

УДК 621.791.92

Носовский Б.И.¹, Лаврова Е.В.²

ТРЕБОВАНИЯ К СВАРОЧНЫМ ИСТОЧНИКАМ ПИТАНИЯ ПРИ НАПЛАВКЕ ЛЕНТОЧНЫМ ЭЛЕКТРОДОМ

Определены требования к сварочным источникам питания с помощью разработанной математической модели процесса саморегулирования длины дуги при наплавке под флюсом ленточным электродом и рассмотрено влияние параметров наплавки.

Уменьшить разбавление легированного наплавленного металла основным, можно за счёт снижения глубины проплавления применением ленточного электрода. При определении требований к сварочным источникам питания существенное влияние оказывает процесс саморегулирования длины дуги. Поэтому исследователями уделено много внимания разработке математических моделей процесса саморегулирования длины дуги [1 – 6].

Известные модели обеспечивают высокую точность расчетов, но сложны в анализе и посвящены, в основном, сварке проволочным электродом.

При наплавке ленточный электрод в отличие от проволочного оплавляется неравномерно (рис. 1а). Выступающие части закорачивают дуговой промежуток, что снижает стабильность дугового процесса и предъявляет высокие требования к источнику питания.

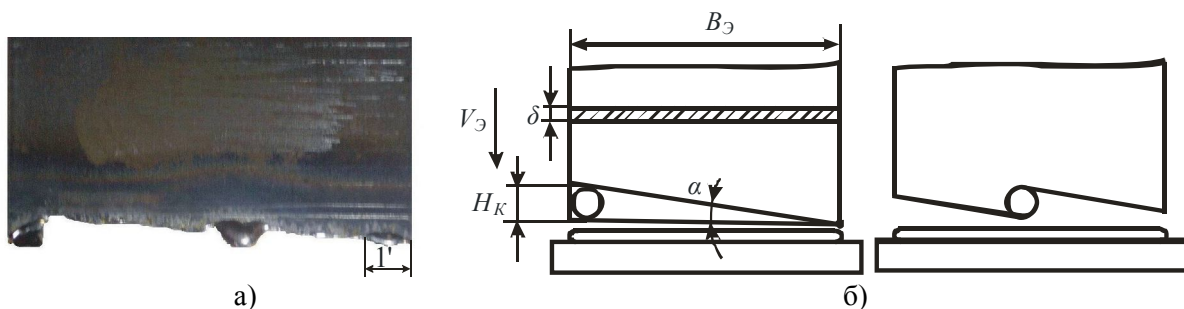


Рис. 1 – Внешний вид торца ленточного электрода оплавленного каплей (а); расчетная модель характера плавления ленточного электрода каплей жидкого металла (б)

Целью работы является определение требований к сварочным источникам питания при наплавке под флюсом ленточным электродом с помощью разработанной математической модели процесса саморегулирования длины дуги, учитывающей капельный перенос электродного металла.

С целью упрощения анализа сделаны следующие допущения. Электрод подается в зону плавления с помощью системы стабилизации скорости вращения якоря коллекторного электромотора постоянного тока. Поэтому считаем, что возмущения по скорости подачи электрода равны нулю. При этом действуют возмущения по длине дуги, обусловленные капельным ($\pm \Delta l_{\text{ДК}}$) переносом электродного металла ($I_{\text{Д}} \pm \Delta I_{\text{ДК}}$) и неравномерным плавлением ленточного электрода по его ширине. Как видно из рис. 1а, 1б, электрод оплавляется под острым углом и повторное возбуждение дуги происходит между выступающей частью электрода и ванной. Так как ток дуги в момент возбуждения большой (1050 А) то анодное пятно не может располагаться в точке касания В (рис. 1б) и распространяется по ширине электрода (рис. 1а, участок 1').

¹ПГТУ, канд. техн. наук, доц.

²ПГТУ, аспирант

По мере роста капля жидкого металла перемещается по торцу электрода оплавляя его под углом α (рис. 1а, 1б), силы поверхностного натяжения придают капле округлую форму, размеры которой увеличиваются перпендикулярно плоскости электрода, а в плоскости уменьшаются. Поэтому в первоначальный момент электрод плавится в направлении, встречно скорости электрода, а при достижении каплей оптимальных размеров она начинает плавить электрод, перемещаясь по ширине ленты. Активное пятно передает большое количество энергии капле, в капле возникают потоки, переносящие тепловую энергию к поверхности плавления электрода.

В идеальном случае капля будет последовательно оплавливать полосу за полосой, двигаясь справа налево, если короткое замыкание выступа электрода совпадёт с моментом перехода капли, расположенной на левом краю электрода (рис. 1б).

Для перехода к аналитическому выражению переносим начало координат на новое положение торца ленточного электрода.

Текущее значение положения торца электрода обозначено через x_i (рис. 2), тогда текущая ошибка по току описывается выражением:

$$\Delta I_{Di} = (\Delta \tilde{l}_D - x_i) \cdot K_D \cdot K_{II} \quad (1)$$

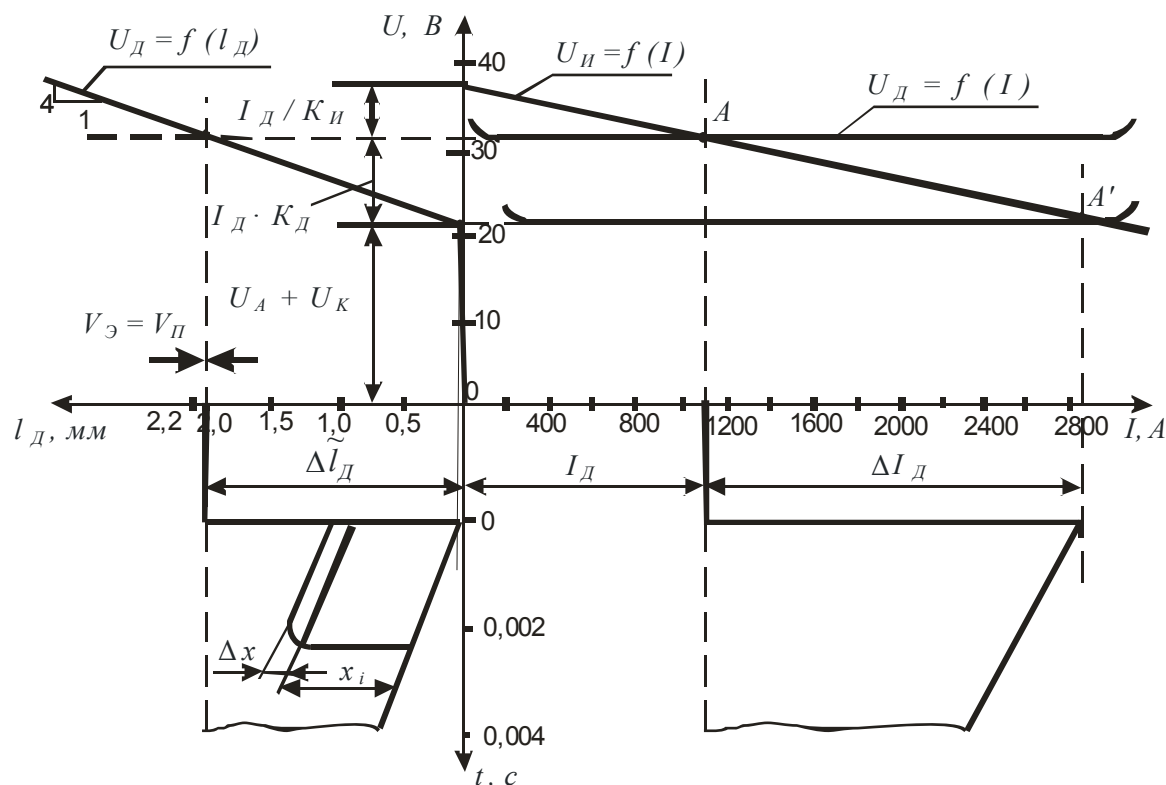


Рис. 2 – Схема стабилизации длины дуги саморегулированием

Допустим, что отрезок электрода, равный $\Delta \tilde{l}_D$, перейдет в ванну в количестве n капель. Высоту одной капли обозначим через Δx :

$$\Delta x = \frac{\Delta \tilde{l}_D}{n} \quad (2)$$

Вес капли рассчитаем по формуле:

$$m_i = S_{\Sigma} \cdot \Delta x \cdot \gamma_T \quad (3)$$

Время плавления i – той капли равно:

$$t_i = \frac{m_i}{\Delta I_{Di} \cdot \alpha_{PCP}} \quad (4)$$

С переходом последней капли восстанавливаются длина дуги и величина тока. Длительность переходного процесса саморегулирования длины дуги определяется как сумма длительностей плавления всех капель:

$$T_{III} = \sum_{i=1}^n t_i \quad (5)$$

Подставив значение t_i , получим:

$$T_{III} = \sum_{i=1}^n \frac{S_{\text{Э}} \cdot \Delta x \cdot \gamma_T}{(\Delta \tilde{l}_D - x_i) \cdot K_D \cdot K_H \cdot \alpha_{PCP}} \quad (6)$$

При расчете длительности саморегулирования длины дуги принимаем точность восстановления 10 %, тогда пределы интегрирования будут в интервале от 0 до $0,9 \cdot \Delta l_D$:

$$T_{III} = \int_0^{0,9 \cdot \Delta l_D} \frac{S_{\text{Э}} \cdot \gamma_T dx}{(\Delta \tilde{l}_D - x_i) \cdot K_D \cdot K_H \cdot \alpha_{PCP}} \quad (7)$$

Выносим постоянные за знак интеграла:

$$T_{III} = \frac{S_{\text{Э}} \cdot \gamma_T}{K_D \cdot K_H \cdot \alpha_{PCP}} \cdot \int_0^{0,9 \cdot \Delta \tilde{l}_D} \frac{dx}{\Delta \tilde{l}_D - x_i} \quad (8)$$

С целью определения требований к углу наклона характеристики источника питания проведем однофакторный расчетный эксперимент, варьируя угол наклона характеристики источника от 50 до 200 А/В, для толщин лент от 0,5 до 2,0 мм [5] (8). Результаты расчета представлены на рис. 3а.

С целью определения влияния защитной среды на длительность переходного процесса саморегулирования длины дуги варьируем градиент падения напряжения в столбе дуги от 1,0 до 4 В/мм. Результаты расчета приведены на рис. 3б.

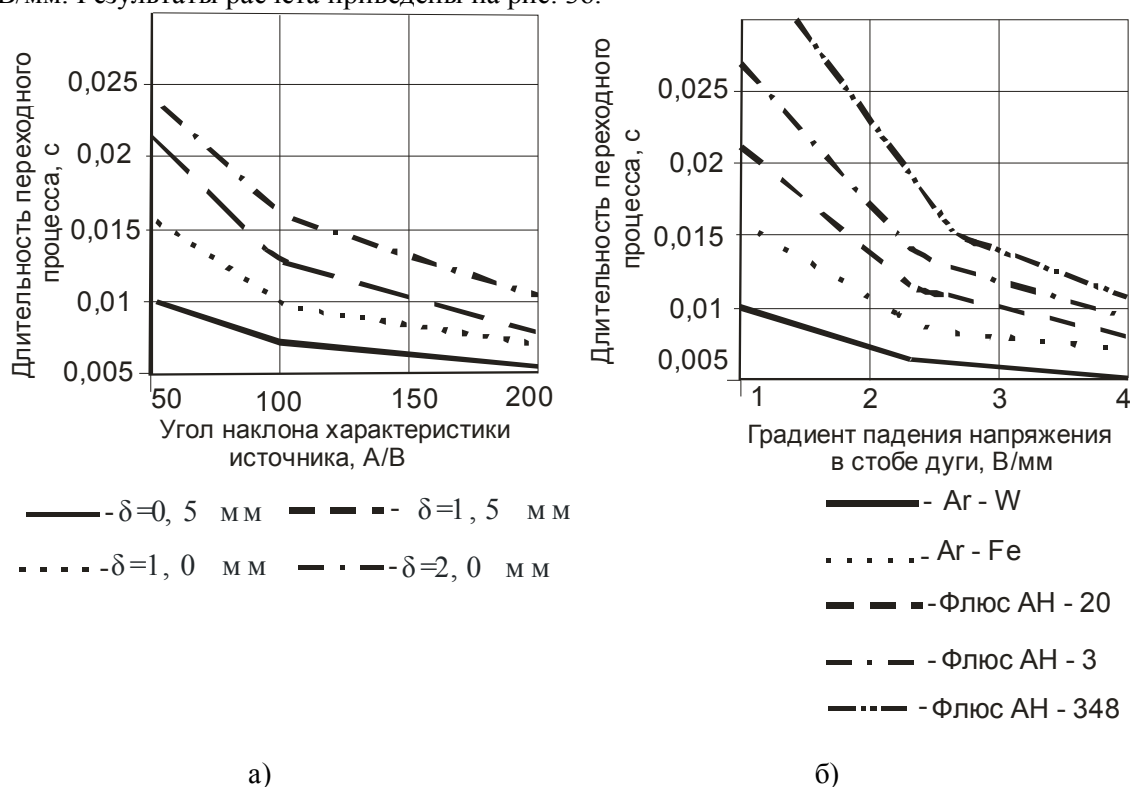


Рис. 3 – Зависимость длительности переходного процесса от угла наклона характеристики источника для ленточного электрода различных толщин (а); зависимость длительности переходного процесса от градиента падения напряжения в столбе дуги (б)

Предложенная модель может использоваться для расчета длительности переходного процесса саморегулирования длины дуги при наплавке валов и плоских поверхностей различных деталей.

Одним из направлений дальнейших исследований является разработка способа записи перемещения дуги по торцу ленточного электрода, для определения влияния продольных колебаний на распределение тепловой энергии при наплавке под флюсом.

Выводы

1. Определены требования к сварочным источникам питания при наплавке под флюсом ленточным электродом с помощью разработанной математической модели процесса саморегулирования длины дуги, учитывающей капельный перенос электродного металла.
2. Длительность переходного процесса обратно пропорциональна углу наклона характеристики источника. Оптимальными параметрами угла наклона характеристики источника являются точки перегиба кривых, после которых увеличение угла не приводит к существенному изменению длительности переходного процесса, но может привести к перегреву полупроводниковых вентелей источника и выхода их из строя.
3. Время переходного процесса обратно пропорционально градиенту падения напряжения в столбе дуги, поэтому использование флюса обеспечит более эффективное саморегулирование длины дуги.

Перечень ссылок

1. *Лебедев А.В.* Структурная схема процесса саморегулирования дуги при переносе металла с короткими замыканиями / *А.В. Лебедев* // Автоматическая сварка. – 1978. – № 5. – С. 7 – 11.
2. *Лебедев А.В.* Влияние тепловыделения в вылете электрода на процесс саморегулирования дуги / *А.В. Лебедев* // Автоматическая сварка. – 1978. – № 7. – С. 10 – 15.
3. *Ищенко Ю.Л.* Плавление электрода и саморегулирование дуги при сварке с периодическими замыканиями дугового промежутка / *Ю.Л. Ищенко, Н.Г. Дюргеров* // Сварочное производство. – 1961. – №6. – С. 9 – 11.
4. *Кравцов Т.Г.* Схема питания сварочной дуги и выбор оптимальных режимов широкослойной наплавки ленточным электродом / *Т.Г. Кравцов, В.П. Кузнецов* // Сварочное производство. – 1975. – № 1. – С. 44 – 45.
5. *Гулаков С.В.* Наплавка под флюсом ленточным электродом / *С.В. Гулаков, В.Н. Матвиенко, Б.И. Носовский.* – Мариуполь: ПГТУ, 2006. – С. 89 – 90.
6. *Дюргеров Н.Г.* Интегральный критерий качества саморегулирования сварочной дуги / *Н.Г. Дюргеров* // Сварочное производство. – 2001. – № 8. – С. 8 – 10.

Рецензент: С.В. Гулаков
д-р техн. наук, проф., ПГТУ

Статья поступила 04.03.2009