

## РЕСУРСΟΣБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ НАПЛАВКИ

Максимов С.Ю., Лендел И.В., Кражановский Д.Н.

Институт электросварки им.Е.О.Патона НАН Украины, Киев, Украина

В процессе наплавки изделие испытывает нагрев и последующее охлаждение, что приводит к его деформации и появлению остаточных напряжений в зоне термического влияния. Основной причиной остаточных напряжений является трудность расширения и сжатия основного металла при его нагреве в процессе наплавки и последующего охлаждения. Получающаяся в результате деформация изделия требует дополнительных временных и материальных затрат на ее устранение. Можно уменьшить остаточную деформацию, уменьшив степень нагрева за счет снижения сварочного тока, но в то же время снизив производительность процесса. Способ, способный при одинаковой производительности наплавки уменьшить величину остаточных напряжений, имеет преимущество перед другими. Для этого в ИЭС им. Е.О.Патона был разработан механизм импульсной подачи электродной проволоки (ИПЭП) [1], который позволяет без использования обратной связи от источника питания контролировать перенос электродного металла. Исследования показали способность эффективно влиять на геометрические параметры сварного шва, регулировать глубину проплавления основного металла.

Целью работы было оценить возможность использования импульсной подачи электродной проволоки для повышения экономической эффективности наплавки дуги. Такой процесс характеризуется строго регламентированной циклическостью в продолжительности горения дуги без потери производительности процесса наплавки, что влияет на количество вносимого в основной металл тепла и, как следствие, на величину остаточных напряжений.

Наплавки выполнялись проволокой 30ХГСА  $\varnothing 1,2$  мм на режиме  $I = 220$  А,  $U = 26$  В. Частота ИПЭП – 1–40 Гц, скважность 1–5 ед.

Остаточные напряжения измерялись методом спекл-интерферометрии [3]. Полученные результаты (рис. 1) свидетельствует, что применение ИПЭП на оптимальных режимах ( $f = 20$  Гц,  $S = 5$  ед.) позволяет снизить остаточные напряжения до 220 МПа ( $\approx$  на 30%), что надежно обеспечивает сохранение упругого напряженно-деформированного состояния в ЗТВ после выполнения наплавки валика. Уменьшение скважности с 5 до 3 ед. приводит к некоторому увеличению остаточных напряжений в упругой зоне напряженно-деформированного состояния, что объясняется увеличением и последовательным приближением тепловложения в изделие к случаю постоянной подачи электродной проволоки. Также аналогичный эффект наблюдается и при увеличении частоты ИПЭП с 20 до 60 Гц.

Обычно, для получения необходимого уровня служебных свойств необходимо выполнять многослойную наплавку, чтобы уменьшить долю основного металла в наплавленном слое. При

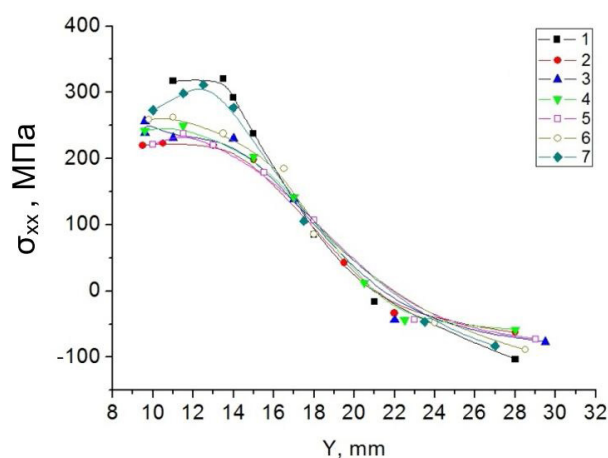


Рис. 1. График изменения величины остаточных напряжений  $\sigma_{xx}$ , при постоянной подаче электродной проволоки и ИПЭП

этом увеличивается тепловложение в изделие, что приводит к повышению уровня остаточных деформаций. Проведенные ранее исследования ИПЭП [2] показали принципиальную возможность снизить до минимума глубину проплавления основного металла, уменьшив тем самым разбавление им наплавленного слоя.

Для комплексной оценки свойств наплавленного металла испытания на износостойкость при трении металла по металлу проводили на установке, разработанной в ИЭС им. Е.О. Патона [4], при следующих условиях: удельное давление в месте контакта 100 МПа; скорость трения 11...12 м/мин.; температура кольца-контртела (по ГОСТ 12423-66)  $23 \pm 2$  °С; температура на поверхности

испытуемого образца в контактной зоне 30–40 °С; время испытания 1 ч. Размеры кольца-контртела, изготовленного из закаленной стали 45, составили: диаметр 110 мм, ширина 30 мм, толщина 20 мм; размеры образца:  $10 \times 20 \times 40$  мм. Для сравнения, как эталон подвергали испытанию также образцы, полученные при постоянной подаче электродной проволоки. Сопротивление изнашиванию оценивали по потере массы  $\Delta g$  испытываемого образца и кольца-контртела до и после изнашивания. Сравнительные испытания проводились по 3 раза для каждого режима. Определение координат лунки проводилось на большом инструментальном микроскопе Carl Zeiss Jena Nr 18976.

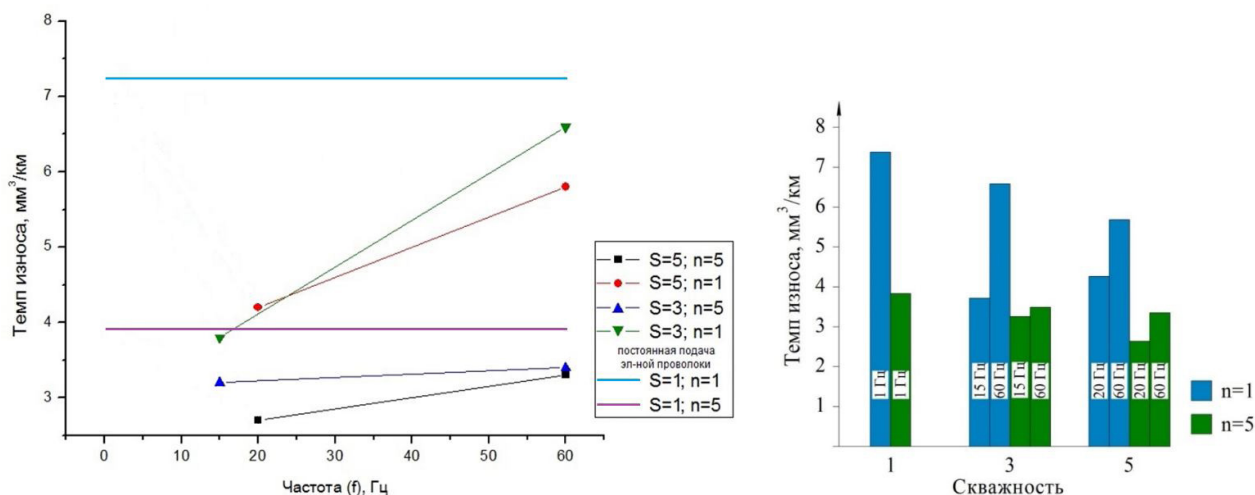


Рис. 2. График темпа изнашивания образцов в зависимости от частоты, скважности и количества наплавленных слоев

Как видно из полученных результатов (рис. 2), при импульсной подаче электродной проволоки с частотой 15–20 Гц и скважностью

3–5 ед. уже в первом наплавленном слое можно достичь уровня износостойкости пятого наплавленного слоя, выполненного с постоянной подачей электродной проволоки. Также наблюдается повышения износостойкости при ПЭД практически в 2 раза при однослойной наплавке

и в 1,5 раза при пятислойной, в сравнении с постоянной подачей электродной проволоки.

Таким образом, применение импульсного характера подачи электродной проволоки позволяет снизить расход электродных материалов, затраты времени и материальных средств на устранение остаточных деформаций, что в целом обеспечивает повышение эффективности дуговой наплавки.

#### Литература

1. Лебедев, В.А. Механизмы импульсной подачи электродной проволоки с регулированием параметров импульсов / В.А. Лебедев, В.Г. Пичак, В.В. Смолярко // Автоматическая сварка. – 2001. – № 5. – С. 31–37.
2. Lebedev, V. Study of technological opportunities of GMA welding and surfacing with pulse electrode wire feed / V. Lebedev, U. Reisgen, I. Lendiel // Welding in the World. – 2016. – V. 60. – P. 525–533.
3. Лобанов, Л.М. Методика определения остаточных напряжений в сварных соединениях и элементах конструкций с использованием электронной спекл-интерферометрии / Л.М. Лобанов, В.А. Пивторак, В.В. Савицкий, Г.И. Ткачук // Автоматическая сварка. – 2006. – № 1. – С. 10–13.
4. Рябцев, И.И. Блочно-модульная установка для испытаний наплавленного металла / И.И. Рябцев, Я.П. Черняк, В.В. Осин // Сварщик. – 2004. – № 1. – С. 18–9.