

УДК.621.791.793.

Белоусов Ю. В., Шаферовский В. А., Корягин Е. И., Мартынюк Н. П., Мухаммед И.

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПЛАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДА В РЕЗУЛЬТАТЕ МАКРОКВАНТОВЫХ ЭФФЕКТОВ**

Технология электродуговой сварки и родственные технологии к настоящему времени достигли предельного уровня в части производительности широко распространенного дугового процесса плавления. Известные приемы сжатия дугового разряда, стабилизации дуги и управление её вращательным либо возвратно-поступательным движением с помощью магнитных полей, упорядочение капельного переноса путем принудительного сброса механическими устройствами либо наложением импульсов электрической энергии, и прочие усовершенствования технологии исчерпали себя, вследствие чего работы в области дальнейшей интенсификации дугового плавления уже не относят к перспективному направлению.

Однако проблема повышения производительности сварочных работ и качества сварных соединений была и остается в числе самых злободневных проблем. В статье приводятся результаты эксперимента, обоснованные с позиций новой физической теории [1, 2], которые показывают наличие дополнительных резервов дальнейшего повышения производительности дугового плавления в 2 и более раза при неизменной электрической мощности дугового разряда.

Целью данной работы является описание неизвестных ранее макроквантовых эффектов дугового плавления непрерывного металлического электрода с изменяющейся формой поперечного сечения, которые приводят к дискретному изменению механизма теплопередачи, каплеобразования на торце электрода и каплепереноса при неизменной мощности дугового разряда

Общеизвестные подходы к оценке теплового баланса мощности  $q_э$ , выделяемой в активном пятне дуги, обобщены в балансовом уравнении [3]:

$$q_1 - q_2(t) = \left[ c\rho \left( \frac{1}{X(t)} \int_0^x T(x,t) dx - T_s \right) + \rho\lambda_{ли} \right] \frac{dX}{dt}, \tag{1}$$

где  $X(t)$  – координата движущейся границы плавления (рис. 1);  $c$  – теплоемкость жидкого металла;  $\rho$  – плотность.

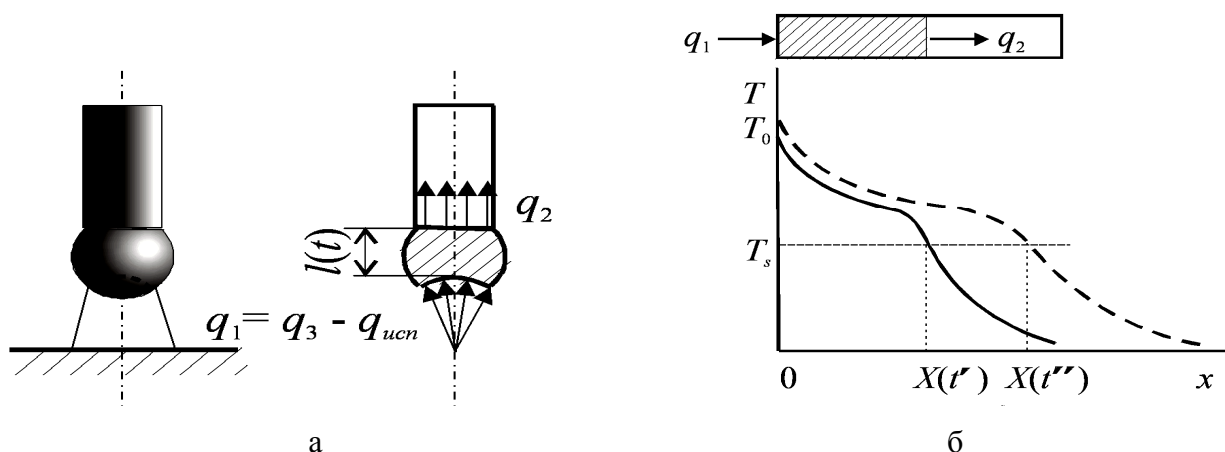


Рис. 1. Схема расчета затрат тепловой мощности при теплопередаче в капле (а) и профиля температур в жидком слое (б) [3]

Часть электрической мощности дуги затрачивается на испарение металла, а в жидкий слой вводится тепловой поток  $q_1 = q_э - q_{исп}$ . До твердого металла доходит лишь мощность  $q_2$ . Разность  $(q_1 - q_2)$  определяет величину потерь на перегрев массы капли, включая скрытую теплоту плавления  $\lambda_{пл}$ .

При всей очевидности таких представлений решение уравнения не приводится. По мнению А. А. Ерохина [3] даже приближенное решение уравнения Фурье для одномерного потока при заданных краевых условиях и, пренебрегая конвекцией и теплоотдачей с боковой поверхности, окажется нереальным.

Теоретическим обоснованием нового подхода являются работы автора в области фундаментальной теории [1, 2]. Не вдаваясь в суть новых научных представлений о земной материи, опишем эксперимент, давший удивительные результаты, и тем самым убедительно подтвердил основные положения натуральной теории. Эксперимент был проведен на обычном, далеко не новом оборудовании (сварочный автомат АДС – 1000 – 4, источник питания ТДФ – 1200). Самопишущим прибором Н-390 записывали ток. Сварку (точнее наплавку на пластины) вели под флюсом АН-348А. Взвешивание пластины и отрезков электрода делали с точностью до 0,1 г.

Необычной конструкции был непрерывный плавящийся электрод [4], сваренный из чередующихся отрезков различного сечения. На рис. 2 диаграмма записи тока совмещена с таблицей данных. В нижней строчке таблицы приведены данные начального участка электрода круглого сечения: его длина и масса. Показатели процесса плавления: линейная и массовая скорости, а также  $\alpha_p$ , г/Ач приведены в соответствующих колонках таблицы. Результаты обработки записи тока, время переходных процессов при дискретной смене сечения и время непрерывного горения дуги при плавлении разных участков также показаны в соответствующих строках и столбцах таблицы.

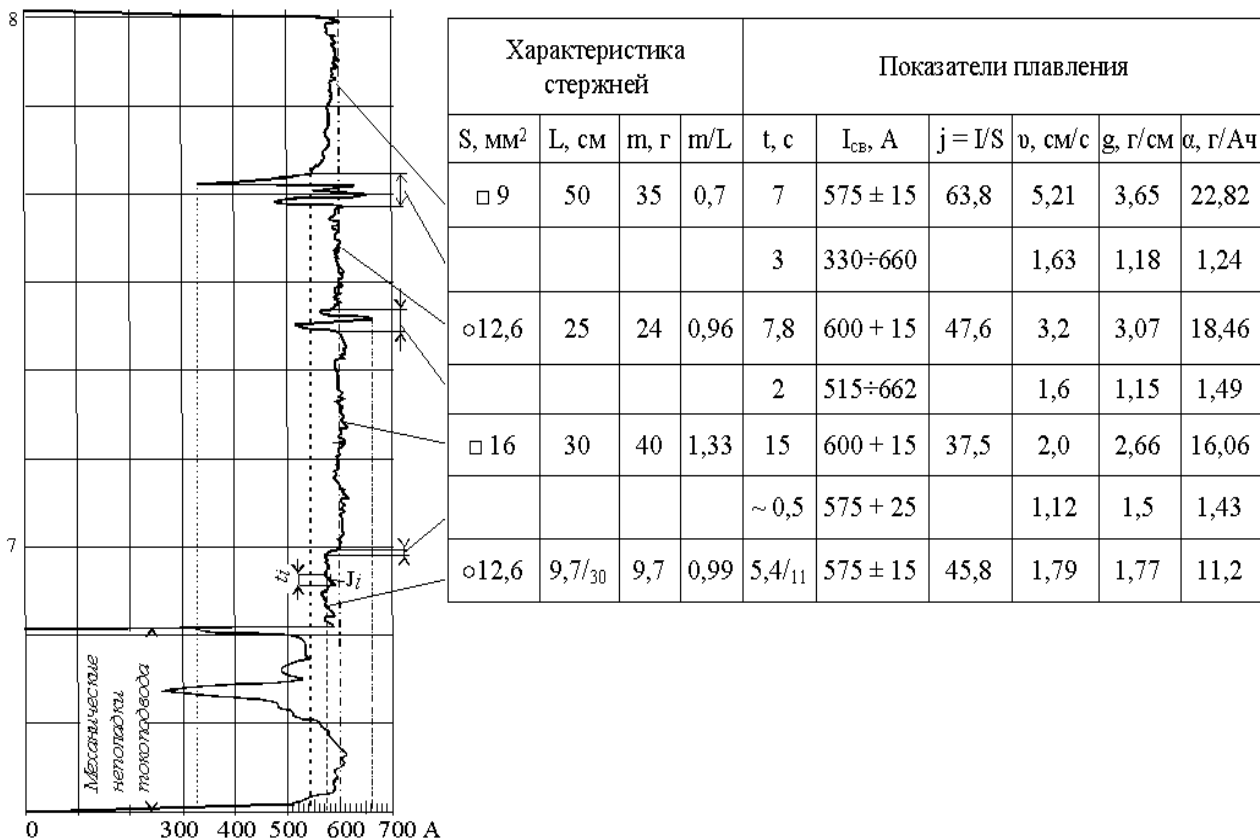


Рис. 2. Диаграмма записи тока, совмещенная с таблицей данных

Здесь налицо практически постоянное значение тока ( $\approx 600\text{A}$ ) во всем диапазоне дискретной смены сечения непрерывно плавящегося электрода и скачкообразный прирост показателей производительности плавления при изменении поперечного сечения. Итоговый результат в верхней строчке таблицы выделен жирным шрифтом, чтобы подчеркнуть необычность квантовых переходов показателей процесса в сумме обеспечивших повышение производительности более чем в два раза (на 200 % !) без каких-либо дополнительных затрат электрической энергии, питающей дугу [5].

На начальном участке диаграммы записи тока показана ситуация, которая возникла по вине экспериментаторов. Причина нарушения процесса плавления оказалась весьма прозаической. Электрод квадратного сечения, следующий за круглым, застрял на входе в токоподводящий мундштук автомата. После устранения неполадки процесс плавления шел в штатном режиме.

И поскольку современная теория дугового плавления не в состоянии объяснить физическую суть дискретных переходов энергетического баланса в очаге плавления на торце электрода при смене сечения [6], истолкуем их физическую суть как очевидную с помощью наглядной схемы прямых и обратных квантовых эффектов (рис. 3).

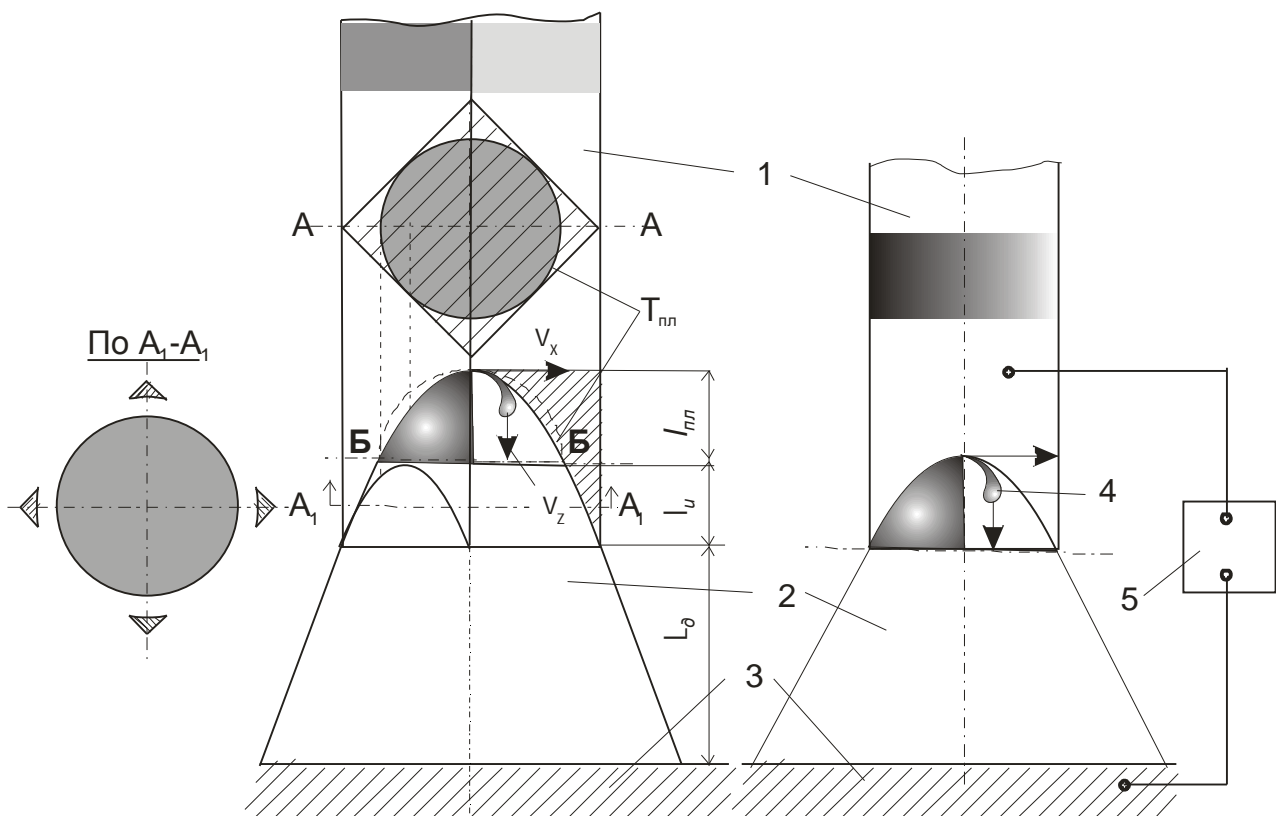


Рис. 3. Схема прямых и обратных квантовых эффектов

1. Известно, что активное пятно дуги характеризуется крайне неустойчивым положением на выпуклой поверхности нарастающей капли жидкого металла. Оно может переходить даже на боковую поверхность круглого электрода. Известен и тот факт, что изотерма  $T_{пл}$  на поверхности твердого тела описывается гладкой, замкнутой кривой второго порядка. Именно таким образом проявляется физическое свойство поверхностного натяжения, характерное для вещества, находящегося в жидком агрегатном состоянии. Спрашивается, каким образом плавятся периферийные участки квадратного сечения, выходящие за пределы вписанной

окружности очага плавления, если температура  $T_{пл}$  для этих участков недостижима в принципе? Ведь квадратной изотермы или изотермы, описанной ломаной линией, в природе не бывает.

Вследствие ограничения периметра очага плавления выпуклая поверхность капли на круглом электроде становится плоской, затем вогнутой вовнутрь. Следовательно, потери теплоты в жидком слое существенно уменьшаются, т. к. в зените, т. е. в центре симметрии окружности скорость истечения металла из под основания дуги на порядок больше скорости стекания капли по боковой поверхности под действием силы тяжести [7]. Таким образом, в корне изменяется характер каплеобразования и каплепереноса.

Периферийные же участки квадратного сечения отстают от плоскости вписанной окружности вогнутого фронта плавления. Они приобретают форму пирамидок переменного сечения (рис. 3. по  $A_1 - A_1$ ) с острой вершиной, обращенной к основному металлу и основанием, близким к треугольному<sup>1</sup>. В результате объем металла в эквиваленте 4-х пирамидок в углах квадратного сечения плавится за счет радиальной составляющей излучения столба дуги, но не за счет теплопередачи через активное пятно на торце электрода.

Здесь возможны возражения. Периферийные участки отстают настолько, что становятся причиной коротких замыканий. Однако неизбежные при этом колебания тока на диаграмме записи параметров режима фактически отсутствуют.

Решать балансовое уравнение (1) здесь не требуется, вполне достаточно сделать расчет объема пирамидок и куполообразной вогнутой поверхности шарового сегмента при известном диаметре основания вписанной в квадрат окружности. Тем самым, разделив расчетом объемы фигур, можно выяснить составляющие дискретно изменившегося теплового баланса на торце электрода как по отдельности, так и в соотношении.

2. Ожидалось, что возврат к первоначальной, исходной форме электрода круглого сечения, тепловой баланс на торце электрода восстановится, и показатели массовой и линейной скорости плавления окажутся близкими к начальным. Однако обратный квантовый переход оказался асимметричным в смысле физического проявления.

Характерной для этого переходного процесса смены сечения оказалась синусоидальная кривая на диаграмме тока. Резкое снижение тока от среднего уровня означает внезапное увеличение длины дугового промежутка в результате полного расплавления периферийных участков квадратного сечения, затем следует резкое нарастание тока до ожидаемого расчетного значения 662 А, в точности совпадающего с тремя первыми цифрами числового ряда постоянной Планка  $h = 0,6626...10^{-33}$  Дж·с.

В итоге переходного процесса восстановились средние показатели параметров дуги  $I_{св}$  и  $U_d$ , массовая же скорость плавления превзошла не только начальные показатели, но и значительно превысила таковые для электрода квадратного, обусловленные прямым квантовым эффектом.

При отсутствии периферийных участков сечения вогнутая форма плавления была унаследована (рис. 3), более того, вследствие увеличения плотности тока за счет меньшего сечения изменилась конфигурация расчетного объема. Куполообразный объем шарообразной формы увеличился за счет высоты оси симметрии. Теперь он описан параболической кривой вращения. Вследствие дальнейшей концентрации энергии в активном пятне дуги за счет ограничения её подвижности, еще более повысилась эффективность теплопередачи энергии твердому телу электрода. Прирост высоты параболоида вращения означает, что радиальная составляющая столба дуги теперь действует не только на отдельные участки в вершинах квадрата, но и по всей периферии окружности. Подобно тому процессу, как плавятся края вогнутой поверхности свечи при длинном фитиле, быстро заполняя углубление жидким воском.

<sup>1</sup> Гипотенуза оказывается частью кривой окружности.

Конечный результат был получен за счет прямого квантового эффекта, при котором круглое сечение изменилось на квадратное, но квадрат был вписан в круг. При этом переходной процесс характеризуется участком диаграммы, никак не похожим на все предыдущие.

В рамках статьи невозможно описать все исследованные случаи дискретной смены круглого сечения, на сечение, описанное разнообразными ломаными линиями. При этом понятно, что дискретное изменение теплового баланса на торце электрода за счет управления формой очага плавления не могло не отразиться на кинетике плавления основного металла. Результаты этих исследований находятся в стадии обработки.

## ВЫВОДЫ

1. Открыт неизвестный ранее способ макроквантового управления тепловым балансом на торце электрода путем дискретной смены поперечного сечения непрерывного плавящегося электрода.

2. Выявлена существенная роль энергии радиального излучения дуги в тепловом балансе плавления электрода, не измеряемой электрическими приборами.

3. Повышенная производительность плавления электрода позволяет:

а) более чем в 2 раза увеличить массу наплавленного металла, снизив тем самым удельные трудозатраты и затраты энергии на единицу массы;

б) соответственно увеличить скорость сварки, существенно снизив погонную мощность  $q/v$ .

При неизменной величине  $q = UI$  способ особо привлекателен для сварки закаливаемых, специальных сталей.

4. Для «разгона» процесса дугового плавления до требуемого уровня производительности достаточно сделать изменение поперечного сечения лишь на начальном участке (на вылете) электрода. При этом достаточно знать время переходных процессов при смене сечений.

5. Традиционные дифференциально-интегральные математические модели теплового баланса плавящегося торца электрода не в состоянии учитывать дискретную смену условий ввода теплоты дуги, поэтому физически точное описание дугового плавления в этом случае строится на принципиально новой теоретической базе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусов Ю. В. Квантовая, натуральная, причинная теория массы (квантовая теория физических свойств времени - теория мироздания) / Ю. В. Белоусов. – Мариуполь, «Новый мир», 2006. – 378 с.

2. Белоусов Ю. В. Двудеинство изначально противоречивого мира – новое мировоззрение натуральной теории / Ю. В. Белоусов, Н. П. Мартынюк, Л. И. Орлова // В сборнике научных статей «Ноосферное образование в Украине». – Харьков. – 2007. – С. 28–32.

3. Ерохин А. А. Основы сварки плавлением / А. А. Ерохин. – М. : Машиностроение, 1973 – 448 с.

4. Пат. на корисну модель № 22236. UA B23K 35/00. Бесперервний розплавний електрод для електро-дугового зварювання / Білоусов Ю. В., Карезіна А. В. ; заявлено 14.07.2006 ; опубл. 25.04.2007, Бюл. № 5. – 4 с.

5. Пат. на корисну модель № 40334. UA B23K 9/00. Спосіб керування плавленням безперервного розплавного електроду при дуговому зварюванні та наплавленні / Білоусов Ю. В., Корягин Е. І., Орлова Л. І. Мартинюк Н. П. ; заявлено 02.06.2008 ; опубл. 10.04.2009, Бюл. № 7.

6. Белоусов Ю. В. Несовершенство теории дугового плавления и новые возможности квантовой интенсификации процесса. – Технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки : материалы 9-й международной практической конференции. – СПб. : Политех. ун-та, 2007. – С. 16–25.

7. Белоусов Ю. В. Роль жидкой прослойки при плавлении электродов под действием дуги / Ю. В. Белоусов // Сварочное производство. – 1989. – № 7. – С. 33–35.