



ОЦЕНКА КРУТИЗНЫ СТАТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДУГИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОСВЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Г. А. ЦЫБУЛЬКИН, д-р техн. наук (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Предложен способ получения оценки крутизны статической характеристики электрической дуги при сварке плавящимся электродом, базирующийся на использовании результатов косвенных измерений некоторых параметров сварочной цепи.

Ключевые слова: дуговая сварка, плавящийся электрод, статическая характеристика дуги, устойчивость

При роботизированной дуговой сварке плавящимся электродом в защитном газе желательно, как известно, использовать источники сварочного тока с более жесткими внешними характеристиками по сравнению с источниками для ручной сварки. Однако при этом возникают некоторые опасения, связанные с возможным ухудшением устойчивости самого процесса сварки, поскольку условие устойчивости

$$S_a - S_s > -R \quad (1)$$

при определенных значениях S_s может быть нарушено [1].

В неравенстве (1) S_a — крутизна статической характеристики дуги, S_s — крутизна внешней характеристики источника тока, R — суммарное сопротивление сварочной цепи, включая сопротивление подводящих проводов, скользящего контакта в мундштуке горелки и вылета электрода.

Возникшие опасения могли быть сняты при проверке по формуле (1), если бы нам были известны значения крутизны S_a для используемых режимов сварки. К сожалению, значения S_a , как правило, заранее не известны, а их измерение сопряжено с большими трудностями, поскольку при этом необходимо поддерживать длину дуги постоянной, что при плавящимся электроде практически не выполнимо. Можно попытаться получить оценку S_a косвенным путем. С этой целью рассмотрим соотношение для постоянной времени T_s сварочного процесса [2]:

$$T_s = \frac{R_*}{EM} \quad (2)$$

где E — напряженность электрического поля в столбе дуги; M — крутизна характеристики плавления электрода; R_* — обобщенное сопротивление, вычисляемое по формуле

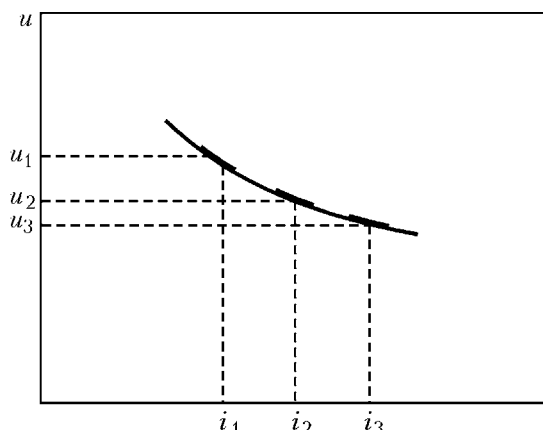
$$R_* = R + S_a - S_s. \quad (3)$$

На основании (2) и (3) можно записать

$$S_a = T_s EM + S_s - R. \quad (4)$$

Из выражения (4) видно, что если бы каким-то образом нам удалось определить численные значения параметров T_s , E , M и R при заданном S_s , то по (4) можно было бы рассчитать искомое значение S_a . Рассмотрим такую возможность.

Постоянная времени T_s может быть достаточно точно определена опытным путем, предложенным академиком Б. Е. Патонам в работе [3], суть которого заключается в следующем. Скорость подачи электрода v_e изменяют относительно ее заданного значения v_{e0} по гармоническому закону $v_e = v_{e0} + \Delta v_e \sin \Omega t$ (здесь t — текущее время) с небольшой амплитудой Δv_e и частотой Ω . При этом измеряют напряжение u или ток i дуговой сварки, которые изменяются по тому же закону, но со сдвигом по фазе φ . В частности, согласно [4], $i = i_0 + \Delta i \sin(\Omega t - \varphi)$, где Δi , i_0 — соответственно амплитуда колебаний и постоянная составляющая сварочного тока, $\varphi = \arctg \Omega T_s$. Отсюда



Построение фрагмента статической характеристики дуги по косвенным измерениям

$$T_s = \frac{1}{\Omega} \operatorname{tg} \varphi.$$

Значение параметра M с достаточной точностью находится по формуле

$$M = \frac{\Delta v_e}{\Delta i},$$

сопротивление R можно измерить непосредственно, а значение напряженности электрического поля E для каждого конкретного условия проведения измерений можно взять из таблицы, приведенной, например, в работе [5].

Итак, мы убедились, что числовые значения всех параметров, входящих в (4), могут быть получены достаточно просто, а это означает, что существует принципиальная возможность косвенной оценки крутизны статической характеристики сварочной дуги S_a .

Получив таким образом оценку S_a , можно использовать условие устойчивости (1) и выбрать для роботизированной дуговой сварки допустимый наклон внешней характеристики источника сварочного тока по формуле

$$S_s < S_a + R.$$

Следует заметить, что все измерения для определения S_a по (4) необходимо проводить при одних и тех же параметрах режима сварки. Если необходимо получить представление о самой форме статической характеристики дуги в небольших пределах используемых режимов дуговой сварки, то нужно провести несколько таких же измерений и построить соответствующую кривую. Построение осуществляется следующим образом. В каждой фиксированной точке (i_k, u_k) , где $k = 1, \dots, n$, а n — количество точек (рисунков), под углом $\alpha = \arctg S_a(k)$ к оси i проводится небольшой отрезок (как в известном методе изоклин [6]), затем отрезки соединяют плавной линией. Эта линия как раз и будет почти эквидистантна реальной статической характеристике дуги на измеряемом интервале сварочных токов.



1. *Цыбулькин Г. А.* К вопросу об устойчивости процесса дуговой сварки плавящимся электродом // Автомат. сварка. — 2002. — № 5. — С. 17–19.
2. *Цыбулькин Г. А.* О компенсации влияния нестабильности режима сварки на оценку отклонения электрода от линии соединения свариваемых деталей // Там же. — 1998. — № 4. — С. 50–52.
3. *Патон Б. Е.* Саморегулирование дуги при сварке плавящимся электродом // Там же. — 1952. — № 1. — С. 38–45.
4. *Цыбулькин Г. А.* О влиянии скорости изменения вылета электрода и длины дуги на сигнал дугового сенсора // Там же. — 2003. — № 6. — С. 25–29.
5. *Ленивкин В. А., Дюржеров Н. Г., Сагиров Х. Н.* Технологические свойства сварочной дуги в защитных газах. — М.: Машиностроение, 1989. — 264 с.
6. *Каннингхэм В.* Введение в теорию нелинейных систем. — М.-Л.: Госэнергоиздат, 1962. — 456 с.

A method is proposed for assessment of steepness of the static characteristic of an electric arc in consumable electrode welding, which is based on use of the results of indirect measurements of some parameters in the welding circuit.

Поступила в редакцию 19.01.2004

УДК 621.791.793

ВЛИЯНИЕ ДЕТОНАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИЗДЕЛИЙ

Е. А. АСТАХОВ, канд. техн. наук (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Установлено влияние покрытий из $VK15$ и Al_2O_3 на усталостную и кратковременную прочность, пластичность, ударную вязкость стали 45, нержавеющей стали 10X18H10T и титановых сплавов 3В и 3М.

Ключевые слова: углеродистая сталь, нержавеющая сталь, титановые сплавы, детонационное покрытие, прочность сцепления, механические свойства

Возможность использования детонационных покрытий в современном судостроении зависит от антифрикционных свойств [1], высоких показателей прочности сцепления покрытий с основой, низкого уровня пористости [2], наличия промышленных автоматизированных детонационных комплексов «Прометей», «Перун-С» и др. [3, 4].

Тем не менее, применение в судостроении любых видов покрытий, в том числе и детонационных, невозможно без изучения их влияния на конструктивную прочность основного металла.

С этой целью проведено исследование влияния покрытий из $VK15$ и Al_2O_3 на кратковременную прочность, пластичность, ударную вязкость и усталостную прочность стали 45, нержавеющей стали и титановых сплавов 3В и 3М. Толщина покрытия составляла 0,2...0,3 мм. Образцы для механических испытаний и определения ударной вязкости не подвергали шлифовке из-за отсутствия специального профильного алмазного инструмента. Для шлифования образцов с целью определения усталостной прочности изготовлен специальный круг по профилю галтели на образце.

Механические свойства основного металла определяли на образцах НО-8 с диаметром рабочей части 15 мм, изготовленных из всех испытуемых материалов; влияние масштабного фактора оценивали на образцах НО-13 с диаметром рабочей

Таблица 1. Результаты кратковременных испытаний образцов с покрытием и без покрытия

Исследуемый образец	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	ψ , %	$a_n \cdot 10^{-3}$, Дж/м ²
Сплав 3М	<u>664...700</u> 679	<u>607...635</u> 626	<u>13,3...15,7</u> 14,7	<u>35,6...37,7</u> 38,9	<u>10,9...11,4</u> 11,1
Сплав 3М + покрытие Al_2O_3	<u>656...679</u> 671	<u>612...636</u> 624	<u>13,3...16,5</u> 14,7	<u>38,1...41,1</u> 39,0	<u>10,1...10,7</u> 10,5
Сплав 3В	<u>753...762</u> 757	<u>649...747</u> 701	<u>19,2...21,6</u> 20,5	<u>48,9...64,7</u> 51,7	<u>11,7...18,1</u> 12,2
Сплав 3В + покрытие $VK15$	<u>540...695</u> 618	<u>497...681</u> 594	<u>12,8...14,8</u> 14,0	<u>54,7...64,1</u> 58,2	<u>11,7...14,0</u> 12,9
10X18H10T	<u>628...718</u> 669	<u>300...552</u> 420	<u>34,5...51,5</u> 44,0	<u>65,4...70,7</u> 68,8	<u>19,0...21,22</u> 20,0
10X18H10T + покрытие Al_2O_3	<u>624...666</u> 642	<u>581...613</u> 595	<u>35,9...49,9</u> 45,8	<u>65,9...69,7</u> 67,3	<u>20,3...21,9</u> 21,2
10X18H10T + покрытие $VK15$	<u>484...627</u> 567	<u>276...344</u> 300	<u>40,0...68,4</u> 55,1	<u>70,9...76,3</u> 73,5	Не опр.
Сталь 45	<u>650...670</u> 664	<u>361...372</u> 368	<u>21,2...22,7</u> 22,1	<u>42,3...44,7</u> 43,9	<u>2,5...3,5</u> 3,0
Сталь 45 + покрытие Al_2O_3	<u>647...670</u> 657	<u>362...390</u> 369	<u>18,8...21,6</u> 20,9	<u>43,7...45,2</u> 44,5	<u>2,7...3,4</u> 3,1
Сплав 3М (НО-13)	<u>681...701</u> 690	<u>641...670</u> 648	<u>17,2...19,6</u> 18,6	<u>36,8...46,2</u> 41,0	Не опр.
Сплав 3М (НО-13) + покрытие Al_2O_3	<u>624...666</u> 642	<u>581...613</u> 595	Не опр.		

Примечание. В числителе указан разбег значений, в знаменателе — среднее.