

УДК.621.791.4

Абрамов А. А., Завгородний В. В.

**ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ МЕДИ И ХРОМОЦИРКОНИЕВОЙ БРОНЗЫ
В УСЛОВИЯХ МЕХАНИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО
ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Работоспособность сварочных полуавтоматов, используемых для сварки в углекислом газе и его смесях с аргоном, во многом зависит от эффективности и надежности работы горелок, основными функциями которых являются обеспечение подвода электрического тока к электродной проволоке, ее направление к месту сварки и обеспечение защиты зоны сварки от вредных газов. На рис. 1 представлен один из наиболее распространенных на производстве типов сварочных горелок для механизированной дуговой сварки в активных газах, на рис. 2 – наконечник ее токоподводящего мундштука.



Рис. 1. Внешний вид сварочной горелки

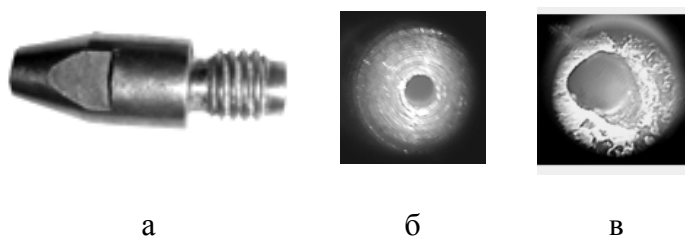


Рис. 2. Внешний вид нового наконечника трубчатого типа (а), вид на отверстия нового (б) и изношенного наконечников (в)

Известно, что основными материалами для изготовления наконечников токоподводящих мундштуков служат медь марки М1, медь Е-Сu и хромоциркониевая бронза. Наконечники из двух последних материалов поставляются на украинский рынок, в основном, из Германии. В ходе сварочного процесса наконечники подвергаются интенсивному механическому истиранию со стороны сварочной проволоки, скользящей по поверхности их отверстий. Кроме того, при ослаблении контакта между наконечником и сварочной проволокой возникают электрические разряды (микродуги), которые вызывают разрушение поверхности их отверстий, нагреву контактной зоны и к еще большей интенсификации процесса изнашивания [1–5]. Результаты производственных испытаний, представленные в работе [2], показали, что величина износа наконечников из меди М1 от действия электроэрозии может в 1,5–2 раза превышать величину их износа от механического истирания проволокой марки Св-08Г2С.

Целью данной работы являлось определение лабораторными испытаниями соотношения между величинами механической и электроэрозионной составляющих износа в общем (суммарном) износе наконечников, изготовленных из меди М1, меди Е-Сu и хромоциркониевой бронзы.

Испытания на износостойкость велись с помощью приспособления, смонтированного на суппорте 1 токарного станка 16Т03А особо высокой точности (рис. 3). На оправке 11, размещенной на шпинделе этого станка, закреплялось контртело – ролик, выполненный в виде диска 10 с ребордой в средней части его внешней кольцевой поверхности, что имитировало при вращении ролика движение электродной проволоки относительно наконечника мундштука сварочной горелки.

На суппорте станка монтировалась также стойка 2, на оси 3 которой располагалось коромысло 4. На одном плече коромысла размещалась головка 5 со шпилькой 6, на которую сверху надевалось необходимое количество предварительно взвешенных нагрузочных металлических дисков 7 с центральным отверстием. Таким способом осуществлялся дозированный по величине прижим испытываемых образцов 9 к вращающемуся ролику. Образцы – наконечники закреплялись винтом в вилке 8. Рис. 3.

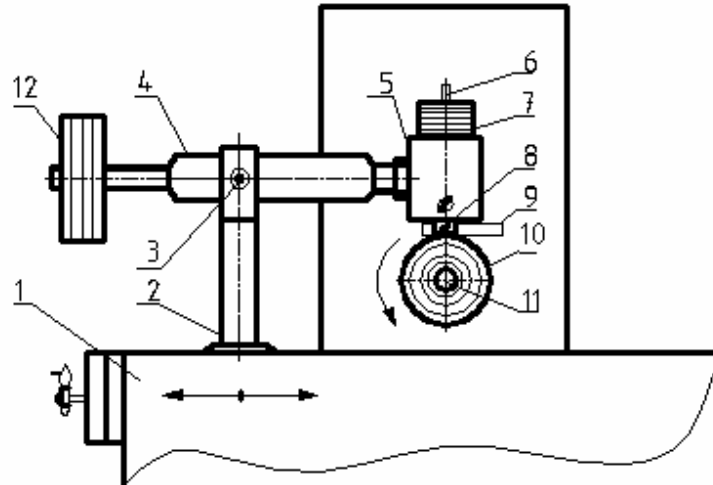


Рис. 3. Приспособление для испытания образцов на износостойкость

Балансировка коромысла в исходном состоянии осуществлялась специальными дисками 12, навёртываемыми по резьбе на концевую часть другого плеча.

Испытание образцов-наконечников проводилось по 3 вариантам (по каждому из них испытаны 3 образца):

1 – без воздействия на них электрического тока и внешнего источника нагрева (их температура при изнашивании не превышала 303 К);

2 – без воздействия на них электрического тока, но с нагревом внешним источником до температур 573–593 К (вариант 2, а) и 763–783 К (вариант 2, б), поскольку контактная зона наконечников в процессе сварки может так нагреваться в зависимости от применяемого электрического режима [4, 5]. Выбор таких температур был продиктован также порогом начала рекристаллизации технической меди (первый диапазон температур) и бронзы системы Cu–Cr–Zr (второй диапазон температур). Нагрев образцов осуществлялся пламенем горелки при сжигании пропан-бутановой смеси лишь в их торцевой части с последующей передачей тепла по металлу в зону трения за счет теплопроводности. С целью регистрации и контроля температуры в каждом образце предварительно просверливалось отверстие с последующей запрессовкой в него горячего спая хромель-копелевой термопары. Величины термо-ЭДС регистрировались миллиамперметром с последующим переводом в соответствующие значения температуры по таблицам [6];

3 – с воздействием на них электрического тока, но без нагрева газовой горелкой. Вариант предназначался для определения величины общего (суммарного) износа наконечников от механического истирания и электроэрозии. Через образцы (подключались к плюсу источника питания) и ролик (подключался к минусу) пропускался электрический ток величиной 5, 8 и 11 А.

Величина электроэрозионной составляющей рассчитывалась как разница между общим (суммарным) износом наконечника при испытании по варианту 3 и величиной его износа без воздействия тока при температуре 773 К (вариант 2, б).

Для изготовления ролика использовалась сталь марки 40X, термообработанная до HRC 38. Его внешний диаметр по реборде составлял 50 мм, высота и толщина реборды равнялись соответственно 5 и 1,2 мм. Поперечный разрез ролика с некоторыми размерами изображен на рис. 4.

Частота вращения ролика испытательной установки составляла 350 мин^{-1} , линейная скорость скольжения поверхности его реборды относительно испытуемых образцов – 0,92 м/с.

Нагрузка на головку коромысла, а значит и на образцы–наконечники во время испытания, варьировалась в диапазоне 0,8...12 Н со следующими дискретными значениями: 0,8; 2,4; 4,8; 7,2; 9,6 и 12 Н. Она была принята, исходя из измеренной нами ранее экспериментальным методом силы прижима проволоки диаметром 1,2 мм к контактной поверхности наконечника при разной величине его износа [7].

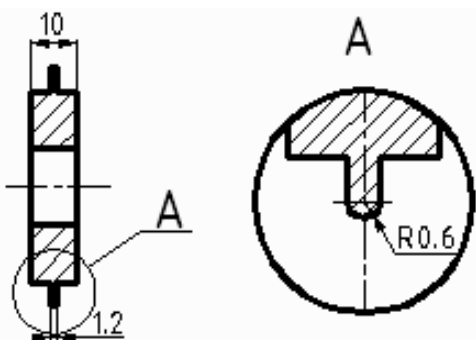


Рис. 4. Вид ролика (контртела) в разрезе

При каждой нагрузке испытание образцов велось в течение двадцати минут, при которых путь трения составлял 1104 м. Выбор указанного времени испытания сделан исходя из того, что за такой период путь трения ролика по образцу соответствует пути трения проволоки по наконечнику сварочной горелки за время непрерывной работы сварщика в течение 12,3 часов.

Как уже подчеркивалось выше, испытуемыми образцами служили наконечники токоподводящих мундштуков. Для удобства испытаний на их внешней поверхности предварительно формировалась плоскость в виде лыски. Значения твердости наконечников в HRB в холодном состоянии составляло: из меди марки М1 – 49, из меди Е–Cu – 53; из хромоциркониевой бронзы – 87.

При проведении испытаний применялась схема «диск–плоскость», контролируемым параметром величины износа образца служила длина канавки, формируемая на его поверхности вращающимся роликом. Измерение этого параметра велось на компараторе горизонтального типа ИЗА-2 со шкалой деления 0,001 мм.

Все полученные данные заносились в соответствующие таблицы с последующим расчетом интенсивности износа образцов в мкм/м по формуле:

$$I_{\text{изн}} = \frac{a_i}{S_{\text{тр}}}, \quad (1)$$

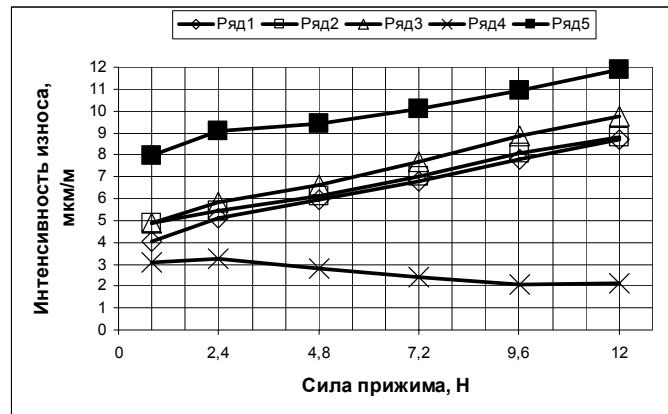
где a_i – длина канавки износа в мм на образцах всех испытуемых материалов при проведении соответствующих испытаний; $S_{\text{тр}}$ – путь трения, равный 1104 м.

Длины канавок износа, которые были зафиксированы при испытаниях на поверхностях исследуемых наконечников, представлены в табл. 1.

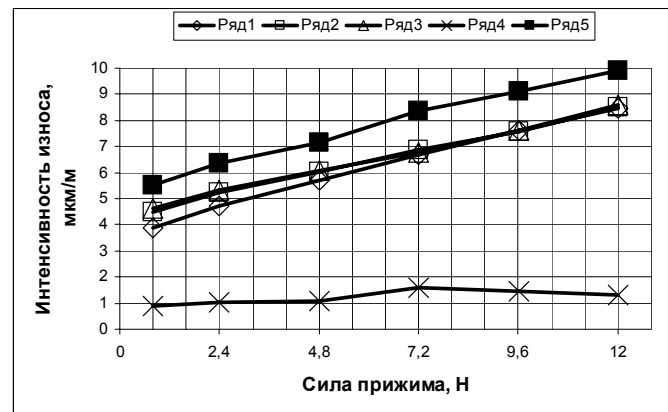
Таблиця 1

Результаты испытаний на износ наконечников из различных материалов (путь трения 1104 м)

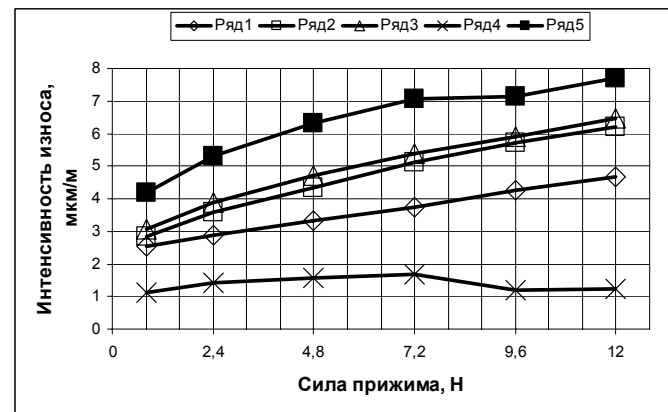
Условия испытания наконечников на износ	Длина канавки износа на поверхности наконечников (мм) при силе их прижима к вращающемуся ролику (Н)					
	0,8	2,4	4,8	7,2	9,6	12,0
Медь М1						
Без нагрева и воздействия электрического тока (вариант 1)	4,48	5,66	6,55	7,46	8,58	9,62
С нагревом горелкой до 583 К, без воздействия электрического тока (вариант 2, а)	5,37	6,01	6,72	7,75	8,89	9,69
С нагревом горелкой до 773 К, без воздействия электрического тока (вариант 2, б)	5,36	6,42	7,28	8,46	9,78	10,74
Без нагрева горелкой, с пропусканием через образцы электрического тока (вариант 3)	8,79	10,03	10,40	11,13	12,07	13,10
Электроэрозионный износ наконечников (получен расчетом)	3,43	3,61	3,12	2,67	2,29	2,36
Медь E–Cu						
Без нагрева и воздействия электрического тока (вариант 1)	4,29	5,21	6,28	7,35	8,40	9,33
С нагревом горелкой до 583 К, без воздействия электрического тока (вариант 2, а)	4,94	5,80	6,66	7,47	8,34	9,37
С нагревом горелкой до 773 К, без воздействия электрического тока (вариант 2, б)	5,11	5,89	6,71	7,59	8,43	9,50
Без нагрева горелкой, с пропусканием через образцы электрического тока (вариант 3)	6,08	7,01	7,89	9,25	10,04	10,92
Электроэрозионный износ наконечников (получен расчетом)	0,97	1,12	1,18	1,76	1,61	1,42
Бронза системы Cu–Cr–Zr						
Без нагрева и воздействия электрического тока (вариант 1)	2,82	3,18	3,69	4,14	4,70	5,15
С нагревом горелкой до 583 К, без воздействия электрического тока (вариант 2, а)	3,15	3,96	4,79	5,64	6,33	6,84
С нагревом горелкой до 773 К, без воздействия электрического тока (вариант 2, б)	3,39	4,27	5,21	5,94	6,53	7,13
Без нагрева горелкой, с пропусканием через образцы электрического тока (вариант 3)	4,04	5,85	6,95	7,82	7,87	8,49
Электроэрозионный износ наконечников (получен расчетом)	1,25	1,58	1,74	1,88	1,34	1,36



а



б



в

Рис. 5. Зависимость интенсивности износа наконечников от силы их прижима к вращающемуся ролику (диску):

а – наконечники из меди М1; б – наконечники из меди E-Cu; в – наконечники из хромоциркониевой бронзы

◊ – износ за счет сил трения, без нагрева и воздействия электрического тока (вариант 1);

◻ – износ за счет сил трения, при нагреве горелкой до 583 К, без воздействия электрического тока (вариант 2, а);

◼ – износ за счет сил трения, при нагреве горелкой до 773 К, без воздействия электрического тока (вариант 2, б);

× – электроэрозионный износ;

■ – износ за счет сил трения, без нагрева горелкой, с пропусканием через образцы электрического тока (вариант 3)

Из данных табл. 1 можно видеть, что лучшую износостойкость в условиях действия одновременно механического истирания и электроэрозии (суммарный износ – вариант 3 в каждой группе материалов) и только механического истирания (механический износ – варианты 1–3) имеют наконечники из хромоциркониевой бронзы. По общему противодействию всем рассмотренным видам воздействия и при усредненной приложенной нагрузке (вариант 3) такие наконечники превосходят наконечники из меди М1 в 1,60 раза, наконечники из Е–Cu в 1,25 раза. По противодействию механическому износу стойкость хромоциркониевых наконечников при комнатной температуре выше стойкости наконечников из меди М1 в 1,78 раза, стойкости наконечников из меди Е–Cu – в 1,72 раза.

С повышением температуры нагрева до 583 К износ наконечников всех групп путем механического истирания (вариант 2, а) возрастает: изготовленных из меди М1 и меди Е–Cu – в 1,05 раза, изготовленных из хромоциркониевой бронзы – в 1,30 раза.

При этом износостойкость хромоциркониевых наконечников превышает износостойкость наконечников из меди М1 в 1,45 раза, наконечников из меди Е–Cu – в 1,39 раза.

Дальнейшее повышение температуры нагрева до 773 К приводит к еще большему снижению способности наконечников противостоять механическому износу – соответственно по группам материалов в 1,13; 1,06 и 1,37 раза.

Что касается противостояния электроэрозионному износу, то лучший показатель имеют наконечники, изготовленные из меди Е–Cu.

С ростом силы, прижимающей наконечники к вращающемуся ролику, растет величина их суммарного износа и величина износа за счет механического истирания. Такая зависимость прослеживается при всех температурах, при которых испытывались наконечники. В тоже время, величина электроэрозионной составляющей общего износа наконечников с увеличением силы их прижима к ролику снижается.

При сравнении исследованных материалов по величине интенсивности их износа (рис. 5) прослеживаются соотношения, аналогичные вышеприведенным.

ВЫВОДЫ

При лабораторных испытаниях на износ по схеме «диск-плоскость» в условиях одновременного воздействия электрического тока от 5 до 11 А и нагрузки от 0,8 до 12 Н наиболее высокую износостойкость показали токоподводящие наконечники, изготовленные из хромоциркониевой бронзы, которая выше износостойкости наконечников из меди М1 и меди Е–Cu соответственно в 1,60 и 1,25 раза. В то же время, лучшей электроэрозионной стойкостью в таких условиях обладают наконечники, изготовленные из меди Е–Cu, которая превышает электроэрозионную стойкость наконечников из меди М1 в 2,17 раза, электроэрозионную стойкость хромоциркониевой бронзы в 1,14 раза. С ростом температуры нагрева наконечников их способность противостоять износу снижается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бригидин В. Я. О работе токоподводящих наконечников при дуговой сварке / В. Я. Бригидин // Сварочное производство. – 1979. – № 8. – С. 20–21.
2. Чубуков А. А. Влияние износа наконечника на технологические параметры процесса сварки / А. А. Чубуков // Сварочное производство. – 1980. – № 1 – С. 26–27.
3. Дмитрик В. В. Токоподводящие мундштуки из порошковых материалов для сварочных горелок / В. В. Дмитрик, С. И. Питула // Автоматическая сварка. – 2005. – № 3. – С. 44–47.
4. Пентегов И. В. Метод определения температуры проволоки на выходе из мундштука при механизированной сварке в защитных газах / И. В. Пентегов, О. И. Петриенко // Автомат. сварка. – 2005. – № 10 – С. 25–28.
5. Абрамов А. А. Температура в зоне контакта наконечника токоподводящего мундштука сварочной горелки с электродной проволокой / А. А. Абрамов, В. В. Завгородний // Вимірювальна та обчисл. техніка в технол. процесах. – 2008. – № 1. – С. 23–26.
6. Чистяков В. С. Краткий справочник по теплотехническим измерениям / В. С. Чистяков. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – С. 86–87.
7. Абрамов А. А. Оптимизация геометрии наконечника токоподводящего мундштука для механизированной дуговой сварки / А. А. Абрамов, В. В. Завгородний // Автомат. сварка. – 2008. – № 1 – С. 53–55.