ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ГОСТ Р ИСО 2560— 2023**

## Материалы сварочные

# ЭЛЕКТРОДЫ ПОКРЫТЫЕ ДЛЯ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ НЕЛЕГИРОВАННЫХ И МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ СТАЛЕЙ

## Классификация

**(ISO 2560:2020, IDT)**

**Издание официальное**

**Москва**
**Российский институт стандартизации**
**2023**

gost.e-ecolog.ru

## Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Саморегулируемой организацией Ассоциация «Национальное Агентство Контроля Сварки» (СРО Ассоциация «НАКС») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 364 «Сварка и родственные процессы»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 июля 2023 г. № 591-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 2560:2020 «Материалы сварочные. Электроды покрытые для ручной дуговой сварки нелегированных и мелкозернистых сталей. Классификация» (ISO 2560:2020 «Welding consumables — Covered electrodes for manual metal arc welding of non-alloy and fine grain steels — Classification», IDT).

Международный стандарт разработан Техническим комитетом ИСО/ТК 44 «Сварка и родственные процессы», подкомитетом ПК 3 «Сварочные материалы».

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные и межгосударственные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВЗАМЕН ГОСТ Р ИСО 2560—2009

*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 (*gost.e-ecolog.ru

© ISO, 2020
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023

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 . . . . . 2
5 Обозначения и требования . . . . . 3
6 Механические испытания . . . . . 10
7 Химический анализ . . . . . 14
8 Испытания углового сварного шва . . . . . 19
9 Методика округления . . . . . 21
10 Повторные испытания . . . . . 21
11 Технические условия поставки . . . . . 21
12 Примеры обозначений . . . . . 21
Приложение А (справочное) Системы классификации . . . . . 23
Приложение В (справочное) Описание типов покрытия электродов. Классификация по пределу текучести и энергии удара 47 Дж . . . . . 26
Приложение С (справочное) Описание типов покрытия электродов. Классификация по пределу прочности при растяжении и энергии удара 27 Дж . . . . . 28
Приложение D (справочное) Примечания по диффузионному водороду и предотвращению образования холодных трещин . . . . . 30
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным и межгосударственным стандартам . . . . . 31
Библиография . . . . . 32

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Материалы сварочные**

# ЭЛЕКТРОДЫ ПОКРЫТЫЕ ДЛЯ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ НЕЛЕГИРОВАННЫХ И МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ СТАЛЕЙ

**Классификация**

Welding consumables. Covered electrodes for manual metal arc welding of non-alloy and fine grain steels. Classification

**Дата введения — 2023—08—01**

## 1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к классификации покрытых электродов и наплавленному металлу в состоянии после сварки и после послесварочной термообработки для ручной дуговой сварки нелегированных и мелкозернистых сталей с минимальным пределом текучести до 500 МПа или минимальным пределом прочности при растяжении до 570 МПа.

Настоящий стандарт содержит комбинированные технические требования, обеспечивающие классификацию с использованием системы, основанной на пределе текучести и средней энергии удара 47 Дж для наплавленного металла или с использованием системы, основанной на пределе прочности при растяжении и средней энергии удара 27 Дж для наплавленного металла.

a) Разделы, подразделы и таблицы с буквой «A» применимы только для покрытых электродов, отнесенных к системе на основе предела текучести и средней энергии удара 47 Дж для наплавленного металла в настоящем стандарте.

b) Разделы, подразделы и таблицы с буквой «B» применимы только для покрытых электродов, отнесенных к системе на основе предела прочности при растяжении и средней энергии удара 27 Дж для наплавленного металла в настоящем стандарте.

c) Разделы, подразделы и таблицы, не имеющие букв «A» или «B», применимы для всех покрытых электродов, классифицированных в настоящем стандарте.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты [для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных — последнее издание (включая все изменения)]:

ISO 544, Welding consumables — Technical delivery conditions for filler materials and fluxes — Type of product, dimensions, tolerances and markings (Материалы сварочные. Технические условия поставки присадочных материалов и флюсов. Тип продукции, размеры, допуски и маркировка)

ISO 2401, Welding consumables — Covered electrodes — Determination of the efficiency, metal recovery and deposition coefficient (Материалы сварочные. Электроды покрытые. Определение эффективности, коэффициента использования и коэффициента наплавки)

ISO 3690, Welding and allied processes — Determination of hydrogen content in arc weld metal (Сварка и родственные процессы. Определение содержания водорода в металле шва дуговой сварки)

ISO 6847, Welding consumables — Deposition of a weld metal pad for chemical analysis (Материалы сварочные. Наплавка металла для химического анализа)

**Издание официальное**

ISO 6947:2019, Welding and allied processes — Welding positions (Сварка и родственные процессы. Положения при сварке)

ISO 14344, Welding consumables — Procurement of filler materials and fluxes (Сварочные материалы. Поставка присадочных материалов и флюсов)

ISO 15792-1:2020, Welding consumables — Test methods — Part 1: Preparation of all-weld metal test pieces and specimens in steel, nickel and nickel alloys (Материалы сварочные. Методы испытаний. Часть 1. Подготовка образцов наплавленного металла из стали, никеля и никелевых сплавов для испытаний)

ISO 15792-3:2011, Welding consumables — Test methods — Part 3: Classification testing of positional capacity and root penetration of welding consumables in a fillet weld (Материалы сварочные. Методы испытаний. Часть 3. Классификационные испытания сварочных материалов по положению при сварке и глубине проплавления корня углового шва)

ISO 80000-1:2009, Quantities and units — Part 1: General (Величины и единицы. Часть 1. Общие положения).

## 3 Термины и определения

Настоящий стандарт не содержит терминов и определений.

ИСО и МЭК поддерживают терминологические базы данных для использования в стандартизации по следующим адресам:

- платформа онлайн-просмотра ИСО: доступна по адресу gost.e-ecolog.ru ;
- Электропедия МЭК: доступна по адресу gost.e-ecolog.ru .

## 4 Классификация

Классификационные обозначения основаны на двух методах для указания свойств при испытаниях наплавленного металла на растяжение и на удар, полученных при использовании конкретного электрода. Оба метода обозначения включают в себя дополнительные обозначения для некоторых других требований классификации, но не всех. В большинстве случаев электрод может быть классифицирован по обоим методам. Далее для электрода следует применять одно или два классификационных обозначения.

Классификация включает свойства наплавленного металла, полученные при сварке покрытым электродом, как приведено ниже. Классификация основана на использовании электрода диаметром 4,0 мм, за исключением обозначения положения при сварке, согласно ИСО 15792-3. Если электрод указанного диаметра не выпускается, то для испытаний наплавленного металла должен быть использован электрод диаметром, близким к 4,0 мм.

**4A Классификация по пределу текучести и энергии удара 47 Дж**

Классификация состоит из восьми частей:

1) в первой части дается обозначение изделия/процесса;

2) во второй части дается обозначение прочности и относительного удлинения наплавленного металла (см. таблицу 1A);

3) в третьей части дается обозначение ударной вязкости наплавленного металла (см. таблицу 2A);

4) в четвертой части дается обозначение химического состава наплавленного металла (см. таблицу 3A);

**4B Классификация по пределу прочности при растяжении и энергии удара 27 Дж**

Классификация состоит из семи частей:

1) в первой части дается обозначение изделия/процесса;

2) во второй части дается обозначение предела прочности при растяжении наплавленного металла (см. таблицу 1B);

3) в третьей части дается обозначение типа покрытия электрода, рода тока, положения при сварке (см. таблицу 4B);

4) в четвертой части дается обозначение химического состава наплавленного металла (см. таблицу 3B);

| | |
|---|---|
| 5) в пятой части дается обозначение типа покрытия электрода (см. 5.5А); | 5) в пятой части дается обозначение термообработки после сварки, после которой проводилось испытание наплавленного металла (см. 5.6В); |
| 6) в шестой части дается обозначение эффективности электрода и рода тока (см. таблицу 5А); | 6) в шестой части дается обозначение, указывающее, что электрод удовлетворяет требованию энергии удара 47 Дж при температуре, обычно применяемой для энергии удара 27 Дж; |
| 7) в седьмой части дается обозначение положения при сварке (см. таблицу 6А); | 7) в седьмой части дается обозначение содержания диффузионного водорода в наплавленном металле (см. таблицу 7). |
| 8) в восьмой части дается обозначение содержания диффузионного водорода в наплавленном металле (см. таблицу 7). | |
| Для удобства применения настоящего стандарта классификация разделена на две части. | Для удобства применения настоящего стандарта классификация разделена на две части. |
| a) Обязательная часть | a) Обязательная часть |
| Эта часть включает обозначения типа изделия, предела прочности, относительного удлинения, ударной вязкости, химического состава и типа покрытия, то есть обозначения, определенные в 5.1, 5.2А, 5.3А, 5.4А и 5.5А. | Эта часть включает обозначения типа изделия, предела прочности, типа покрытия, рода тока, положения при сварке, химического состава и режимов термической обработки, то есть обозначения, определенные в 5.1, 5.2В, 5.4В, 5.5В и 5.6В. |
| b) Дополнительная часть | b) Дополнительная часть |
| Эта часть включает обозначения эффективности электрода, рода тока, положений при сварке, для которых применяется электрод, и содержания диффузионного водорода, то есть обозначения, определенные в 5.7А, 5.8А и 5.9. | Эта часть включает обозначения для энергии удара 47 Дж, то есть обозначения, определенные в 5.3В, и обозначения содержания диффузионного водорода, то есть обозначения, определенные в 5.9. |

Обозначения (см. раздел 12) обязательной части и любые выбранные элементы дополнительной части применяют на упаковках, в документации производителя и технических паспортах. На рисунке А.1 показано схематическое обозначение электродов, классифицированных по пределу текучести и энергии удара 47 Дж (система А). На рисунке А.2 показано схематическое обозначение электродов, классифицированных по пределу прочности при растяжении и энергии удара 27 Дж (система В).

## 5 Обозначения и требования

### 5.1 Обозначение изделия/процесса

Покрытый электрод для ручной дуговой сварки обозначают буквой «Е», размещенной в начале обозначения.

### 5.2 Обозначение предела прочности и относительного удлинения наплавленного металла

#### 5.2А Классификация по пределу текучести и энергии удара 47 Дж

Обозначения в таблице 1А указывают предел текучести, предел прочности и относительное удлинение наплавленного металла в состоянии непосредственно после сварки, определенные в соответствии с разделом 6.

#### 5.2В Классификация по пределу прочности при растяжении и энергии удара 27 Дж

Обозначения в таблице 1В указывают предел прочности при растяжении наплавленного металла в состоянии непосредственно после сварки или после термообработки, выполненной после сварки, определенный в соответствии с разделом 6. Требования к пределу текучести и отно-

сительному удлинению зависят от конкретного химического состава, условий термообработки и типа покрытия, а также требований к прочности при растяжении, которые приведены для полной классификации в таблице 8В.

Таблица 1А — Обозначения предела прочности и относительного удлинения наплавленного металла (классификация по пределу текучести и энергии удара 47 Дж)

| Обозначение | Минимальный предел текучести[a], МПа | Предел прочности при растяжении, МПа | Минимальное относительное удлинение[b], % |
|---|---|---|---|
| 35 | 355 | От 440 до 570 | 22 |
| 38 | 380 | От 470 до 600 | 20 |
| 42 | 420 | От 500 до 640 | 20 |
| 46 | 460 | От 530 до 680 | 20 |
| 50 | 500 | От 560 до 720 | 18 |

[a] Для предела текучести нижнее значение ($R_{eL}$) следует применять при наличии текучести. В противном случае следует применять условный 0,2 %-ный предел текучести ($R_{p0,2}$).

[b] Измерительная база равна пяти диаметрам образца.

Таблица 1В — Обозначение предела прочности наплавленного металла (классификация по прочности при растяжении и энергии удара 27 Дж)

| Обозначение | Минимальная прочность при растяжении, МПа |
|---|---|
| 43 | 430 |
| 49 | 490 |
| 55 | 550 |
| 57 | 570 |

### 5.3 Обозначение ударной вязкости наплавленного металла

#### 5.3А Классификация по пределу текучести и энергии удара 47 Дж

Обозначения в таблице 2А устанавливают температуру, при которой достигается средняя энергия удара 47 Дж при условиях, указанных в разделе 6. Испытывают три образца. Только одно отдельно взятое значение может быть ниже, чем 47 Дж, но не ниже, чем 32 Дж. Если наплавленный металл классифицируют для определенной температуры, это автоматически распространяют на любую более высокую температуру в таблице 2А.

#### 5.3В Классификация по пределу прочности при растяжении и энергии удара 27 Дж

Не существует специального обозначения для ударной вязкости. Полная классификация в таблице 8В определяет температуру, при которой энергия удара 27 Дж достигается для наплавленного металла непосредственно после сварки или после термообработки в условиях, приведенных в разделе 6. Испытывают пять образцов. Полученные минимальное и максимальное значения не учитывают. Два из трех оставшихся значений

Таблица 2А — Обозначение ударной вязкости наплавленного металла (классификация по пределу текучести и энергии удара 47 Дж)

| Обозначение | Температура для минимальной средней энергии удара 47 Дж, ° С |
|---|---|
| Z | Не регламентировано |
| A | +20 |
| 0 | 0 |
| 2 | –20 |
| 3 | –30 |
| 4 | –40 |
| 5 | –50 |
| 6 | –60 |

должны быть больше указанного уровня 27 Дж, одно из трех может быть ниже, но не менее 20 Дж. Среднее из трех оставшихся значений должно быть не менее 27 Дж.

Добавление дополнительного обозначения *U* сразу после обозначения термической обработки, указывает на то, что дополнительное требование для энергии удара 47 Дж при нормальной температуре испытания на удар 27 Дж также было выполнено. Для требования к энергии удара 47 Дж количество испытанных образцов и полученные значения должны соответствовать 5.3А.

### 5.4 Обозначение химического состава наплавленного металла

#### 5.4А Классификация по пределу текучести и энергии удара 47 Дж

Обозначения в таблице 3А указывают химический состав наплавленного металла, определенный в соответствии с разделом 7.

#### 5.4В Классификация по пределу прочности при растяжении и энергии удара 27 Дж

Обозначения в таблице 3В указывают основные легирующие элементы, а иногда и номинальный уровень легирования наиболее значимого легирующего элемента наплавленного металла, определенный в соответствии с разделом 7. Обозначение химического состава не следует сразу за обозначением предела прочности, но следует за обозначением типа покрытия. Полная классификация, приведенная в таблице 10В, определяет точные требования к химическому составу для конкретной классификации электродов.

Таблица 3A — Обозначение химического состава наплавленного металла (классификация по пределу текучести и энергии удара 47 Дж)

| Обозначение сплава | Химический состав (по массе)[a, b, c], % | | |
|---|---|---|---|
| | Mn | Mo | Ni |
| Нет обозначения | 2,0 | — | — |
| Mo | 1,4 | 0,3—0,6 | — |
| MnMo | 1,4—2,0 | 0,3—0,6 | — |
| 1Ni | 1,4 | — | 0,6—1,2 |
| Mn1Ni | 1,4—2,0 | — | 0,6—1,2 |
| 2Ni | 1,4 | — | 1,8—2,6 |
| Mn2Ni | 1,4—2,0 | — | 1,2—2,6 |
| 3Ni | 1,4 | — | 2,6—3,8 |
| 1NiMo | 1,4 | 0,3—0,6 | 0,6—1,2 |
| Z[c] | Любой другой согласованный состав | | |

[a] Если не указано иное, Mo < 0,2; Ni < 0,3; Cr < 0,2; V < 0,05; Nb < 0,05; Cu < 0,3.

[b] Единичные значения являются максимальными.

[c] Сварочные материалы, для которых химический состав не указан, обозначают аналогично и располагают в начале букву «Z». Диапазоны химического состава не указаны, и возможно, что два электрода с одинаковой «Z»-классификацией не взаимозаменяемы.

Таблица 3B — Обозначение химического состава наплавленного металла (классификация по пределу прочности при растяжении и энергии удара 27 Дж)

| Обозначение сплава | Химический состав | |
|---|---|---|
| | Основной(ые) элемент(ы) сплава | Номинальный уровень (по массе), % |
| Нет обозначения, –1, –P1 или –P2 | Mn | 1,3 |
| –1M3 | Mo | 0,5 |
| –3M2 | Mn<br>Mo | 1,5<br>0,4 |
| –3M3 | Mn<br>Mo | 1,5<br>0,5 |
| –N1 | Ni | 0,5 |
| –N2 | Ni | 1,0 |
| –N3 | Ni | 1,5 |
| –3N3 | Mn<br>Ni | 1,5<br>1,5 |
| –N5 | Ni | 2,5 |
| –N7 | Ni | 3,5 |
| –N13 | Ni | 6,5 |
| –N2M3 | Ni<br>Mo | 1,0<br>0,5 |
| –NC | Ni<br>Cu | 0,5<br>0,4 |
| –CC | Cr<br>Cu | 0,5<br>0,4 |
| –NCC | Ni<br>Cr<br>Cu | 0,2<br>0,6<br>0,5 |
| –NCC1 | Ni<br>Cr<br>Cu | 0,6<br>0,6<br>0,5 |
| –NCC2 | Ni<br>Cr<br>Cu | 0,3<br>0,2<br>0,5 |
| –G[a] | Любой другой согласованный состав | |

[a] Диапазоны химического состава не указаны, и возможно, что два электрода с одинаковой «G»-классификацией не взаимозаменяемы.

### 5.5 Обозначение типа покрытия электрода

#### 5.5A Классификация по пределу текучести и энергии удара 47 Дж

Тип покрытия электрода существенно зависит от типов шлакообразующих компонентов. Обозначение типа покрытия должны соответствовать таблице 4A.

Таблица 4A — Обозначение по типу покрытия (классификация по пределу текучести и энергии удара 47 Дж)

| Обозначение | Тип покрытия |
|---|---|
| A | Кислое покрытие |
| C | Целлюлозное покрытие |
| R | Рутиловое покрытие |
| RR | Рутиловое тонкое покрытие |
| RC | Рутил-целлюлозное покрытие |
| RA | Кисло-рутиловое покрытие |
| RB | Рутил-основное покрытие |
| B | Основное покрытие |
| Примечание — Описание характеристик каждого типа покрытия приведено в приложении B. | |

#### 5.5B Классификация по пределу прочности при растяжении и энергии удара 27 Дж

Тип покрытия электрода существенно зависит от типов шлакообразующих компонентов. Тип покрытия определяет положение при сварке и род тока в соответствии с таблицей 4B.

Таблица 4B — Обозначение по типу покрытия (классификация по пределу прочности при растяжении и энергии удара 27 Дж)

| Обозначение | Тип покрытия | Положение при сварке[a] | Род тока[b] |
|---|---|---|---|
| 03 | Рутиловое основное | Все[c] | AC или DC (±) |
| 10 | Целлюлозное | Все | DC (+) |
| 11 | Целлюлозное | Все | AC или DC (+) |
| 12 | Рутиловое | Все[c] | AC или DC (–) |
| 13 | Рутиловое | Все[c] | AC или DC (±) |
| 14 | Рутиловое + железный порошок | Все[c] | AC или DC (±) |
| 15 | Основное | Все[c] | DC (+) |
| 16 | Основное | Все[c] | AC или DC (+) |
| 19 | Ильменитовое | Все[c] | AC или DC (±) |
| 20 | Оксид железа | PA, PB | AC или DC (–) |
| 24 | Рутиловое + железный порошок | PA, PB | AC или DC (±) |
| 27 | Оксид железа + железный порошок | PA, PB | AC или DC (±) |
| 28 | Основное + железный порошок | PA, PB, PC | AC или DC (+) |
| 40 | Не определено | По рекомендациям производителя | |

*Окончание таблицы 4В*

| Обозначение | Тип покрытия | Положение при сварке[a] | Род тока[b] |
|---|---|---|---|
| 45 | Основное | Все[d] | DC (+) |
| 48 | Основное | Все | AC или DC (+) |

Примечание — Описание характеристик каждого типа покрытия приведено в приложении С.

[a] Положения при сварке должны соответствовать ИСО 6947. PA — нижнее положение, PB — горизонтальное положение таврового соединения, PC — горизонтальное положение, PG — вертикальное положение (направление сварки сверху вниз).

[b] AC — переменный ток; DC — постоянный ток.

[c] Указание положений при сварке «все» может включать или не включать положение вертикальное сверху вниз. Это должно быть указано в документах производителя.

[d] Исключая PF [вертикальное положение (направление сварки снизу вверх)].

### 5.6 Обозначение условий послесварочной термообработки наплавленного металла

#### 5.6А Классификация по пределу текучести и энергии удара 47 Дж

Классификация основана на механических свойствах наплавленного металла только в состоянии после сварки. Нет обозначения для условий послесварочной термообработки.

#### 5.6В Классификация по пределу прочности при растяжении и энергии удара 27 Дж

Если электрод классифицирован в состоянии после сварки, к классификации добавляют букву «А». Если электрод классифицирован в состоянии после послесварочной термообработки, то к классификации добавляют букву «Р». При классификации после термообработки температура термообработки должна быть 620 ± 15 °С, за исключением химических составов N5 и N7, для которых температура должна быть 605 ± 15 °С, а для химического состава N13 температура должна быть 600 ± 15 °С. Время послесварочной термообработки должно быть $60^{+15}_{0}$ мин при указанной температуре. Если электрод классифицирован в обоих условиях, то к классификации добавляют буквы «АР».

При загрузке испытательного образца температура печи должна быть не более 300 °С. Скорость нагрева от этой величины до указанной температуры должна составлять от 85 °С/ч до 275 °С/ч. По истечении времени выдержки образцу дают остыть в печи до температуры ниже 300 °С со скоростью не более 200 °С/ч. Образец может быть извлечен из печи при любой температуре ниже 300 °С и охлажден на воздухе до комнатной температуры, исключая сквозняки.

### 5.7 Обозначение эффективности электрода и рода тока

#### 5.7A Классификация по пределу текучести и энергии удара 47 Дж

Обозначения в таблице 5А определяют эффективность электрода в соответствии с ИСО 2401 и род тока.

Таблица 5А — Обозначение эффективности электрода и рода тока (классификация по пределу текучести и энергии удара 47 Дж)

| Обозначение | Эффективность электрода $\eta$, % | Род тока[a, b] |
|---|---|---|
| 1<br>2 | $\eta \leq 105$<br>$\eta \leq 105$ | AC и DC<br>DC |
| 3<br>4 | $105 < \eta \leq 125$<br>$105 < \eta \leq 125$ | AC и DC<br>DC |
| 5 | $125 < \eta \leq 160$<br>$125 < \eta \leq 160$ | AC и DC<br>DC |
| 7<br>8 | $\eta > 160$<br>$\eta > 160$ | AC и DC<br>DC |
| [a] Если электрод предназначен для работы как на постоянном, так и на переменном токе, то эффективность электрода основывается только на испытании при переменном токе.<br>[b] AC — переменный ток; DC — постоянный ток. | | |

#### 5.7B Классификация по пределу прочности при растяжении и энергии удара 27 Дж

Нет специального обозначения для эффективности электрода и рода тока. Род тока включен в обозначение типа покрытия (таблица 4В). Эффективность электрода не рассматривают.

### 5.8 Обозначение положения при сварке

#### 5.8A Классификация по пределу текучести и энергии удара 47 Дж

Обозначения в таблице 6А указывают положения, при которых испытывался электрод в соответствии с ИСО 15792-3. Требования к испытаниям см. раздел 8.

Таблица 6А — Обозначение положения при сварке (классификация по пределу текучести и энергии удара 47 Дж)

| Обозначение | Положение при сварке в соответствии с ИСО 6947:2019 |
|---|---|
| 1 | PA, PB, PC, PD, PE, PF, PG |
| 2 | PA, PB, PC, PD, PE, PF |
| 3 | PA, PB |
| 4 | PA |
| 5 | PA, PB, PG |

#### 5.8B Классификация по пределу прочности при растяжении и энергии удара 27 Дж

Нет специального обозначения для положений при сварке. Положение при сварке включено в обозначение типа покрытия (таблица 4В).

### 5.9 Обозначение содержания диффузионного водорода в наплавленном металле

Обозначения в таблице 7 указывают на содержание диффузионного водорода, определяемое методом по ИСО 3690, в металле, наплавленном электродом диаметром 4,0 мм. Применяемый ток должен составлять от 70 до 90 % от максимального значения, рекомендованного производителем. Электроды,

рекомендуемые для применения на переменном токе, должны быть испытаны на переменном токе. Электроды, рекомендуемые только для постоянного тока, испытывают на постоянном токе обратной полярности.

Производитель должен предоставить информацию о роде тока и условиях прокалки электродов для получения требуемого уровня диффузионного водорода.

Таблица 7 — Обозначение содержания диффузионного водорода в наплавленном металле

| Обозначение | Содержание диффузионного водорода максимальное, мл/100 г наплавленного металла |
|---|---|
| H5 | 5 |
| H10 | 10 |
| H15 | 15 |

Приложение D содержит дополнительную информацию о диффузионном водороде.

## 6 Механические испытания

**6A Классификация по пределу текучести и энергии удара 47 Дж**

Испытания на растяжение и удар проводят в состоянии после сварки на наплавленном металле испытательного образца тип 1.3 в соответствии с ИСО 15792-1:2020 и условиями сварки 6.1 и 6.2.

**6B Классификация по пределу прочности при растяжении и энергии удара 27 Дж**

Испытания на растяжение и удар, а также любые необходимые повторные испытания проводят в состоянии после сварки и/или в состоянии после термообработки, на наплавленном металле испытательного образца тип 1.3 в соответствии с ИСО 15792-1:2020 и условиями сварки 6.1 и 6.2.

Если производителем указана обработка для удаления диффузионного водорода, то ее проводят в соответствии с ИСО 15792-1.

### 6.1 Температура предварительного подогрева и межслойная температура

Температуру предварительного нагрева и межслойную температуру измеряют с помощью термокарандашей, пирометров или термопар (например, в соответствии с ИСО 13916).

**6.1A Классификация по пределу текучести и энергии удара 47 Дж**

Предварительный подогрев не требуется, сварку можно начинать при комнатной температуре. Межслойная температура должна находиться в диапазоне от 90 до 175 °С. Если после любого прохода межслойная температура превышена, то испытательный образец следует охладить на воздухе до температуры ниже верхнего предела.

Для одновременного соблюдения требований к испытаниям на растяжение и ударную вязкость может потребоваться поддерживать межслойную температуру в меньшем диапазоне.

**6.1B Классификация по пределу прочности при растяжении и энергии удара 27 Дж**

Для электродов без обозначения химического состава или с обозначением –1 по таблицам 3B и 8B, температура предварительного подогрева и межслойная температура должны находиться в диапазоне от 100 до 150 °С. Для другого химического состава температура предварительного подогрева и межслойная температура должны находиться в диапазоне от 90 до 110 °С.

Таблица 8В — Требования к механическим свойствам (классификация по пределу прочности при растяжении и энергии удара 27 Дж)

| Классификация | Предел прочности[a], МПа | Предел текучести[a], МПа | Удлинение[a] $A_5$, % | Температура испытания на удар[b, c], °С |
|---|---|---|---|---|
| E4303 | 430 | 330 | 20 | 0 |
| E4310 | 430 | 330 | 20 | –30 |
| E4311 | 430 | 330 | 20 | –30 |
| E4312 | 430 | 330 | 16 | NR |
| E4313 | 430 | 330 | 16 | NR |
| E4316 | 430 | 330 | 20 | –30 |
| E4318 | 430 | 330 | 20 | –30 |
| E4319 | 430 | 330 | 20 | –20 |
| E4320 | 430 | 330 | 20 | NR |
| E4324 | 430 | 330 | 16 | NR |
| E4327 | 430 | 330 | 20 | –30 |
| E4340 | 430 | 330 | 20 | 0 |
| E4903 | 490 | 400 | 20 | 0 |
| E4910 | От 490 до 650 | 400 | 20 | –30 |
| E4911 | От 490 до 650 | 400 | 20 | –30 |
| E4912 | 490 | 400 | 16 | NR |
| E4913 | 490 | 400 | 16 | NR |
| E4914 | 490 | 400 | 16 | NR |
| E4915 | 490 | 400 | 20 | –30 |
| E4916 | 490 | 400 | 20 | –30 |
| E4916-1 | 490 | 400 | 20 | –45 |
| E4918 | 490 | 400 | 20 | –30 |
| E4918-1 | 490 | 400 | 20 | –45 |
| E4919 | 490 | 400 | 20 | –20 |
| E4924 | 490 | 400 | 16 | NR |
| E4924-1 | 490 | 400 | 20 | –20 |
| E4927 | 490 | 400 | 20 | –30 |
| E4928 | 490 | 400 | 20 | –20 |
| E4948 | 490 | 400 | 20 | –30 |
| E5716 | 570 | 490 | 16 | –30 |
| E5728 | 570 | 490 | 16 | –20 |
| E4910-P1 | 490 | 420 | 20 | –30 |
| E5510-P1 | 550 | 460 | 17 | –30 |

*Продолжение таблицы 8В*

| Классификация | Предел прочности[a], МПа | Предел текучести[a], МПа | Удлинение[a] $A_5$, % | Температура испытания на удар[b, c], °С |
|---|---|---|---|---|
| E5518-P2 | 550 | 460 | 17 | –30 |
| E5545-P2 | 550 | 460 | 17 | –30 |
| E4910-1M3 | 490 | 420 | 20 | NR |
| E4911-1M3 | 490 | 400 | 20 | NR |
| E4915-1M3 | 490 | 400 | 20 | NR |
| E4916-1M3 | 490 | 400 | 20 | NR |
| E4918-1M3 | 490 | 400 | 20 | NR |
| E4919-1M3 | 490 | 400 | 20 | NR |
| E4920-1M3 | 490 | 400 | 20 | NR |
| E4927-1M3 | 490 | 400 | 20 | NR |
| E5518-3M2 | 550 | 460 | 17 | –50 |
| E5516-3M3 | 550 | 460 | 17 | –50 |
| E5518-3M3 | 550 | 460 | 17 | –50 |
| E4916-N1 | 490 | 390 | 20 | –40 |
| E4928-N1 | 490 | 390 | 20 | –40 |
| E5516-N1 | 550 | 460 | 17 | –40 |
| E5528-N1 | 550 | 460 | 17 | –40 |
| E4916-N2 | 490 | 390 | 20 | –40 |
| E4918-N2 | 490 | 390 | 20 | –50 |
| E5516-N2 | 550 | От 470 до 550 | 20 | –40 |
| E5528-N2 | 550 | От 470 до 550 | 20 | –40 |
| E4916-N3 | 490 | 390 | 20 | –40 |
| E5516-N3 | 550 | 460 | 17 | –50 |
| E5516-3N3 | 550 | 460 | 17 | –50 |
| E5518-N3 | 550 | 460 | 17 | –50 |
| E4915-N5 | 490 | 390 | 20 | –75 |
| E4916-N5 | 490 | 390 | 20 | –75 |
| E4918-N5 | 490 | 390 | 20 | –75 |
| E4928-N5 | 490 | 390 | 20 | –60 |
| E5516-N5 | 550 | 460 | 17 | –60 |
| E5518-N5 | 550 | 460 | 17 | – 60 |
| E4915-N7 | 490 | 390 | 20 | –100 |
| E4916-N7 | 490 | 390 | 20 | –100 |
| E4918-N7 | 490 | 390 | 20 | –100 |

*Окончание таблицы 8В*

| Классификация | Предел прочности[a], МПа | Предел текучести[a], МПа | Удлинение[a] $A_5$, % | Температура испытания на удар[b, c], °С |
|---|---|---|---|---|
| E5516-N7 | 550 | 460 | 17 | –75 |
| E5518-N7 | 550 | 460 | 17 | –75 |
| E5516-N13 | 550 | 460 | 17 | –100 |
| E5518-N2M3 | 550 | 460 | 17 | –40 |
| E4903-NC | 490 | 390 | 20 | 0 |
| E4916-NC | 490 | 390 | 20 | 0 |
| E4928-NC | 490 | 390 | 20 | 0 |
| E5716-NC | 570 | 490 | 16 | 0 |
| E5728-NC | 570 | 490 | 16 | 0 |
| E4903-CC | 490 | 390 | 20 | 0 |
| E4916-CC | 490 | 390 | 20 | 0 |
| E4928-CC | 490 | 390 | 20 | 0 |
| E5716-CC | 570 | 490 | 16 | 0 |
| E5728-CC | 570 | 490 | 16 | 0 |
| E4903-NCC | 490 | 390 | 20 | 0 |
| E4916-NCC | 490 | 390 | 20 | 0 |
| E4928-NCC | 490 | 390 | 20 | 0 |
| E5716-NCC | 570 | 490 | 16 | 0 |
| E5728-NCC | 570 | 490 | 16 | 0 |
| E4903-NCC1 | 490 | 390 | 20 | 0 |
| E4916-NCC1 | 490 | 390 | 20 | 0 |
| E4928-NCC1 | 490 | 390 | 20 | 0 |
| E5516-NCC1 | 550 | 460 | 17 | –20 |
| E5518-NCC1 | 550 | 460 | 17 | –20 |
| E5716-NCC1 | 570 | 490 | 16 | 0 |
| E5728-NCC1 | 570 | 490 | 16 | 0 |
| E4916-NCC2 | 490 | 420 | 20 | –20 |
| E4918-NCC2 | 490 | 420 | 20 | –20 |
| E49XX-G | 490 | 400 | 20 | NR |
| E55XX-G | 550 | 460 | 17 | NR |
| E57XX-G | 570 | 490 | 16 | NR |

[a] Единичные значения являются минимальными.
[b] NR — испытания на удар не требуются.
[c] Допускаются испытания при более низкой температуре с соблюдением требований 5.3В.

### 6.2 Последовательность проходов

Последовательность проходов должна соответствовать таблице 9.

Направление сварки для завершения прохода не должно меняться. Каждый проход выполняют на сварочном токе 70—90 % от максимального тока, рекомендованного производителем. Независимо от типа покрытия сварку выполняют на переменном токе, если применимы переменный и постоянный ток, и на постоянном токе рекомендуемой полярности, если применим только постоянный ток.

Таблица 9 — Последовательность проходов

| Диаметр электрода[a], мм | Колебания электрода | | |
|---|---|---|---|
| | № слоя | Проходов на слой | Число слоев |
| 4,0 | От первого до верхнего | 2[b] | От 7 до 9 |
| [a] Для диаметров, отличных от 4,0 мм, последовательность проходов должна быть указана производителем.<br>[b] Верхние два слоя могут быть выполнены тремя проходами каждого слоя. | | | |

## 7 Химический анализ

Химический анализ выполняют на любом соответствующем испытательном образце, но в случае разногласий используют образцы в соответствии с ИСО 6847. Допускается использовать любой аналитический метод, но в случае разногласий следует ссылаться на установленные опубликованные методы.

**7A Классификация по пределу текучести и энергии удара 47 Дж**

Результаты химического анализа должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице 3A.

**7B Классификация по пределу прочности при растяжении и энергии удара 27 Дж**

Результаты химического анализа должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице 10B для тестируемой классификации.

Таблица 10B — Требования к составу наплавленного металла (классификация по пределу прочности при растяжении и энергии удара 27 Дж)

| Классификация | Химический состав, % (по массе)[a, b] | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | C | Mn | Si | P | S | Ni | Cr | Mo | V | Cu | Al |
| E4303 | 0,20 | 1,20 | 1,00 | NS | NS | 0,30 | 0,20 | 0,30 | 0,08 | NS | NS |
| E4310 | 0,20 | 1,20 | 1,00 | NS | NS | 0,30 | 0,20 | 0,30 | 0,08 | NS | NS |
| E4311 | 0,20 | 1,20 | 1,00 | NS | NS | 0,30 | 0,20 | 0,30 | 0,08 | NS | NS |
| E4312 | 0,20 | 1,20 | 1,00 | NS | NS | 0,30 | 0,20 | 0,30 | 0,08 | NS | NS |
| E4313 | 0,20 | 1,20 | 1,00 | NS | NS | 0,30 | 0,20 | 0,30 | 0,08 | NS | NS |
| E4316 | 0,20 | 1,20 | 1,00 | NS | NS | 0,30 | 0,20 | 0,30 | 0,08 | NS | NS |
| E4318 | 0,30 | 0,60 | 0,40 | 0,025 | 0,015 | 0,30 | 0,20 | 0,30 | 0,08 | NS | NS |
| E4319 | 0,20 | 1,20 | 1,00 | NS | NS | 0,30 | 0,20 | 0,30 | 0,08 | NS | NS |
| E4320 | 0,20 | 1,20 | 1,00 | NS | NS | 0,30 | 0,20 | 0,30 | 0,08 | NS | NS |
| E4324 | 0,20 | 1,20 | 1,00 | NS | NS | 0,30 | 0,20 | 0,30 | 0,08 | NS | NS |
| E4327 | 0,20 | 1,20 | 1,00 | NS | NS | 0,30 | 0,20 | 0,30 | 0,08 | NS | NS |

*Продолжение таблицы 10В*

| Классификация | Химический состав, % (по массе)[a, b] | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | C | Mn | Si | P | S | Ni | Cr | Mo | V | Cu | Al |
| E4340 | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| E4903 | 0,15 | 1,25 | 0,90 | NS | NS | 0,30 | 0,20 | 0,30 | 0,08 | NS | NS |
| E4910 | 0,20 | 1,25 | 0,90 | 0,035 | 0,035 | 0,30 | 0,20 | 0,30 | 0,08 | NS | NS |
| E4911 | 0,20 | 1,25 | 0,90 | 0,035 | 0,035 | 0,30 | 0,20 | 0,30 | 0,08 | NS | NS |
| E4912 | 0,20 | 1,20 | 1,00 | NS | NS | 0,30 | 0,20 | 0,30 | 0,08 | NS | NS |
| E4913 | 0,20 | 1,20 | 1,00 | NS | NS | 0,30 | 0,20 | 0,30 | 0,08 | NS | NS |
| E4914 | 0,15 | 1,25 | 0,90 | 0,035 | 0,035 | 0,30 | 0,20 | 0,30 | 0,08 | NS | NS |
| E4915 | 0,15 | 1,25 | 0,90 | 0,35 | 0,35 | 0,30 | 0,20 | 0,30 | 0,08 | NS | NS |
| E4916 | 0,15 | 1,60 | 0,75 | 0,35 | 0,35 | 0,30 | 0,20 | 0,30 | 0,08 | NS | NS |
| E4916-1 | 0,15 | 1,60 | 0,75 | 0,35 | 0,35 | 0,30 | 0,20 | 0,30 | 0,08 | NS | NS |
| E4918 | 0,15 | 1,60 | 0,75 | 0,35 | 0,35 | 0,30 | 0,20 | 0,30 | 0,08 | NS | NS |
| E4918-1 | 0,15 | 1,60 | 0,75 | 0,35 | 0,35 | 0,30 | 0,20 | 0,30 | 0,08 | NS | NS |
| E4919 | 0,15 | 1,25 | 0,90 | 0,35 | 0,35 | 0,30 | 0,20 | 0,30 | 0,08 | NS | NS |
| E4924 | 0,15 | 1,25 | 0,90 | 0,35 | 0,35 | 0,30 | 0,20 | 0,30 | 0,08 | NS | NS |
| E4924-1 | 0,15 | 1,25 | 0,90 | 0,35 | 0,35 | 0,30 | 0,20 | 0,30 | 0,08 | NS | NS |
| E4927 | 0,15 | 1,60 | 0,75 | 0,35 | 0,35 | 0,30 | 0,20 | 0,30 | 0,08 | NS | NS |
| E4928 | 0,15 | 1,60 | 0,90 | 0,35 | 0,35 | 0,30 | 0,20 | 0,30 | 0,08 | NS | NS |
| E4948 | 0,15 | 1,60 | 0,90 | 0,35 | 0,35 | 0,30 | 0,20 | 0,30 | 0,08 | NS | NS |
| E5716 | 0,12 | 1,60 | 0,90 | 0,03 | 0,03 | 1,00 | 0,30 | 0,35 | NS | NS | NS |
| E5728 | 0,12 | 1,60 | 0,90 | 0,03 | 0,03 | 1,00 | 0,30 | 0,35 | NS | NS | NS |
| E4910-P1 | 0,20 | 1,20 | 0,60 | 0,03 | 0,03 | 1,00 | 0,30 | 0,50 | 0,10 | NS | NS |
| E5510-P1 | 0,20 | 1,20 | 0,60 | 0,03 | 0,03 | 1,00 | 0,30 | 0,50 | 0,10 | NS | NS |
| E5518-P2 | 0,12 | 0,90—1,70 | 0,80 | 0,03 | 0,03 | 1,00 | 0,20 | 0,50 | 0,05 | NS | NS |
| E5545-P2 | 0,12 | 0,90—1,70 | 0,80 | 0,03 | 0,03 | 1,00 | 0,20 | 0,50 | 0,05 | NS | NS |
| E4910-1M3 | 0,12 | 0,60 | 0,40 | 0,03 | 0,03 | NS | NS | 0,40—0,65 | NS | NS | NS |
| E4911-1M3 | 0,12 | 0,60 | 0,40 | 0,03 | 0,03 | NS | NS | 0,40—0,65 | NS | NS | NS |
| E4915-1M3 | 0,12 | 0,90 | 0,60 | 0,03 | 0,03 | NS | NS | 0,40—0,65 | NS | NS | NS |
| E4916-1M3 | 0,12 | 0,90 | 0,60 | 0,03 | 0,03 | NS | NS | 0,40—0,65 | NS | NS | NS |
| E4918-1M3 | 0,12 | 0,90 | 0,80 | 0,03 | 0,03 | NS | NS | 0,40—0,65 | NS | NS | NS |

*Продолжение таблицы 10В*

| Классификация | Химический состав, % (по массе)[a, b] | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | C | Mn | Si | P | S | Ni | Cr | Mo | V | Cu | Al |
| E4919-1M3 | 0,12 | 0,90 | 0,40 | 0,03 | 0,03 | NS | NS | 0,40—0,65 | NS | NS | NS |
| E4920-1M3 | 0,12 | 0,60 | 0,40 | 0,03 | 0,03 | NS | NS | 0,40—0,65 | NS | NS | NS |
| E4927-1M3 | 0,12 | 1,00 | 0,40 | 0,03 | 0,03 | NS | NS | 0,40—0,65 | NS | NS | NS |
| E5518-3M2 | 0,12 | 1,00—1,75 | 0,80 | 0,03 | 0,03 | 0,90 | NS | 0,25—0,45 | NS | NS | NS |
| E5516-3M3 | 0,12 | 1,00—1,80 | 0,60 | 0,03 | 0,03 | 0,90 | NS | 0,40—0,65 | NS | NS | NS |
| E5518-3M3 | 0,12 | 1,00—1,80 | 0,80 | 0,03 | 0,03 | 0,90 | NS | 0,40—0,65 | NS | NS | NS |
| E4916-N1 | 0,12 | 0,60—1,60 | 0,90 | 0,03 | 0,03 | 0,30—1,00 | NS | 0,35 | 0,05 | NS | NS |
| E4928-N1 | 0,12 | 0,60—1,60 | 0,90 | 0,03 | 0,03 | 0,30—1,00 | NS | 0,35 | 0,05 | NS | NS |
| E5516-N1 | 0,12 | 0,60—1,60 | 0,90 | 0,03 | 0,03 | 0,30—1,00 | NS | 0,35 | 0,05 | NS | NS |
| E5528-N1 | 0,12 | 0,60—1,60 | 0,90 | 0,03 | 0,03 | 0,30—1,00 | NS | 0,35 | 0,05 | NS | NS |
| E4916-N2 | 0,08 | 0,40—1,40 | 0,50 | 0,03 | 0,03 | 0,80—1,10 | 0,15 | 0,35 | 0,05 | NS | NS |
| E4918-N2 | 0,08 | 0,40—1,40 | 0,50 | 0,03 | 0,03 | 0,80—1,10 | 0,15 | 0,35 | 0,05 | NS | NS |
| E5516-N2 | 0,12 | 0,40—1,25 | 0,80 | 0,03 | 0,03 | 0,80—1,10 | 0,15 | 0,35 | 0,05 | NS | NS |
| E5518-N2 | 0,12 | 0,40—1,25 | 0,80 | 0,03 | 0,03 | 0,80—1,10 | 0,15 | 0,35 | 0,05 | NS | NS |
| E4916-N3 | 0,10 | 1,25 | 0,60 | 0,03 | 0,03 | 1,10—2,00 | NS | 0,35 | NS | NS | NS |
| E5516-N3 | 0,10 | 1,25 | 0,60 | 0,03 | 0,03 | 1,10—2,00 | NS | NS | NS | NS | NS |
| E5516-3N3 | 0,10 | 1,60 | 0,60 | 0,03 | 0,03 | 1,10—2,00 | NS | NS | NS | NS | NS |
| E5518-N3 | 0,10 | 1,25 | 0,80 | 0,03 | 0,03 | 1,10—2,00 | NS | NS | NS | NS | NS |
| E4915-N5 | 0,05 | 1,25 | 0,50 | 0,03 | 0,03 | 2,00—2,75 | NS | NS | NS | NS | NS |

*Продолжение таблицы 10В*

| Классификация | Химический состав, % (по массе)[a, b] | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | C | Mn | Si | P | S | Ni | Cr | Mo | V | Cu | Al |
| E4916-N5 | 0,05 | 1,25 | 0,50 | 0,03 | 0,03 | 2,00—2,75 | NS | NS | NS | NS | NS |
| E4918-N5 | 0,05 | 1,25 | 0,50 | 0,03 | 0,03 | 2,00—2,75 | NS | NS | NS | NS | NS |
| E4928-N5 | 0,10 | 1,00 | 0,80 | 0,025 | 0,020 | 2,00—2,75 | NS | NS | NS | NS | NS |
| E5516-N5 | 0,12 | 1,25 | 0,60 | 0,03 | 0,03 | 2,00—2,75 | NS | NS | NS | NS | NS |
| E5518-N5 | 0,12 | 1,25 | 0,80 | 0,03 | 0,03 | 2,00—2,75 | NS | NS | NS | NS | NS |
| E4915-N7 | 0,05 | 1,25 | 0,50 | 0,03 | 0,03 | 3,00—3,75 | NS | NS | NS | NS | NS |
| E4916-N7 | 0,05 | 1,25 | 0,50 | 0,03 | 0,03 | 3,00—3,75 | NS | NS | NS | NS | NS |
| E4918-N7 | 0,05 | 1,25 | 0,50 | 0,03 | 0,03 | 3,00—3,75 | NS | NS | NS | NS | NS |
| E5516-N7 | 0,12 | 1,25 | 0,60 | 0,03 | 0,03 | 3,00—3,75 | NS | NS | NS | NS | NS |
| E5518-N7 | 0,12 | 1,25 | 0,80 | 0,03 | 0,03 | 3,00—3,75 | NS | NS | NS | NS | NS |
| E5516-N13 | 0,06 | 1,00 | 0,60 | 0,025 | 0,020 | 6,00—7,00 | NS | NS | NS | NS | NS |
| E5518-N2M3 | 0,10 | 0,80—1,25 | 0,60 | 0,02 | 0,02 | 0,80—1,10 | 0,10 | 0,40—0,65 | 0,02 | 0,10 | 0,05 |
| E4903-NC | 0,12 | 0,30—1,40 | 0,90 | 0,30 | 0,30 | 0,25—0,70 | 0,30 | NS | NS | 0,20—0,60 | NS |
| E4916-NC | 0,12 | 0,30—1,40 | 0,90 | 0,30 | 0,30 | 0,25—0,70 | 0,30 | NS | NS | 0,20—0,60 | NS |
| E4928-NC | 0,12 | 0,30—1,40 | 0,90 | 0,30 | 0,30 | 0,25—0,70 | 0,30 | NS | NS | 0,20—0,60 | NS |
| E5716-NC | 0,12 | 0,30—1,40 | 0,90 | 0,30 | 0,30 | 0,25—0,70 | 0,30 | NS | NS | 0,20—0,60 | NS |
| E5728-NC | 0,12 | 0,30—1,40 | 0,90 | 0,30 | 0,30 | 0,25—0,70 | 0,30 | NS | NS | 0,20—0,60 | NS |
| E4903-CC | 0,12 | 0,30—1,40 | 0,90 | 0,30 | 0,30 | NS | 0,30—0,70 | NS | NS | 0,20—0,60 | NS |
| E4916-CC | 0,12 | 0,30—1,40 | 0,90 | 0,30 | 0,30 | NS | 0,30—0,70 | NS | NS | 0,20—0,60 | NS |
| E4928-CC | 0,12 | 0,30—1,40 | 0,90 | 0,30 | 0,30 | NS | 0,30—0,70 | NS | NS | 0,20—0,60 | NS |
| E5716-CC | 0,12 | 0,30—1,40 | 0,90 | 0,30 | 0,30 | NS | 0,30—0,70 | NS | NS | 0,20—0,60 | NS |

*Окончание таблицы 10В*

| Классификация | Химический состав, % (по массе)[a, b] | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | C | Mn | Si | P | S | Ni | Cr | Mo | V | Cu | Al |
| E5728-CC | 0,12 | 0,30—1,40 | 0,90 | 0,30 | 0,30 | NS | 0,30—0,70 | NS | NS | 0,20—0,60 | NS |
| E4903-NCC | 0,12 | 0,30—1,40 | 0,90 | 0,30 | 0,30 | 0,05—0,45 | 0,45—0,75 | NS | NS | 0,30—0,70 | NS |
| E4916-NCC | 0,12 | 0,30—1,40 | 0,90 | 0,30 | 0,30 | 0,05—0,45 | 0,45—0,75 | NS | NS | 0,30—0,70 | NS |
| E4928-NCC | 0,12 | 0,30—1,40 | 0,90 | 0,30 | 0,30 | 0,05—0,45 | 0,45—0,75 | NS | NS | 0,30—0,70 | NS |
| E5716-NCC | 0,12 | 0,30—1,40 | 0,90 | 0,30 | 0,30 | 0,05—0,45 | 0,45—0,75 | NS | NS | 0,30—0,70 | NS |
| E5728-NCC | 0,12 | 0,30—1,40 | 0,90 | 0,30 | 0,30 | 0,05—0,45 | 0,45—0,75 | NS | NS | 0,30—0,70 | NS |
| E4903-NCC1 | 0,12 | 0,50—1,30 | 0,35—0,80 | 0,30 | 0,30 | 0,40—0,80 | 0,45—0,70 | NS | NS | 0,30—0,75 | NS |
| E4916-NCC1 | 0,12 | 0,50—1,30 | 0,35—0,80 | 0,30 | 0,30 | 0,40—0,80 | 0,45—0,70 | NS | NS | 0,30—0,75 | NS |
| E4928-NCC1 | 0,12 | 0,50—1,30 | 0,35—0,80 | 0,30 | 0,30 | 0,40—0,80 | 0,45—0,70 | NS | NS | 0,30—0,75 | NS |
| E5516-NCC1 | 0,12 | 0,50—1,30 | 0,35—0,80 | 0,30 | 0,30 | 0,40—0,80 | 0,45—0,70 | NS | NS | 0,30—0,75 | NS |
| E5518-NCC1 | 0,12 | 0,50—1,30 | 0,35—0,80 | 0,30 | 0,30 | 0,40—0,80 | 0,45—0,70 | NS | NS | 0,30—0,75 | NS |
| E5716-NCC1 | 0,12 | 0,50—1,30 | 0,35—0,80 | 0,30 | 0,30 | 0,40—0,80 | 0,45—0,70 | NS | NS | 0,30—0,75 | NS |
| E5728-NCC1 | 0,12 | 0,50—1,30 | 0,80 | 0,03 | 0,03 | 0,40—0,80 | 0,45—0,70 | NS | NS | 0,30—0,75 | NS |
| E4916-NCC2 | 0,12 | 0,40—0,70 | 0,40—0,70 | 0,025 | 0,025 | 0,20—0,40 | 0,15—0,30 | NS | 0,08 | 0,30—0,60 | NS |
| E4918-NCC2 | 0,12 | 0,40—0,70 | 0,40—0,70 | 0,025 | 0,025 | 0,20—0,40 | 0,15—0,30 | NS | 0,08 | 0,30—0,60 | NS |
| E49XX-G | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| E55XX-G | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| E57XX-G | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |

[a] Единичные значения являются максимальными.
[b] NS — не регламентировано.

## 8 Испытания углового сварного шва

Образец для испытания углового сварного шва должен соответствовать образцу, приведенному в ИСО 15792-3:2011, рисунок 1.

### 8A Классификация по пределу текучести и энергии удара 47 Дж

Материал пластины выбирают из ряда материалов, для которых электрод рекомендован производителем. Поверхность должна быть очищена от окалины, ржавчины и других загрязнений. Толщина испытательной пластины *t* должна составлять 10—12 мм, ширина *w* не менее 75 мм, длина *l* не менее 300 мм. Диаметры электродов каждого типа покрытия, положения при сварке при испытании и требуемые результаты испытаний приведены в таблице 11A.

### 8B Классификация по пределу прочности при растяжении и энергии удара 27 Дж

Материал пластины должен быть из нелегированной стали с содержанием углерода не более 0,30 % (по массе). Свариваемые поверхности должны быть очищены. Толщина испытательной пластины *t* должна составлять 10—12 мм согласно таблице 11B. Ширина *w*, длина *l*, положение при сварке при испытании каждого типа покрытия и требуемые результаты испытаний приведены в таблицах 11B и 12B.

Таблица 11A — Требования к испытанию угловых швов[a] (классификация по пределу текучести и энергии удара 47 Дж)

Размеры в миллиметрах

| Обозначение положения при сварке для классификации | Тип покрытия | Положение при сварке | Диаметр электрода[a] | Теоретическая толщина углового шва | Разность катетов | Выпуклость |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 или 2 | C<br>RX[b]<br>B | PB | 6,0 | Не менее 4,5<br>Не менее 5,0<br>Не менее 5,0 | Не более 1,5<br>Не более 2,0<br>Не более 2,0 | Не более 1,5<br>Не более 2,0<br>Не более 2,0 |
| 3 | A<br>RR | PB | 6,0 | Не менее 5,0 | Не более 2,0 | Не более 3,0 |
| 5 | R<br>B | PB | 6,0<br>5,0 | Не менее 4,5 | Не более 1,5 | Не более 2,5 |
| 1 или 2 | C<br>RX[b]<br>B | PF | 4,0 | Не менее 4,5<br>Не менее 4,5<br>Не менее 5,5 | — | Не более 2,0 |
| 1 или 2 | C<br>RX[b]<br>B | PD | 4,0 | Не менее 4,5<br>Не менее 4,5<br>Не менее 5,5 | Не более 1,5<br>Не более 1,5<br>Не более 2,0 | Не более 2,5<br>Не более 2,5<br>Не более 3,0 |
| 5 | B | PG | 4,0 | Не менее 5,0 | — | Не более 1,5[c] |

[a] Если наибольший диаметр, необходимый для выполнения сварки, меньше указанного, то используют наибольший диаметр и меняют пропорционально критерии. В противном случае электроды с неуказанными в таблице диаметрами испытанию не подлежат.

[b] RX включает R, RC, RA и RB.

[c] Максимальная вогнутость.

Таблица 11B — Требования к испытанию угловых сварных швов (классификация по пределу прочности при растяжении и энергии удара 27 Дж)

| Тип покрытия | Род тока и полярность | Диаметр электрода[a] | Положение при сварке | Минимальная ширина пластины *w* | Минимальная длина пластины *l* | Размер катета углового шва |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 03 | AC или DC (+) | 5,0<br>6,0 | PF, PD<br>PB | 75 | 300<br>400 | Не более 10,0<br>Не менее 8,0 |

*Окончание таблицы 11В*

| Тип покрытия | Род тока и полярность | Диаметр электрода[a] | Положение при сварке | Минимальная ширина пластины *w* | Минимальная длина пластины *l* | Размер катета углового шва |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | DC (+) | 5,0<br>6,0 | PF, PD<br>PB | 75 | 300<br>400 | Не более 8,0<br>Не менее 6,0 |
| 11 | AC или DC (+) | 5,0<br>6,0 | PF, PD<br>PB | 75 | 300<br>400 | Не более 8,0<br>Не менее 6,0 |
| 12 | AC или DC (–) | 5,0<br>6,0 | PF, PD<br>PB | 75 | 300<br>400 | Не более 10,0<br>Не менее 8,0 |
| 13 | AC, DC (–)<br>или DC (+) | 5,0<br>6,0 | PF, PD<br>PB | 75 | 300<br>400 | Не более 10,0<br>Не менее 8,0 |
| 14 | AC, DC (–)<br>или DC (+) | 4,0<br>6,0 | PF, PD<br>PB | 75 | 300<br>400 | Не более 8,0<br>Не менее 8,0 |
| 15 | DC (+) | 4,0<br>6,0 | PF, PD<br>PB | 75 | 300<br>400 | Не более 8,0<br>Не менее 8,0 |
| 16 | AC или DC (+) | 4,0<br>6,0 | PF, PD<br>PB | 75 | 300<br>400 | Не более 8,0<br>Не менее 8,0 |
| 18 | AC или DC (+) | 4,0<br>6,0 | PF, PD<br>PB | 75 | 300<br>400 | Не более 8,0<br>Не менее 8,0 |
| 19 | AC или DC (+) | 5,0<br>6,0 | PF, PD<br>PB | 75 | 300<br>400 | Не более 10,0<br>Не менее 8,0 |
| 20 | AC или DC (–) | 6,0 | PB | 75 | 400 | Не менее 8,0 |
| 24 | AC, DC (–)<br>или DC (+) | 6,0 | PB | 75 | 400 или 650[b] | Не менее 8,0 |
| 27 | AC или DC (–) | 6,0 | PB | 75 | 400 или 650[b] | Не менее 8,0 |
| 28 | AC или DC (+) | 6,0 | PB | 75 | 400 или 650[b] | Не менее 8,0 |
| 40 | NS[c] | NS[c] | NS[c] | 75 | NS[c] | NS[c] |
| 45 | DC (+) | 4,0<br>4,5 | PE, PG | 75 | 300 | Не более 8,0<br>Не менее 6,0 |
| 48 | AC или DC (+) | 4,0<br>5,0 | PD, PG<br>PB, PG | 75 | 300<br>300 или 400[d] | Не более 8,0<br>Не менее 6,5 |

[a] Если наибольший диаметр, необходимый для выполнения сварки, меньше указанного, то используют наибольший диаметр и меняют пропорционально критерии. В противном случае электроды с не указанными в таблице диаметрами испытанию не подлежат.

[b] При длине электрода 450 мм значение *l* не менее 400 мм; при длине электрода 700 мм значение *l* не менее 650 мм.

[c] NS — не регламентировано. Требования согласовывают покупатель и поставщик.

[d] При длине электрода 350 мм значение *l* не менее 300 мм; при длине электрода 450 мм или 460 мм значение *l* не менее 400 мм.

Таблица 12В — Допустимая разность катетов и допустимая максимальная выпуклость

Размеры в миллиметрах

| Измеренный катет углового сварного шва | Максимальная разность катетов | Максимальная выпуклость |
|---|---|---|
| Не более 4,0 | 1,0 | 2,0 |
| 4,5 | 1,5 | 2,0 |

*Окончание таблицы 12B*

Размеры в миллиметрах

| Измеренный катет углового сварного шва | Максимальная разность катетов | Максимальная выпуклость |
|---|---|---|
| 5,0 или 5,5 | 2,0 | 2,0 |
| 6,0 или 6,5 | 2,5 | 2,0 |
| 7,0, 7,5 или 8,0 | 3,0 | 2,5 |
| 8,5 | 3,5 | 2,5 |
| Не менее 9,0 | 4,0 | 2,5 |

## 9 Методика округления

Полученные фактические испытательные значения должны соответствовать требованиям ИСО 80000-1:2009, B.3, правило A. Если измеренные значения получены с помощью оборудования, откалиброванного в единицах, отличных от указанных в настоящем стандарте, измеренные значения должны быть преобразованы в единицы настоящего стандарта до округления. Если среднее значение необходимо сравнить с требованиями настоящего стандарта, округление должно выполняться только после расчета среднего значения. Округленные результаты должны соответствовать требованиям соответствующей таблицы для тестируемой классификации.

## 10 Повторные испытания

Если испытание не соответствует требованию(ям), это испытание следует повторить дважды. Результаты обоих повторных испытаний должны соответствовать требованиям. Образцы для повторного испытания могут быть взяты из первичного испытательного образца или из одного или двух новых испытательных образцов. Для химического анализа повторное испытание проводят только для конкретных элементов, которые не отвечают требованиям к испытаниям. Если результаты одного или обоих повторных испытаний не соответствуют требованиям, испытываемый материал считается не отвечающим настоящим техническим требованиям для этой классификации.

В случае если во время подготовки или после завершения испытания четко определено, что установленные или надлежащие методики не были соблюдены при подготовке образца или образцов для испытания, или при проведении испытаний, то испытание считается недействительным независимо от того, были ли испытания фактически завершены или результаты испытаний соответствовали или не соответствовали требованиям. Эти испытания должны быть повторены, следуя надлежащим установленным методикам. В этом случае удвоения количества образцов не требуется.

## 11 Технические условия поставки

Технические условия поставки должны соответствовать требованиям ИСО 544 и ИСО 14344.

## 12 Примеры обозначений

**12A Классификация по пределу текучести и энергии удара 47 Дж**

Покрытый электрод обозначают буквой «A», приведенной после обозначения стандарта, в соответствии с принципом, приведенным в примере.

**12B Классификация по пределу прочности при растяжении и энергии удара 27 Дж**

Покрытый электрод обозначают буквой «B», приведенной после обозначения стандарта, в соответствии с принципом, приведенным в примере.

*Пример 1А — Покрытый электрод, применяемый для ручной дуговой сварки, применяемый для наплавки металла сварного шва с минимальным пределом текучести 460 МПа (46), минимальной средней энергией удара 47 Дж при минус 30 °С (7), с химическим составом: 1,1 % Mn (по массе) и 0,7 % Ni (по массе) (1Ni), с основным покрытием (В) и эффективностью электрода 140 %, может использоваться на переменном или постоянном токе (5) для сварки стыковых и угловых сварных швов в нижнем положении (3), с содержанием диффузионного водорода, определяемого в соответствии с ИСО 3690, не превышающем 5 мл/100 г наплавленного металла (H5), обозначают:*

*ИСО 2650-А—Е 46 3 1Ni В 5 3 H5.*

*Обязательная часть:*

*ИСО 2650-А — Е 46 3 1Ni В, где ИСО 2650-А — обозначение стандарта, классификация по пределу текучести и энергии удара 47 Дж;*

*Е — покрытый электрод для ручной дуговой сварки (см. 4.1);*

*46 — прочность и относительное удлинение (см. таблицу 1А);*

*3 — ударные свойства (см. таблицу 2А);*

*1Ni — химический состав наплавленного металла (см. таблицу 3А);*

*В — тип покрытия электрода (см. таблицу 4А);*

*5 — эффективность электрода и род тока (см. таблицу 5А);*

*3 — положение при сварке (см. таблицу 6А);*

*H5 — содержание диффузионного водорода (см. таблицу 7).*

*Пример 1В — Покрытый электрод, применяемый для ручной дуговой сварки, применяемый для наплавки металла сварного шва с пределом прочности при растяжении не менее 550 МПа (55) и отвечающий требованию по энергии удара 47 Дж при температуре минус 40 °С (U) в состоянии после сварки, а также по энергии удара, превышающей 27 Дж при температуре минус 40 °С в состоянии после сварки (А), с химическим составом: 0,9 % Mn (по массе) и 1 % Ni (по массе) (–N2), имеющий покрытие основное с железным порошком, может использоваться на переменном и постоянном токе (+) во всех положениях, кроме вертикального сверху вниз (18), с содержанием диффузионного водорода, определяемого в соответствии с ИСО 3690, не превышающем 5 мл/100 г наплавленного металла (H5), обозначают:*

*ИСО 2650-В — Е5518 — N2A U H5.*

*Обязательная часть:*

*ИСО 2650-В — Е5518 — N2A, где ИСО 2650-В — обозначение стандарта, классификация по пределу прочности при растяжении и энергии удара 27 Дж;*

*Е — покрытый электрод для ручной дуговой сварки (см. 4.1);*

*55 — предел прочности при растяжении (см. таблицу 1В);*

*18 — тип покрытия основной с железным порошком для сварки на переменном и постоянном токе (+) во всех положениях, кроме вертикального сверху вниз (см. таблицу 4В);*

*N2 — 1 % Ni (по массе) основной легирующий элемент (см. таблицу 3В);*

*Е5518-N2 А — полное описание требований к предельным значениям состава и механическим свойствам (см. таблицы 8В и 10В) в состоянии после сварки;*

*U — дополнительное требование по энергии удара 47 Дж при основной температуре испытания, соответствующей энергии удара 27 Дж;*

*H5 — содержание диффузионного водорода (см. таблицу 7).*

**Приложение А**
**(справочное)**

## Системы классификации

### А.1 ИСО 2560-А

Система классификации ИСО 2560-А для покрытых электродов для нелегированных и мелкозернистых сталей, основанная на пределе текучести и минимальной энергии удара 47 Дж, показана на рисунке А.1.

### А.2 ИСО 2560-В

Система классификации ИСО 2560-В для покрытых электродов для нелегированных и мелкозернистых сталей, основанная на пределе прочности на растяжение и минимальной энергии удара 27 Дж, показана на рисунке А.2.

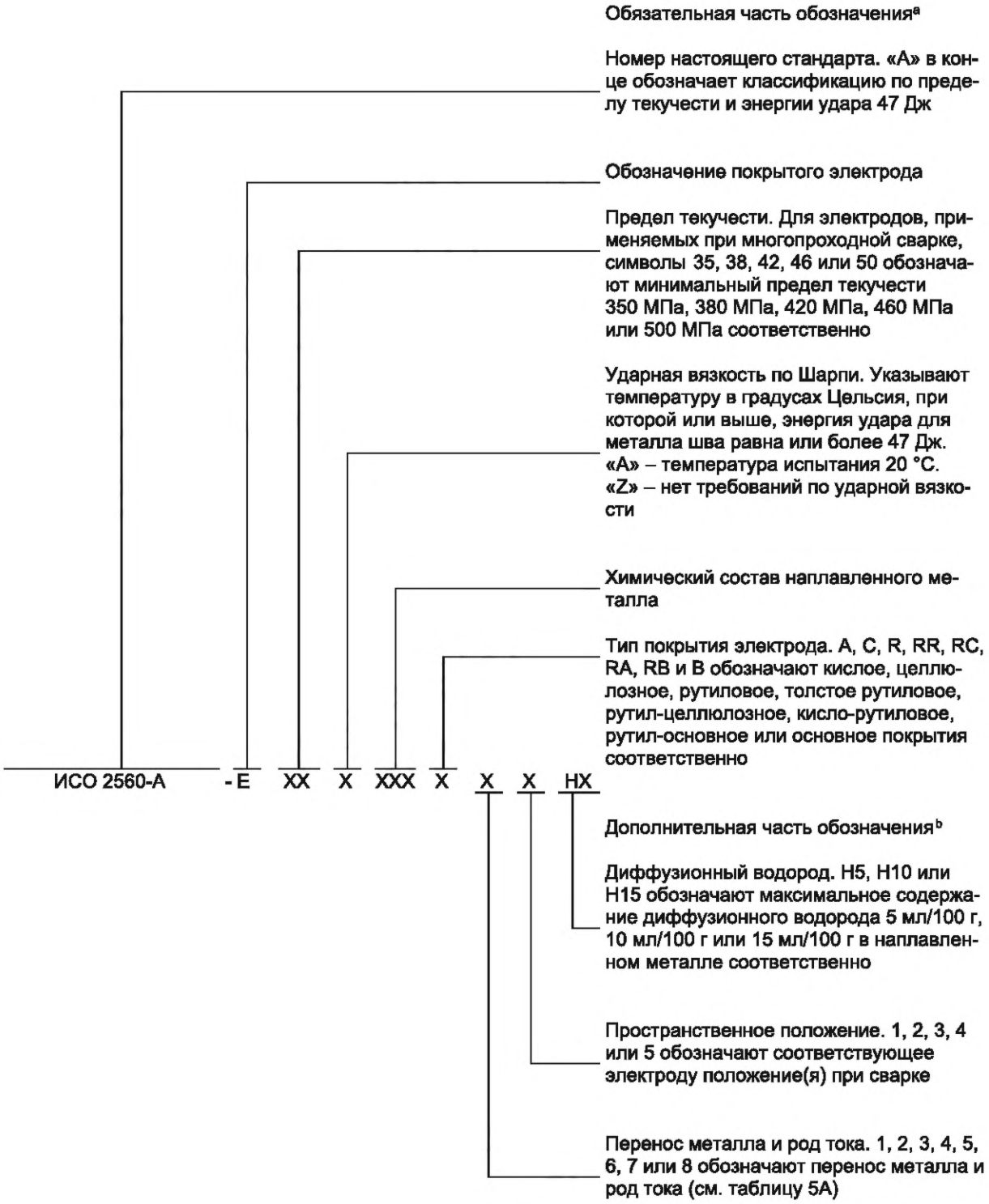



Рисунок А.1 — Обозначение электродов по ИСО 2560-А (классификация по пределу текучести и энергии удара 47 Дж)

[a] Совокупность обозначений составляет классификацию покрытых электродов.

[b] Обозначения необязательные и не являются составляющей частью классификации покрытых электродов.

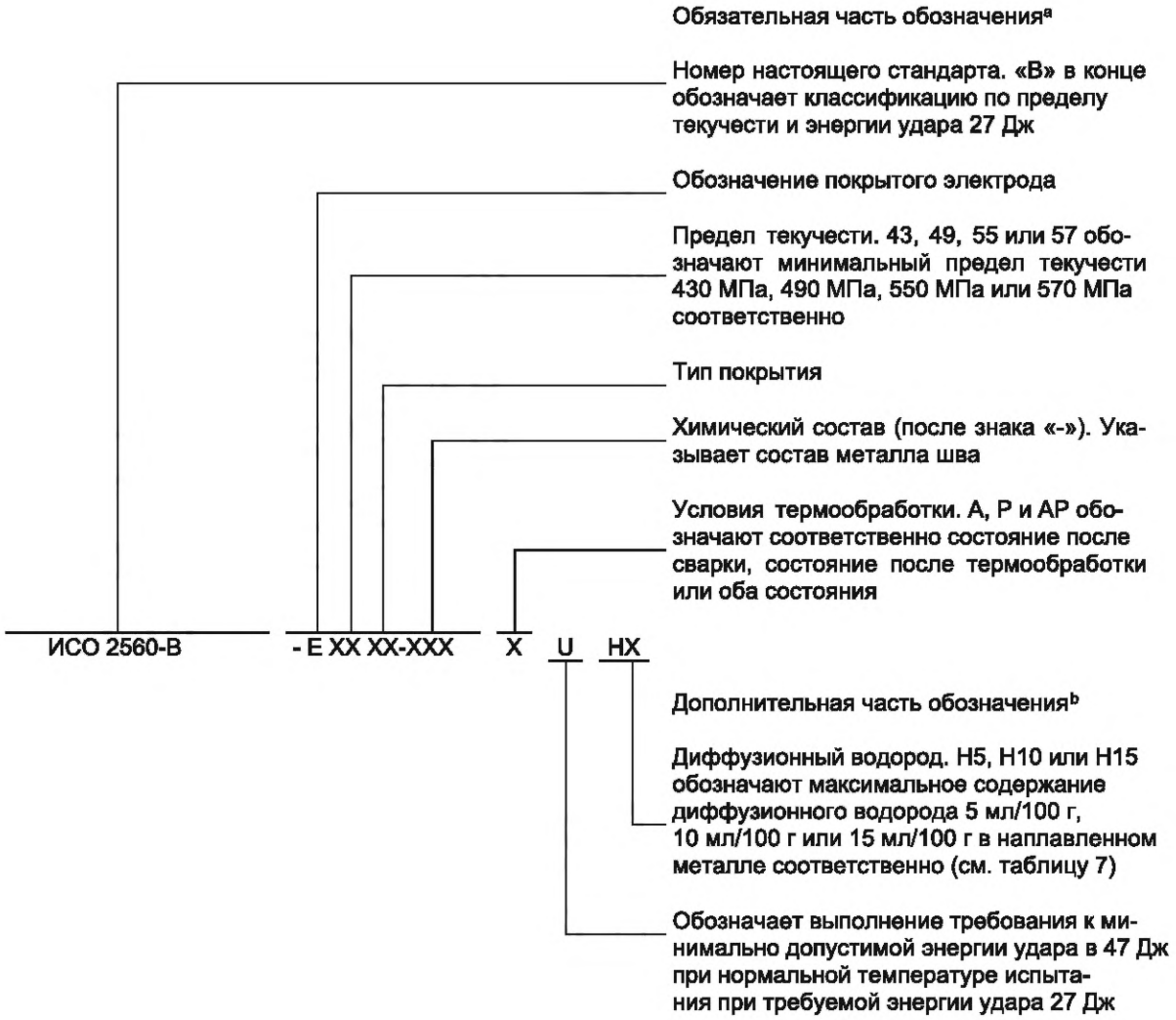



Рисунок А.2 — Обозначение электродов по ИСО 2560-В (классификация по пределу прочности при растяжении и энергии удара 27 Дж)

[a] Совокупность обозначений составляет классификацию покрытых электродов.

[b] Обозначения необязательные и не являются составляющей частью классификации покрытых электродов.

**Приложение В**
**(справочное)**

## Описание типов покрытия электродов. Классификация по пределу текучести и энергии удара 47 Дж

### В.1 Общие положения

Сварочно-технологические свойства покрытого электрода и механические свойства металла шва существенно зависят от его покрытия. Однородная смесь веществ покрытия, как правило, содержит следующие шесть основных компонентов:

- шлакообразующие материалы;
- раскислители;
- защитные газообразующие материалы;
- ионизирующие вещества;
- связующие вещества;
- легирующие элементы (при необходимости).

Кроме того, для увеличения эффективности электрода может быть добавлен железный порошок (см. 5.6А), который может оказывать влияние на свойства в зависимости от положения при сварке.

Термин «толстое покрытие» подразумевает покрытие, у которого отношение диаметра покрытия к диаметру электродного стержня больше или равно 1,6.

### В.2 Электроды с кислым покрытием

Покрытие этого типа характеризуется большим содержанием оксида железа и, как следствие, высокой окислительной способностью по отношению к раскислителям (ферромарганец). В электродах с толстым покрытием кислый шлак обеспечивает мелкокапельный перенос и формирует плоские и гладкие сварные швы. Электроды с кислым покрытием имеют ограниченное применение для различных положений при сварке и более подвержены кристаллизационным трещинам, чем другие типы.

### В.3 Электроды с целлюлозным покрытием

Электроды этого типа содержат большое количество горючих органических веществ, особенно целлюлозу. Благодаря глубоко проникающей дуге электроды с таким покрытием особенно пригодны для положения при сварке вертикального сверху вниз.

### В.4 Электроды с рутиловым покрытием

Электроды этого типа покрытия обеспечивают крупнокапельный перенос металла, благодаря чему они подходят для сварки листового металла. Электроды рутилового типа применяют для всех положений при сварке, за исключением вертикального сверху вниз.

### В.5 Электроды с рутиловым толстым покрытием

Электроды этого типа имеют отношение диаметра покрытия к диаметру стержня больше или равное 1,6. Характерными особенностями являются высокое содержание рутила в покрытии, хорошие характеристики повторного возбуждения дуги и равномерные мелкочешуйчатые сварные швы.

### В.6 Электроды с рутил-целлюлозным покрытием

Состав покрытия этих электродов аналогичен составу электродов с рутиловым типом покрытия, но содержит большее количество целлюлозы. Электроды с этим типом покрытия применяют для положения при сварке вертикального сверху вниз.

### В.7 Электроды с кисло-рутиловым покрытием

Сварочные характеристики электродов с покрытием смешанного типа сопоставимы с электродами, имеющими кислое покрытие.

Однако в покрытии этих электродов существенная часть оксида железа заменена рутилом. Поэтому эти электроды, имеющие в основном толстое покрытие, применяют для всех положений при сварке, кроме вертикального сверху вниз.

### В.8 Электроды с рутил-основным покрытием

Характерными особенностями этого типа покрытия являются большое количество рутила и увеличенное содержание компонентов основного вида. Такие электроды, имеющие в основном толстое покрытие, характеризу-

ются высокими механическими свойствами. Они обладают одинаково хорошими сварочно-технологическими свойствами для всех положений при сварке, кроме вертикального сверху вниз.

### B.9 Электроды с основным покрытием

Характерной особенностью толстого покрытия этих электродов является содержание большого количества карбонатов щелочноземельных металлов, например мрамора (карбоната кальция), а также плавикового шпата (фтористого кальция). Для улучшения сварочно-технологических свойств может потребоваться более высокая концентрация компонентов неосновного вида (например, рутила и/или кварца), особенно при сварке на переменном токе.

Электроды с основным покрытием имеют два отличительных свойства:

а) энергия удара металла шва, выполненного этими электродами, выше, особенно при низких температурах;

б) металл шва обладает более высокой стойкостью против образования трещин, чем выполненный электродами других типов.

Стойкость сварных швов против образования кристаллизационных трещин обусловлена высокой металлургической чистотой металла шва, а низкая вероятность образования холодных трещин при использовании просушенных электродов обусловлена низким содержанием водорода. Она ниже, чем при использовании электродов всех других типов, и не должна превышать допустимый верхний предел HD = 15 мл/100 г наплавленного металла.

Как правило, электроды с основным типом покрытия применяют для всех положений при сварке, за исключением вертикального сверху вниз. Электроды с основным типом покрытия, специально предназначенные для сварки в вертикальном положении сверху вниз, имеют особый состав шлака.

**Приложение С**
**(справочное)**

## Описание типов покрытия электродов. Классификация по пределу прочности при растяжении и энергии удара 27 Дж

### С.1 Общие положения

Сварочно-технологические свойства покрытого электрода и механические свойства металла шва существенно зависят от его покрытия. Однородная смесь веществ покрытия, как правило, содержит следующие шесть основных компонентов:

- шлакообразующие материалы;
- раскислители;
- защитные газообразующие материалы;
- ионизирующие вещества;
- связующие вещества;
- легирующие элементы (при необходимости).

Кроме того, для увеличения эффективности электрода может быть добавлен железный порошок (см. 4.6А), который может оказывать влияние на свойства в зависимости от положения при сварке.

Некоторые марки электродов, которые пригодны для сварки, как на переменном, так и на постоянном токе (одной или обеих полярностей), могут быть оптимизированы производителем для конкретного рода тока в зависимости от требований рынка.

### С.2 Покрытие типа 03

Электроды этого типа содержат смесь диоксида титана (рутила) и карбоната кальция (мрамора), поэтому электроды этого типа обладают некоторыми характеристиками рутиловых электродов и электродов с основным покрытием (см. С.6 и С.9).

### С.3 Покрытие типа 10

Электроды этого типа содержат большое количество горючих органических веществ, в особенности целлюлозу. Благодаря глубоко проникающей дуге электроды с таким покрытием особенно подходят для сварки в вертикальном положении сверху вниз. Дуга стабилизируется в первую очередь за счет натрия, поэтому эти электроды преимущественно применяют для сварки на постоянном токе и, как правило, обратной полярности.

### С.4 Покрытие типа 11

Электроды этого типа содержат большое количество горючих органических веществ, в особенности целлюлозу. Благодаря глубоко проникающей дуге, электроды с таким покрытием особенно подходят для сварки в вертикальном положении сверху вниз. Дуга стабилизируется в первую очередь за счет присутствия калия, поэтому эти электроды применяют для сварки как на переменном, так и на постоянном токе обратной полярности.

### С.5 Покрытие типа 12

Электроды этого типа содержат большое количество диоксида титана (обычно в форме минерала рутила). Электроды с таким покрытием обеспечивают мягкую дугу, их применяют для широких корневых швов в условиях некачественного монтажа.

### С.6 Покрытие типа 13

Электроды этого типа содержат большое количество диоксида титана (рутила) и сильно стабилизированы калием. Электроды с таким покрытием обеспечивают мягкую спокойную дугу на более низких токах, чем электроды с покрытием типа 12, и особенно пригодны для сварки листового металла.

### С.7 Покрытие типа 14

Электроды этого типа подобны электродам с покрытиями 12 и 13 типов, но имеют небольшие добавки железного порошка. Железный порошок позволяет увеличивать ток и повышать производительность наплавки. Электроды этого типа применяют при всех положениях при сварке.

### С.8 Покрытие типа 15

Электроды этого типа имеют высокоосновное покрытие и содержат большое количество мрамора и фтористого кальция (плавиковый шпат). Стабилизация дуги обеспечивается в основном за счет присутствия натрия, и электроды этого типа обычно применяют при постоянном токе обратной полярности. Электроды с таким покрытием обеспечивают металл шва высокого металлургического качества с низким содержанием диффузионного водорода.

### С.9 Покрытие типа 16

Электроды этого типа имеют высокоосновное покрытие, состоящее в основном из мрамора и фтористого кальция (плавиковый шпат). Стабилизация дуги обеспечивается калием, что позволяет использовать эти электроды для сварки на переменном токе. Электроды с таким покрытием обеспечивают металл шва высокого металлургического качества с низким содержанием диффузионного водорода.

### С.10 Покрытие типа 18

Электроды этого типа подобны электродам с покрытием типа 16, за исключением того, что они имеют несколько бо́льшую толщину покрытия с добавлением железного порошка. Железный порошок позволяет увеличивать ток и повышать производительность наплавки по сравнению с электродами с покрытием типа 16.

### С.11 Покрытие типа 19

Электроды этого типа содержат оксиды титана и железа, обычно объединенные в виде минерала ильменита. Хотя электроды с таким типом покрытия не являются низководородными основными, они обеспечивают получение металла шва с относительно высокой ударной вязкостью.

### С.12 Покрытие типа 20

Электроды этого типа содержат большое количество оксида железа. Шлак очень жидкотекучий, поэтому сварка электродами с таким типом покрытия возможна только в нижнем и горизонтальном положениях. Электроды предназначены в первую очередь для сварки тавровых и нахлесточных соединений.

### С.13 Покрытие типа 24

Электроды этого типа подобны электродам с покрытием типа 14, за исключением того, что это покрытие более толстое и содержит большую долю железного порошка. Как правило, их применяют для сварки в нижнем и горизонтальном положениях. Основная область применения — тавровые и нахлесточные соединения.

### С.14 Покрытие типа 27

Электроды этого типа подобны электродам с покрытием типа 20, за исключением того, что покрытие более толстое и содержит большое количество железного порошка в дополнение к оксиду железа покрытия типа 20. Электроды с покрытием типа 27 предназначены для сварки с большой скоростью тавровых и нахлесточных соединений.

### С.15 Покрытие типа 28

Электроды этого типа покрытия подобны электродам с покрытием типа 18, за исключением того, что покрытие более толстое и содержит большое количество железного порошка. В связи с этим их применение обычно ограничено нижним и горизонтальным положениями. Электроды обеспечивают металл шва высокого металлургического качества при низком содержании водорода.

### С.16 Покрытие типа 40

Электроды с таким типом покрытия, в отличие других, не могут быть классифицированы по настоящим техническим требованиям. Их изготавливают по специальным требованиям потребителя. Положение при сварке определяют по согласованию поставщика и потребителя. Конкретным примером может служить электрод, специально разработанный для сварки внутри отверстий (заварка отверстий) или пазов. Так как покрытие типа 40 не является специфическим, электроды с покрытиями такого типа могут значительно отличаться друг друга.

### С.17 Покрытие типа 45

Электроды этого типа подобны электродам с покрытием типа 15, за исключением того, что покрытие специально предназначено для сварки в вертикальном положении сверху вниз.

### С.18 Покрытие типа 48

Электроды этого типа подобны электродам с покрытием типа 18, за исключением того, что покрытие специально разработано для сварки в вертикальном положении сверху вниз.

**Приложение D**
**(справочное)**

## Примечания по диффузионному водороду и предотвращению образования холодных трещин

При допущении, что внешние условия являются удовлетворительными (зона сварки чистая и сухая), водород переходит в металл сварного шва из водородосодержащих химических веществ в сварочных материалах и из окружающего воздуха. При использовании электродов с основным покрытием, где главным источником водорода является вода, содержащаяся в покрытии, диссоциация воды в дуге вызывает повышение содержания атомарного водорода, который поглощается металлом сварного шва. Для данного материала и напряженного состояния опасность образования холодных трещин снижается с уменьшением содержания водорода в металле сварного шва.

При понижении содержания диффузионного водорода в шве до допустимого уровня для предотвращения образования трещин используются предварительный подогрев соединения до заданной температуры и сопутствующий подогрев при температуре не ниже заданной. Допустимый уровень водорода зависит от конкретных условий применения электродов. Для обеспечения этого уровня должны выполняться условия транспортирования, хранения и прокалки, рекомендуемые производителем электродов.

Для испытания партии электродов могут использоваться и другие методы сбора и измерения диффузионного водорода, если они имеют такую же воспроизводимость и калиброваны по методу, приведенному в ИСО 3690. Содержание диффузионного водорода в металле шва зависит от рода тока.

Трещины в сварных соединениях могут быть вызваны диффузионным водородом или в значительной мере определяться его влиянием. Такие трещины в основном развиваются после охлаждения соединения и поэтому названы холодными трещинами. При сварке углеродистых марганецсодержащих сталей наиболее вероятно образование трещин в зоне термического влияния. Эти трещины располагаются приблизительно параллельно границе сплавления. Опасность образования трещин, вызванных диффузионным водородом, растет с увеличением количества легирующих элементов и уровня напряжений. С увеличением количества легирующих элементов более вероятным местом образования трещин становится металл шва. В этом случае трещины ориентированы в основном перпендикулярно к направлению сварки и поверхности основного металла.

**Приложение ДА**
**(справочное)**

## Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным и межгосударственным стандартам

Таблица ДА.1

| Обозначение ссылочного международного стандарта | Степень соответствия | Обозначение и наименование соответствующего национального, межгосударственного стандарта |
|---|---|---|
| ISO 544 | IDT | ГОСТ Р ИСО 544—2021 «Материалы сварочные. Технические условия поставки присадочных материалов и флюсов. Тип продукции, размеры, допуски и маркировка» |
| ISO 2401 | IDT | ГОСТ Р ИСО 2401—2023 «Материалы сварочные. Электроды покрытые. Определение эффективности, коэффициента использования и коэффициента наплавки» |
| ISO 3690 | MOD | ГОСТ 34061—2017 (ISO 3690:2012) «Сварка и родственные процессы. Определение содержания водорода в наплавленном металле и металле шва дуговой сварки» |
| ISO 6847 | IDT | ГОСТ Р ИСО 6847—2023 «Материалы сварочные. Наплавка металла для химического анализа» |
| ISO 6947 | IDT | ГОСТ Р ИСО 6947—2022 «Сварка и родственные процессы. Положения при сварке» |
| ISO 14344 | — | * |
| ISO 15792-1 | IDT | ГОСТ Р ИСО 15792-1—2009 «Материалы сварочные. Методы испытаний. Часть 1. Методы испытаний образцов наплавленного металла из стали, никеля и никелевых сплавов» |
| ISO 15792-3 | IDT | ГОСТ Р ИСО 15792-3—2010 «Материалы сварочные. Методы испытаний. Часть 3. Классификационные испытания сварочных материалов по положению сварки и глубине проплавления корня углового шва» |
| ISO 80000-1 | — | * |

* Соответствующий межгосударственный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта.

Примечание — В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты;
- MOD — модифицированные стандарты.

## Библиография


[1] ISO 13916 Welding — Measurement of preheating temperature, interpass temperature and preheat maintenance temperature

[2] EN 499:1994[1)] Welding consumables — Covered electrodes for manual metal arc welding of non-alloy and fine grain steels — Classification


[1)] Заменен на настоящий стандарт.


УДК 621.791:006.354 ОКС 25.160.20

Ключевые слова: сварочные материалы, электроды покрытые, ручная дуговая сварка, нелегированные и мелкозернистые стали, классификация электродов, химический состав

Редактор *В.Н. Шмельков*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 31.07.2023. Подписано в печать 04.08.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,18. Уч.-изд. л. 2,82.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

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


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

gost.e-ecolog.ru