

Уральский институт сварки  
Екатеринбург, 620002  
а/я № 9  
факс (343)375-95-69  
тел.+7-9126949171  
E-mail:val29071@yandex.ru  
15 декабря 2016 г.

Утверждаю:  
Зам. директора ООО «Уральский институт сварки»  
Шумяков В.И.

Отчет по результатам испытаний электродов, представленных  
ООО «Элбипром».

На испытания были представлены электроды марки Элби Т-590 (партия 1011164, дата изготовления 26.02.2017), диаметр электродов 5мм. Сертификат качества №26-02-05  
Работа выполнялась в соответствии с согласованным техническим заданием и РД 03-613-03. В работе участвовали следующие сотрудники:  
Шумяков В.И. - канд. техн. наук, зам. директора, Разиков Н.М. – канд. техн. наук, научный сотрудник, Разиков М.Н.- инженер, Пименова О.В. - канд. техн. наук, эксперт системы ГОСТ Р.  
В соответствии с программой испытаний были проведены оценки сварочно-технологических свойств электродов, измерена твердость наплавленного металла, определен химсостав, подобран ток наплавки, рассчитан фазовый состав металла и энергия разрушения сплавов. Проведены испытания износостойкости наплавленного металла при абразивном воздействии. Для сравнения в аналогичных условиях испытывали электроды Т-590 производства УЭЗ (партия №002, дата изготовления 11.01.2014) и Манэпрем ( партия 6-07, дата изготовления 06.2007)  
Сварочно-технологические свойства электродов оценивали в соответствии с ГОСТ 9466-75 и РД 03-613-03 при наплавке валиков на пластины толщиной 12 мм из стали ВСтЗсп. Сварка производилась на постоянном токе от сварочного выпрямителя ВДМ-1202С, регулировка сварочного тока осуществлялась при помощи балластного реостата РБ-300. Режимы сварки соответствовали рекомендациям изготовителей электродов: сварочный ток 190+5А на постоянном токе обратной полярности. В таблице 1 приведены результаты испытаний.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА ЭЛБИ Т-590

<b>C</b>	<b>Mn</b>	<b>Si</b>	<b>Cr</b>	<b>B</b>	<b>Mo</b>	<b>Ti</b>	<b>W</b>	<b>Ni</b>	<b>S</b>	<b>P</b>	<b>Cu</b>
<b>2,2</b>	<b>2,3</b>	<b>2.5</b>	<b>3.5</b>	<b>0.03</b>	<b>0.03</b>	<b>0.02</b>	<b>0,01</b>	<b>0.06</b>	<b>0.01</b>	<b>0.03</b>	<b>0.1</b>

Таблица 1 - Сравнительные испытания наплавочных электродов Т-590 производства ЭЛБИ, УЭЗ и электродов, произведенных ООО Манэпрем по ГОСТ 10051-75.

Электрод	Первичное зажигание	Вторичное на горячую	Вторичное на холодную	Эластичность дуги	Козырек	Разбрызгивание	Формирование	Отделимость шлака	Покрытие шлаком	Наличие дефектов
ЭЛБИ	5	5	5	> 3Дэл.	4 мм	Малое	Хорошее	Хорошая	Местами	Трещины в кратере с 3 слоя
УЭЗ	5	5	4	> 4Дэл.	4 мм	Умеренное	Хорошее	Затруднительно	Не полностью	Единичные поры
Манэпрем	4	5	4	> 2Дэл.	5мм	Малое	Хорошее	Затруднительно	Равномерно	Трещины с 3 слоя

Электрод	Твердость, НRс	Энергия разрушения, кДж/см <sup>3</sup>	Матрица сплава	Упрочняющие фазы
ЭЛБИ	58,5	4,3+2,91=7,21	100% аустенит	Me7C3- 28% TiC-0,18%; SiC-1,17
УЭЗ	60	4,5+3,4=7,9	12,5% аустенит 87,5% мартенсит	Первичные карбобориды -12,3% Me7C3 – 20,7%
Манэпрем	60	5,8+2=7,8	8% аустенит 53% мартенсит 39% д-феррит	Первичные карбобориды – 4,5% Me7C3 – 40,6%

Примечания к Таблице 1.

1. Оценки возбуждения дуги даны в баллах по 5-балльной шкале
2. Твердость измеряли на приборе ТК-2М в 3-м слое наплавленного металла
3. Данные по энергии разрушения, фазовому составу – расчетные по методике, изложенной в статье: Королев Н.В., Пименова О.В., Бороненков В.Н. Метод расчетного определения фазового состава и структуры износостойких наплавочных сплавов. Сварочное производство, 2002, №4. С. 11-16.
4. В колонке «Энергия разрушения» первое слагаемое относится к упрочняющим фазам сплава, а второе - к матрице сплава.

УДК 620.178.16

Н. М. Разиков<sup>1,2</sup>, М. Н. Разиков<sup>2</sup>, М. С. Гибзун<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

#### ИСПЫТАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ МАТЕРИАЛОВ ПРИ АБРАЗИВНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Использован метод, позволяющий использовать образцы сразу же после наплавки.

В качестве приспособлений используется специальный штатив, на котором закрепляется исследуемый образец, и углошлифовальная машина *Makita 9565CV*, вращающийся диск которой создает абразивный износ (рис. 1).

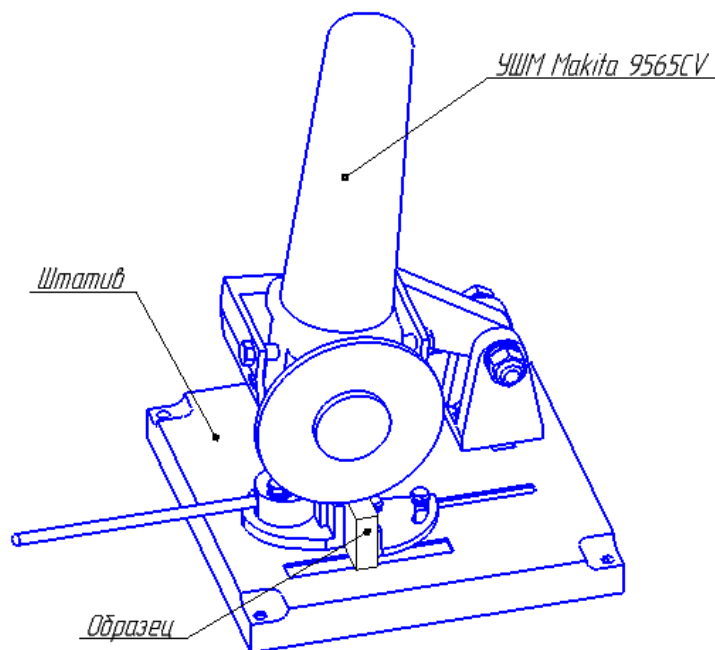


Рис. 1. Установка для испытаний

При помощи весов МАССА-К ВК-300 (погрешность измерений 0,05 г) измеряется масса, которая будет давить на образец, масса переводится в усилие (контактное давление). Измеряется масса образца до и после испытаний для того, чтобы вычислить объем изношенного металла. Перед испытанием осуществляется притирка

абразивного диска к образцу, чтобы длина линии контакта была постоянной. Во время испытания абразивный диск вращается с постоянной скоростью. Зная его диаметр, можно перевести  $\frac{\text{обороты}}{\text{минуту}}$  в  $\frac{\text{метры}}{\text{секунду}}$ . Это необходимо, чтобы вычислить путь трения. Испытания образцов производятся в одинаковых условиях, скорость вращения диска  $n = 2800 \frac{\text{об.}}{\text{мин.}}$ , контактное давление  $p = 27,6$  Н, время испытания  $t = 30$  с. Такие параметры были выбраны, чтобы исключить сильный нагрев образца, поскольку это может привести к прогрессирующему износу.

После проведения испытания, зная массу изношенного металла, путь трения, контактное давление и площадь контакта, можно определить интенсивность износа

$$w = \frac{W_v}{psl}, \quad (1)$$

где  $w$  - интенсивность износа,  $\text{мм}^3/(\text{Н} \cdot \text{мм}^2 \cdot \text{м})$ ;  $W_v$  - суммарный объем износа,  $\text{мм}^3$ ,

$$W_v = \frac{W_m \cdot 1000}{\rho}, \quad (2)$$

где  $\rho$  - плотность металла,  $\text{г}/\text{см}^3$ ;  $W_m$  - суммарный объем износа, г;  $p$  - контактное давление, Н;  $s$  - площадь контакта,  $\text{мм}^2$ ,

$$s = bB. \quad (3)$$

Здесь  $b$  - длина линии контакта, мм;  $B$  - толщина диска, мм.

$l$  - путь трения, м,

$$l = vt. \quad (4)$$

Здесь  $v$  - скорость вращения диска,  $\text{м}/\text{с}$ ;  $t$  - время, с.

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60 \cdot 1000}. \quad (5)$$

Здесь  $n$  - скорость вращения диска,  $\text{об}/\text{мин}$ ;  $d$  - диаметр диска, мм.

Испытания проводились на образцах, выполненных наплавкой различными марками электродов и электродных проволок по ГОСТ 10051-75, а именно: Т-590 содержание хрома 25% ( $d = 5$  мм), ЭЛБИ Т-590 ( $d = 5$  мм), МФА760М ( $d = 1,2$  мм), МФА750М ( $d = 1,2$  мм), СЗСМ Т-590 ( $d = 4$  мм), УЭЗ Т-590 ( $d = 4$  мм), ППМ-6 ( $d = 1,8$  мм).

Было определено усилие, приложенное к образцу, путем взвешивания на весах собственной массы углошлифовальной машины, закрепленной на штативе. Масса  $M = 2,815$  кг. Усилие определим по формуле:

$$p = Mg, \quad (6)$$

где  $p$  - усилие (контактное давление), Н;  $M$  - масса, кг;  $g$  - ускорение свободного падения,  $\text{м}/\text{с}^2$ .

$$p = 2,815 \cdot 9,81 = 27,615 \text{ Н.}$$

Затем были подготовлены образцы из стали ст3сп, показанные на рис. 2, с наплавкой в 3 слоя испытываемыми электродами, электродными проволоками.

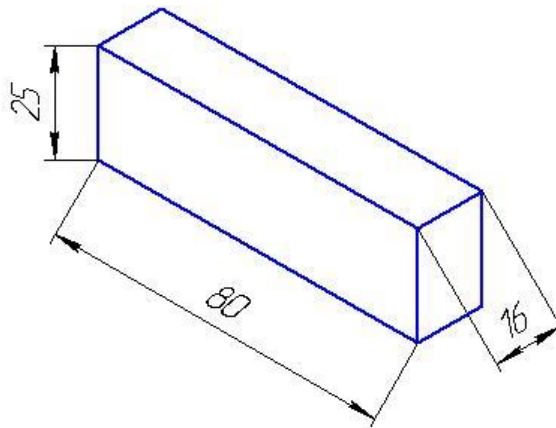


Рис. 2. Образцы для наплавки

Определены технологические параметры работы установки:

Скорость вращения диска  $n=2800 \frac{\text{об.}}{\text{мин.}}$ . Имея диаметр диска (использовался диск диаметром 125 мм, размером зерна 0,5–0,8 мм из окиси алюминия на бакелитовой связке с армированием стекловолокном), можно определить его линейную скорость по формуле (5):

$$v = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot 2800}{60 \cdot 1000} = 18,316 \text{ м/с.}$$

Площадь контакта вычисляется по формуле (3).

Толщина диска 6 мм, длина линии контакта определяется штангенциркулем после притирки диска к образцу.

Время проведения испытаний  $t = 30 \text{ с.}$

Зная скорость вращения диска и время испытания, можно определить путь трения  $l$  по формуле (4):

$$l = 18,316 \cdot 30 = 549,48 \text{ м.}$$

Испытания с каждым образцом проводятся 3 раза, каждый раз измеряется масса до и после испытания, вычисляется средняя потеря массы  $\Delta m_{\text{ср.}}$ , по формуле (2) вычисляется объем износа  $Wv$ .

По формуле (1) вычисляется интенсивность износа  $w$ .

Результаты испытаний представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты испытаний

Материал	$\Delta m_1, \text{ г}$	$\Delta m_2, \text{ г}$	$\Delta m_3, \text{ г}$	$\Delta m_{\text{ср.}}, \text{ г}$	$b, \text{ мм}$	$s, \text{ мм}^2$	$w, \text{ мм}^3/(\text{Н} \cdot \text{мм})$
Ст3сп	1,7	1,5	1,7	1,63	16	96	143,273 556 4
Т-590 хром	0,05	0,05	0,05	0,05	13,5	81	5,208 763 696
ЭЛБИ							
Т-590	0,2	0,04	0,04	0,05	15	84	8,581 851 12
MF A760M	1,05	1	1,2	1,08	16	96	94,929 718 37
MF A750M	0,75	0,9	1,1	0,92	15	90	86,257 126 81
СЗСМ							
Т-590	0,1	0,1	0,05	0,08	14	84	8,036 378 274

УЭЗ							
Т-590	0,05	0,1	0,1	0,08	16	96	7,031 830 99
ППМ-6	0,15	0,15	0,2	0,17	13	78	18,390 942 59

В ходе испытаний была установлена высокая сходимость результатов, полученных при испытаниях одного и того же материала (погрешность равна погрешности взвешивания).

Сравним данные, полученные при испытаниях. Главным критерием при сравнении будет интенсивность износа в соответствии с рис. 3 и табл. 2, чем интенсивность ниже, тем выше износостойкость.

Таблица 2

Сравнение данных, полученных при испытаниях

Название	СтЗсп	Т-590 Хром	ЭЛБИ Т-590	MF А760М	MF А750М	СЗСМ Т-590	УЭЗ Т-590	ППМ-6
Интенсивность износа	143,27	5,21	8,58	94,93	86,26	8,04	7,03	18,39

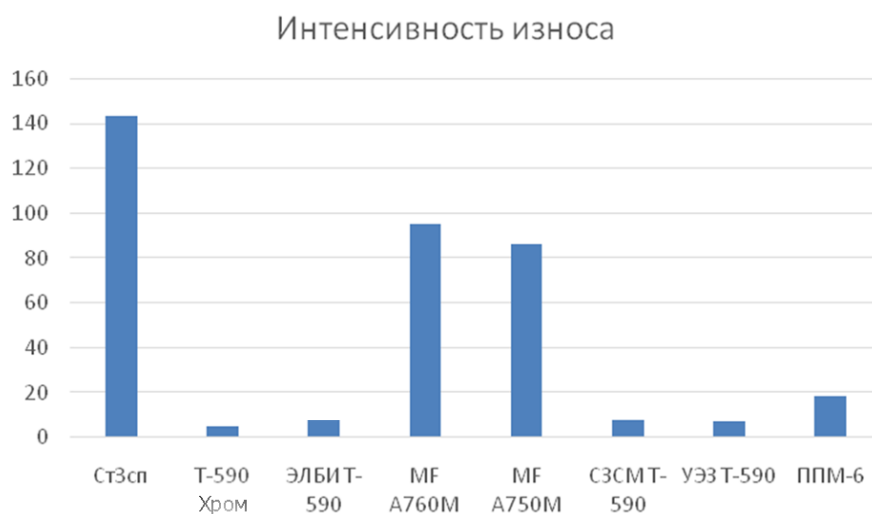


Рис. 3. Сравнение данных, полученных при испытаниях

Наилучшие результаты показали электроды Т-590 хром, произведенные по ГОСТ 10051–75. Также близкие результаты показали электроды УЭЗ Т-590, ЭЛБИ Т590, и СЗСМ Т-590.

#### Выводы:

1. Сварочно-технологические показатели электродов, предоставленных фирмой ООО «Элбипром», соответствуют сварочно-технологическим характеристикам электродов Т-590 производства УЭЗ и Манэпрем. Кроме этого, отметим, что наплавленный металл будет обладать умеренной износостойкостью, так как имеет аустенитную структуру матрицы и имеет достаточное количество упрочняющих фаз.
2. Электроды Марки ЭЛБИ Т-590 могут быть рекомендованы для упрочняющей наплавки деталей, работающих в условиях абразивного изнашивания.