



ОАО «ЛОСИНООСТРОВСКИЙ
ЭЛЕКТРОДНЫЙ ЗАВОД»

ПОСОБИЕ

ПО ПРИМЕНЕНИЮ ЭЛЕКТРОДОВ
ДЛЯ СВАРОЧНЫХ И НАПЛАВОЧНЫХ РАБОТ



Введение	2
Особенности процесса сварки металлов	3
Сопутствующий и предварительный подогрев	4
Перемешивание металла шва при сварке	6
Сварка низкоуглеродистых конструкционных сталей	7
Сварка и ремонт инструментальных сталей	14
Сварка трудносвариваемых сталей	16
Сварка разнородных материалов	19
Буферные и промежуточные слои	22
Наплавка на рабочие поверхности	24
Сварка чугуна	47
Резка, строжка и подготовка кромок	51
Приложение	52

Открытое акционерное общество «Лосиноостровский электродный завод» с 1943 года выпускает электроды различных назначений для сварочных и наплавочных работ, для резки и строжки металла.

Выпускаемая номенклатура электродов (см. Приложение) позволяет удовлетворить спрос практически на все применяемые электроды как в России, так и за рубежом. В пособии приведены сведения об электродах для сварки, наплавки и резки следующих материалов:

- углеродистых и низколегированных конструкционных сталей;
- легированных сталей повышенной и высокой прочности;
- легированных теплоустойчивых сталей;
- высоколегированных сталей;
- цветных металлов;
- конструкций из высокопрочного, серого, ковкого чугуна, а также их сочетаний со сталью.

С 1996 г. система управления и контроля качества продукции имеет сертификат Государственной службы технического надзора RWTUV (Германия).

Электроды производства ОАО «Лосиноостровский электродный завод» имеют сертификаты Госстандарта РФ, Госстандарта Украины (в системе УкрСЕПРО), органа Национальной сертификации Республики Беларусь. Ряд марок аттестованы Национальной Ассоциацией Контроля и Сварки (НАКС) в соответствии с требованиями Госгортехнадзора по РД 03 613-03, НИЦ «МОСТЫ», а также имеют сертификаты одобрения Российского Морского Регистра Судоходства, Российского Речного Регистра, Государственной службы технического надзора RWTUV, лицензию Госатомнадзора России.

Система менеджмента качества ОАО «Лосиноостровский электродный завод» признана соответствующей стандарту ИСО 9001:2000.

ОАО «Лосиноостровский электродный завод» включено в международный каталог предприятий-изготовителей электродов, чья продукция производится в соответствии с европейским стандартом качества.

Поставки электродов осуществляются в любых количествах. Постоянно действует система скидок.

ОАО «Лосиноостровский электродный завод» будет искренно радо видеть Вашу фирму в числе своих деловых партнеров.

Основной характеристикой процесса плавления электрода при ручной дуговой сварке является количество расплавленного металла, необходимого для заполнения сварных соединений различных типоразмеров.

Основными параметрами режима ручной дуговой сварки являются сила сварного тока, напряжение дуги и скорость сварки. Диаметр электрода выбирается в зависимости от толщины сварного металла, положения шва в пространстве и размеров сварного соединения. По принятому диаметру электрода и положению шва в пространстве выбирают сварочный ток. Диаметр электрода зависит от толщины свариваемого металла:

Толщина металла, мм	1 - 2	3 - 5	4 - 10	12 - 24
Диаметр электрода, мм	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6

Сварочный ток может быть определен по следующим показателям:

для электродов $d = 3 - 6$ мм — $I_{св} = (20 + 6d) \cdot d \cdot k$;

для электродов $d = 1 - 2,5$ мм — $I_{св} = 30 \cdot d \cdot k$,

где k — коэффициент, зависящий от пространственного положения шва: для нижнего $k = 1$; для вертикального $k = 0,9$; для потолочного $k = 1$.

Напряжение на дуге зависит от её длины. Минимальная длина дуги принимается равной $L_{дmin} = 0,5d_{эmin}$, где $d_{э}$ — диаметр электрода. Максимальная длина дуги: $L_{дmax} = d_{э} + 1$ мм.

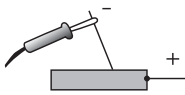
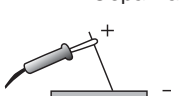
Рекомендуется применять среднюю длину дуги, при которой процесс протекает устойчиво с минимальным разбрызгиванием. Длинную дугу применять не рекомендуется не столько из-за повышенного разбрызгивания, но и из-за опасности возникновения внутренней пористости. Скорость сварки выбирается так, что сварная ванна заполняется электродным металлом с возвышением над поверхностью кромок с плавным переходом к основному металлу без подрезов и наплывов.

Электроды изготавливаются в основном с покрытиями рутилового, руднокислого и основных типов. Электроды рутилового - руднокислого типа по сравнению с электродами основного типа допускают применение на 10% большую плотность тока (A/mm^2).

Электроды рутилового - руднокислого типа применяются в основном при сварке на переменном токе, в то время как электроды с основным покрытием — на постоянном токе обратной полярности (+ на электроде).

Для увеличения проплавления основного металла может быть применена прямая полярность постоянного тока (+ на земле, - на электроде), если это не вызывает ухудшения сварочно-технологических свойств и механических характеристик металла шва.

Род и полярность тока

	– Постоянный	~ Переменный
<p>Прямая</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Сварка с глубоким проплавлением основного металла Сварка низко- и среднеуглеродистых и низколегированных сталей толщиной 5 мм и более электродами со фтористо-кальциевым покрытием: УОНИ-13/45, УОНИ-13/55 и др. Сварка чугуна 	<ul style="list-style-type: none"> Сварка низкоуглеродистых и низколегированных сталей (типа 09ГС) в строительно-монтажных условиях электродами с рутиловым покрытием
<p>Обратная</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Сварка с повышенной скоростью плавления электродов Сварка низколегированных низкоуглеродистых сталей (типа 15Г2АФ), средне- и высоколегированных сталей и сплавов Сварка тонкостенных листовых конструкций 	<ul style="list-style-type: none"> Сварка при возникновении магнитного дутья Сварка толстолистовых конструкций из низкоуглеродистых сталей

Сопутствующий и предварительный подогрев

Необходимость проведения подогрева, а также его температура, вызывает большое количество вопросов.

Чтобы исключить вероятность образования трещин при сварке, очень важно осуществлять предварительный подогрев. Предварительный подогрев снижает:

- риск появления водородного растрескивания;
- появление сжимающих напряжений;
- твердость в зоне термического влияния.

Температура предварительного подогрева зависит от следующих факторов:

- содержания углерода в основном металле;
- содержания легирующих компонентов в основном металле;
- размеров зоны сварки;
- температуры окружающей среды;
- скорости сварки;
- диаметра сварочных электродов или проволоки.

Расчет температуры предварительного подогрева

$T (^{\circ}\text{C}) = 350 ([C_{\text{eq}}] - 0,25)^{1/2}$, где

$[C_{\text{eq}}] = [C_c] \cdot (1 + 0,005 \cdot e)$, $[C_c] = C + \text{Mn} / 6 + (\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V}) / 5 + (\text{Ni} + \text{Cu}) / 15$, e – толщина, мм

Например, сталь 16Г2АФ толщиной 25мм:

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	V
0,17	0,4	1,5	0,2	0,1	0,2	0,12

$[C_c] = 0,17 + 1,5 / 6 + (0,2 + 0,12) / 5 + (0,1 + 0,2) / 15 = 0,17 + 0,25 + 0,064 + 0,02 = 0,504$

$[C_{\text{eq}}] = 0,504 \cdot (1 + 0,005 \cdot 25) = 0,567$

$T (^{\circ}\text{C}) = 350 (0,567 - 0,25)^{1/2} = 200$.

Как определить температуру предварительного подогрева

Чтобы правильно выбрать температуру предварительного подогрева, должен быть известен состав основного металла, т.к. температура определяется двумя главными факторами:

- содержанием углерода в основном металле;
- содержанием легирующих элементов в основном металле.

Увеличение содержания углерода в основном металле требует увеличения температуры предварительного подогрева. Такая же закономерность просматривается и при увеличении содержания легирующих элементов в металле, но в меньшей степени.

Одним из способов определения температуры предварительного подогрева является вычисление содержания эквивалентного углерода ($C_{\text{ЭКВ}}$), который определяется с учетом химического состава основного металла:

$C_{\text{ЭКВ}} = \%C + \%Mn / 6 + (\%Cr + \%Mo + \%V) / 5 + (\%Ni + \%Cu) / 15$

Высокий $C_{\text{ЭКВ}}$ требует более высокой температуры предварительного подогрева.

Другими факторами, влияющими на величину температуры предварительного подогрева, являются толщина и размеры свариваемых деталей. Температура предварительного подогрева повышается при увеличении размеров и толщины свариваемых металлов.

Требуемая температура предварительного подогрева поддерживается в течение всего процесса сварки.

При предварительном подогреве необходимо быть уверенными в том, что все свариваемые детали доведены до требуемой температуры. Обычно детали, требующие предварительного подогрева, после сварки следует медленно охлаждать.

Рекомендуемые температуры предварительного подогрева

Присадочный металл	Основной металл							
	Толщина металла, мм	Сталь						
		Углеродистая <180 НВ СЭКВ<0.3 °C	Низколегированная 200-300 НВ СЭКВ 0.3-0.6 °C	Коррозионно-стойкая 300-400 НВ СЭКВ 0.6-0.8 °C	Хромистая 300-500 НВ Cr 5-12% °C	Хромистая 200-300 НВ >12%Cr °C	Коррозионно-стойкая ~200 НВ 18/8 Cr/Ni °C	Марганцовистая 250-500 НВ 14%Mn °C
Низколегированная сталь 200-300 НВ	до 20	-	100	150	150	100	-	-
	от 20 до 60	-	150	200	250	200	-	-
	>60	100	180	250	300	200	-	-
Инструментальная сталь 300-450 НВ	до 20	-	100	180	200	100	-	-
	от 20 до 60	-	125	250	250	200	-	o
	>60	125	180	300	350	250	-	o
Хромистая сталь 300-500 НВ	до 20	-	150	200	200	150	-	x
	от 20 до 60	100	200	275	300	200	150	x
	>60	200	250	350	375	250	200	x
Коррозионно-стойкая сталь 18/8, 25/12 200НВ	до 20	-	-	-	-	-	-	-
	от 20 до 60	-	100	125	150	200	-	-
	>60	-	150	200	250	200	100	-
Марганцовистая сталь 200НВ	до 20	-	-	-	x	x	-	-
	от 20 до 60	-	-	• 100	x	x	-	-
	>60	-	-	• 100	x	x	-	-

o необходим предварительный подогрев, если деталь массивна;

- нет необходимости в предварительном подогреве;

x используется редко или вообще не используется;

- чтобы предотвратить трещинообразование, рекомендуется наплавка буферного слоя из коррозионно-стойкого металла

Перемешивание металла шва при сварке

Колебания механических характеристик сварного соединения, выполняемого одинаковой маркой электрода, но по разной технологии, объясняются, в частности, различным перемешиванием основного и присадочного металлов.

Металл сварного шва является смесью основного и присадочного металла. Для получения оптимальных свойств металла шва необходимо поддерживать определенное соотношение между основным и присадочным металлом в шве.

Мягкие наплавочные материалы показывают увеличение твердости, когда наносятся на высоколегированные материалы. Это происходит благодаря легированию шва углеродом и другими элементами, находящимися в основном металле.

Обычно наплавляемый металл соответствует основному металлу. Однако иногда наплавку проводят металлами, несоответствующими по составу основному металлу, например, нелегированными и низколегированными металлами за два или три прохода. В этих случаях необходимо учитывать изменение твердости наплавленного металла.

Степень перемешивания металлов зависит не только от состава основного и присадочного металлов, но также и от параметров технологического процесса сварки, последний должен вестись по такому пути, при котором достигается наименьшее перемешивание.

Факторы, влияющие на перемешивание металлов при сварке:

Скорость сварки:	низкая скорость – сильное перемешивание; высокая скорость – незначительное перемешивание.
Полярность:	ДС «-» - постоянный ток, прямая полярность – незначительное перемешивание; ДС «+» - постоянный ток, обратная полярность – сильное перемешивание; АС - переменный ток – среднее перемешивание.
Нагрев при сварке:	небольшой – незначительное перемешивание; интенсивный – сильное перемешивание.
Технология сварки:	продольные колебания – незначительное перемешивание; поперечные колебания – сильное перемешивание.
Пространственное положение швов:	вертикальный «на подъем» - сильное перемешивание; горизонтальный, потолочный, вертикальный «на спуск» - незначительное перемешивание.
Число проходов:	увеличение числа проходов снижает перемешивание.
Тип металла шва:	высоколегированный – низкая восприимчивость к перемешиванию.

Сварка низкоуглеродистых конструкционных сталей

Для сварки низкоуглеродистых сталей применяются электроды с рутиловым и основным покрытиями. Электроды с рутиловым покрытием широко применяются при сварке изделий общего назначения, в то время как электроды с основным покрытием применяются при сварке изделий и сооружений, работающих в тяжелых эксплуатационных условиях.

При сварке изделий общего назначения широкое распространение получили электроды ОАО «Лосиноостровского электродного завода» марки ЛЭЗ-46.00 и ЛЭЗМР-3С с покрытием рутил-целлюлозного типа. Они обеспечивают высокие сварочно-технологические свойства – мягкость горения, малое разбрызгивание, отличное формирование шва и самоотделяющийся шлак (Фото 1).

Электрод марки ЛЭЗ-46.00 с покрытием рутил-целлюлозного типа обеспечивает отличные сварочно-технологические свойства: мягкость горения дуги, повторное зажигание, формирование швов во всех пространственных положениях, самоотделение шлака. Это позволяет получить хорошие результаты сварки начинающим сварщикам. Высокая устойчивость дуги на малых токах обеспечивает качественную сварку соединений с повышенными зазорами и диспланацией кромок. Электроды не чувствительны к ржавчине и загрязнениям. Электрод ЛЭЗ-46.00 по ГОСТ 9467-75 относится к типу Э46, а по EN 499E382RC11 предназначен для сварки углеродистых и низколегированных сталей во всех пространственных положениях переменным и постоянным током любой полярности.

Большим преимуществом электродов ЛЭЗМР-3С является возможность получения качественных швов сварщиками невысокой квалификации.

Для сварки ответственных конструкций, работающих в тяжелых эксплуатационных условиях и подведомственных Госгортехнадзору России, ОАО «Лосиноостровский электродный завод» рекомендует применять ЛЭЗУОНИ-13/55, обеспечивающие высокие технологические свойства – мягкость горения дуги, отличное формирование швов, отличную отделимость шлака, даже из глубоких разделок, малое разбрызгивание. На фото 2 показано формирование неповоротного стыка трубы диаметром 57х4 мм, выполненного электродами ЛЭЗУОНИ-13/55. Большим преимуществом электродов ЛЭЗУОНИ-13/55 является гарантированная ударная вязкость больше 35 Дж/см² при температуре - 40°С.

Электроды ЛЭЗУОНИ-13/55С обеспечивают самоотделение шлака, мягкое горение дуги с минимально возможным разбрызгиванием. Ударная вязкость металла шва более 45 Дж обеспечивается при T= -40°С.

Для сварки теплоустойчивых сталей, имеющих широкое распространение в энергетике, ОАО «Лосиноостровский электродный завод» предлагает усовершенствованные электроды марок: ЛЭЗЦУ-5, ЛЭЗЦЛ-39, ЛЭЗТМЛ-1У, ЛЭЗТМЛ-3У, ЛЭЗТМЛ-5, обеспечивающие высокие сварочно-технологические свойства при сварке неповоротных стыков труб, особенно хорошую отделимость шлака, формирование шва и стойкость против порообразования. На фото 3 приведен стык неповоротной трубы Ø 57х4 мм, сваренный электродами ЛЭЗЦУ-5.



Фото 1

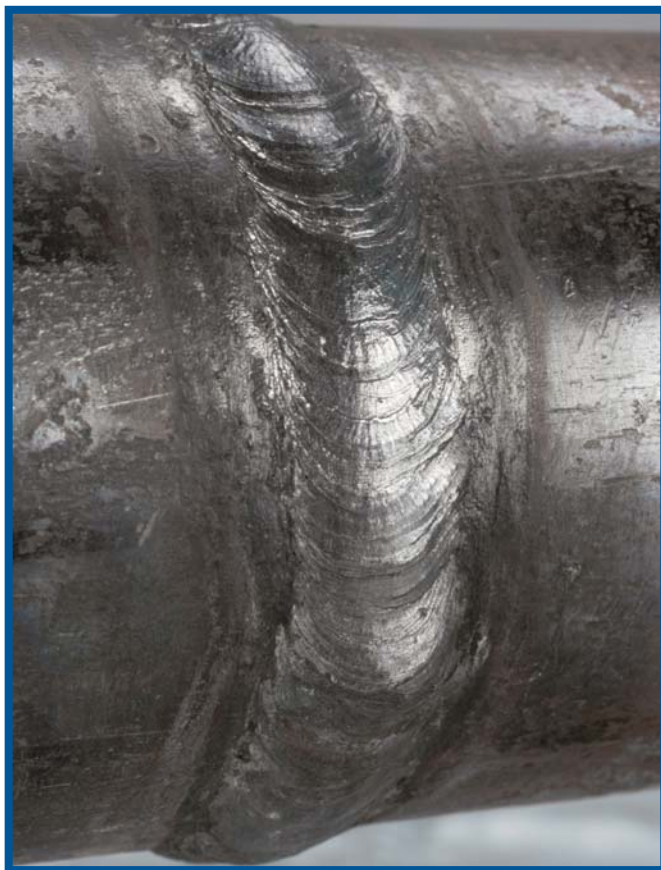


Фото 2



Фото 3

Сварка магистральных нефтегазопроводов

Для сварки указанных соединений ОАО «Лосиноостровский электродный завод» предложил электроды ЛЭЗЛБгп и ЛЭЗЛБ-60, прошедшие испытания в ОАО «ВНИИСТ», ООО «ВНИИГАЗ» и получившие аттестацию НАКС.

Электроды ЛЭЗЛБгп \varnothing 2,5 и 3,0 мм предназначены для сварки и ремонта корневого шва углеродистых и низколегированных труб прочностных классов до К60 включительно: 3,0 и 4,0 мм для сварки и ремонта заполняющих и облицовочных слоев шва трубы прочностных классов до К54 включительно, а также подварочного слоя труб прочностных классов до К60 включительно. Электроды ЛЭЗЛБгп обладают высокими сварочно-технологическими свойствами по общепринятым для сварки трубопроводов технологиям и обеспечивают требуемые механические характеристики.

Электроды ЛЭЗЛБ60 предназначены для дуговой сварки заполняющих и облицовочных слоев шва труб класса Н55-К60. Они обладают высокими сварочно-технологическими свойствами по общепринятой для сварки трубопроводов и обеспечивают ударную вязкость металла шва при температуре $T = -60^{\circ}\text{C}$ – более 40 Дж/см² (Фото 4). Электроды ЛЭЗЛБгп и ЛЭЗЛБ-60 ни в чем не уступают по всему комплексу свойств электродам УОНИ-13/55Р, МТГ01, МТГ02 и SE-08-00, находятся на уровне японских электродов LB52U и шведских ОК53.70 и ОК74.70.

Сварка электродами ЛЭЗЛБгп и ЛЭЗЛБ-60 находит все большее применение, принимая во внимание более благоприятное по сравнению с зарубежными электродами соотношение цена-качество.



Фото 4

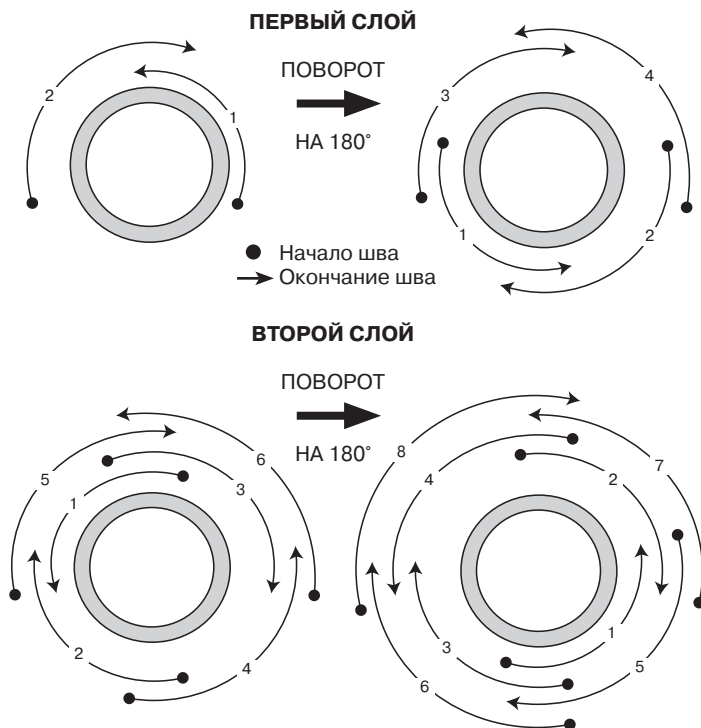
Электродуговая сварка трубопроводов

Толщина стенки, мм	4-6	7-11	12-14	15-17	18-22	23-25
Число слоев	2	3	4	5	6	7

Корневой шов выполняют электродом диаметром 3 мм

- Диаметр труб от 50 мм до 1200 мм. Толщина стенки от 2,5 мм до 25 мм и более
- После каждого прохода обязательно зачищают поверхность предыдущего шва от шлака
- Стыки труб диаметром 219 мм и менее независимо от толщины стенки выполняет один сварщик
- Стыки труб диаметром 219 мм и более сваривают одновременно два сварщика
- Сварку ведут возможно короткой дугой
- Ширина шва должна перекрывать ширину разделки на 1,5 - 2 мм в каждую сторону
- Облицовочный шов должен иметь плавное сопряжение с поверхностью трубы

Сварка труб с поворотом на 180°



Сварка и ремонт инструментальных сталей

Инструментальные стали характеризуются повышенным содержанием углерода. Они легируются хромом, никелем, молибденом и термообрабатываются для получения специфических свойств, таких как высокая твердость, прочность, ковкость и т.д.

Ремонт сваркой инструментальных сталей, без изменения присущих им свойств, затруднен, т.к. требуется специальная термообработка и использование таких материалов, которые придавали бы металлу шва требуемый состав и свойства. Реализовать практически это очень сложно, из-за проблем, связанных с образованием окалины и изменением размеров деталей. Это также требует огромного количества времени.

Упрощенная сварка

Ремонт сваркой инструментальных сталей может проводиться с предварительным подогревом зоны сварки до 200-500°C (в зависимости от марки стали). После сварки осуществляется отжиг. При этом все же не удастся получить требуемую структуру и твердость, но это выгоднее, чем изготавливать новую деталь.

ОАО «Лосиноостровский электродный завод» рекомендует для наплавки штампов холодной и горячей обрезки, а также быстроизнашивающихся деталей машин электроды марки ЛЭЗУОНИ-13/НЖ/20Х13.

Для очень трудносвариваемых инструментальных сталей рекомендуется наложение одного или двух проходов буферного слоя, используя электроды ЛЭЗНИИ-48Г или ЛЭЗ-29/9.

Неответственные части инструмента и инструмент из низколегированных сталей восстанавливаются электродами ЛЭЗОЗН-400М, а затем упрочняются наплавкой.

Все наплавляемые режущие кромки и изношенные поверхности инструмента требуют как минимум двух проходов наплавочными электродами. Поэтому следует применять предварительную механическую обработку инструмента для обеспечения достаточной толщины наплавленного слоя.

Подготовка инструмента под сварку: А-поврежденный край; В- разделка под сварку

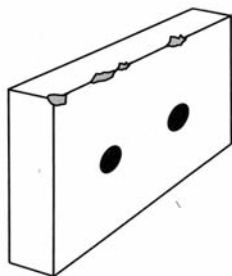


Рис.1А

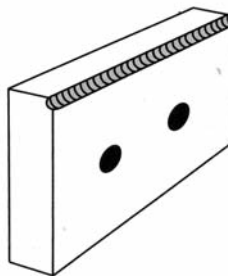


Рис.1В

Подготовка инструмента под сварку: А – поврежденный край; В – разделка под сварку

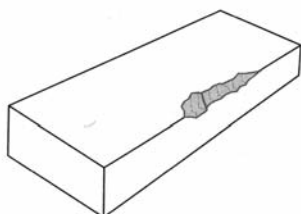


Рис.2А

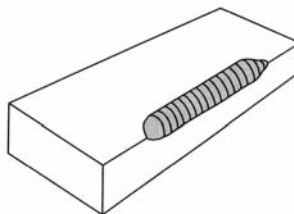


Рис.2В

Последовательность наложения сварных швов, позволяющая устранить образование кратеров и подрезов.

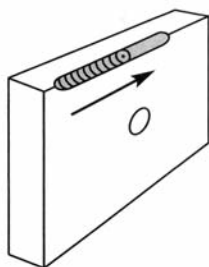


Рис.3А

Частичное перекрытие

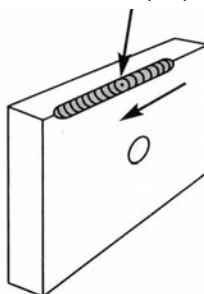


Рис.3В

Сварка трудносвариваемых сталей

Существует множество трудносвариваемых сталей, склонных к закалке, которые эксплуатируются в различных областях промышленности и должны подвергаться ремонту с помощью сварки.

К таким сталям относятся:

- высокоуглеродистые стали;
- высокопрочные стали;
- инструментальные стали;
- пружинные стали;
- теплоустойчивые стали;
- износостойкие стали;
- стали неизвестного состава.

Под сталями неизвестного состава подразумеваются стали, имеющие ограниченную свариваемость.

Чтобы избежать водородного растрескивания в зоне термического влияния эти стали свариваются при определенных скоростях нагрева и охлаждения.

Однако, в некоторых случаях, при сварке не бывает возможности осуществить предварительный подогрев и последующее замедленное охлаждение. В этих случаях, для сварки применяются электроды на основе аустенитных коррозионноустойчивых сталей или электроды на основе никеля. При этом риск образования трещин снижается, благодаря повышенному растворению водорода и высокой пластичности наплавленного металла.

ОАО «Лосиноостровский электродный завод» для сварки трудносвариваемых сталей предлагает следующие марки электродов: ЛЭЗ-29/9, ЛЭЗНИИ-48Г и ЛЭЗНЧ-2.

Электрод ЛЭЗ-29/9 имеет большую склонность к перемешиванию и выбирается, если необходима высокая прочность. Уровень феррита в наплавленном металле находится в пределах 40%, что повышает хрупкость при работе конструкции в области повышенных температур. Электроды ЛЭЗ-29/9 чаще всего используются, когда неизвестен состав свариваемых металлов.

Электроды ЛЭЗНИИ-48Г и ЛЭЗНЧ-2 обеспечивают полностью аустенитную структуру наплавленного металла со сравнительно низкой прочностью и высоким сопротивлением к образованию трещин.

Относительно мягкий металл шва понижает напряженное состояние, вызванное присутствием мартенсита, что снижает риск водородного растрескивания. Эти марки электродов целесообразно применять при сварке изделий из разнородных материалов, по крайней мере, один из которых является высокоуглеродистым.

Ремонт изношенных осей из низкоуглеродистой стали с помощью электродов ЛЭЗ-29/9 (рис. 4):



Рис.4

Ремонт кронштейнов из литейных сталей с помощью электродов ЛЭЗ-29/9 (рис. 5):



Рис.5

Ремонт деталей машин с помощью электродов ЛЭЗ-29/9 (рис. 6):

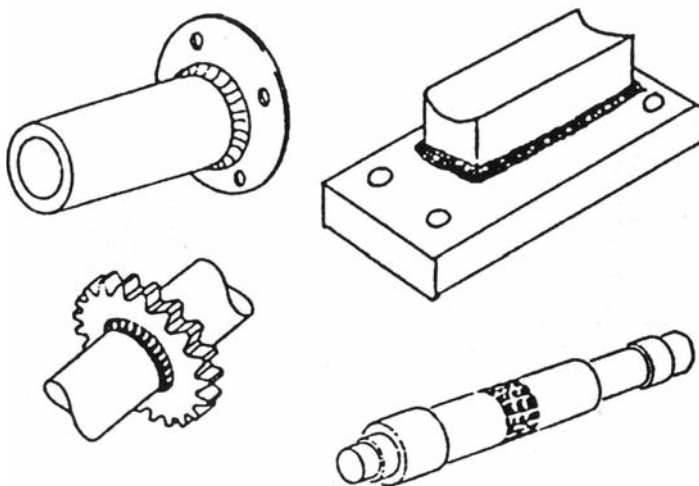


Рис.6

Ремонт сломанных зубьев шестерен с помощью электродов ЛЭЗ-29/9 (рис. 7):

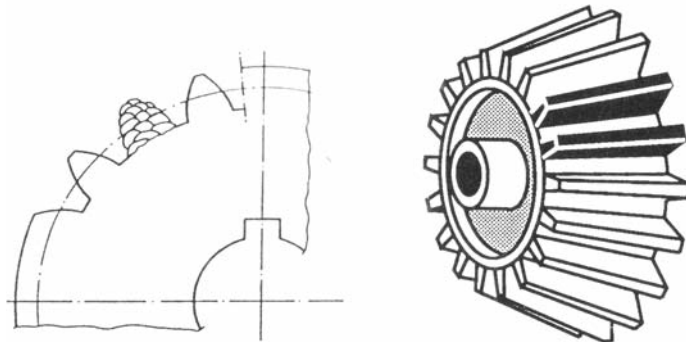


Рис.7

Извлечение сломанных шпилек и болтов с помощью электродов ЛЭЗ-29/9 (рис. 8):

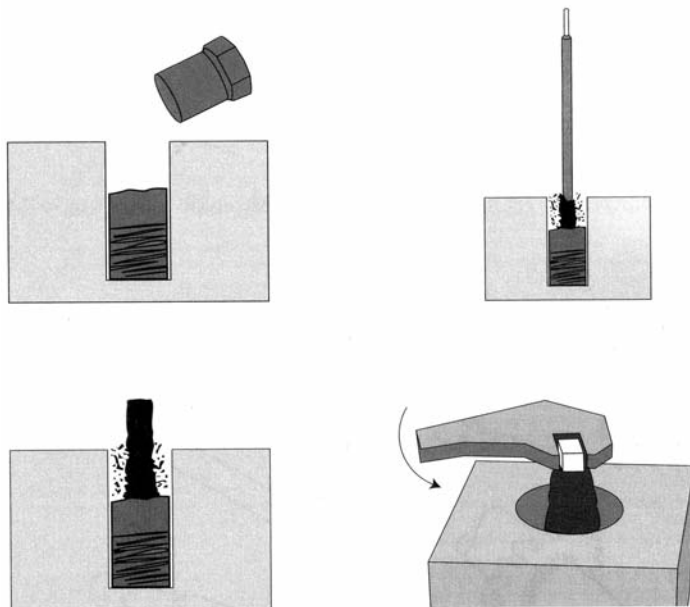


Рис.8

Сварка коррозионностойких сталей с углеродистыми и низколегированными сталями

Сварка коррозионностойких сталей с низколегированными сталями, несомненно, является наиболее важным примером сварки разнородных металлов. Сварка углеродистых и низколегированных сталей с аустенитными коррозионностойкими сталями находит широкое применение.

Сварка коррозионностойких сталей с углеродистыми и низколегированными сталями должна выполняться высоколегированными коррозионностойкими материалами, т.е. более высоко легированными, чем основной материал (Фото 5).

Применяются два различных способа. Первый заключается в том, что весь шов заполняется электродами из высоколегированной коррозионностойкой стали или электродами на никелевой основе. Второй, в том, что углеродистые и низколегированные металлы в зоне шва плакируются высоколегированными коррозионностойкими электродами, после чего разделка заполняется электродами, сходными по составу с коррозионностойкой сталью.

Сварка обычно проводится без предварительного подогрева, однако следует соблюдать рекомендации, которые применяются при сварке высоколегированных сталей.

Для сварки разнородных материалов, как и для сварки трудносвариваемых сталей, ОАО «ЛЭЗ» рекомендует электроды следующих марок: ЛЭЗ-29/9, ЛЭЗНИИ-48Г и ЛЭЗНЧ-2.

Электрод ЛЭЗ-29/9 применяется, когда необходима высокая прочность соединения. Уровень феррита в наплавленном металле часто превышает 40%, что повышает хрупкость при работе конструкций в условиях повышенных температур.

Особенно эффективно применение электродов ЛЭЗ-29/9 при сварке низколегированных, высоколегированных сталей с материалами, содержащими высокое содержание углерода (чугун, инструментальные стали и т.д.).

Электроды ЛЭЗНИИ-48Г и ЛЭЗНЧ-2 дают аустенитную структуру шва и невысокую прочность с высокой стойкостью против образования трещин. Относительно мягкий металл шва понижает уровень напряжений на всех мартенситных участках, которые могут находиться в наплавленном материале, таким образом, снижается риск водородного растрескивания. Эти марки электродов следует применять тогда, если допустима невысокая прочность сварного соединения.



Фото 5

Сварка марганцовистых сталей

Марганцовистые стали также называют сталями Гадфильда или аустенитно-марганцовистыми. Эти стали содержат 11-14% марганца и 1-1,4% углерода. Некоторые марки этих сталей могут также содержать и другие легирующие элементы. Эти стали имеют исключительную способность – упрочняться в процессе приложения рабочих нагрузок (ударов или контактных нагрузок). Подобное упрочнение позволяет использовать эти стали для работы в тяжелых условиях: в горнодобывающей промышленности (молотки, молоты, ковши драг, зубья землеройных машин) и на железной дороге (рельсы, крестовины). Детали из марганцовистых сталей служат в течение долгого времени, но и они, в конечном счете, изнашиваются. Ремонт обычно подразумевает восстановление первоначальной формы детали, заварку трещин или других дефектов, наплавку поверхностных слоев. Свариваемость марганцовистых сталей ограничена, т.к. она склонна к охрупчиванию при перегреве и медленном охлаждении. Главное правило при сварке этих сталей – температура детали при сварке не должна превышать 200°С. По этой причине необходим постоянный контроль за температурой детали в процессе сварки.

При сварке марганцовистых сталей следует соблюдать следующие рекомендации:

- сварку необходимо проводить с минимальным вводом тепла в деталь при минимальном сварочном токе;
- сварные швы необходимо накладывать, не производя при этом поперечных колебаний;
- сварку лучше вести одновременно в нескольких местах, если это возможно;
- при сварке свариваемые детали лучше поместить в холодную проточную воду.

Чаще всего детали из марганцовистых сталей приходится:

- сваривать между собой;
- сваривать их с деталями из низколегированной стали;
- наплавлять их для устранения износа;
- наплавлять на их поверхность износостойкие слои металла.

Сварка

Сварку марганцовистых сталей между собой следует проводить аустенитными сварочными материалами для обеспечения равнопрочности соединения.

ОАО «Лосиноостровский электродный завод» для сварки марганцовистых сталей и их соединений рекомендует электроды марок ЛЭЗНИИ-48Г и ЛЭЗ-29/9.

Буферные слои

Буферные слои являются промежуточными прослойками между основным и наплавленным металлом. Буферные слои позволяют:

- обеспечивать хорошую связь с основным металлом;
- избегать водородного растрескивания;
- минимизировать образующиеся сварочные напряжения;
- снизить до минимума эффект перемешивания;
- избегать трещинообразования в последующих твердых слоях;
- предотвратить распространение трещин из поверхностного слоя в основной металл.

В зависимости от марки основного металла могут рекомендоваться разные типы буферных слоев. Наплавочные материалы с аустенитной структурой широко используются в качестве буферных слоев при упрочняющей наплавке.

Рекомендуемые материалы ОАО «ЛЭЗ» для наплавки буферных слоев

Основной металл	Область применения наплавленного слоя	Марка электрода
Марганцовистая сталь	Ремонт трещин. Изношенные поверхности	ЛЭЗНИИ-48Г
Низколегированная сталь	Упрочняющие наплавки в 2 слоя при ударном износе	ЛЭЗНИИ-48Г ЛЭЗ-29/9
Высокопрочная сталь	Упрочняющие наплавки в 2 слоя при ударном износе	ЛЭЗНИИ-48Г ЛЭЗ-29/9
Высоколегированная сталь	Износостойкие наплавки в 1-2 слоя	ЛЭЗНИИ-48Г ЛЭЗ-29/9

Когда твердый металл наплавляется на относительно мягкую поверхность, появляется тенденция провисания наплавленного слоя (рис.9). Это может вызвать растрескивание наплавленного металла. Чтобы избежать этого, на исходную поверхность перед упрочняющей наплавкой наносится буферный слой (рис.10). Для наплавки таких буферных слоев предпочтительней использовать электроды ЛЭЗОЗН-300М.



Рис.9

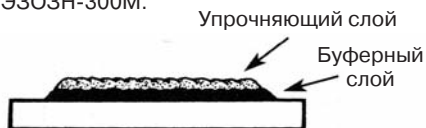


Рис.10

При упрочняющей наплавке материалами, легированными хрупкими элементами, такими, как карбиды хрома, сплавами на основе кобальта, рекомендуется наносить аустенитные буферные слои за один или два прохода. Это является причиной образования сжимающих напряжений в последующих слоях во время охлаждения, таким образом, снижается риск образования трещин в твердом наплавленном металле. Часто износостойкий наплавленный металл имеет «рельефные трещины». Они не снижают работоспособность деталей при абразивном износе, но являются опасными при ударных нагрузках или изгибе, т.к.

трещины будут развиваться в основной металл (рис. 11). Эта тенденция наиболее сильно проявляется, когда основной металл является высокопрочной сталью. Поэтому использование пластичных буферных слоев будет предотвращать развитие трещин в основной металл (рис. 12). Для таких буферных слоев рекомендуются электроды ЛЭЗНИИ-48Г и ЛЭЗ-29/9.

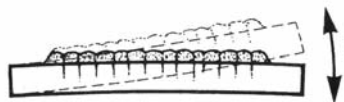


Рис. 11



Рис. 12

Промежуточные слои

Если рабочая поверхность детали сильно изношена, то рекомендуется сначала восстановить геометрию детали сплавами, подобными по составу основному металлу, а затем нанести износостойкое покрытие.

Другой способ – поочередное нанесение твердых и пластичных слоев металла (рис. 13).

Для этих целей рекомендуются электроды ЛЭЗОЗН-300М и ЛЭЗОЗН-400М.

Наплавка этими материалами дает хорошее сопротивление при ударном износе, но совершенно естественно, что при этом будет умеренное сопротивление абразивному износу.

В зависимости от марки основного металла могут рекомендоваться и другие материалы для наплавки промежуточных слоев.

Типичное применение промежуточных слоев:

- молоты;
- дробилки;
- зубья экскаваторов;
- инструменты для холодной резки.

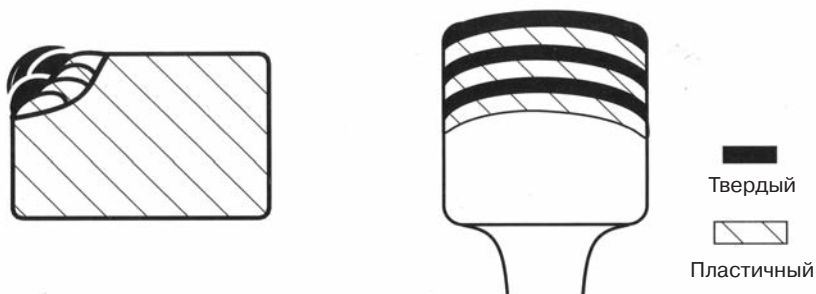


Рис. 13

Наплавка на рабочие поверхности

Упрочняющая наплавка защищает детали от различных видов износа, придавая поверхности деталей специфические свойства.

Упрочняющая наплавка применяется, как при ремонте изношенных деталей, так и при изготовлении новых деталей. Требуемые свойства деталей получают за счет нанесения на их поверхность слоя металла, который обеспечивает хорошее сопротивление износу (Фото 6).

Опыт показывает, что для того, чтобы выбрать оптимальный металл для упрочняющей наплавки, необходимо принимать во внимание следующее: основные факторы износа; марки основного металла упрочняемой детали; требуется ли последующая механическая обработка детали.

Существует большое число факторов износа, которые проявляются как в чистом виде, так и в комбинации друг с другом. Следовательно, для обеспечения максимального коэффициента полезного действия упрочнения наплавочный металл должен быть тщательно выбран.

Марку упрочняющего металла следует выбирать как компромисс между каждым фактором износа. Поэтому, когда исследуется механизм износа, определяют, какой фактор является главным, а какой второстепенным. Если основной фактор износа – абразивное изнашивание, а второстепенный – ударное изнашивание, то упрочняющий металл следует применять такой, чтобы он имел хорошее сопротивление абразивному износу, а также достаточное сопротивление ударному износу.

Существуют различные типы износа. Так, износ при трении металла о металл или адгезионный износ возникает при трении одной детали о другую, например, при вращении валов в подшипниках, при контакте звездочек с цепями, при работе пары шестерёнок и т.д.

Ударный износ имеет место в дробильно-размольном оборудовании, где дробятся горные породы или гравий. При этом образуются мелкие абразивные частицы, поэтому поверхности оборудования требуется одновременно защитить и от абразивного износа. Интенсивному ударному износу подвержены также плиты дробилок, ударные молоты, железнодорожные крестовины и рельсы.

Абразивный износ мелкими минеральными частичками возникает при скользянии острых частиц по металлической поверхности с различной скоростью. Износ происходит посредством стачивания металла частицами, которые подобны маленьким режущим инструментам. Чем тяжелее частица и более острая у неё форма, тем интенсивнее истирание. Этот вид износа встречается у землеройного оборудования, сельскохозяйственного инструмента, при транспортировке минералов.

Абразивный износ при наличии давления присутствует, когда маленькие твердые абразивные частицы, находясь между двумя металлическими деталями, дробятся и размалываются. Это форсунки, вращающиеся дробилки, лопасти смесителей, лезвия скребков.



Фото 6

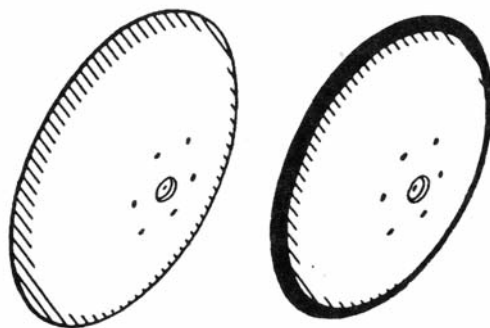
Диски культиваторов сельскохозяйственных машин

Рис. 14

Рекомендуемая методика

Износ дисков происходит со стороны вогнутой и выпуклой поверхностей.

Диски изготавливают из закаленных сталей, поэтому при наплавке их рекомендуется предварительно нагревать до температуры 350-400°С.

Износостойкое покрытие наносится со стороны выпуклой поверхности на ширине 20-30 мм от края (рис. 14). Наплавка ведется электродами ЛЭЗОЗН-6 или ЛЭЗТ-590. Сварка осуществляется с поперечными колебаниями электрода.

Накладываемые слои должны быть по возможности тонкими и гладкими. После наплавки рекомендуется медленное охлаждение.

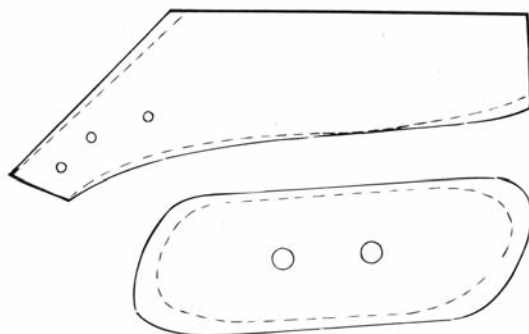
Лопатки лемехов сельскохозяйственных машин

Рис. 15

Рекомендуемая методика

Лемеха плугов изнашиваются, главным образом, по площадям, показанным на рис. 15. На практике обнаружили большую разницу в износе лемехов, работающих на разных почвах. Установили, что фактический уровень износа зависит от влажности почвы. Это необходимо учитывать при выборе наплавочных материалов для восстановления лемехов. Для работы в условиях умеренной влажности – ЛЭЗТ-590. Для работы в сухих условиях – ЛЭЗОЗН-6.

Ножи и смесители в цементной и кирпичной промышленности

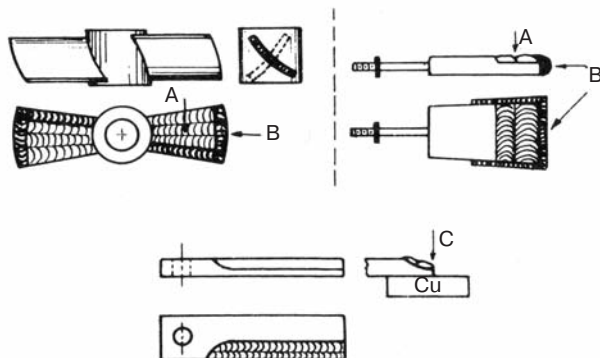


Рис.16

Рекомендуемая методика

До сварки необходимо удалить дефектные слои металла и старую наплавку. Если кромки ножей и лопаток очень изношены, то наплавку следует производить на медной подкладке (С) во избежание прожогов. При наплавке поверхностей А и В следует использовать электроды ЛЭЗТ-620 (рис. 16).

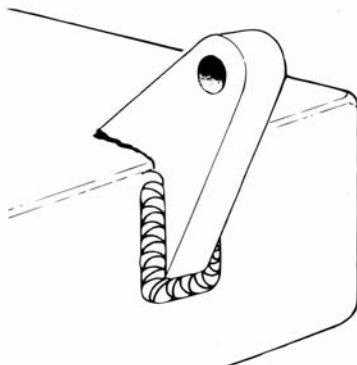
Ремонт трещин, устранение дефектов в стальных отливках

Рис. 17

Рекомендуемая методика

Трещины, поры и дефекты удаляются и детали подготавливают под сварку с помощью электродов ЛЭЗОЗР-1, по возможности с обеих сторон, чтобы получить U – или X – образные разделки. Края соединений должны быть скруглены, чтобы избежать развития трещин. Электроды ЛЭЗ-29/9 используются для сварки без предварительного подогрева. Однако для толстых материалов необходим подогрев. Для уменьшения усадочных напряжений заварку X-образных разделок проводят с поочередным наложением валиков с каждой стороны.

Конуса дробилок

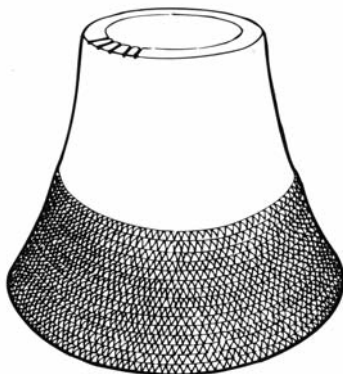


Рис.18

Рекомендуемая методика

Дробильные конусы обычно изготавливают из немагнитной 14% марганцовистой стали, поэтому их наплавку проводят при минимальном нагреве. При сварке необходимо избегать пребывания металла в диапазоне температур выше 150-200°C.

Из-за больших размеров и толщины дробильных конусов теплоотвод обычно предотвращает чрезмерный нагрев.

Для восстановления геометрии используются электроды ЛЭЗНИИ-48Г. Для износостойкой наплавки используются электроды ЛЭЗУОНИ-13/НЖ/20Х13.

Крановые колеса

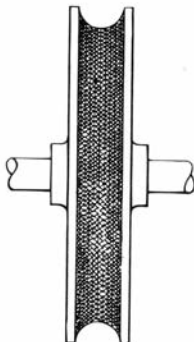


Рис. 19

Рекомендуемая методика

Большинство колес изготавливают из сталей с высоким содержанием углерода. Рекомендуется предварительный подогрев деталей до 200-300°C и медленное охлаждение. По возможности, должна применяться автоматическая или полуавтоматическая наплавка колес.

Если причиной износа является трение металла о металл, то рекомендуемая твердость наплавки должна составлять около 30-35 HRC.

Для наплавки рекомендуются электроды ЛЭЗНР-70.

Лезвия скребков

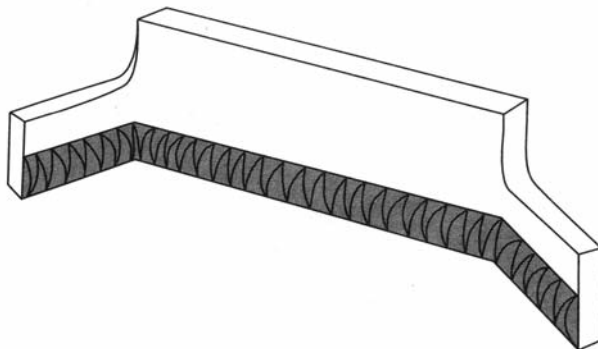


Рис.20

Рекомендуемая методика

Изношенные рабочие кромки скребков экскаваторов и грейдеров наплавляются с каждой стороны (рис. 20). Для того, чтобы повысить эффективность работы и продлить срок службы новых скребков, они также наплаваются перед их использованием.

При интенсивном абразивном износе рекомендуются электроды ЛЭЗТ-590, при умеренном – ЛЭЗОЗН-6.

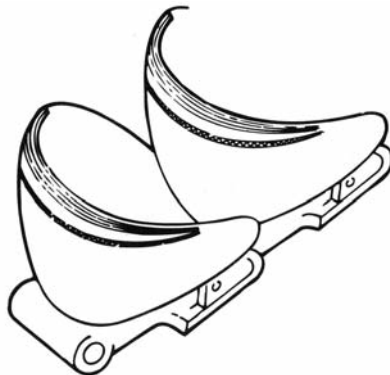
Ковши землечерпалок

Рис.21

Рекомендуемая методика

Кромки ковшей драг и землечерпалок, изготовленные из марганцовистой стали, подвержены интенсивному абразивному износу.

Перед началом работы даже новые ковши упрочняются наплавкой для повышения эффективности их работы и продления их срока службы.

Износ кромок ковшей драг и землечерпалок может быть устранен приваркой стальных вставок электродами ЛЭЗНИИ-48Г. Новые кромки могут быть приварены к ковшам электродами ЛЭЗТ-29/9. Упрочнение кромок ковшей выполняется наплавкой электродами ЛЭЗТ-620. Для восстановления геометрии изношенных кромок ковшей используются электроды ЛЭЗНИИ-48Г.

Корпусные детали машин из чугуна

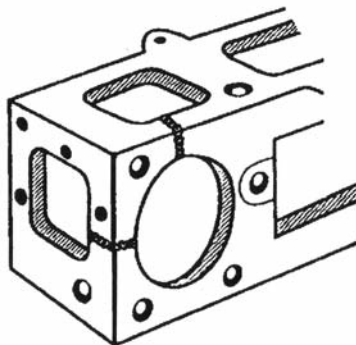


Рис.22

Рекомендуемая методика

Ремонт корпусных деталей из чугуна чаще всего вызван наличием трещин. Заварка трещин в чугуне осуществляется в холодном состоянии, т.е. без предварительного подогрева, в соответствии со следующими требованиями:

- сварка ведется короткими швами длиной до 25мм;
- сварной шов можно охлаждать сжатым воздухом;
- обычно, после каждого прохода сварной шов проковывают молотком;
- не допускается нагрев зоны сварки до температур выше тех, которые Ваша рука может вытерпеть;
- сварной шов можно охлаждать сжатым воздухом;
- при сварке необходимо использовать электроды небольшого диаметра и минимальный ток;
- сварка проводится в направлении от тонкого металла к более толстому;
- наложение валиков осуществляется без поперечных колебаний.

Концы трещины перед сваркой засверливаются, чтобы не допустить ее развития.

Предпочтительна U-образная разделка, которую можно получить с помощью электродов ЛЭЗОЗР-1. Разделка трещин электродами ЛЭЗОЗР-1 дает положительный эффект, т.к. при этом выжигается масло и графит из зоны сварки. По возможности сварку необходимо проводить в нижнем положении. Ремонт трещин производится сваркой электродами ЛЭЗНЧ-2.

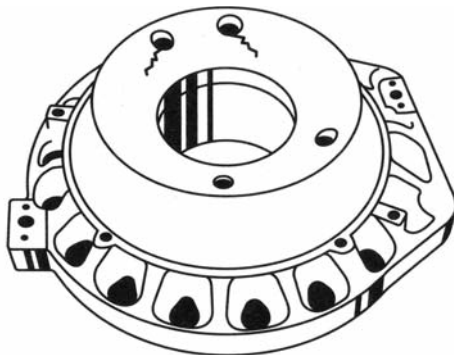
Заварка трещин в сером чугуне

Рис.23

Рекомендуемая методика

Для удаления чугунной корки и включений песка применяют электроды ЛЭЗОЗР-1.

Округляют все острые края в зоне сварки.

Сварка ведется электродами ЛЭЗНЧ-2. Для небольших трещин предпочтительны электроды диаметром 2,5 или 3,0мм.

Сварку проводят от середины трещины к ее концам. При этом избегают поперечных колебаний. Сварку всегда проводят короткими швами. Всякий раз после наложения очередного валика осуществляют проковку.

Била и молоты

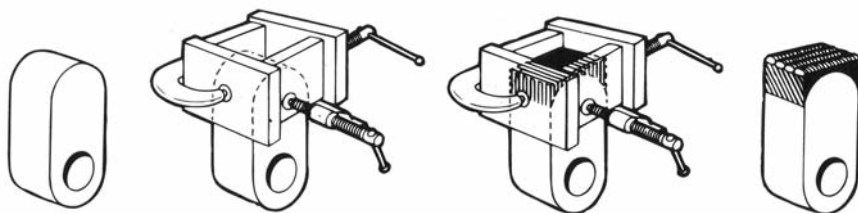


Рис.24

Рекомендуемая методика

Молоты и била предназначены для размола и разрушения руды, гравия или других твердых пород. Обычно била и молоты изготавливают из марганцовистых или литейных сталей. Увеличить срок их службы позволяет износостойкая наплавка, которая выполняется на новых деталях.

Изношенные молоты перед износостойкой наплавкой часто приходится наращивать для придания им необходимой формы. При этом используются электроды ЛЭЗОЗН-400М для наплавки молотов из литейных сталей и электроды ЛЭЗНИАТ-1/04Х19Н9 или ЛЭЗ-29/9 из марганцовистых сталей.

Для износостойкой поверхностной наплавки бил и молотов используют электроды ЛЭЗОЗН-6, обеспечивающие хорошее сопротивление ударному износу. При работе молотов в условиях интенсивного абразивного износа применяют электроды ЛЭЗТ-620.

Для придания изношенным деталям правильной формы при наплавке применяют медные кристаллизаторы.

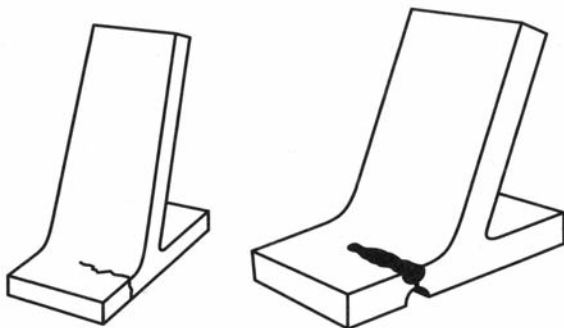
Ремонт трещин в станинах из серого чугуна

Рис.25

Рекомендуемая методика

Трещины перед сваркой разделяют электродами ЛЭЗОЗР-1 для получения U-образных односторонних или двухсторонних разделок.

Развитие трещин предотвращается высверливанием отверстий на их концах (рис. 25).

Для достижения максимальной прочности при сварке трещин рекомендуется использовать электроды ЛЭЗНЧ-2. Сварку ведут с наложением коротких валиков, используя электроды диаметром 2,5 или 3,0мм. После наложения каждого шва его проковывают, чтобы избежать трещинообразования в результате усадки при охлаждении.

Почвообрабатывающие фрезы



Рис.26

Рекомендуемая методика

До сварки следует удалить дефектный слой металла с фрезы электродами ЛЭЗОЗР-1 или шлифованием. Рабочие кромки инструмента необходимо наплавить износостойкими электродами ЛЭЗОЗН-6 или электродами ЛЭЗТ-590.

Следует наплавлять два или максимум три слоя для обеспечения требуемой износостойкости.

Кромки инструмента могут быть восстановлены с использованием медных формирующих пластин для удержания жидкой ванны металла.

Наплавленный металл обрабатывается шлифованием.

Сильно изношенные участки инструмента перед упрочняющей наплавкой восстанавливаются с использованием электродов ЛЭЗОЗН-400М или ЛЭЗОЗН-300М.

Для повышения износостойкости наплавленные валики металла следует накладывать в направлении движения абразивных частиц (рис. 26).

Зубья для вскрытия грунта

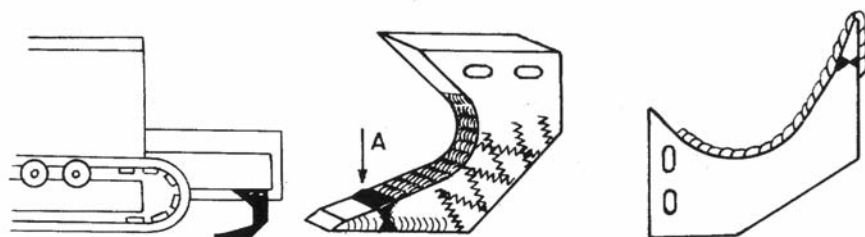


Рис.27

Рекомендуемая методика

Изношенные наконечники зубьев заменяются новыми. При этом для приварки новых наконечников используются электроды ЛЭЗНИИ-48Г или ЛЭЗ-29/9. Трущиеся поверхности зуба и сам наконечник наплавляют электродами ЛЭЗТ-590.

Лезвия скребков



Рис.28

Рекомендуемая методика

В основном лезвия скребков изготавливают из низколегированных закаливаемых сталей (рис. 28).

При использовании электродов ЛЭЗНИИ-48Г приварку лезвий к скребкам можно вести без подогрева. Подогрев желателен при сварке деталей больших толщин. Сварной шов при этом очень пластичен и способен компенсировать сварочные напряжения. Если необходима повышенная прочность сварного шва, используют электроды ЛЭЗ-29/9.

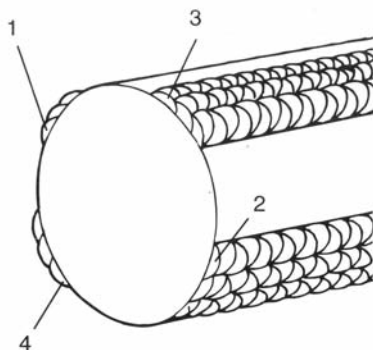
Валы и оси

Рис.29

Рекомендуемая методика

Перед наплавкой следует очистить детали и произвести дефектоскопию. В случае обнаружения трещин необходимо удалить дефектный металл шлифованием или строжкой. Если возможна механическая обработка, то размер вала может быть понижен на 5мм от номинального размера.

Когда применяются низколегированные электроды ЛЭЗОЗН-400М, предварительный подогрев может быть необходим для деталей большого диаметра или для валов, изготовленных из материалов с большим содержанием углерода и легирующих элементов.

При Сэкв >0,45 – температура предварительного подогрева около 200°С.

При Сэкв >0,60 – температура предварительного подогрева около 350°С.

Наплавку электродами ЛЭЗ-29/9 и ЛЭЗНИИ-48Г можно осуществлять без предварительного подогрева, если диаметры валов небольшие.

Для того, чтобы избежать деформации, слои накладываются таким образом, как показано на рис. 29. После сварки необходимо медленное охлаждение.

Сломанные валы можно сваривать электродами ЛЭЗЛБ-60 или ЛЭЗ-29/9. При этом руководствуются такими же рекомендациями по предварительному подогреву, как и при наплавке. При сварке валов и осей предпочтительно использовать U-образную разделку.

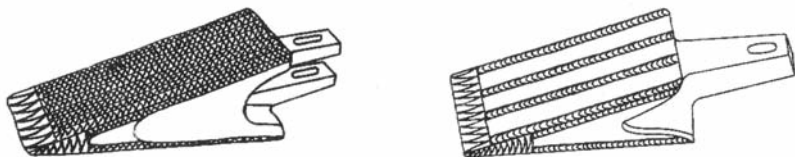
Зубья ковшей экскаваторов, работающие при ударном износе

Рис.30

Рекомендуемая методика

Если ударные нагрузки являются основным фактором износа, то зубья ковшей экскаваторов изготавливают в основном из аустенитно-марганцовистых сталей. Такие материалы должны быть сварены при минимальном нагреве детали. Для восстановления размеров детали используются электроды ЛЭЗЦНИИН-4. Новые или восстановленные зубья упрочняются наплавкой электродами ЛЭЗОЗН-6 (при ударно-абразивном износе) и электродами ЛЭЗТ-620 (при интенсивном абразивном износе).

Для зубьев, работающих по грубым скалистым породам, швы накладывают вдоль изнашиваемой поверхности (рис. 30). При этом крупные осколки горных пород будут контактировать с вершинами наплавленных валиков, не вступая в контакт с материалом основы.

Зубья ковшей экскаваторов, работающие при абразивном износе в песчаном грунте

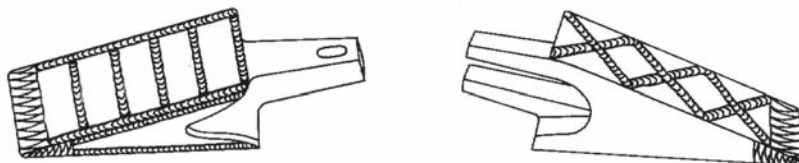


Рис.31

Рекомендуемая методика

Зубья, работающие в контакте с абразивными мелкозернистыми почвами, часто изготавливают из прочных низколегированных сталей, реже – из марганцовистых сталей. Упрочнение изношенных и новых зубьев показано на рисунке. Зубья из низколегированных сталей предварительно нагревают приблизительно до 200°С. Зубья из марганцовистых сталей сваривают с минимальным тепловложением и без подогрева.

«Узор» на изнашиваемых поверхностях и расстояния между наплавленными валиками оказывают большое влияние на износостойкость. Большинству землеройным и транспортным машинам приходится работать в контакте со смесью грубых и мелких абразивных материалов. Обычно для зубьев, работающих в таких условиях, применяют «шашечный» или «вафельный» узоры (рис. 31).

Сварочные материалы:

- для восстановления – ЛЭЗОЗН-300М
- упрочнение при ударно-абразивном износе – ЛЭЗОЗН-6
- упрочнение при интенсивном абразивном износе – ЛЭЗТ-590.

Приварка наконечников к зубьям ковшей экскаваторов

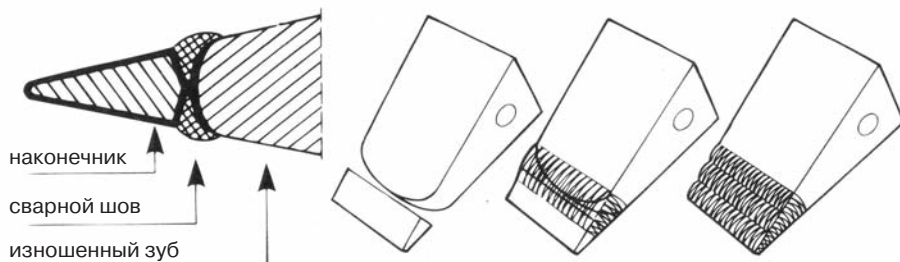


Рис.32

Рекомендуемая методика

Наконечники зубьев ковшей обычно изготавливают из марганцовистых сталей, но могут изготавливать и из упрочняемых сталей. В обоих случаях приварку новых наконечников выполняют с помощью электродов из коррозионностойких сталей.

Упрочнение отремонтированных зубьев осуществляется аналогично упрочнению зубьев ковшей экскаваторов (рис. 32).

Сварка производится электродами ЛЭЗНИИ-48Г.

Звенья гусениц

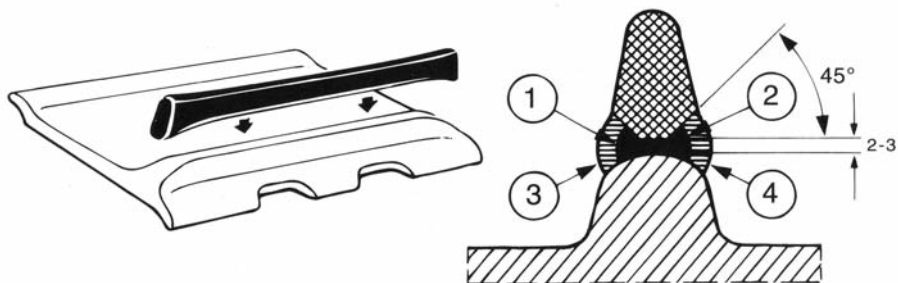


Рис.33

Рекомендуемая методика

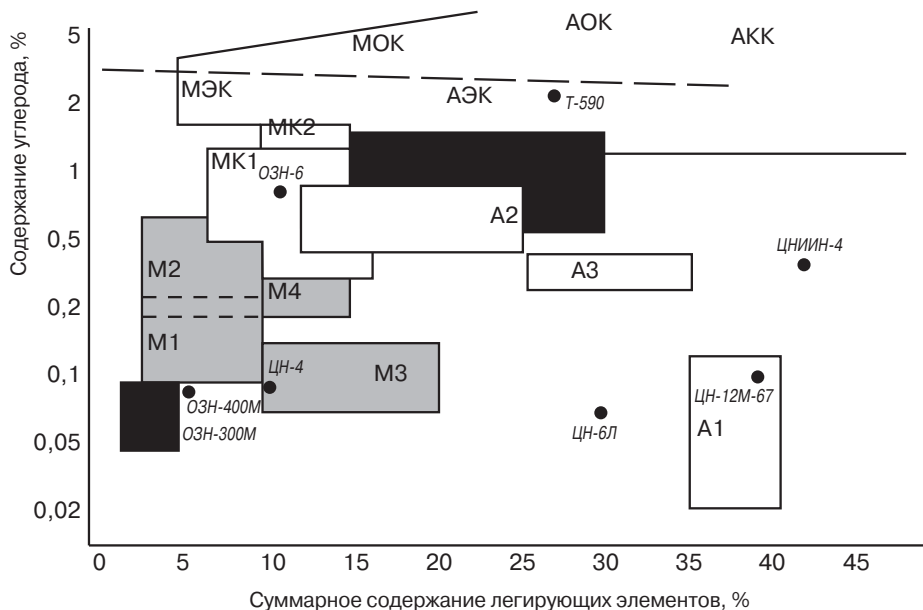
Ремонт сильно изношенных звеньев гусениц производится приваркой к ним профилированных полос (рис. 33).

Перед сваркой необходимо очистить звенья гусениц от грязи и масла. Сборка полос со звеньями гусениц осуществляется с зазором 2-3мм. Последовательность сварки показана на рисунке. Сварка ведется от центра к краям. При сварке звеньев гусениц, изготовленных из марганцовистых сталей, применяются те же правила.

Если изношенный профиль ремонтируется только наплавкой, то для получения правильного профиля необходимо применение медных формообразующих пластин.

Сварка производится электродами ЛЭЗ-29/9, упрочнение - ЛЭЗОЗН-6.

Диаграмма различных структурных групп наплавочных электродов



Феррит упрочненный вторичной фазой — ФВт

Мартенсит тип I (низкоуглеродистый низколегированный сплав) — М1

Мартенсит тип II (высокоуглеродистый низколегированный сплав) — М2

Мартенсит тип III (низкоуглеродистый высоколегированный сплав) — М3

Мартенсит тип IV (среднеуглеродистый высоколегированный сплав) — М4

Мартенсит, упрочненный карбидами типа I — МК1

Мартенсит, упрочненный карбидами внедрения — МК2

Мартенсит, упрочненный карбидами эвтектики — МЭК

Мартенсит, упрочненный основными карбидами — МОК

Аустенит типа I (Cr, Ni) + аустенит + феррит — А1-АФ

Аустенит марганцевый тип II (высокоуглеродистый среднелегированный сплав) — А2

Аустенит хромомарганцевый тип III (среднеуглеродистый высоколегированный сплав) — А3

Аустенит типа II и III, упрочненный внедренными карбидами — А2К, А3К

Аустенит, упрочненный основными карбидами — АОК

Аустенит, упрочненный карбидами эвтектики — АЭК

Аустенит, упрочненный основными карбидами, суперкарбидами и карбидами эвтектики — АКК

Сварка чугуна

Чугун – это сплав железа с 2-5% углерода, 1-3% кремния и до 1% марганца.

Чугун имеет низкую пластичность, твердость, прочность и является очень хрупким материалом. Чтобы улучшить эти свойства, чугун легируют или термообработывают.

В настоящее время широко используются следующие марки чугунов:

- серый чугун;
- ковкий чугун;
- чугун с шаровидным графитом;
- чугун на ферритной основе;
- белый чугун.

Высокое содержание углерода отрицательно сказывается на свариваемости чугунов. Некоторые чугуны имеют непостоянную свариваемость или вообще не свариваются. Все чугуны на ферритной основе прекрасно свариваются (Фото 7), в отличие от белого чугуна, поскольку он имеет высокую хрупкость.

ОАО «Лосиноостровский электродный завод» для сварки чугуна предлагает марки электродов на различной основе:

а) электроды на железо-никелевой основе

Это электроды ЛЭЗНЧ-2. Они применяются также для сварки сталей с чугунами. Благодаря ферритным составляющим, металл шва имеет более высокую твердость, чем при сварке электродами на чисто никелевой основе. Наплавленный металл хорошо подвергается механической обработке.

б) электроды на медно-никелевой основе

Это электроды ЛЭЗМНЧ-2. Металл шва легко обрабатывается. Предпочтительны для сварки соединений, к которым предъявляют повышенные требования по чистоте поверхности после обработки.

в) электроды на основе низколегированной стали

Это электроды ЛЭЗЦЧ-4. Этот тип электродов применяется для сварки неотвержденных чугунных конструкций, где не требуется дальнейшая механическая обработка. Они могут применяться также для наложения буферных или промежуточных слоев.

г) электроды на медной основе

Это электроды ЛЭЗОЗЧ-2 и ЛЭЗОЗЧ-6.

Подготовка соединений из чугуна перед сваркой

Разделка кромок перед сваркой чугунных деталей должна быть шире, чем для сталей.

Все острые края должны быть скруглены.

U-образная разделка является более предпочтительной.

Трещины следует разделять полностью так, чтобы их можно было проварить на всю глубину.

Перед ремонтом трещины должны быть обязательно засверлены (рис. 34).

Поскольку чугун имеет пористую структуру, он адсорбирует масло и жидкости, которые неблагоприятно влияют на свариваемость. Для того, чтобы выжечь эти жидкости из зоны сварки, требуется подогрев. Однако во многих случаях это невозможно из-за специфической формы сварной конструкции и ограничений во времени. Одним из путей решения этой проблемы является использование электродов ЛЭЗОЗР-1. Эти электроды позволяют очистить и выжечь масло и влагу из зоны сварки, таким образом, снижается риск образования трещин и пор при сварке. После обычной механической обработки влага и масло распределяются вдоль свариваемых кромок и могут быть причиной дефектов. Для некоторых сварных соединений из чугуна полезным является использование плакирования кромок разделки перед сваркой. Это значит, что одну или обе свариваемые поверхности

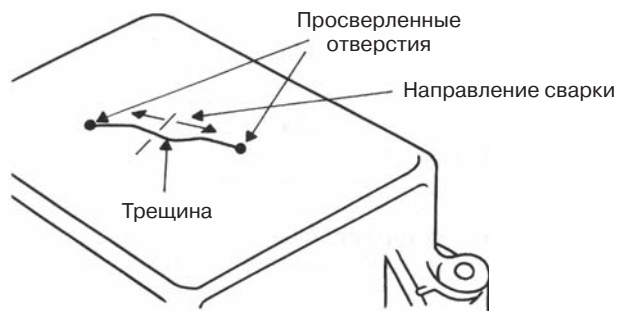


Рис.34

армируют перед сваркой (рис.35 и 36).

Эта технология применяется для того, чтобы избежать образования хрупких фаз. Напряжения в хрупкой зоне термического влияния при охлаждении наплавленного металла в последующих слоях будут снижены, благодаря нанесенному слою.



Рис.35 Плакирующие слои



Рис.36 Заполнение разделки

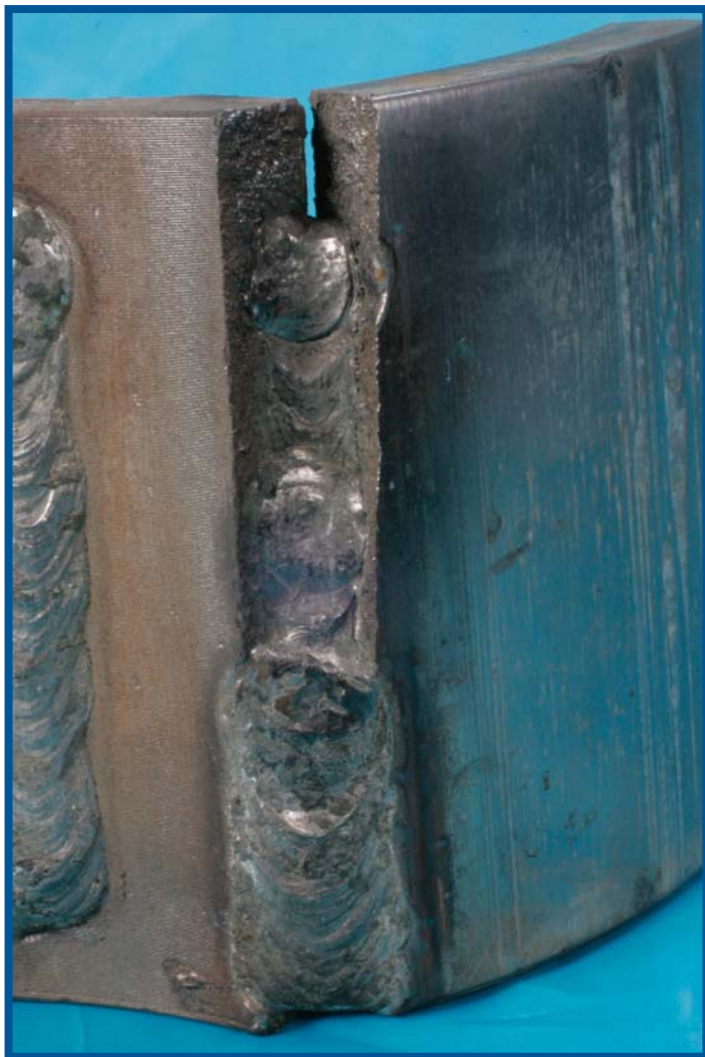


Фото 7

Холодная сварка чугуна

В настоящее время большинство работ по ремонту чугунных деталей выполняются посредством холодной ручной дуговой сварки покрытыми электродами с учетом следующих правил:

- сварка ведется короткими продольными швами (20-30мм), в зависимости от толщины;
- сварка осуществляется с использованием электродов небольшого диаметра на небольших токах;
- средняя температура детали при сварке не должна быть выше 100°C;
- проковку сварного шва проводят скругленным инструментом сразу после сварки.

Резка, строжка и подготовка кромок

Для этой цели рекомендуются электроды марки ЛЭЗОЗР-1 – специальные электроды для резки, строжки, разделки трещин и подготовки кромок под сварку обычных сталей, коррозионностойких сталей, чугуна, медных сплавов.

Последовательность выполнения операций

При разделке кромок под сварку используют, главным образом, постоянный ток прямой полярности или переменный ток. Для резки и прошивки рекомендуется использовать постоянный ток обратной полярности.

Дуга зажигается при перпендикулярном положении электрода относительно поверхности детали. Потом электрод наклоняют под углом 5-10 градусов к поверхности, опирают на обрабатываемую деталь и совершают возвратно-поступательные пилообразные движения. Если требуется глубокий рез – процедуру повторяют до тех пор, пока не будет достигнута требуемая глубина (рис. 37).

Прожигание отверстий выполняется очень легко. Электрод располагают вертикально, зажигают дугу и дают электродом вниз, пока он не прорежет отверстие в металле.

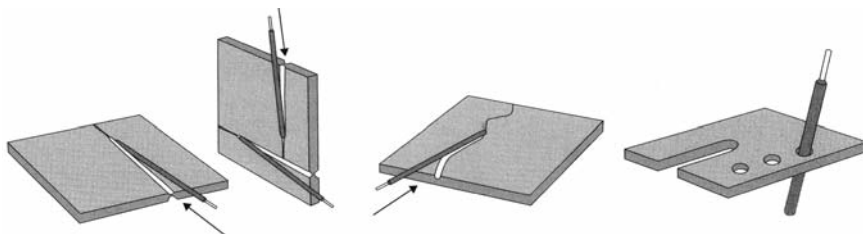
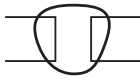
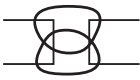

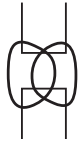
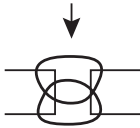


Рис.37





Расчет необходимого количества электродов для сварки конструкции

Сварные соединения без скоса кромок





Положение шва	Толщина основного металла, мм	Зазор, мм	Вес наплавленного металла, кг / 1м длины шва
 Нижнее	1	0	0,02
	1,5	0,5	0,02
	2	1	0,03
	3	1,5	0,05
 Нижнее	4	2	0,13
	5	2	0,16
	6	2,5	0,21
	7	3	0,28
 Горизонтальное	1	0	0,02
	1,5	0,5	0,03
	2	1	0,04
	3	1,5	0,07
 Горизонтальное	4	2	0,17
	5	2,5	0,20
	6	3	0,25
	7	3	0,33
 Потолочное	4	2	0,07
	5	2	0,08
	6	2,5	0,10
	7	3	0,13
	4	2	0,08
	5	2	0,13
	6	2,5	0,14
	7	3	0,16

Расчет необходимого количества электродов для сварки конструкции

Угловые соединения: Вес наплавленного металла, кг / 1м шва

Толщина металла, мм	Площадь сечения шва, мм ²				
2	2	0,03	0,02	0,03	0,03
3	1,5	0,05	0,05	0,05	0,06
4	8	0,07	0,07	0,07	0,08
5	12,5	0,10	0,11	0,11	0,13
6	18	0,15	0,15	0,16	0,17
7	24,5	0,20	0,21	0,22	0,25
8	32	0,26	0,27	0,28	0,32
9	40,5	0,33	0,34	0,36	0,40
10	50	0,40	0,42	0,44	0,50
11	60,5	0,49	0,53	0,57	0,62
12	72	0,58	0,62	0,66	0,73
15	113	0,91	0,97	1,04	1,11
18	162	1,31	1,37	1,49	1,60
20	200	1,62	1,62	1,78	1,98
22	242	1,95	2,00	2,16	2,39
25	323	2,58	2,60	2,90	3,18

Тавровые соединения: Вес наплавленного металла, кг / 1м шва






Толщина металла, мм	Площадь сечения шва, мм ²				
2	4	0,04	0,05	0,04	0,04
2,5	6,5	0,06	0,07	0,06	0,07
3	9	0,08	0,10	0,09	0,09
3,5	12,5	0,11	0,13	0,12	0,13
4	16	0,14	0,16	0,15	0,17
4,5	20,5	0,18	0,20	0,19	0,21
5	25	0,22	0,25	0,24	0,26
5,5	30,5	0,26	0,29	0,28	0,32
6	36	0,31	0,33	0,34	0,37
6,5	42,5	0,37	0,39	0,40	0,44
7	49	0,43	0,45	0,44	0,51
7,5	56,5	0,47	0,51	0,50	0,58
8	64	0,55	0,58	0,60	0,65
9	81	0,69	0,74	0,75	0,86
10	100	0,85	0,89	0,91	1,02
11	121	1,03	1,08	1,12	1,23
12	144	1,22	1,27	1,33	1,48
13	169	1,41	1,49	1,53	1,73
14	196	1,62	1,76	1,78	2,02
15	225	1,86	1,95	2,07	2,31

Расчет необходимого количества электродов для сварки конструкции

Первый и подварочный проход при сварке V-образного соединения:
Вес наплавленного металла, кг / 1м шва

Положение шва	Толщина, мм	Вес наплавленного металла, кг / 1м шва	Диаметр электрода, мм
Нижнее	6 - 12	0,10	3,0
Нижнее	> 12	0,15	4,0
Вертикальное	> 8	0,15	3,0
Горизонтальное	> 8	0,15	3,0
Потолочное	> 10	0,10	3,0

V-образного односторонние сварные соединения:
Вес наплавленного металла, кг / 1м шва

Толщина основного металла, мм	Зазор, мм	50°	60°	70°	80°	60°
		 Нижнее	 Нижнее	 Вертикальное	 Потолочное	 Горизонтальное
4	1	0,09	0,10	0,132	0,14	0,11
5	1	0,13	0,15	0,19	0,22	0,16
6	1	0,17	0,20	0,29	0,30	0,24
7	1,5	0,26	0,30	0,38	0,44	0,33
8	1,5	0,31	0,37	0,47	0,55	0,44
9	1,5	0,38	0,44	0,59	0,69	0,51
10	2	0,49	0,57	0,76	0,86	0,64
11	2	0,56	0,66	0,89	1,02	0,76
12	2	0,65	0,77	1,05	1,23	0,89
14	2	0,86	1,02	1,34	1,60	1,17
15	2	0,97	1,15	1,55	1,81	1,34
16	2	1,04	1,23	1,75	2,02	1,46
18	2	1,33	1,60	2,17	2,51	1,83
20	2	1,63	1,94	2,62	3,11	2,21
25	2	2,46	2,94	4,00	4,76	3,34

Международная классификация электродов для сварки высоколегированных сталей

Марка электрода	ГОСТ	ISO	DIN EN	DIN	AWS
ЛЭЗОЗЛ-8	(10052-75) Э-07Х20Н9 (9466-75) E-2304-Б20	(3581:1973) E 19.9 B20	(1600) E 19 9 B20	(8556) E 19.9 B20	(A 5.4) E 308-15
ЛЭЗЦЛ-11	(10052-75) Э-08Х20Н9Г2Б (9466-75) E-2005-Б20	(3581:1973) E 19.9 NbB20	(1600) E 19 9 NbB20	(8556) E 19.9 NbB20	(3581:1973) E347-15
ЛЭЗЗИО-8	(10052-75) Э-10Х25Н13Г2 (9466-75) E-0053-Б20	(3581:1973) E 23.12B20	(1600) E 23 12B20	(8556) E 23.12B20	(A 5.4) E 309-15
ЛЭЗЦТ-15	(10052-75) Э-08Х19Н10Г2Б (9466-75) E-0053-Б20	(3581:1973) E 19.9 NbB20	(1600) E 19.9 NbB20	(8556) E 19.9 NbB20	(3581:1973) E347-15
ЛЭЗНЖ-13	(10052-75) Э-09Х19Н10Г2М2Б (9466-75) E-2005-Б20	(3581:1973) E 19.12. 2 NbB20	(1600) E 19.12. 2 NbB20	(8556) E 19.12. 2 NbB20	(A 5.4) E318-15
ЛЭЗОЗЛ-6	(10052-75) Э-10Х25Н13Г2 (9466-75) E-2005-Б20	(3581:1973) E 23.12B20	(1600) E 23 12B20	(8556) E 23.12B20	(A 5.4) E 309-15
ЛЭЗНИИ-48Г	(10052-75) Э-10Х20Н9Г6С (9466-75) E-000-Б20	(3581:1973) E 18. 8 Mn B 20	(1600) E 18 8 Mn B 20	(8556) E 18 8 Mn B 20	-
ЛЭЗЭА-400/10У	(10052-75) Э-07Х19Н11М3Г2Ф (9466-75) E-2204-Б20	(3581:1973) E 19. 12.3 B20	(1600) E 19 12 3 B20	(8556) E 19 12 3 B20	(A 5.4) E 317-15
ЛЭЗЭА-400/10Т	(10052-75) Э-07Х19Н11М3Г2Ф (9466-75) E-2204-Б20	(3580:1973) E 19. 12.3 B20	(1600) E 19 12 3 B20	(8556) E 19 12 3 B20	(A 5.4) E 317-15
ЛЭЗЭА-395/9	(10052-75) Э-11Х15Н25М6АГ2 (9466-75) E-040-Б30	(3580:1973) E 16. 25.6 B20	(1600) E 16. 25.6 B20	-	-
ЛЭЗЭА-48М/22	(10052-75) Э-08Х25Н60М10Г2 (9466-75) E-001-Б20	-	(1600) E 24 14 Si B20	(8555) E 24 14 Si B20	-

Марка электрода	ГОСТ	ISO	DIN EN	DIN	AWS
ЛЭЗОЗЛ-17У	(10052-75) Э-03Х23Н27М3Д3Г2Б (9466-75) Е-400-БР20	(3580:1973) E 16. 25.6 B20	(1600) E 16 25 6 B20	-	-
ЛЭЗАНЖР-1	(10051-75) Э-08Х25Н60М10Г2 (9466-75) Е-001-БР20	-	(1600) E 24 60 10MnB20	-	-
ЛЭЗАНЖР-2	(10052-75) Э-06Х25Н40М7 (9466-75) Е-001-БР20	-	(1600) E 24 60 10MnB20	-	-
ЛЭЗ АНЖР-ЗУ	(9466-75) Е-001-Б20	-	(1600) E 20 25 5 CuNLR	-	-
ЛЭЗОЗЛ-25Б	(10052-75) Э-10Х20Н70Г2М2Б2В (9466-75) Е-087-Б20	-	-	-	-
ЛЭЗОЗЛ-9А	(10052-75) Э-28Х24Н16Г6 (9466-75) Е-097-РБ20	(3581:1973) E 25. 16MnS20	(1600) E 25 16MnS20	(8556) E 25 16MnS20	-
ЛЭЗЭА-981/15	(10052-75) Э-09Х15Н25М6АГ2Ф (9466-75) Е-000-Б20	(3581:1973) E 16. 25.6 B20	(1600) E 16 25 6 B20	(8556) E 16 25 6 B20	-
ЛЭЗУОНИ-13/НЖ	(10052-75) Э-12Х13 (9466-75) Е-000-Б20	(3581:1973) E 13 В 20	(1600) E 13 В 20	(8556) E 13 В 20	(A 5.4) E 410-15
ЛЭЗЦТ-28	(10052-75) Э-10Х20Н70Г2М2Б2В (9466-75) Е-068-Б20	-	-	-	-
ЛЭЗНИАТ-5	(10052-75) Э-11Х15Н25М6АГ2 (9466-75) Е-000-Б30	(3581:1973) E 16. 25. 6 B30	(1600) E 16 25 6 B30	(8556) E 16 25 6 B30	-
ЛЭЗЦТ-10	(10052-75) Э-11Х15Н25М6АГ2 (9466-75) Е-001-БР20	-	-	-	-
ЛЭЗНИАТ-1	(10052-75) Э-11Х15Н25М6АГ2 (9466-75) Е-001-БР20	(3581:1973) E 16. 25. 6 B30	-	-	-



129337, г. Москва, Хибинский проезд, д.3
Многоканальный телефон: (495) 925-5114
Internet: www.electrode.ru
E-mail: info@electrode.ru

