг при		Минимальная магнитная индукция при напряженности 800 А/м, Тл
			индукции 1,0 Тл	индукции 1,5 Тл	
Т 5-24	0,05	1000	24	—	1,60
Т 8-15	0,08	400	—	15	1,70
Т 10-15	0,10	400	—	15	1,70
Т 15-16	0,15	400	—	16	1,70
Т 18-17	0,18	400	—	17	1,80

Приложение Б
(справочное)

Минимальный коэффициент заполнения для проката из изотропной стали с покрытием

При производстве электрических устройств широко используется лента из холоднокатаной изотропной электротехнической стали в полностью обработанном состоянии в виде пакетов магнитопроводов. Для минимизации потерь в сердечнике магнитопровода применяют изолирующие покрытия на ленте электротехнических сталей.

Нанесение покрытия снижает коэффициент заполнения, приведенный в таблицах 5—7.

В таблице Б.1 приведены значения коэффициента заполнения для наиболее часто используемых вариантов толщины электротехнической стали с покрытием. Для покрытий большей толщины или специальных условий покрытия, например, одностороннее нанесение, между изготовителем и заказчиком могут быть согласованы другие значения и методы измерения толщины покрытия. В отдельном случае при использовании клеящих лаков таблица Б.1 не применяется.

Таблица Б.1 — Минимальный коэффициент заполнения для проката из изотропной стали с покрытием

Толщина покрытия, мкм[1)]	Номинальная толщина проката, мм	Минимальный коэффициент заполнения
До 2 включ.	0,05	–
	0,10	0,90
	0,15	0,91
	0,20	0,92
	0,25	0,93
	0,30	0,93
Св. 2 до 4 включ.	0,05	–
	0,10	0,89
	0,15	0,90
	0,20	0,91
	0,25	0,92
	0,30	0,92
Св. 4 до 8 включ.	0,05	–
	0,10	0,88
	0,15	0,89
	0,20	0,90
	0,25	0,91
	0,30	0,91

[1)] В данной таблице приведена толщина покрытия на каждой стороне проката из электротехнической стали.

Примечание — Знак «–» означает, что данная характеристика не нормируется и не контролируется.

Приложение В
(справочное)

Расчетные характеристики для определения плотности стали, магнитной поляризации и удельных магнитных потерь

В.1 По согласованию изготовителя с заказчиком плотность (численное значение плотности) ρ, кг/дм^2, определяют по формуле

$$\rho = 7{,}865 - 0{,}065\,(C_{Si} + 1{,}7\,C_{Al}), \qquad (В.1)$$

где C_{Si} — числовое значение массовой доли кремния, %,

C_{Al} — числовое значение массовой доли алюминия, %.

В.2 Предполагаемую плотность стали для испытания магнитных свойств определяют в зависимости от массовой доли кремния и алюминия в стали по таблице В.1.

Таблица В.1

% Si + 1,7 % Al	Предполагаемая плотность, кг/дм^2
0,00—0,65	7,85
0,66—1,40	7,80
1,41—2,15	7,75
2,16—2,95	7,70
2,96—3,70	7,65
3,71—4,50	7,60

В.3 Собственную (внутреннюю, истинную) намагниченность ферромагнитного образца, магнитную поляризацию J, Тл, вычисляют по формуле

$$J = B - \mu_0 H, \qquad (В.2)$$

где B — магнитная индукция, Тл;

μ_0 — магнитная постоянная, равная $4\pi \cdot 10^{-7}$, Гн/м;

H — напряженность магнитного поля, А/м.

В.4 Значения удельных магнитных потерь $P_{1,5/60}$ (Вт/кг) и $P_{1,7/60}$ (Вт/фунт) определяют расчетным путем по формулам (В.3) — (В.6):

$$P_{1,5/60}\,(\text{Вт/кг}) = 1{,}31 \cdot P_{1,5/50}\,(\text{Вт/кг}), \qquad (В.3)$$

$$P_{1,5/60}\,(\text{Вт/фунт}) = 0{,}595 \cdot P_{1,5/50}\,(\text{Вт/кг}), \qquad (В.4)$$

$$P_{1,7/60}\,(\text{Вт/кг}) = 1{,}31 \cdot P_{1,7/50}\,(\text{Вт/кг}), \qquad (В.5)$$

$$P_{1,7/60}\,(\text{Вт/фунт}) = 0{,}595 \cdot P_{1,7/50}\,(\text{Вт/кг}). \qquad (В.6)$$

По согласованию изготовителя с заказчиком значения удельных магнитных потерь $P_{1,5/60}$ и $P_{1,7/60}$ могут определять путем прямых измерений.

Приложение Г
(справочное)

Механические свойства проката из изотропной стали

Г.1 Значения механических свойств проката из изотропной стали, определяемые на продольных образцах, должны соответствовать требованиям таблицы Г.1.

Таблица Г.1 — Механические свойства проката из изотропной стали

Марка стали	Номинальная толщина, мм	Механические свойства, не менее		
		Условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа	Относительное удлинение δ_{80}, %
Д 20-13	0,20	390	470	10
Д 20-15		320	430	13
Д 25-14	0,25	390	470	12
Д 25-17		320	430	13
Д 27-15	0,27	370	450	12
Д 27-18		320	430	13
Д 30-16	0,30	370	450	12
Д 30-19		320	430	13
Д 35-19	0,35	370	450	12
Д 35-22		320	430	13

Приложение Д
(справочное)

Характеристики электроизоляционных покрытий

Д.1 Характеристики электроизоляционных покрытий приведены в таблице Д.1.

Таблица Д.1 — Характеристики электроизоляционных покрытий

Вид покрытия	Обозначение класса [1]	Характеристика покрытия
1 Электроизоляционное термостойкое неорганическое покрытие (ЭТ) 2 Электроизоляционное термостойкое органо-неорганическое (полуорганическое) покрытие, улучшающее штампуемость (ТШ)	С5	Неорганическое или органо-неорганическое (полуорганическое) покрытие. Это покрытие обычно фосфатное, силикатное или представляет комбинацию таковых. Такие покрытия наносят на стальную поверхность, где они затвердевают под воздействием тепла. Покрытия наносят на электротехнические стали с ориентированным зерном (анизотропная), неориентированным зерном (изотропная) и холоднокатаные ламинированные стали для двигателей. Покрытие класса С5 наносят поверх покрытия класса С2 в тех случаях, когда требуется дополнительная изоляция поверхности (для анизотропной электротехнической стали)
Примечание — Покрытие класса С2 — неорганическое изоляционное покрытие, состоящее главным образом из силиката магния, используется для электротехнической стали с ориентированным зерном. Покрытие формируется в результате реакции покрытия (оксида магния) со стальной поверхностью во время высокотемпературного отжига. Полученное покрытие часто называют «стеклянной пленкой», несмотря на то что покрытие технически не является стеклянным.		

Приложение Е
(обязательное)

Примеры условных обозначений

Е.1 Прокат тонколистовой в рулонах толщиной 0,27 мм, шириной 1000 мм из изотропной стали марки Д 27-15, с электроизоляционным термостойким неорганическим покрытием (ЭТ), без термической обработки (Н) по ГОСТ Р 59727—2021:

Рулон 0,27×1000 — Д 27-15 — ЭТ — Н ГОСТ Р 59727—2021

Е.2 Лента толщиной 0,10 мм, шириной 100 мм из анизотропной стали марки Т 10-12 с необрезной кромкой (НО), в термически обработанном состоянии по ГОСТ Р 59727—2021:

Лента 0,10×100 — Т 10-12 — НО ГОСТ Р 59727—2021

Е.3 Прокат тонколистовой в рулонах толщиной 0,35 мм, шириной 1000 мм из изотропной стали марки Д 35-16 У, с электроизоляционным термостойким неорганическим покрытием (ЭТ), в термически обработанном состоянии по ГОСТ Р 59727—2021:

Рулон 0,35×1000 — Д 35-16 У — ЭТ ГОСТ Р 59727—2021

Приложение Ж
(справочное)

Изготовление кольцевых витых образцов для измерения магнитных свойств ленты из анизотропной стали

Ж.1 Изготовление кольцевых образцов и измерение магнитных свойств ленты из анизотропной стали проводят по ГОСТ 12119.1 на двух образцах. Размеры кольцевых образцов должны соответствовать указанным в таблице Ж.1.

Таблица Ж.1

Номинальная толщина ленты, мм	Ширина ленты для изготовления образцов, мм	Длина ленты для изготовления образцов, м	Внутренний диаметр кольцевого образца, мм
0,05	10	25,6	50
0,08	10	16,0	50
0,10	10	12,8	50
0,15	10	8,5	50
Примечание — Допускается проведение испытаний на образцах шириной от 10 до 20 мм включительно, изготовленных из ленты соответствующей ширины без дополнительной резки.			

Ж.2 При навивке образцов не допускаются технологические воздействия на ленту, приводящие к растягивающим напряжениям более 108 МПа (11 кгс/мм^2).

Ж.3 Допускается определение магнитных свойств другими методами или на других образцах при обеспечении требуемой точности измерения.

Приложение И
(справочное)

Рекомендуемые режимы термической обработки образцов проката из электротехнической стали перед испытанием магнитных свойств

И.1 Перед испытаниями магнитных свойств образцы проката из анизотропной стали, в зависимости от их вида, подвергают термической обработке по следующим рекомендованным режимам:

- режим 1. Для полосок образцов Эпштейна из полностью обработанного проката — нагрев до температуры 800 °С — 820 °С с выдержкой при этой температуре от 2,5 до 10 мин в безокислительной атмосфере или с выдержкой до 3 мин на воздухе;

- режим 2. Для кольцевых витых образцов из полностью обработанного проката — нагрев до температуры 750 °С — 850 °С с выдержкой при этой температуре от 1 до 4 ч в безокислительной атмосфере [водород, нейтральный газ, вакуум с остаточным давлением не выше 13 Па (10^{-1} мм рт. ст.)] с охлаждением со скоростью не более 500 °С/ч до температуры 200 °С, далее произвольно.

Примечание — При подготовке к отжигу кольцевых витых образцов ленты без электроизоляционного покрытия на поверхность ленты наносят термостойкое покрытие, изолирующие витки образца друг от друга;

- режим 3. Для образцов из нагартованного проката — нагрев в вакууме с остаточным давлением не более 1,3 Па (10^{-2} мм рт. ст.) или в чистом сухом водороде с точкой росы не выше минус 50 °С до температуры 1100 °С —1150 °С с выдержкой при этой температуре не более 6 ч, со скоростью не более 200 °С/ч до температуры 200 °С, далее произвольно.

Примечание — При подготовке кольцевых витых образцов к отжигу на поверхность ленты наносят термостойкое покрытие, изолирующее витки образца друг от друга;

И.2 Магнитные свойства проката и ленты изотропной стали ухудшаются механическими деформациями, вызванными сдвигом, пробивкой, изгибом.

Для снятия такой деформации и восстановления присущих ей фактических магнитных свойств в состоянии поставки проводят отжиг для снятия напряжений, который может варьироваться в зависимости от типа оборудования для отжига.

Перед испытаниями фактических магнитных свойств образцы проката из изотропной стали подвергают термической обработке по следующим рекомендованным режимам:

- режим 1. Для полосок образцов Эпштейна из термически обработанной ленты толщиной 0,10 мм — нагрев до температуры 750 °С — 850 °С с выдержкой при этой температуре от 1 до 4 ч в безокислительной атмосфере [водород, нейтральный газ, вакуум с остаточным давлением не выше 13 Па (10^{-1} мм рт. ст.)] с охлаждением со скоростью не более 200 °С/ч до температуры 300 °С, далее произвольно;

- режим 2. Для полосок образцов Эпштейна из термически обработанной ленты толщиной от 0,18 до 0,35 мм включительно — нагрев до температуры 750 °С — 950 °С с выдержкой при этой температуре 2 ч в безокислительной атмосфере [водород, нейтральный газ, вакуум с остаточным давлением не выше 13 Па (10^{-1} мм рт. ст.)] с охлаждением до температуры 200 °С (с печью).

И.3 Образцы нагартованного проката из изотропной стали, поставляемого без термической обработки в соответствии с заказом, перед определением магнитных свойств подвергают аттестационному отжигу на магнитные свойства по следующему рекомендуемому режиму:

а) температурный режим: нагрев до температуры 790 °С — 830 °С со скоростью не более 200 °С/ч, выдержка в течение 2 ч, охлаждение от температуры отжига до температуры 550 °С со скоростью не более 120 °С/ч;

б) газовый режим: обезуглероживающая азото-водородная атмосфера с объемной долей водорода от 5 % до 20 % с влажностью по точке росы от температуры 18 °С до 22 °С. Расход и давление газовой смеси должны обеспечивать равномерное обезуглероживание полосок проката. Для равномерного обезуглероживания полоски проката укладывают стопками, при этом полоски не должны иметь контакта между собой (например, за счет прокладывания между полосками тонкой проволоки).

Примечание — Для проката из изотропной стали с массовой долей углерода не более 0,006 % изготовитель может использовать нестандартный газовый режим в не обезуглероживающей (нейтральной или восстановительной) атмосфере и рекомендовать этот режим заказчику.

Библиография

[1] ACTM A976-18 Стандартная классификация изоляционных покрытий по составу, относительной изоляционной способности и сфере применения

(ASTM A976-18) (Standard Classification of Insulating Coatings for Electrical Steels by Composition, Relative Insulating Ability and Application)

УДК 669.14-413:006.354

ОКС 77.140.40
77.140.50

Ключевые слова: тонколистовой прокат, рулоны, листы, электротехнические стали, изотропные стали, анизотропные стали, сортамент, технические требования, магнитные свойства, электроизоляционные покрытия, правила приемки, методы испытаний, маркировка, упаковка, транспортирование, хранение, гарантии изготовителя

Редактор *Л.В. Каретникова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *М.В. Бучная*
Компьютерная верстка *И.Ю. Литовкиной*

Подписано в печать 18.04.2025. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,72. Уч-изд. л. 3,16. Тираж 16 экз. Зак. 179.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Издано и отпечатано в ФГБУ «Институт стандартизации»,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru

ОКС 77.140.40, 77.140.50

Поправка к ГОСТ Р 59727—2021 Прокат тонколистовой холоднокатаный и лента из легированной электротехнической стали для использования на средних частотах. Технические условия

В каком месте	Напечатано	Должно быть
Пункт 7.5.2	при температуре (800 ± 10) °С в течение 3 ч в нейтральной атмосфере и при температуре (820 ± 10) °С в течение 2,5 мин на воздухе.	при температуре (800 ± 10) °С в течение 3 ч в нейтральной атмосфере или при температуре (820 ± 10) °С в течение 2,5 мин на воздухе.

(ИУС № 4 2025 г.)

ЕВРОПУ 59727-2021