

О РАСЧЕТЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКИ  
ПАКЕТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

А. Ю. ПОЛЯКОВ, С. М. ФУРМАНОВ, В. П. БЕРЕЗИЕНКО

Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

Пакетные соединения, которые некоторые авторы также называют ступенчатыми, представляют собой соединения трех и более деталей, получаемые за один цикл сварки. При рельефной сварке данных соединений особая геометрия линий протекания сварочного тока, своеобразный характер деформирования рельефов при нагружении, факт формирования общей литой зоны для всех деталей и другие признаки являются отличительными в сравнении с классической сваркой двух деталей. Соответственно, для подбора оптимальных параметров режима сварки данных соединений определенных типоразмеров в расчетах необходимо обязательно учитывать вышеуказанные особенности.

Существующие методы расчета параметров режима применимы лишь к случаю сварки двух деталей, причем акцент ставится именно на точечной, а не на рельефной сварке.

Авторами была предложена методика расчета параметров режима рельефной сварки пакетных соединений различного количества деталей с использованием так называемого критерия технологического подобия  $K$ .

Последовательность расчета выглядит следующим образом:

1) экспериментально определяется кривая изменения сопротивления межэлектродного промежутка при сварке пакета (3 детали) определенной толщины с помощью устройства сбора данных NATIONAL INSTRUMENTS (NI) и программной среды LABVIEW (LVW). Это необходимо для определения оптимального значения сопротивления, требуемого для последующего расчета значения сварочного тока;

2) экспериментальное определение оптимальной длительности протекания сварочного тока при сварке пакета;

3) расчет уравнения теплового баланса зоны сварки;

4) определение полной энергии зоны сварки и ее составляющих согласно уравнению баланса;

5) определение полной энергии зоны сварки экспериментально посредством платы NI и среды LVW;

6) корректировка значения энергии с учетом экспериментальных данных;

7) определение требуемого значения сварочного тока для сварки пакета (3 детали);

8) вычисление критерия  $K$  как отношение полезной энергии зоны сварки к энергии тепловых потерь. Для круглых выштампованных рельефов формула критерия  $K$  имеет вид:

$$\frac{Q_{\text{полезная}}}{Q_{\text{потерь}}} = \frac{0,25 \times n \times \delta \times d_p^2 \times c_{\text{ме}} \times \gamma_{\text{ме}}}{(n \times \delta \times (a_{\text{ме}} \times \tau_{\text{св}})^{1/2} \times (d_p + 4 \times (a_{\text{ме}} \times \tau_{\text{св}})^{1/2}) \times K_1 \times c_{\text{ме}} \times \gamma_{\text{ме}}) + (0,25 \times K_2 \times d_{\text{эл}}^2 \times (a_{\text{эл}} \times \tau_{\text{св}})^{1/2} \times c_{\text{эл}} \times \gamma_{\text{эл}})^2}$$

где  $n$  – количество деталей пакета (варьируемая величина);  $\delta$  – толщина детали пакета (постоянная величина);  $d_p$  – диаметр рельефов, выштампованных на деталях (постоянная величина);  $c_{\text{ме}}$  – теплоемкость металла при нагреве до температуры плавления (постоянная величина);  $\gamma_{\text{ме}}$  – плотность материала пластин (постоянная величина);  $a_{\text{ме}}$  – коэффициент температуропроводности металла пластин (постоянная величина);  $\tau_{\text{св}}$  – длительность протекания сварочного тока (варьируемая величина для каждого случая сварки различного числа деталей пакета);  $K_1$  – коэффициент, учитывающий, что действительная средняя температура кольца меньше  $T_{\text{пл}}/4$  (постоянная величина);  $K_2$  – коэффициент формы электрода (постоянная величина);  $d_{\text{эл}}$  – диаметр плоского электрода (постоянная величина);  $a_{\text{эл}}$  – коэффициент температуропроводности материала электродов (постоянная величина);  $c_{\text{эл}}$  – теплоемкость материала электродов (постоянная величина);  $\gamma_{\text{эл}}$  – плотность материала электродов (постоянная величина);

9) расчет требуемой длительности протекания сварочного тока для любого количества деталей пакета;

10) расчет требуемой величины сварочного тока в соответствии с выбранным значением длительности его протекания.

Термин "технологический критерий", введенный Кочергиным К.А. связывал для точечной сварки практически все параметры режима и характеристики металла, являясь тем самым критерием технологического подобия. Однако, ни в основной формуле критерия, ни при расчетах как в случае двух деталей, так и в случае пакетного точечного соединения трех деталей той же толщины не учитывались потери теплоты на нагрев охлаждаемых электродов и области между металлом околошовной зоны и контактами верхний электрод – деталь, нижний электрод – деталь.

Авторами теоретически и экспериментально было установлено, что в случае рельефной сварки пакетных соединений с учетом всех тепловых потерь процесса величина критерия  $K$  увеличивается в 1,33 раза при увеличении количества деталей пакета на одну, т.е.  $K_{3\delta} = 1,33 \times K_{2\delta}$  и, соответственно,  $K_{n\delta} = 1,33^{n-2} \times K_{2\delta}$  ( $n \geq 2$ ). Поэтому физический смысл данного критерия будет соответствовать смыслу критерия технологического подобия  $K$ , предложенного Кочергиным, но при этом полученное соотношение учитывает все тепловые потери в зоне сварки и, по сравнению с вышеуказанным критерием, позволяет учитывать помимо материала и формы также и количество свариваемых деталей.