

ABOUT FULLERENE ARC WITH HELIUM STREAM

Dymenko V.V., Kasumov M.M.*⁽¹⁾, Malashenkov S.P.⁽¹⁾

E.O.Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine, Bogenko str., 11, 252650, Kiev, Ukraine

⁽¹⁾Institute for Surface Chemistry of the NAS of Ukraine, General Naumov str., 17, 03680, Kiev-164

In the report is stated second part of researches of variety fullerene arc. At the atmospheric pressure with helium stream the discharge ignited between graphite bar and disc with conic aperture. First part of researches represented on MEE – 2002 (Proceedings of Conference, p.226-227).

1. For authentication of fullerenes made use of IR-spectrum. A sample for researches got on base KBr and dried up settling solution of toluol fullerenes. Been accorded IR-spectrum Fig.1 (bring only working fragment over) severally differs from familiar [1]. But there are all of four typical for C_{60} lines and all of lines typical for C_{70} .

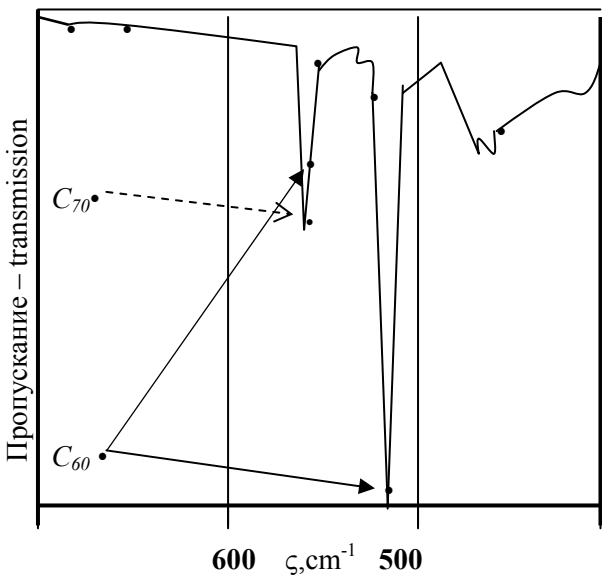


Fig. 1. Fragmentary IR-spectrum with used In eq. (1) lines of C_{60} and C_{70}

Quantitative estimation components took on foundation of spectrum that. For method applicability necessary will find in spectrum, at least, on one "clean" line explored components. In our spectrum such in most degrees are lines 578 (C_{70}) and 528 (C_{60}). Relation coefficient size these components (β) can be got with calculation scale spectrums coefficient without admixtures.

Such the spectrums have in work [1, p. 206, Fig. 10.12]. With calculation of this coefficient size:

$$\beta = (A_1/A_2) : (B_1/B_2), \quad (1)$$

where A_1, A_2 lines amplitudes size 528 and 578 in got fullerenes (mixture spectrum on Fig. 1 size relate 53/24), and B_1, B_2 are amplitudes sizes of these spectrum lines without admixtures (attached to one and reinforcement volume). Attached to staning in (1) proper sizes these amplitudes give a relation 10/18. In total from correlation (1) get a size $\beta = 4$. A relation size gives an overhead limit for C_{70} (25%), so far as a line 578 practically flows together and becomes stronger by line 577 from C_{60} . With calculation of this a real coefficient size for C_{70} will be really less, near to 10-15%, how attached to synthesis in usual of fullerene arc.

2. On Fig. 2 brought to going out dependence of fullerene-containing soot (m_c) and coefficient $\alpha = m_f / m_c$, where m_f is mass fullerenes from stream of working gas, got at arc discharge current $I = 100A$.

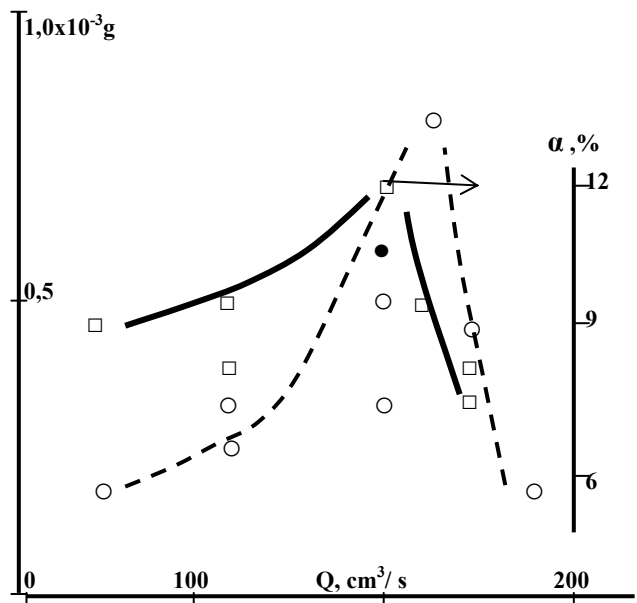


Fig. 2. Dependence of m_c and α from stream of helium Q .

*Fax: 38 (044) 4243567

E-mail: admin @ dipromisto.gov.ua

How evidently, the curves have general construction conformity to natural laws. With

augmentation of gas stream, beginning from 50 c³/s, the curves grow, arrive at maximum and after fall.

On dependence motion curves *Fig. 2* influence a few factors. Attached to augmentation of gas expense, as follows from visual experiment supervisions, size taken away of discharge chamber of carbon complexes grows. But attached to set arc discharge power augmentation of gas expense conduces to diminution of plasma concentration (n) and its temperature (T), that conduces to slowing down the synthesis speed. Besides, with augmentation of gas expense diminishes stay time (t) of formed complexes in conditions of optimum synthesis. Simultaneous action of these factors foreordains appearance of described dependences.

Curves α and m_c *Fig.2* have a typical distinction. The curves maximums carried on stream axis. Slump of α -curve begins attached to smaller stream size, arc discharge parameters range for effective fullerenes going out naturally less such for soot going out.

3. In of fullerene arc, in accordance with adopted model [3], ionized component is only carbon; atoms of inert gas use only how gas-cinetic component, necessary for energy relaxation of in-series formed carbon systems. Rare gas determines also carbon mobility, going out speed from gas-discharge space.

The marked processes attached to synthesis of fullerene come attached to considerable atoms concentration exceeding of inert gas (n_{He}) on comparison with carbon atoms concentration (n_c), attached to $n_{He}/n_c > 1$.

But in usual fullerene arc a concentrations relation remains in number indefinite.

4. On *Fig.2* is picked out an experimental point with most size $\alpha = 12\%$ attached to helium expense $Q = 150$ c³/s. For this point will see out an exceeding parameter computation (Y), defined from concentrations relation initial components, in equality appearance:

$$Y = n_{He}/n_c = (Q/Q_0) \cdot (M/M_c) \cdot K \cdot (m_c/m_{He}), \quad (2)$$

losses calculation on protective pipe and deposits

wehere $Q_0=22,41;M$ - gram-atom *He*; M_c -mass of fullerene-containing soot (m_c); $K= 0,7$ carbon on electrode-disc; m_c , m_{He} - are atomic carbon weight and helium. A computation (2) for marked point gives a parameter size Y, equal 100. This size behaves only to synthesis process beginning and signifies dominance of carbon atoms point gives a parameter size Y, equal 100. This size behaves only to synthesis process beginning and signifies dominance of carbon atoms

A problem remains unsolved, so as not is shown a necessity of inert wednesday- without her a synthesis does not come, and there isn't a computation of optimum exceeding parameter size Y.

5. Attached to initiating of arc with incondesent cathode attached to minimum distance between electrodes determines cathode tension degradation minimum arc maintenance tension.

By condition selfmaintenance of discharge tension equality on discharge to ionization potential plasma component, and attached to enough big plasma concentration comes step-by-step ionization over metastable level, excitation levels.

In our geometry minimum tension on arc discharge $V_{p \min} = 24 \pm 2$ V attached to deal with helium. Attached to deal with argon $V_{p \min} = 16 \pm 2$ V. But always tension on arc discharge $V_p > V_{ic} = 11,3$ V. Like disparity of calculation and experimental parameters checked also in at work [3].

References

- [1]. Shpak A, Kunitsky Yu, Karbovsky V. Cluster and nano-structural materials.-V.1.- Kyiv: Akademperiodika.2001.
- [2]. Afanasiev D, Blinov I, Bogdanov A, Dyuzhev G, Karataev V, Kruglikov A. Zhurnal Tekhnicheskoy Fiziki.-1994.-64.- №10.-P.76.
- [3]. Alexeev N, Dyuzhev G. Zhurnal Tekhnicheskoy Fiziki.-2001.-71.- №10.-P.41.

О ФУЛЛЕРЕНОВОЙ ДУГЕ С ПОТОКОМ ГЕЛИЯ

Дыменко В.В., Касумов М.М.*⁽¹⁾, Малашенков С.П.⁽¹⁾

Институт электросварки им.Е.О.Патона НАН Украины,ул.Боженко,11,252650, Киев,Украина.

⁽¹⁾Институт химии поверхности НАНУ Украины,03680,Киев-164,ул.Ген. Наумова,17, Украина

В тезисах настоящего доклада изложена вторая часть исследований разновидности фуллереновой дуги. При атмосферном давлении в потоке гелия зажигали разряд между графитовыми стержнем и диском с коническим отверстием. Первая часть исследований представлена в докладах МЕЕ-2002 (Proceedings of Conference,p.226-227).

1. Для идентификации фуллеренов использовали ИК-спектр. Образец для исследований получили на основе KBr и высушенного осадка толуольного раствора фуллеренов. Полученный ИК-спектр – Рис.1 (приводим только рабочий фрагмент) несколько отличается от известных [1]. Но имеются все четыре типичные для C₆₀ линии и все линии характерные для C₇₀.

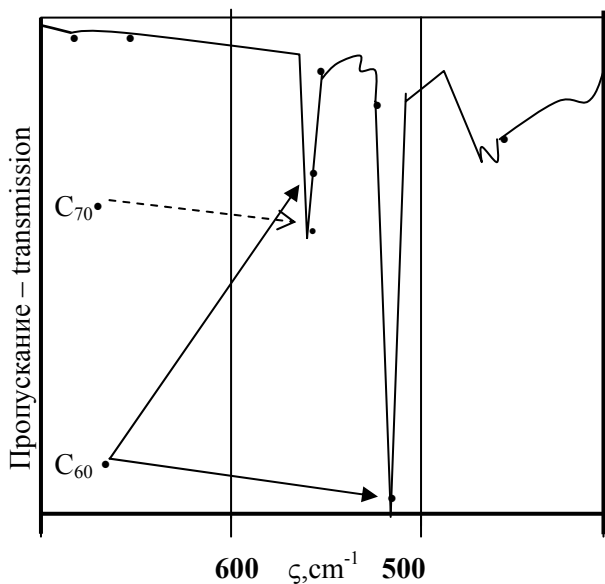


Рис.1. Фрагмент ИК-спектра с использованными в ур.(1) полосами C₆₀ и C₇₀

Количественную оценку компонент проводили на основании того же спектра. Для применимости метода необходимо было найти в спектре, по крайней мере, по одной “чистой” линии исследуемых компонент. В нашем спектре такими в наибольшей степени являются линии 578 (C₇₀) и 528 (C₆₀). Величина коэффициента отношения этих компонент (β) может быть получена с учетом масштабного

коэффициента спектров без примесей. Такие спектры имеются в работе [1, стр. 206, Рис.10.12]. С учетом этого величина коэффициента:

$$\beta = (A_1/A_2):(B_1/B_2), \quad (1)$$

где A₁, A₂ – величины амплитуд линий 528 и 578 в полученном спектре смеси фуллеренов (на Рис.1 величины имеют отношение 53/24), а B₁, B₂ – величины амплитуд этих линий спектров без примесей (при одном и том же усилении). При подстановке в (1) соответствующих величин эти амплитуды дают отношение 10/18. В итоге из соотношения (1) получаем величину $\beta = 4$.

Вычисленная таким образом величина отношения дает верхний предел для C₇₀ (25%), поскольку линия 578 практически сливается и усиливается линией 577 от C₆₀. С учетом этого реальная величина коэффициента для C₇₀ будет действительно меньше, приблизительно равна 10-15%, как при синтезе в обычной фуллереновой дуге [2].

2. На Рис.2 приведены зависимости выхода фуллереносодержащей сажи (m_c) и коэффициента $\alpha = m_f / m_c$, где m_f – масса фуллеренов от потока рабочего газа, полученные при токе разряда I = 100А.

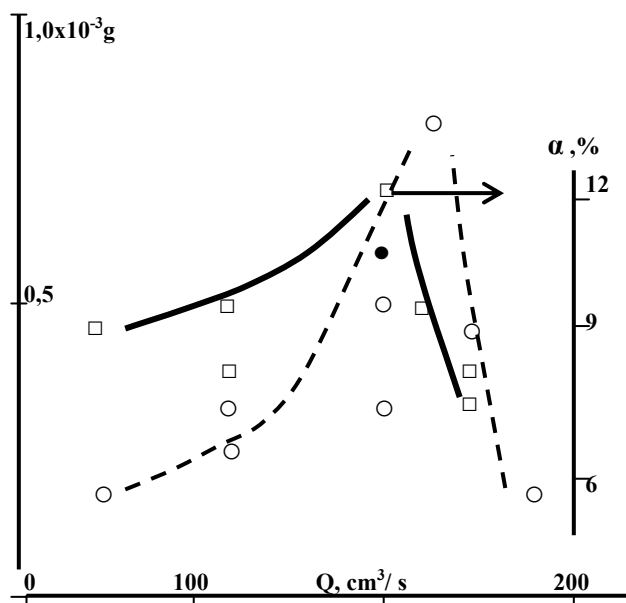


Рис.2. Зависимость величин m_c и α от величины потока Q гелия

*Факс: 38 (044) 4243567 E-mail: admin @ dipromisto.gov.ua

Как видно, кривые имеют общую закономерность построения. С увеличением потока газа, начиная от $50 \text{ см}^3/\text{сек}$, кривые нарастают, достигают максимума и затем спадают.

На ход зависимостей *Рис.2* влияют несколько факторов. При увеличении расхода газа, как следует из визуальных наблюдений эксперимента, величина выносимой из разрядной камеры углеродных комплексов растет. Но при заданной мощности разряда увеличение расхода газа ведет к уменьшению концентрации плазмы (n) и ее температуры (T), что ведет к замедлению скорости синтеза. Кроме того, с увеличением расхода газа уменьшается время (t) пребывания формируемых комплексов в условиях оптимального синтеза. Одновременное действие этих факторов предопределяет вид полученных зависимостей.

Кривые α и m_c *Рис.2* имеют характерные отличия. Максимумы кривых разнесены по оси потока. Спад α -кривой начинается при меньшей величине потока, т.е. диапазон параметров разряда для эффективного выхода фуллеренов естественно меньше такого для выхода сажи.

3. В фуллереновой дуге, в соответствии с принятой моделью [3], ионизируемой компонентой является только углерод; атомы инертного газа используются только как газокинетическая компонента, необходимая для релаксации энергии последовательно формируемых систем углерода. Инертный газ определяет также подвижность углерода, скорость выхода из газоразрядного пространства.

Отмеченные процессы при синтезе фуллеренов идут при значительном превышении концентрации атомов инертного газа (n_{He}) по сравнению с концентрацией атомов углерода (n_c), т.е. при $n_{He}/n_c > 1$.

Но в обычной фуллереновой дуге отношение концентраций остается количественно неопределенным.

4. На *Рис.2* выделена экспериментальная точка с наибольшей величиной коэф. $\alpha = 12\%$ при расходе гелия $Q = 150 \text{ см}^3/\text{сек}$. Для этой точки проведем расчет параметра превышения (Y), определяемого из отношения концентраций исходных компонент, в виде равенства:

$$Y = n_{He}/n_c = (Q/Q_0) \cdot (M/M_c) \cdot K \cdot (m_c/m_{He}), \quad (2)$$
 где $Q_0 = 22,41$; M – грамм-атом He ; M_c – масса фуллеренсодержащей сажи; $K \approx 0,7$ – учет потерь углерода на защитной

трубке и отложениях на электроде-диске; m_c , m_{He} – атомный вес углерода и гелия. Расчет (2) для отмеченной точки дает величину параметра Y , равной 100. Рассчитанная таким образом величина относится только к началу процесса синтеза и означает преобладание столкновений атомов углерода с атомами гелия по сравнению со столкновениями атомов углерод-углерод. В процессе синтеза относительное число таких столкновений гелий-углерод по мере формирования структур углерода возрастает.

Проблема теории остается нерешенной: не показана необходимость инертной среды – без нее синтез не идет, нет расчета оптимальной величины параметра превышения Y .

5. При зажигании разряда с накаливаемым катодом при минимальном расстоянии между электродами определяется прикатодное падение напряжения – минимальное напряжение поддержания разряда.

Условием самоподдержания разряда является равенство напряжения на разряде потенциалу ионизации плазменной компоненты, а при достаточно большой концентрации плазмы идет ступенчатая ионизация через метастабильный уровень, уровни возбуждения.

В нашей геометрии минимальное напряжение на разряде $V_{p \text{ min}} = 24 \pm 2$ Вольт при работе с гелием. При работе с аргоном $V_{p \text{ min}} = 16 \pm 2$ Вольт. Но всегда напряжение на разряде $V_p > V_{iC} = 11,3$ Вольт. Подобное несоответствие расчетных и экспериментальных параметров отмечалось также в работе [3].

Литература

- [1]. Шпак А.П., Куницкий Ю.А., Карбовский В.Л. Кластерные и наноструктурные материалы. Киев. «Академперіодика». 2001. Т.1.
- [2]. Афанасьев Д., Блинов И., Богданов А., Дюжев Г., Каратаев В., Кругликов А. Журнал технической физики, 1994, том 64, в.10, С.76-90.
- [3]. Алексеев Н.И., Дюжев Г.А. Журнал технической физики, 2001, том 71, вып. 10, С.41-49.