

ВЛИЯНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ НА СТАБИЛЬНОСТЬ ГОРЕНИЯ ДУГИ

Бойко И. О.

В работе рассмотрены вопросы влияния материала оболочки порошковой проволоки на ее сварочно-технологические характеристики. Доказано, что при изготовлении порошковой проволоки с оболочкой из стали 65Г шероховатость поверхности уменьшается, поэтому уменьшаются пульсации тока и напряжения на дуге, что способствует более стабильному процессу наплавки. Пульсации напряжения на дуге снижаются на 50%, а тока на 30%, что обусловлено более стабильной подачей проволоки ввиду меньшей шероховатости по сравнению с проволокой с оболочкой из стали 08кп. Применение в качестве оболочки порошковой проволоки стали 65Г позволяет расширить диапазон рабочих режимов наплавки, а также увеличить ресурс токоподводящих наконечников из меди марки М1 и бронзы марки БрХЦр в 1,5–2,5 раза из-за меньшей шероховатости оболочки самозащитной порошковой проволоки для наплавки.

У роботі розглянуті питання впливу матеріалу оболонки порошкового дроту на її зварювально-технологічні характеристики. Доведено, що при виготовленні порошкового дроту з оболонкою зі сталі 65Г шорсткість поверхні зменшується, тому зменшуються пульсації струму і напруги на дузі, що сприяє більш стабільному процесу наплавлення. Пульсації напруги на дузі знижуються на 50%, а струму на 30%, що обумовлено більш стабільною подачею дроту через меншу шорсткість в порівнянні з дротом з оболонкою зі сталі 08кп. Застосування в якості оболонки порошкового дроту сталі 65Г дозволяє розширити діапазон робочих режимів наплавлення, а також збільшити ресурс струмопідвідних наконечників в 1,5–2,5 рази через меншу шорсткість оболонки самозахисного порошкового дроту для наплавлення.

The paper considered to influence of shell material cored wire for its welding technological properties. Investigated, that the manufacture of flux-cored wire with shell made of steel 65G roughness surface decreases, so decreases ripple current and voltage on the arc, leading to more stable process of surfacing. Ripple arc voltage is reduced by 50% and the current by 30%, due to a more stable supply of the wire because of lower roughness compared to wire coated of steel 08kp Application as a shell of flux-cored wire steel 65G allows to extend the range of operating modes of surfacing, and increase resource supply tips of M1 copper and bronze БрХЦр in 1,5–2,5 times, because of lesser roughness of shell of self-shielded flux cored wire for surfacing.

Бойко И. О.

канд. техн. наук, ст. преп.
каф. ОиТСП ДГМА
sp@dgma.donetsk.ua

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

УДК 621.791

Бойко И. А.

ВЛИЯНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ НА СТАБИЛЬНОСТЬ ГОРЕНИЯ ДУГИ

Исследование поверхности самозащитных порошковых проволок, применяемых для наплавки прессового инструмента, подтвердило прямую корреляцию между стабильностью процесса наплавки и шероховатостью оболочки проволоки, в связи с этим возникла необходимость исследования уровня шероховатости, а также степени ее влияния на технологические характеристики проволоки.

Одним из условий повышения сварочно-технологических характеристик порошковой проволоки является обеспечение равномерности ее подачи в зону сварки (наплавки). Известно, что состояние поверхности проволоки оказывает значительное влияние как на стабильность процесса наплавки, так и на износ внутренних поверхностей токоподводящих накопечников. Важно состояние поверхности проволоки как в состоянии непосредственно перед наплавкой (наличие ржавчины, загрязнений не допускается), так и после прохождения проволокой подающего механизма. Порошковые проволоки имеют несколько ухудшенную подаваемость по сравнению с проволоками сплошного сечения ввиду их малой радиальной жесткости, поэтому для более надежной подачи применяются ролики с насеченными канавками, а также ролики шестеренчатого типа [1].

Стабильность процесса сварки и наплавки можно оценивать по осциллограммам тока и напряжения [2]. Критерием оценки стабильности может быть отклонение от среднего значения параметра.

Исследовано, что отклонение скорости подачи проволоки влияет на стабильность процесса наплавки [3, 4] и может привести к нарушению установившегося переноса электродного металла. Торможение и последующее ускорение проволоки во время подачи приводит к повышению разбрызгивания электродного металла. Известно, что повышение прочности оболочки порошковой проволоки повышает качество ее поверхности [5].

Производители проволок связывают ухудшение состояния поверхности с износом волоочильных фильер, однако не меньшее влияние могут оказывать просыпающиеся из желоба порошки легирующих элементов, имеющие твердость, значительно превышающие сталь 08кп и приводящие к царапанию поверхности оболочки. Марка и исходное состояние ленты, применяемой для изготовления оболочки, способны оказывать влияние на шероховатость поверхности готовой к использованию порошковой проволоки. Материал оболочки, а точнее его твердость и ее изменение в процессе наклепа при волочении, является одним из решающих факторов, определяющих состояние поверхности проволоки.

При волочении проволоки, пока плотность сердечника относительно мала, происходит неизбежное просыпание шихты. Зачастую порошок налипает и на наружную поверхность оболочки, чему способствует волоочильная смазка, используемая при перетяжке проволок на меньший диаметр. Твердость ленты из сталей 08кп, 08сп, широко применяемых в настоящее время для изготовления оболочек порошковых проволок, существенно ниже твердости абразивных частиц ферросплавов шихты, что неизбежно сказывается на образовании углублений на поверхности.

Цель статьи – определение степени влияния шероховатости оболочки порошковой проволоки на технологические характеристики.

Было проведено исследование состояния поверхности порошковых проволок марок ПП-20Х4В10Н4ФТ (ТМ «ВЕЛТЕК»), ПП-5Х12В5 (АЗОЦМ), а также двух изготовленных

ПП-40X12В4К2Ф с оболочками из сталей 08кп и 65Г. Диаметр проволок 3,2 мм. Измерение шероховатости проводили согласно ГОСТ 2789-73, при которой измеряется высота неровностей профиля по 10 точкам. Профилограммы состояния поверхности проволок приведены на рис. 1.

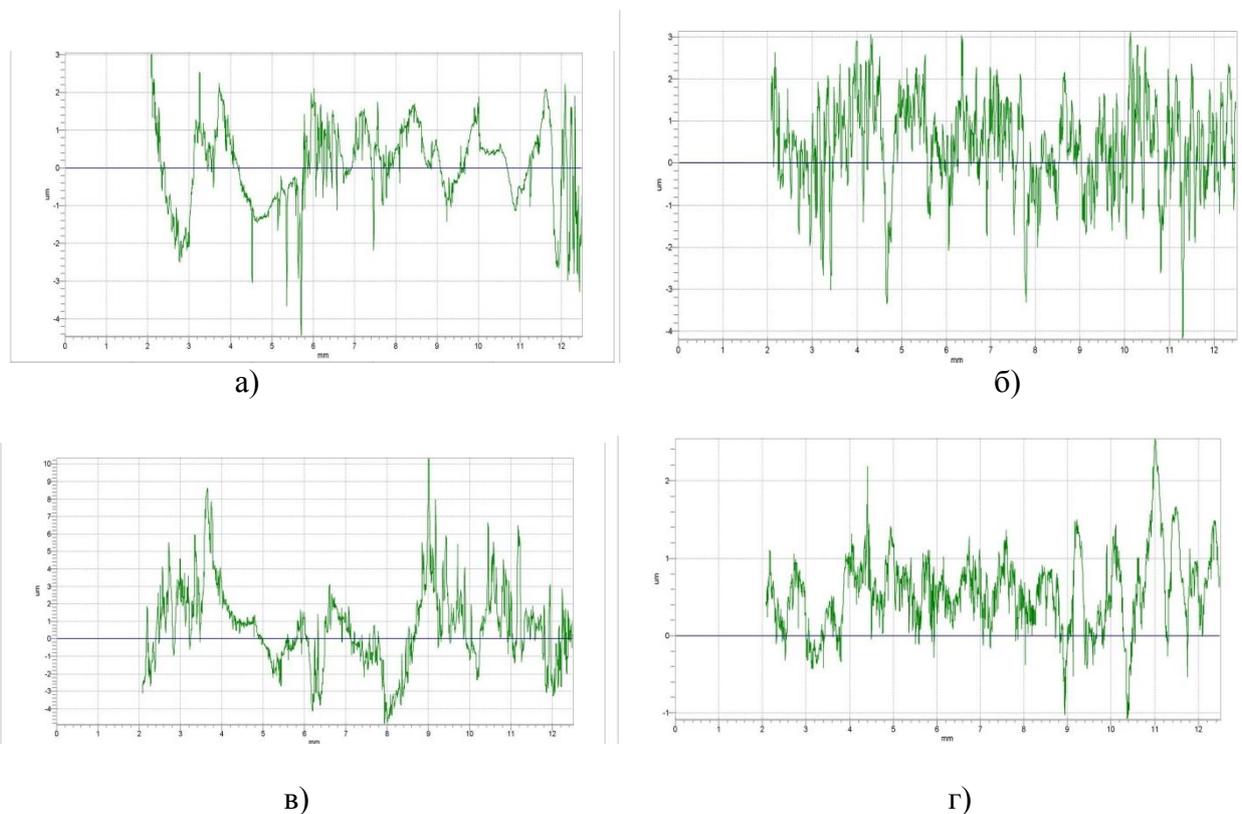


Рис. 1. Профилограммы поверхностей порошковых проволок:
 а – ПП-20X4В10Н4ФТ (ТМ «Велтек»); б – ПП-5X12В5 (АЗОЦМ);
 в – ПП-40X12В4К2Ф с оболочкой 08кп; г – ПП-40X12В4К2Ф с оболочкой 65Г

Для исследуемых проволок шероховатость поверхности находилась в пределах от 2,3 до 10,1 мкм. Проволоки с оболочками из сталей 08кп показали более высокий уровень шероховатости поверхности по сравнению с проволокой с оболочкой из стали 65Г.

Изготовленные самозащитные порошковые проволоки перед наплавкой подвергались прокатке в течение 1-1,5 часа при температуре 250⁰С. Наплавка производилась на автомате АБС-1000 на пластину из стали Ст.3. Питание осуществляли при помощи выпрямителя ВС-600 при напряжении дуги 25В. Во время наплавки производили фиксацию осциллограмм тока и напряжения при помощи USB-осциллографа Autoscope. Перенос электродного металла осуществлялся без коротких замыканий дугового промежутка. Осциллограммы приведены на рис. 2.

Для оценки влияния шероховатости проволоки на стабильность процесса наплавки осциллограммы условно разбивались на 10 отрезков с интервалом времени 0,15 с. Количественными критериями стабильности процесса было принято считать средние коэффициенты пульсации тока и напряжения во время наплавки, рассчитываемые по формулам (1) и (2).

Коэффициент пульсации напряжения на дуге:

$$qU = \frac{\sum_{i=1}^n U_i^{\max} - \sum_{i=1}^n U_i^{\min}}{n \cdot U_{cp}} \quad (1)$$

где U_i^{\max} , U_i^{\min} – максимальное и минимальное значение напряжения на i -м участке осциллограммы соответственно;

U_{cp} – среднее значение напряжения на дуге.

Коэффициент пульсации тока:

$$qI = \frac{\sum_{i=1}^n I_{\max} - \sum_{i=1}^n I_{\min}}{n \cdot I_{cp}} \quad (2)$$

где I_i^{\max} , I_i^{\min} – максимальное и минимальное значение тока на i -м участке осциллограммы соответственно;

I_{cp} – среднее значение тока наплавки.

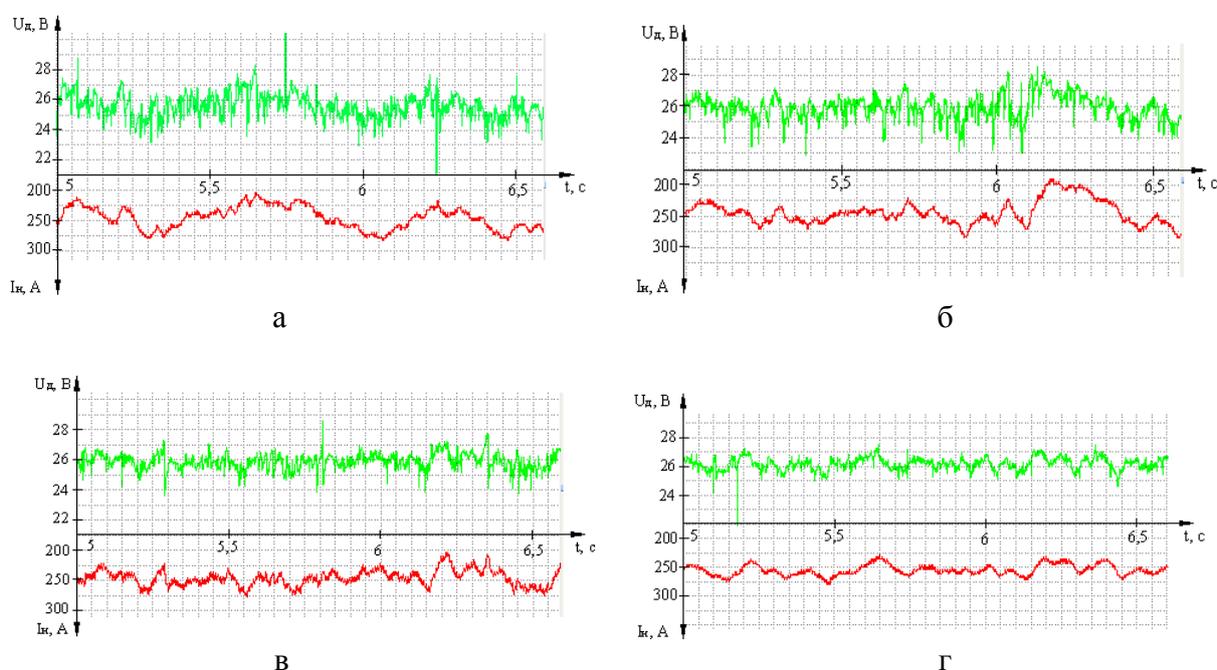


Рис. 2. Осциллограммы тока и напряжения на дуге при наплавке проволоками:
 а – 40X12B4K2Ф в оболочке 08кп; б – 20X4B10H4ФТ (Велтек); в – 5X12B5 (АЗОЦМ);
 г – 40X12B4K2Ф в оболочке 65Г

Расчитанные значения пульсаций подтвердили предположение о влиянии состояния поверхности оболочки и ее материала на стабильность процесса наплавки. Данное явление связано со стабильностью контакта между токоподводящим наконечником и проволокой, а также снижением механических сопротивлений проталкиванию проволоки при ее движении в зону дуги.

Зависимости уровня пульсаций тока и напряжения при наплавке от состояния поверхности порошковой проволоки приведены на рис. 3. Из анализа полученных графиков можно сделать вывод о прямом влиянии шероховатости поверхности на стабильность процесса наплавки.

Таблица 1

Рассчитанные значения пульсаций

Марка проволоки	Материал оболочки	Rz, мкм	T, с	Текущие параметры режима наплавки				Пульсация напряжения qU	Пульсация тока qI
				Uд, В		Iн, А			
				max	min	max	min		
ПП-40X12B4K2Ф	8кп		5,15	28,8	24,9	250	212	0,152	0,16
			5,3	27,4	23,6	280	225		
			5,45	26,7	23,3	278	229		
			5,6	27,8	24	248	222		
			5,75	28	23,4	235	205		
			5,9	27,4	23,8	260	215		
			6,05	26,6	23	283	240		
			6,2	26,5	23	284	237		
			6,35	27,7	24,5	240	217		
			6,5	27,8	23,2	284	240		
Велтек ПП-20X4В10Н4ФТ	08кп		5,15	27	23,6	242	223	0,138	0,145
			5,3	27,2	23,4	276	237		
			5,45	26,6	24,2	267	239		
			5,6	26,8	24,5	226	236		
			5,75	27,4	23,7	253	223		
			5,9	26,8	23,1	282	237		
			6,05	28,2	23,2	276	226		
			6,2	27,9	23	270	180		
			6,35	27,7	24,9	222	198		
			6,5	26,6	24	275	227		
АЗОЦМ 5X12B5	08кп		5,15	28,8	24,7	253	225	0,11	0,133
			5,3	27,4	23,7	268	225		
			5,45	27,1	24,8	260	240		
			5,6	26,8	24,2	275	240		
			5,75	26,8	24,7	270	239		
			5,9	26,2	23,9	255	231		
			6,05	26,9	24,4	249	225		
			6,2	27,2	23,9	270	220		
			6,35	27,7	25,1	250	220		
			6,5	26,7	24,8	273	225		
40X12B4K2Ф	65Г		5,15	26,9	24,2	275	245	0,08	0,12
			5,3	27,1	25,3	265	235		
			5,45	26,7	25	273	250		
			5,6	27	25,1	280	245		
			5,75	27,5	25	270	230		
			5,9	26,7	25,3	260	245		
			6,05	27	25,1	268	245		
			6,2	27,2	25,3	275	237		
			6,35	26,9	25,4	263	235		
			6,5	27,5	24,6	273	236		

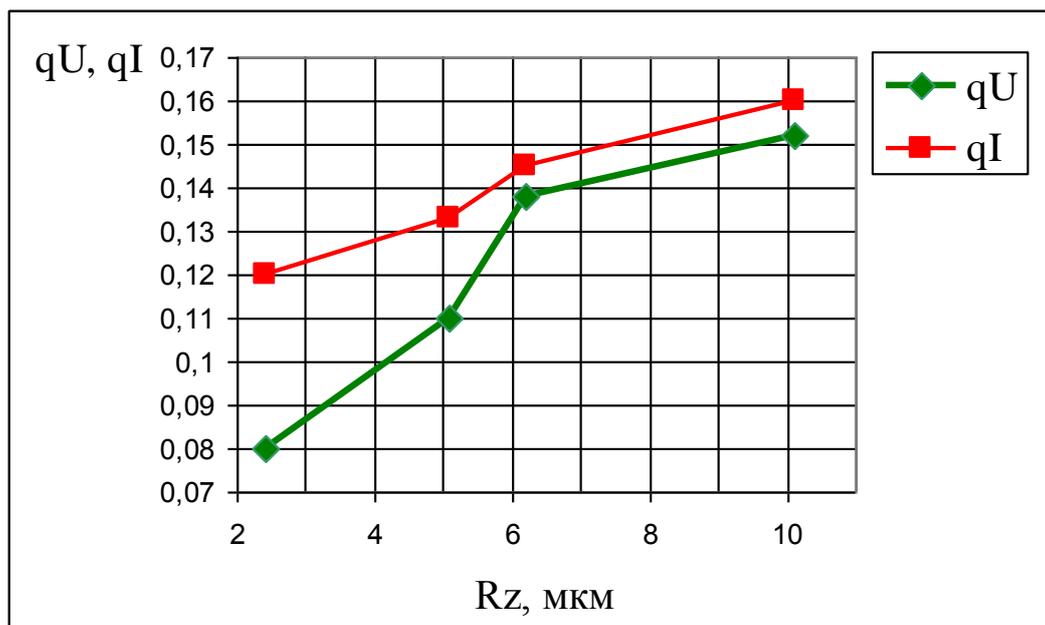


Рис. 3. Зависимость пульсаций тока и напряжения на дуге от шероховатости проволоки

Снижение шероховатости проволоки за счет применения лент из сталей, способных наклепываться при волочении (сталь 65Г) позволяет снизить уровень шероховатости поверхности до значения 2,5–3 мкм, которое заметно снижает пульсации параметров режима наплавки, оказывая значительное влияние на их рабочий диапазон (рис. 4).

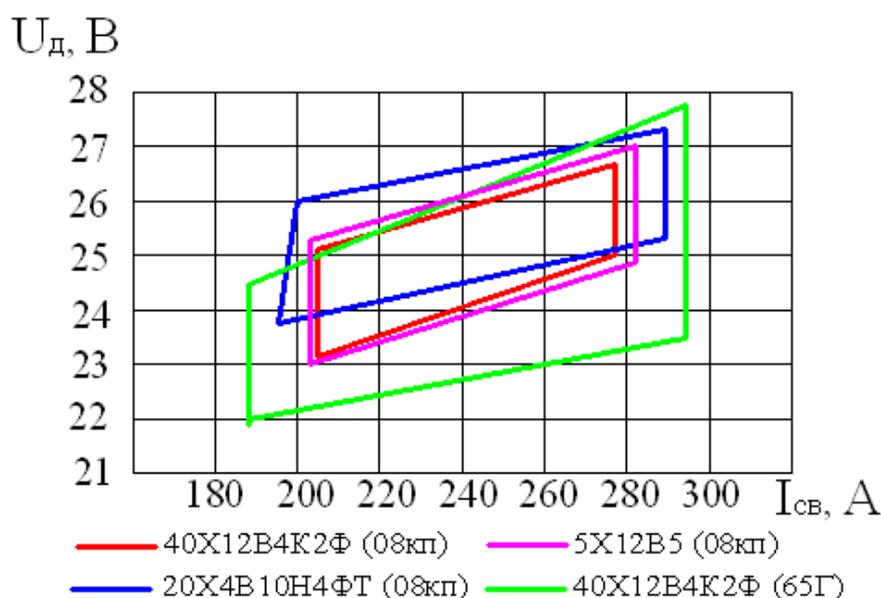


Рис. 4. Диапазоны рабочих режимов наплавки порошковых проволок с различными шероховатостями поверхности

Критериями технологически приемлемого рабочего диапазона режимов наплавки (тока и напряжения дуги) были устойчивое горение дуги, отсутствие пор в наплавленном металле, а также умеренное разбрызгивание электродного металла.

Расширение рабочего диапазона режимов наплавки проволоки с оболочкой из стали 65Г может быть объяснено более стабильной подачей проволоки в зону дуги, а также

надежным контактом в токоподводе, улучшающимся при снижении шероховатости проволоки.

В моменты времени, когда происходит снижение напряжения на дуге по причине неустойчивого контакта, длина дугового промежутка уменьшается, дальнейшее возобновление контакта приводит к резкому повышению силы тока, что увеличивает силу пинч-эффекта, отрывающую каплю от торца электрода. Очевидно, что процесс увеличения стабильности связан со снижением шероховатости поверхности проволоки.

Оценка влияния состояния поверхности проволоки на износ токоподводящих наконечников производилась в производственных условиях ПАО «АЗОЦМ». В качестве критерия стойкости было принято время наплавки, по истечении которого, износ токоподвода цилиндрического типа достигнет фиксированного значения. Токоподводящие наконечники были выполнены с одинаковыми геометрическими размерами из двух материалов: меди марки М1 и хромциркониевой бронзы БрХЦр. Для проволок диаметром 3,2 мм внутренний диаметр наконечников был выбран 3,5 мм. Наплавка производилась на следующих режимах: сварочный ток - 240-250А, напряжение дуги 24...25 В, скорость наплавки - 26 м/ч. Для исключения влияния насечек на процесс износа токоподводов в подающий механизм были установлены ролики шестеренчатого типа.

Условное значение износа токоподводящих наконечников было принято таким, в результате которого люфт вылета проволоки длиной 30мм составлял 5 мм. Для измерения люфта проволоки на вылете использовалось приспособление, схема которого показана на рис. 5.

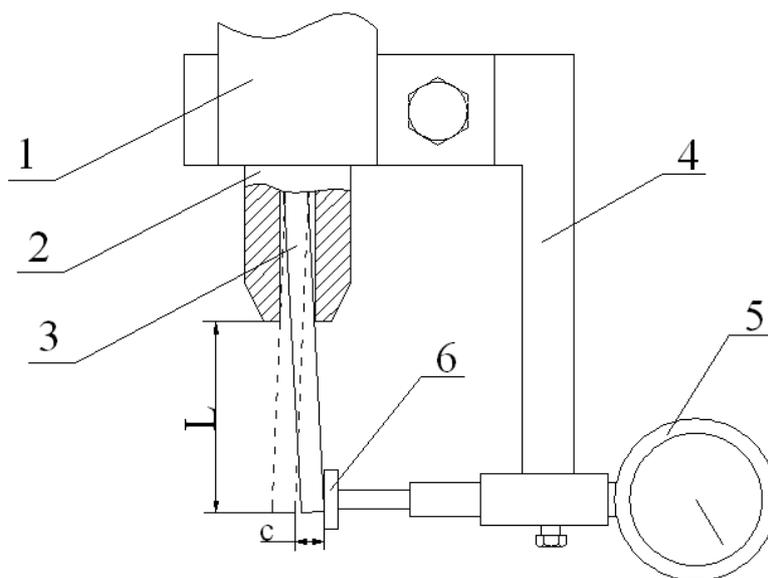


Рис. 5. Схема приспособления, используемого для оценки износа токоподводящих наконечников:

1 – штанга; 2 – наконечник; 3 – проволока; 4 – скоба; 5 – индикатор; 6 – планка

На штангу 1 наплавочной установки, в которую ввинчен цилиндрический токоподводящий наконечник 2 с проходящей внутри его отверстия проволокой 3, установлена скоба 4. Во втулку на скобе вставлен индикатор часового типа 5, на шуп которого установлена планка 6. Измерение люфта производилось наплавщиком по истечении 12 часов непрерывной работы, а далее – через 1 час. При достижении заданного износа время работы наконечника фиксировалось. Результаты эксперимента приведены на рис. 6.

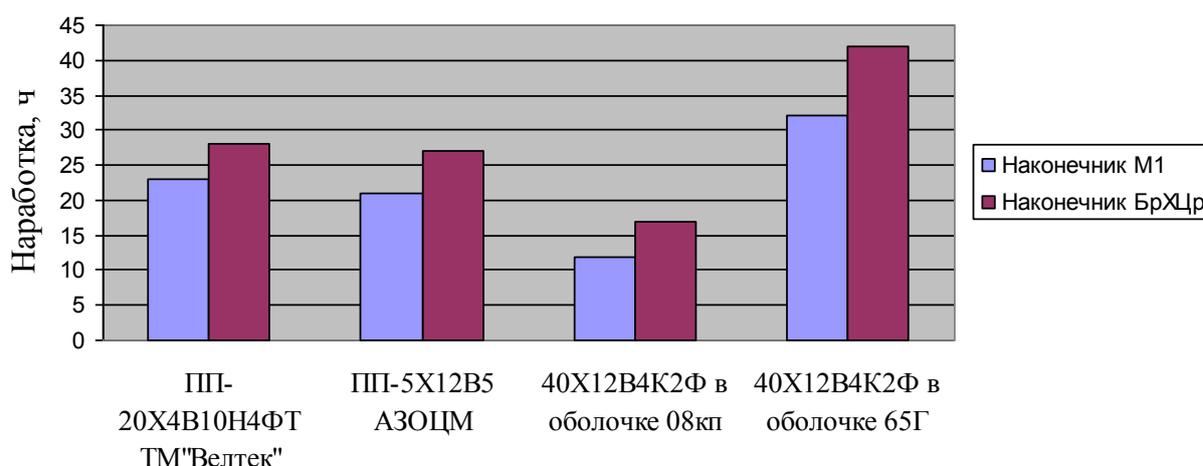


Рис. 6. Зависимость ресурса работы токоподводящих наконечников от марки применяемой проволоки

ВЫВОДЫ

Таким образом, исследования показали, что стойкость токоподводящих наконечников как из меди М1, так и из хромциркониевой бронзы БрХЦр находится в прямой корреляции с исходным состоянием поверхности, что связано как с механическим истиранием, так и электроэрозионным износом их внутренней поверхности, которые усиливаются с увеличением величины индекса шероховатости. Применение в качестве оболочки порошковой проволоки стали 65Г позволяет расширить диапазон рабочих режимов наплавки, а также увеличить ресурс токоподводящих наконечников в 1,5–2,5 раза.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Походня И. К. Сварка порошковой проволокой / И. К. Походня, А. М. Суптель, В. Н. Шлепаков. – Киев : Наукова думка, 1972. – 223 с.
2. Букаров В. А. Оценка стабильности дуговой сварки по осциллограммам процесса с использованием статистических методов / В. А. Букаров, С. С. Ермаков, Т. А. Дорина // Сварочное производство. – 1990. – №12 – С. 30–32.
3. Критерии оценки стабильности процесса дуговой сварки на постоянном токе / И. К. Походня, И. И. Заруба, В. Е. Пономарев [и др.] // Автоматическая сварка. – 1989. – №8. – С. 1–4.
4. Влияние возмущений в системе подачи электродной проволоки на качество сварных соединений / И. С. Полосков, Ю. С. Иценко, В. А. Лебедев, О. Б. Гецкин // Сварочное производство. – 2001. – №8. – С. 3–7.
5. Бойко И. А. Влияние материала оболочки на состояние поверхности порошковой проволоки / И. А. Бойко, А. Г. Гринь // Сварочное производство в машиностроении : перспективы развития. Материалы I Международной научно-технической конференции, 6–9 октября 2009 / под общ. ред. Н. А. Макаренко. – Краматорск : ДГМА, 2009. – С. 20.
6. Кобозев В. А. Оценка устойчивости процессов ручной и механизированной дуговой электросварки плавящимся электродом / В. А. Кобозев, В. В. Коваленко, В. А. Лебедев // Автоматическая сварка. – 1998. – №8. – С. 26–31.

Статья поступила в редакцию 26.10.2015 г.