

БРЯНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ
АКАДЕМИЯ

Кафедра технологии материалов, надежности, ремонта
машин и оборудования

**МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РУЧНОЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ
СВАРКИ И НАПЛАВКИ СТАЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ
ПЛАВЯЩИМИСЯ ЭЛЕКТРОДАМИ**

БРЯНСК – 2010

УДК 621.785.004.6(3)

Михальченков А.М., Будко С.И. **Материалы для ручной электродуговой сварки и наплавки стальных деталей плавящимися электродами.** Методическое указание к практической работе и выполнению дипломного проекта. – Брянск: Издательство Брянской ГСХА, 2010 г., 25 стр.

Рецензент д.т.н., профессор кафедры ТОЖиПП Купреенко А.И.

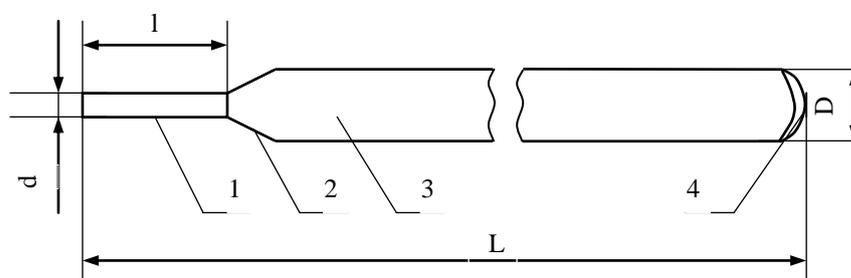
Материалы для ручной электродуговой сварки и наплавки стальных деталей плавящимися электродами

Цель работы: Изучить материалы, применяемые для электродуговой сварки и наплавки при восстановлении деталей, научиться правильно выбирать электродный материал в соответствии с материалом и условиями работы изделия

Краткие теоретические сведения

Электрод (сварочный, наплавочный) – изделие из электропроводного материала для подвода тока в место сварки, наплавки, резки.

Металлические электроды для сварки и наплавки представляют собой прутки из проволоки, называемый стержнем электрода, на который нанесен слой покрытия методом опрессовки или окунания (рисунок 1).



1-стержень; 2-участок перехода; 3-покрытие; 4-контактный торец без покрытия; d - диаметр стержня; D - диаметр покрытия; L - длина электрода; l - вылет стержня

Рисунок 1 - Электрод

Классификация

Установленными в России стандартами предусмотрена следующая классификация сварочных и наплавочных материалов с учетом совокупности

признаков:

1. По назначению
2. По типам
3. По стандартам и техническим условиям
4. По толщине покрытия
5. По видам покрытия
6. По допустимым пространственным положениям сварки
7. По роду и полярности применяемого тока и по номинальному напряжению холостого хода, используемого источника сварочной дуги переменного тока

1 По назначению:

- для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву до 60 кгс/мм² (600 МПа) – У (буква - условное обозначение);
- для сварки легированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву свыше 60 кгс/мм² (600 МПа) – Л;
- для сварки легированных теплоустойчивых сталей – Т;
- для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами – В;
- для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами – Н.

2 По типу

- ГОСТ 9467-75 «Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей»
- ГОСТ 10051-75 «Электроды покрытые металлические для ручной дуговой наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами»
- ГОСТ 10052-75 «Электроды покрытые для ручной сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами»

3 По стандартам и техническим условиям. Каждому типу электродов может соответствовать одна или несколько марок. В ряде случаев допускается подразделение электродов на марки по действующим паспортам.

4 По толщине покрытия в зависимости от отношения $\frac{D}{d}$ (D – диаметр покрытия, d – диаметр электрода, определяемый диаметром стержня).

Электроды подразделяются:

- с тонким покрытием ($\frac{D}{d} \leq 1,20$) – М;
- со средним покрытием ($1,20 < \frac{D}{d} \leq 1,45$) – С;
- с толстым покрытием ($1,45 < \frac{D}{d} \leq 1,80$) – Д;
- с особо толстым покрытием ($\frac{D}{d} > 1,80$) – Г.

5 По видам покрытия электроды подразделяются:

- А - с кислым покрытием;
- Б - с основным покрытием;
- Ц - с целлюлозным покрытием;
- Р - с рутиловым покрытием;
- П - прочие виды покрытий.

6 По допустимым пространственным положениям сварки или наплавки электроды подразделяются:

- для всех положений – 1;
- для всех положений, кроме вертикального сверху вниз – 2;
- для нижнего, горизонтального на вертикальной плоскости и вертикального снизу вверх – 3;
- для нижнего и нижнего в лодочку – 4

7 По роду и полярности применяемого при сварке или наплавке тока, а также по номинальному напряжению холостого хода используемого источника питания сварочной дуги переменного тока частотой 50 Гц электроды подразделяются в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 – Классификация электродов по роду и полярности тока

Рекомендуемая полярность постоянного тока	Напряжения холостого хода источника переменного тока, В		Обозначения
	Номин.	Пред. откл.	
Обратная			0
Любая	50	±5	1
Прямая			2
Обратная			3
Любая	70	±10	4
Прямая			5
Обратная			6
Любая	90	±15	7
Прямая			8
Обратная			9

Примечание. Цифрой 0 обозначают электроды, предназначенные для сварки или наплавки только на постоянном токе обратной полярности.

Размеры электродов с учетом отклонений должны соответствовать указанным в ГОСТ 9466 - 75.

От химического состава стержня и покрытия электродов зависят состав и механические свойства наплавленного металла, технологический режим наплавки. Поэтому в ряде случаев наплавочные материалы характеризуются химическим составом наплавленного металла.

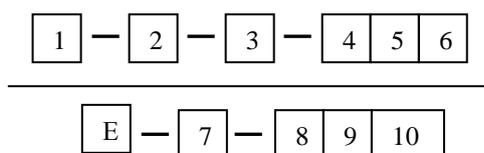
(Имеет место условная классификация износостойких наплавочных материалов, применяемых при механизированной и ручной электродуговой наплавке).

Анализ данных, согласно вышеперечисленным классификациям с использованием справочных материалов позволяет технически грамотно вы-

брать состав, структуру и свойства наплавленного металла, тип и марку электродов при электродуговой сварке и наплавке для определенных условий эксплуатации деталей, изготовленных из различных материалов.

Обозначение. Условное обозначение электродов должно соответствовать ГОСТ 9466 - 75. При этом группа индексов, указывающих характеристики наплавленного металла, должна состоять из двух частей. Первая часть указывает среднюю твердость наплавленного металла по Виккерсу и Роквеллу. Вторая часть индексов указывает, что твердость наплавленного металла обеспечивается без термической обработки после наплавки - 1 или после термической обработки - 2. Например, электроды марки ОЗН-300У типа Э-11ГЗ, обеспечивающие среднюю твердость наплавленного металла HB300 (HRC32, HV300) без термической обработки после наплавки; 300/32-1. Если паспорт или технические условия на электроды конкретной марки устанавливают твердость наплавленного металла как без термической обработки после наплавки, так и после термической обработки или после термической обработки по различным режимам; то группа индексов дополняется соответствующими парами индексов, указываемыми в скобках.

Структура условного обозначения электродов:



1 — тип; 2 — марка; 3 — диаметр стальной про волоки; 4— назначение; 5— толщина покрытия; 6— группа электродов; 7— группа индексов, указывающих характеристики наплавляемого металла шва; 8— вид покрытия; 9 - допустимые пространственные положения сварки; 10— род применяемого тока при сварке и его полярность

Например, электрод $\frac{\text{Э} - 46A - \text{УОНИИ} - 13 / 45 - 3,0 - \text{УД} 2}{E432(5) - B10}$

- расшифровывают следующим образом:

Э-46А

Э — электрод сварочный,

46 — минимальный гарантируемый предел прочности металла шва на растяжение, кгс/мм² (460 МПа),

А — гарантируется получение повышенных пластических свойств металла шва;

УОНИИ-13/45 — марка; 3,0 — диаметр стальной проволоки, мм;

У — электроды для сварки углеродистых сталей;

Д2 — с толстым покрытием второй группы;

Е432 — характеризует наплавленный металл шва, где

43 — временное сопротивление разрыву не менее 430 МПа,

2 — относительное удлинение не менее 22 % и (5) — ударная вязкость не менее 34,5 Дж/см² при температуре минус 40 °С;

Б — основное покрытие; 1 — для сварки во всех пространственных положениях; 0 — на постоянном токе обратной полярности.

Поставка. Электроды поставляют в водонепроницаемой упаковке, транспортируют и хранят в условиях, обеспечивающих сохранность упаковки. Для электродов диаметром более 4 мм масса пачки не должна превышать 8 кг. Партия электродов должна сопровождаться сертификатом, подтверждающим соответствие их требованиям стандарта или технических условий.

Выбор электродного материала. В основу выбора электродного материала положены условия эксплуатации и назначение детали. При ремонте разрушенных конструкций сельскохозяйственной техники применяют две группы электродов (ГОСТ 9467-75 и ГОСТ 10055-75), позволяющих устранить трещины с обеспечением необходимой прочности сварного соединения. Поэтому основным критерием в данном случае служит предел прочности сварного соединения.

Наличие в сельскохозяйственном производстве тепловых установок обусловило применение электродов для устранения дефектов деталей, изго-

товленных из теплоустойчивых сталей. (ГОСТ 9467-75)

Трещины в деталях из легированных сталей устраняют электродами для дуговой сварки высоколегированных сталей в связи со спецификой их строения.

В группу электродов (ГОСТ 10052-75) для наплавки входят электроды, предназначенные для ручной дуговой наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами (кроме электродов для наплавки слоев из цветных металлов). Электроды изготавливают и поставляют в соответствии с требованиями ГОСТ 9466-75 и ГОСТ 10051-75. В зависимости от принятой системы легирования и условий работы получаемого наплавленного металла электроды для наплавки могут быть условно разделены на следующие 6 групп (таблицы 6, 7, 8).

Для наплавочных работ в некоторых случаях также используют сварочные электроды, например, электроды, предназначенные для сварки высоколегированных коррозионно-стойких, жаростойких и жаропрочных сталей.

Наплавленный металл многих электродов регламентируется техническими условиями предприятий-изготовителей. Основной его характеристикой является твердость.

Определение режима сварки и наплавки

Основными параметрами режима ручной дуговой сварки являются: диаметр электрода – $d_{\text{Э}}$, мм; сила сварочного тока – $I_{\text{СВ}}$, А; напряжение на дуге – $U_{\text{д}}$, В; скорость сварки – $v_{\text{СВ}}$, м/ч; полярность сварочного тока – прямая, обратная. Прямая (+ на деталь, – на электрод), обратная (+ на электрод, – на деталь). Полярность как параметр режима имеет место в случае сварки постоянным током.

Диаметр электрода перед сваркой выбирается, исходя из толщины свариваемых изделий. Формула для расчета диаметра имеет следующий вид

$$d_{\text{Э}} = \frac{S}{2} + 1, \quad (1)$$

где S – толщина пластин, мм.

Однако накопленный опыт сварки позволяет рекомендовать более конкретные данные (таблица 2).

Таблица 2 - Связь толщины свариваемого изделия с диаметром электрода

Толщина свариваемых изделий, мм	1,5	2	2...5	5...10	Свыше 10
Диаметр электрода, мм	1,6	2	2,5...4	4...6	4...8

Сила сварочного тока является основным параметром режима сварки. Ток выбирается в зависимости от принятого диаметра и типа электрода, т.е. с учетом электродного материала

$$I_{CB} = k \cdot d_{\text{Э}}, \quad (2)$$

где k – коэффициент плотности тока, А/мм ($k = 40 \dots 60$ А/мм – для электродов со стержнем из низкоуглеродистой стали; $k = 35 \dots 40$ А/мм – для электродов со стержнем из высоколегированной стали).

Применительно к низкоуглеродистым сталям для определения силы тока рекомендуется применять эмпирическую формулу академика К.К. Хренова.

$$I_{CB} = (20 + 6 \cdot d_{\text{Э}}) \cdot d_{\text{Э}}, \quad (3)$$

В случае толщины свариваемого материала меньше $1,5d_{\text{Э}}$ рекомендуется уменьшить силу тока на 10...15 %, а при толщине металла более $3d_{\text{Э}}$ увеличить на 10...15 % по сравнению с расчетным значением.

При сварке в вертикальной плоскости силу тока уменьшают на 10...15 %, в потолочном положении – на 15...20 % с целью уменьшения стекания металла из расплавленной ванночки.

Напряжение на дуге складывается из суммы падения напряжения на электродах и падения напряжения на длине столба дуги

$$U_{\text{д}} = U_{\text{ак}} + U_{\text{дм}} \cdot L_{\text{д}}, \quad (4)$$

где $U_{\text{ак}}$ – падение напряжения в анодной и катодной областях дуги, В;
 $(U_{\text{ак}} = 10 \dots 12 \text{ В})$;

$U_{\text{дм}}$ – падение напряжения на 1 мм длины дуги, В/мм; $(U_{\text{дм}} = 2 \dots 3 \text{ В/мм})$;

$L_{\text{д}}$ – длина дуги, мм.

Длина дуги определяется из выражения:

$$L_{\text{д}} = 0,5 \cdot (d_{\text{э}} + 2) . \quad (5)$$

Скорость сварки – это отношение длины шва ко времени, необходимому для получения шва определенной ширины, м/ч.

$$V_{\text{св}} = \frac{L_{\text{ш}}}{t_{\text{о}}}, \quad (6)$$

где $L_{\text{ш}}$ – длина шва, м;

$t_{\text{о}}$ – время горения дуги, ч.

Необходимо отметить, что производство наплавочных работ часто требует применения специальной технологии, которая - в зависимости от химического состава и состояния основного и наплавляемого металлов - может включать обязательное выполнение таких операций, как предварительный и сопутствующий подогрев, термическую обработку для получения заданных эксплуатационных свойств наплавляемой поверхности.

Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с методическими указаниями
- 2 По варианту выданному преподавателем выполнить задание (Приложения, таблица 1)
 - 2.1 Определить марку материала детали (справочная литература)
 - 2.2 Охарактеризовать условия работы
 - 2.3 Выбрать тип и марку электрода (Приложения, таблицы 2, 7, 8. При определении марки воспользоваться информацией заводов изготовителей, представленной в Интернете либо на упаковках электродов)
 - 2.4 Раскрыть маркировку электрода
 - 2.5 Дать химический состав электрода (Приложения, таблицы 3, 4, 5)
 - 2.6 Привести механические свойства шва, сварочного соединения, наплавленного металла и его химический состав (Приложения, таблицы 3, 4, 5, 6, 7, 9)
 - 2.7 Рассчитать параметры режима сварки или наплавки (формулы 1, 2, 3, 4, 5, 6)

Содержание отчета

- 1 Данные варианта задания
- 2 Описание условий работы детали и марки материала
- 3 Обоснование выбора электродного материала, его маркировка, химический состав и свойства
- 4 Диаметр электрода и сила сварочного тока

Контрольные вопросы

- 1 Понятие сварочный, наплавочный электрод
- 2 Строение электрода
- 3 Общая система классификации сварочных и наплавочных материалов
- 4 Классификация электродов по назначению

- 5 Классификация электродов по типу
- 6 Классификация электродов по стандартам и техническим условиям
- 7 Классификация электродов по толщине покрытия
- 8 Классификация электродов по видам покрытий
- 9 Классификация электродов по допустимым пространственным положениям сварки и наплавки
- 10 Классификация электродов по роду и полярности применяемого при сварке или наплавке тока
- 11 Условия поставки электродов
- 12 Факторы, определяющие выбор электродного материала
- 13 Что должно обеспечиваться при заваривании трещин
- 14 Механические свойства при восстановлении деталей наплавкой
- 15 Условия выбора диаметра электрода при сварке и наплавке
- 16 Как определить силу сварочного тока?
- 17 Дополнительные операции при наплавочных работах

Литература

1. Политехнический словарь.-3-е изд.- М.: Сов. энциклопедия. 1989.- 656 с., ил.
2. ГОСТ 9466-75
3. ГОСТ 10051-75
4. ГОСТ 10052-75

Таблица 1 – Варианты заданий

№ вар.	Деталь	Дефект	№ вар.	Деталь	Дефект
1	Лемех плужного корпуса	Трещина	14	Вал промежуточный МТЗ	Износ посадочных мест
2	Лемех плужного корпуса для вспашки каменистых почв	Отсутствие износостойкого слоя на носке	15	Вилка переключения передач	Несквозная трещина
3	Лемех плужного корпуса	Лучевидный износ с эллипсоидным профилем		Отвалы бульдозеров	Износ рабочей поверхности отвала
4	Отвал корпуса плуга	Сквозное протирание в области носка	17	Зубья ковш экскаваторов погрузочных машин	Износ
5	Отвал корпуса плуга	Поломка крыла отвала	18	Опорный каток трактора ДТ-75М	Износ опорной поверхности
6	Барабаны - битеры навозоразбрасывателей	Отрыв лопаток	19	Ведущие и натяжные колеса экскаваторов серии Э и ЭО	Износ зубьев
7	Спинка ножа режущего аппарата	Поломка	20	Звенья гусениц экскаваторов серии Э и ЭО	Износ посадочных отверстий под пальцы и втулки
8	Корпус коробки перемены передач МТЗ	Трещина не проходящая через посадочные отверстия	21	Звенья гусениц экскаваторов серии Э и ЭО	Износ беговых дорожек
9	Балка мотовила	Трещины и отрывы	22	Ковш экскаватора ЭО	Износ передней кромки
10	Шнеки молотилок	Излом валов	23	Ножи автогрейдера	Износ режущей кромки
11	Шнеки молотилок	Нарушение сварочных швов крепления спирали	24	Зубья ковшей погрузчиков серии ПФ	Износ зубьев ковша
12	Наклонная камера	Трещины и местные разрушения днища			

Таблица 2 – Типы электродов для сварки конструкционных и теплоустойчивых

сталей

Тип электрода	Назначение
Э38, Э42, Э46, Э50	для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву до 50 кгс/мм ²
Э42А, Э46А, Э50А	для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву до 50 кгс/мм ² , когда к металлу сварных швов предъявляют повышенные требования по пластичности и ударной вязкости
Э55, Э60	для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву свыше 50 до 60 кгс/мм ²
Э70, Э85, Э100, Э150	для сварки легированных конструкционных сталей повышенной и высокой прочности с временным сопротивлением разрыву свыше 60 кгс/мм ²
Э-09М, Э-09МХ, Э-09Х1М, Э-05Х2М, Э-09Х2М1, Э-09Х1МФ, Э-10Х1М1НФБ, Э-10Х3М1БФ, Э-10Х5МФ	для сварки легированных теплоустойчивых сталей

Таблица 3 – Механические свойства электродов (для сварки конструкцион-

ных сталей), содержание серы и фосфора в металле шва

Тип электрода	Механические свойства при нормальной температуре					Содержание	
	Металл шва или наплавленного металла			Сварного соединения, выполненного электродами диаметром менее 3 мм			
	Временное сопротивление разрыву σ_B , кгс/мм ²	Относительное удлинение δ , %	Ударная вязкость, кгс м/см ²	Временное сопротивление резанию, кгс/мм ²	Угол загиба	Не более	Не более
				Не менее			
Э38	38	14	3	38	60	0,040	0,045
Э42	42	18	8	42	150		
Э46	46	18	8	46	130		
Э50	50	16	7	50	120		
Э42А	42	22	15	42	180	0,030	0,035
Э46А	46	22	14	46	180		
Э50А	50	20	13	50	150		
Э55	55	20	12	55	150		
Э60	60	18	10	60	120	-	-
Э70	70	14	6	-	-		
Э85	85	12	5	-	-		
Э100	100	10	5	-	-		
Э125	125	8	4	-	-		
Э150	150	6	4	-	-	-	-

Таблица 5 – Характеристика электродов для ручной дуговой наплавки стальных деталей

Тип электродов	Марка электродов	Химический			
		C	Si	Mn	Cr
Э-10Г2	ОЗН-250У	0,08—0,12	<0,15	2,0—3,3	—
Э-11Г3	ОЗН-300У	0,08—0,13	<0,15	2,8—4,0	—
Э-12Г4	ОЗН-350У	0,09—0,14	<0,15	3,6—4,5	—
Э-15Г5	ОЗН-400У	0,12—0,18	<0,15	4,1—5,2	—
Э-16Г2ХМ	ОЗШ-1	0,12—0,20	0,8—1,3	1,2—2,0	0,9—1,3
Э-30Г2ХМ	НР-70	0,22—0,38	<0,15	1,5-2,0	0,5—1,0
Э-35Г6	ЦН-4	0,25—0,45	<0,60	5,5—6,5	—
Э-37Х9С2	ОЗШ-3	0,25—0,50	1,40—2,80	0,4—1,0	8,0—11,0
Э-70Х3СМТ	ЭН-60М	0,50—0,90	0,80—1,20	0,40—1,00	2,3—3,2
Э-80Х4С	13КН/ЛИВТ	0,70—0,90	1,00—1,50	0,50—1,00	3,5—4,00
Э-95Х7Г5С	12АН/ЛИВТ	0,80—1,10	1,20—1,80	4,00—5,00	6,0—8,0
Э-65Х11Н3	ОМГ-Н	0,50—0,80	<0,30	<0,70	10,0—12,0
Э-24Х12	ЦН-5	0,18—0,30	<0,30	0,40—1,00	10,5—13,0
Э-20Х13	48Ж-1	0,15-0,25'	<0,70	<0,80	12,0—14,0
Э-35Х13В3СФ	Ш-16	0,25—0,45	1,00—1,60	<0,50	10,5—13,5
Э-35Х12Г2С2	НЖ-3	0,25—0,45	1,50—2,50	1,60-2,40	10,5—13,5
Э-100Х12М	ЭН-Х12М	0,85—1,15	<0,50	<0,50	11,0—13,0
Э-120Х12Г2СФ	Ш-1	1,00—1,40	1,00—1,70	1,60—2,40	10,5—13,5
Э-300Х28Н4С4	ЦС-1	2,50—3,40	2,80—4,20	<1,00	25,0—31,0
Э-320Х23С2ГТР	Т-620	2,90—3,50	2,00—2,50	1,00—1,50	22,0—24,0
Э-320Х25С2ГР	Т-590	2,90-3,50	2,00—2,50	1,00—1,50	22,0—27,0
Э-350Х26Г2Р2СТ	Х-5	3,10—3,90	0,60—1,20	1,50—2,50	23,0—29,0
Э-225Х10Г10С	ЦН-11	2,0—2,5	0,5-1,5	8,0—12,0	8,0—12,0
Э-08Х17Н8С6Г	ЦН-6	0,05—0,12	4,8—6,4	1,0—2,0	15,0—18,4
Э-09Х16Н9С5Г2М2ФТ	ВПИ-1	0,06—0,12	4,5-5,3	1,6—2,4	15,0—16,8
Э-09Х31Н8АМ2	УОНИ13/Н1-БК	0,06—0,12	<0,50	<0,4	30,0—33,0
Э-13Х16Н8МС5Г4Б	ЦН-12	0,08—0,18	3,8—5,2	3,0—5,0	14,0—19,0
Э-15Х15Н10С5М3Г	ЦН-18	0,10—0,20	4,8—5,8	1,0—2,0	13,0—17,0
Э-15Х28Н10С3ГТ	ЦН-19	0,10—0,20	2,8—3,8	1,0-2,0	25,0—30,0
Э-15Х28Н10С3М2ГТ	ЦН-20	0,10—0,20	2,5—3,5	1,0—2,0	25,0—30,0
Э-200Х29Н6Г2	ЦН-3	1,60—2,40	0,3—0,6	1,5—3,0	26,0—31,0
Э-30В8Х3	ЦШ-1	0,20—0,40	<0,30	<0,40	2,0—3,5
Э-80В18Х4Ф	ЦИ-1М	0,70—0,90	<0,50	<0,80	3,8—4,5
Э-90В10Х5Ф2	ЦИ-2У	0,80—1,00	<0,40	<0,40	4,0-5,0
Э-30Х5В2Г2СМ	ТКЗ-Н	0,20—0,40	1,0—1,5	1,3—1,8	4,5—5,5
Э-65Х25Г13Н3	ЦНИИН-4	0,50—0,80	<0,80	11,0—14,0	22,0—28,5
Э-105В6Х5М3Ф3	И-1	0,90—1,20	<0,40	<0,50	4,0—5,5
Э-90Х4М4ВФ	ОЗИ-3	0,60—1,20	<0,80	<0,70	2,8—4,3
Э-10М9Н8К8Х2СФ	ОЗШ-4	0,08—0,12	1,2—1,8	0,6—1,2	2,0—2,6
Э-10К15В7М5Х3СФ	ОЗИ-4	0,08—0,12	0,8—1,6	0,3—0,7	2,0—4,2
Э-10К18В11М10Х3СФ	ОЗИ-5	0,08—0,12	0,8—1,6	0,3—0,7	1,8—3,2
Э-110Х14В13Ф2	ВСН-6	0,90—1,30	0,3—0,6	0,5—0,8	12,0—16,0
Э-175В8Х6СТ	ЦН-16	1,60—1,90	0,7-1,5	0,6—1,2	5,0—6,0
Э-190К62Х29В5С2	ЦН-2	1,60—2,20	1,5—2,6	—	26,0—32,0

Продолжение таблицы 5

состав, %	Твердость
-----------	-----------

Ni	Mo	W	V	Ti	др.элементы	HRC
—	—	—	—	—	—	20—28
—	—	—	—	—	—	28—35
—	—	—	—	—	—	35—40
—	—	—	—	—	—	40—44
—	0,7—0,9	—	—	—	—	35—39
—	0,3—0,7	—	—	—	—	37—41
—	—	—	—	—	—	50—57
—	—	—	—	—	—	52—58
—	0,3—0,7	—	—	<0,3	—	(52—60)
—	—	—	—	—	—	52—62
—	—	—	—	—	—	25—32
2,5-3,5	—	—	—	—	—	25—33,
—	—	—	—	—	—	40—48
<0,6	—	—	—	—	—	(33—48)
—	—	2,5—3,5	0,5—1,0	—	—	(54—62)
—	—	—	—	—	—	(50—58)
—	0,4—0,6	—	—	—	—	(53—60)
—	—	—	1,0—1,5	—	—	(54—62)
3,0—5,0	—	—	—	—	—	48—54
—	—	—	—	0,5-1,5	0,5-1,5 B	55—62
—	—	—	—	—	0,5—1,5 B	57—63
—	—	—	—	0,2—0,4	1,8—2,5 B	58—63
—	—	—	—	—	—	40-50
7,0—9,0	—	—	—	—	—	28—37
8,4—9,2	1,8—2,3	—	0,5—0,9	0,1—0,3	—	(29—34)
7,0—9,0	1,8—2,4	—	—	—	0,3—0,4 N	(40—48)
6,5—10,5	3,5—7,0	—	—	—	0,5—1,2Nb	(38—50)
9,0—11,0	2,3—4,5	—	—	—	—	35—45
9,0—11,0	—	—	—	0,1—0,6	—	(35—40)
9,0—11,0	1,0-2,5	—	—	0,1—0,3	—	(40—45)
5,0—8,0	—	—	—	—	—	(40—50)
—	—	7,0—9,0 17—	—	—	—	(40—50)
—	—	19,5	1—1,4	—	—	(57—62)
—	—	8,5—10,5	2,0—2,6	—	—	(57—62)
—	0,4-0,6	1,5—2,5	—	—	—	50—60
2,0—3,5	—	—	—	—	—	23—35
—	2,5—4,0	5,0-6,5	2,0—3,0	—	—	(60—64)
—	2,4—4,6	0,9—1,7	0,6—1,3	—	—	(58—63)
6,5—9,5	7,0—11,0	—	0,3—0,7	—	6,5—9,5 Co	(55—60)
—	3,8—6,2	5,0—8,0	0,5-1,1	—	12,7-16,3 Co	(52—58)
—	7,8—11,2	8,8—12,2	0,4—0,8	—	15,7-19,3 Co	(62—66)
—	—	11,0—15,0	1,4—2,0	—	—	50—55
—	—	—	—	0,4	7,0—8/0 Nb	52—57
—	—	4,0—5,0	—	—	59-65 Co	40—50

Таблица 6 – Группы электродов по условиям работы наплавленного металла

Группы	Условия работы получаемого наплавленного металла
1-я группа	Электроды, обеспечивающие получение низкоуглеродистого низколегированного наплавленного металла с высокой стойкостью в условиях трения металла о металл и ударных нагрузок (по назначению к этой группе относятся некоторые марки электродов 3-ей группы).
2-я группа.	Электроды, обеспечивающие получение среднеуглеродистого низколегированного наплавленного металла с высокой стойкостью в условиях трения металла о металл и ударных нагрузок при нормальной и повышенной температурах (до 600-6500С).
3-я группа.	Электроды, обеспечивающие получение углеродистого, легированного (или высоколегированного) наплавленного металла с высокой стойкостью в условиях абразивного изнашивания и ударных нагрузок
4-я группа.	Электроды, обеспечивающие получение углеродистого высоколегированного наплавленного металла с высокой стойкостью в условиях больших давлений и высоких температур (до 650-8500С).
5-я группа.	Электроды, обеспечивающие получение высоколегированного аустенитного наплавленного металла с высокой стойкостью в условиях коррозионно-эрозионного изнашивания и трения металла о металл при повышенных температурах (до 570-6000С).
6-я группа.	Электроды, обеспечивающие получение дисперсноупрочняемого высоколегированного наплавленного металла с высокой стойкостью в тяжелых температурно-деформационных условиях (до 950-11000С).

Таблица 7 – Назначение наплавочных электродов

Марка электрода	Тип электрода по ГОСТ 10051-75 или тип наплавленного металла	Основное назначение. Твердость наплавленного металла
1	2	3
1-я группа		
ОЗН-300М	11Г3С	Наплавка быстроизнашиваемых деталей из углеродистых и низколегированных сталей (например, валы, оси, автосцепки, крестовины, другие детали автомобильного и железнодорожного транспорта). НВ 270-360
ОЗН-400М	15Г4С	Наплавка быстроизнашиваемых деталей из углеродистых и низколегированных сталей (например, валы, оси, автосцепки, крестовины, другие детали автомобильного и железнодорожного транспорта). НВ 360-430
ОМГ-Н	Э-65Х11НЗ	Наплавка изношенных участков и заварка дефектов литья железнодорожных крестовин и других деталей из стали марки 110Г13Л. HRC 27-35
ЦНИИН-4	Э-65Х25Г13НЗ	Наплавка изношенных участков и заварка дефектов литья железнодорожных крестовин и других деталей из стали типа 110Г13Л. HRC 25-37
2-я группа		
ОЗШ-1	Э-16Г2ХМ	Наплавка молотовых и высадочных штампов. НВ 320-365
УОНИ-13/НЖ	Э-20Х13	Наплавка штампов холодной и горячей (до 400°С) обрезки, быстроизнашиваемых деталей машин и оборудования. HRC 41,5-49,5
ОЗШ-3	Э-37Х9С2 5Х10С3М	Наплавка обрезаемых и вырубных штампов холодной и горячей (до 650°С) штамповки, быстроизнашиваемых деталей машин и оборудования HRC 53-59
ОЗШ-7		Наплавка кузнечно-штамповой оснастки, работающей при температурах до 650°С. HRC >56
ОЗШ-2	10Х5М10В2Ф	Наплавка штампов горячей штамповки. HRC > 57
ЭН-60М	Э-70Х3СМТ	Наплавка штампов всех типов, работающих при температуре до 400°С, быстроизнашиваемых деталей машин и оборудования. HRC 53-61
ОЗИ-3	Э-90Х4М4ВФ	Наплавка штампов холодной и горячей (до 650°С) штамповки, быстроизнашиваемых деталей горнометаллургического и станочного оборудования. HRC 59-64
3-я группа		
ОЗН-6	90Х4Г2СЗР	Наплавка быстроизнашиваемых деталей горнодобывающих и строительных машин и металлургического оборудования. HRC >58
ОЗН-7	75Х5Г4СЗРФ	Наплавка быстроизнашиваемых деталей, преимущественно из стали 110Г13Л. HRC >56
ОЗН-7М	75Х5Н2СФР	Наплавка быстроизнашиваемых деталей, преимущественно из стали 110Г13Л. HRC ₃ >56
ОЗН/ВСН-9	115Х17Н3Г2СРТ	Наплавка деталей землеройных машин в условиях воздействия мерзлых грунтов. HRC ₃ > 46
ПВДН-6	Э-150Х14В13Ф2	Наплавка быстроизнашиваемых деталей из углеродистых и высокомарганцовистых сталей. HRC ₃ 51-56,5
1	2	3

ЭНУ-2	360X15ГЗР	Наплавка быстроизнашиваемых стальных и чугуновых деталей (ударные нагрузки - умеренные).HRC-, >58
Т-590	Э-320Х25С2ГР	Наплавка быстроизнашиваемых стальных и чугуновых деталей машин (ударные нагрузки - минимальные).HRC ₃ 58-64
Т-620	Э-320Х23С2ГТР	Наплавка быстроизнашиваемых стальных и чугуновых деталей машин (ударные нагрузки - умеренные).HRC ₃ 56-63
4-я группа		
ОЗИ-5	Э-10К18В8М9Х3СФ	Наплавка металлорежущего инструмента и штампов горячей (до 800-850°C) штамповки.HRC ₃ 63-67
ОЗИ-6	100Х4М8В2СФ	Наплавка при изготовлении металлорежущего инструмента, ремонте тяжело нагруженных штампов холодной и горячей (до 650°C) штамповки.HRC ₃ 59-64
5-я группа		
ЦН-6Л	Э-08Х17Н8С6Г	Наплавка уплотнительных поверхностей деталей арматуры котлов, работающих при температурах до 570°C и давлении до 78 МПа. HRC ₃ 29,5-39
ЦН-12М-67	Э-13Х16Н8М5С5Г4Б	Наплавка уплотнительных поверхностей деталей арматуры энергетических установок, работающих при температуре до 600°C и высоких давлениях.HRC ₃ 39,5-51,5
6-я группа		
ОЗШ-6	10Х33Н11М3СГ	Наплавка кузнечноштамповой оснастки холодного и горячего деформирования металлов, быстроизнашиваемых деталей металлургического, станочного и другого оборудования, работающего в тяжелых условиях термической усталости (до 950°C) и больших давлений. HRC ₃ 52-60
ОЗШ-8	11Х31М3ГСЮФ	Наплавка кузнечноштамповой оснастки горячего деформирования металлов, работающих в сверхтяжелых условиях термической усталости (до 1100°C) и больших давлений.HRC ₃ 51-57

Таблица 8 – Характеристика наиболее распространенных марок электродов для ручной

наплавки

Группа электродов	Тип электрода	Марка электрода	Условия эксплуатации	Наплавляемые изделия
I	Э-25Х10Г10С Э-65Х11НЗ Э-65Х25Г13НЗ Э-175Б8Х6СТ	ЦН-11 ОМГ-Н ЦНИИН-4 ЦН-16	Изнашивание, смятие и большие ударные нагрузки	Детали из высокомарганцовистой стали типа 110Г13Л (щеки дробилок, железнодорожные крестовины, элементы драг), пороки литья
II	Э-10Г2 Э-11Г3 Э-12Г4 Э-15Г5	ОЗН-250У ОЗН-300У ОЗН-350У ОЗН-400У	Небольшая интенсивность изнашивания и высокие ударные нагрузки	Различные детали машин (валы, оси и др.)
III	Э-24Х12 Э-100Х12М Э-120Х12Г2СФ Э-70Х3СМТ Э-37Х9С2 Э-2Х13 Э-10М9Н8К8Х2СФ Э-35Х12Г2С2	ЦН-5 ЭН-Х12М Ш-1 ЭН-60М ОЗШ-3 48-Ж-1 ОЗШ-4 ТКЗ-Н	Изнашивание и умеренные ударные нагрузки	Штампы холодной штамповки, клапаны доменных печей (ОЗШ-4), керны клещевых кранов (ОЗШ-4)
IV	Э-95Х7Г5С Э-30Х5Г2В2СМ	12АН/ЛИВТ ТКЗ-Н	Интенсивные, ударные нагрузки, высокие давления и абразивное изнашивание	Била дробилок, зубья ковшей экскаваторов и грейферов
V	Э-16Г2ХМ Э-90Х4М4ВФ Э-30В8Х3 Э-35Г6 Э-35Х12В3СФ	ОЗШ-1 ОЗИ-3 ЦМ-1 ЦН-4 Ш-16	Интенсивное изнашивание при повышенных температурах	Изношенные штампы горячей штамповки, рабочие поверхности новых штампов из легированных сталей
VI	Э-80В18Х4Ф Э-10К9В7М5Х3С Э-105В6Х5М3Ф3 Э-90В10Х5Ф2	ЦИ-1М ОЗИ-4 И-1 ЦИ-2У	Изнашивание при температурах до 600—650°С	Кузнечно-прессовый и режущий инструмент, штампы горячей штамповки, эксплуатирующиеся в тяжелых условиях (осадка, вытяжка, прошивка)
VII	Э-110Х14В13Ф2 Э-300Х28Н4С4 Э-320Х23С2ГТР Э-320Х25С2ГР Э-80Х4С Э-350Х26Г2Р2СТ -	ВСН-6 ЦС-1 Т-620 Т-590 13КН/ЛИВТ Х-5 ЭНУ-2	Интенсивное абразивное изнашивание и небольшие ударные нагрузки	Зубья ковшей экскаваторов, резцы машин для обработки мерзлого грунта, ножи автогрейдеров, щеки дробилок, била дробилок и мельниц, лопатки и рабочие колеса дымососов, зубья черпаков, ножи торфопаттелей, матрицы и штемпели торфобрикетных прессов