

В. К. ШЕЛЕГ, д-р техн. наук (Белорусский национальный технический университет, Беларусь, г. Минск),
Ю. А. ЦУМАРЕВ, канд. техн. наук, Е. Н. ЦУМАРЕВ (Белорусско-российский университет, Беларусь, г. Могилев),
e-mail: u_tsumarev@mail.ru

Влияние шунтирования тока при контактной точечной сварке на диаметр сварной точки

Экспериментально установлено, что устранение при контактной точечной сварке шунтирования сварочного тока в околоточечную зону путем установки тонких электроизолирующих прокладок между свариваемыми заготовками увеличивает на 16 % площадь сварной точки, что повышает ее несущую способность.

Ключевые слова: контактная точечная сварка, шунтирование тока, околоточечная зона, литое ядро, клеесварные соединения, пленочные клеи.

It was deduced from experiments that elimination by resistance spot welding shunting welding current in near-spot zone through installation of thin electrically-insulating layings between weld storages increases by 16 % square of weld spot, that enhances her bearing resistance.

Keywords: resistance spot welding, current shunting, near-spot zone, moulded hard core, glued-welded joints, film adhesives.

Диаметр сварной точки — важный параметр сварного соединения, выполненного контактной точечной сваркой, который определяет прочность и несущую способность соединения в целом. Цель данной работы — исследование влияния различных факторов на диаметр сварной точки.

При нагревании свариваемых заготовок током имеет место неравномерное распределение в них электрического поля — 15÷25 % тока протекает вне зоны формирования сварного ядра [1, с. 32]. Это обусловлено хорошим электрическим контактом соединяемых деталей, зажатых между электродами. Отвод (шунтирование) части сварочного тока в околоточечную зону уменьшает диаметр формируемой сварной точки. Шунтирование сварочного тока особенно значительно при сварке с обжатием околоточечной зоны специальными втулками [1, с. 153]. Выполним количественную оценку влияния шунтирования тока в околоточечную зону на диаметр сварной точки.

Для этого исследуем две партии сварных образцов (по 6 образцов в партии), сваренных на машине МТ-40 из листовой малоуглеродистой стали толщиной 4 мм. Режим сварки: сила сварочного тока 20 кА; усилие сжатия электродов 12 кН; время сварки 0,7 с.

Образцы партии 1 сваривали обычным способом. При сварке образцов партии 2 между соединяемыми листовыми заготовками устанавливали изолирующую прокладку из тонкой бумаги с отвер-

стием диаметром 12 мм, что соответствовало ожидаемому диаметру сварной точки. После сварки сваренные заготовки разъединяли и поверхности их соприкосновения шлифовали, полировали и протравливали для выявления границ ядра сварной точки. С помощью микроскопа ММИ каждую сварную точку измеряли в четырех направлениях и определяли среднее значение ее диаметра (табл. 1).

При сварке образца 4 из партии 2 произошел выплеск стали, а при сварке образца 6 наблюдался электропробой прокладки, поэтому результаты измерений в этих случаях выпадают из общего ряда полученных результатов (см. табл. 1) и при статистической оценке их не учитывали.

Предварительный анализ полученных результатов показал, что данные по партиям образцов заметно отличаются и необходим полный статистический анализ, для которого для обеих партий образцов рассчитали основные статистические характеристики: среднеарифметический диаметр сварной точки, выборочную дисперсию, среднее квадратическое отклонение, эксцесс (табл. 2) и доверительные интервалы.

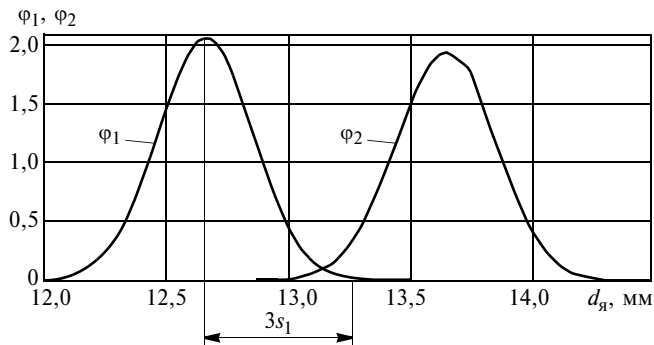
Таблица 1
Средние значения диаметров сварных точек, мм

Образец	Партия 1	Партия 2
1	12,65	13,88
2	12,5	13,5
3	12,85	13,45
4	12,65	13,2*
5	12,9	13,75
6	12,4	13,2**

* С выплеском стали.
** С электропробоем прокладки.

Таблица 2
Значения статистических характеристик диаметров сварных точек двух партий образцов

Статистическая характеристика случайной величины	Партия 1	Партия 2
Среднее арифметическое значение, мм	$d_{cp1} = 12,66$	$d_{cp2} = 13,645$
Выборочная дисперсия	$s_1^2 = 0,0374$	$s_2^2 = 0,0416$
Среднеквадратическое отклонение	$s_1 = 0,1934$	$s_2 = 0,204$
Эксцесс	$Ex_1 = -1,78$	$Ex_2 = -3,83$



Плотности распределения вероятностей при сварке без электроизолирующей прокладки (φ_1) и с прокладкой (φ_2)

По данным табл. 2 для плотностей вероятности (рисунок) получены зависимости (индекс определяет партию):

$$\varphi_1 = 2,063 \exp \left[-\frac{(d_{\text{я}} - 12,66)^2}{0,0748} \right]; \quad (1)$$

$$\varphi_2 = 1,956 \exp \left[-\frac{(d_{\text{я}} - 13,645)^2}{0,0836} \right], \quad (2)$$

где $d_{\text{я}}$ — диаметр ядра сварной точки.

Доверительные интервалы рассчитывали по методике, приведенной в работе [2, с. 328], для выборки данных, полученных для образцов партии 1. Результаты расчета:

Доверительная вероятность	Доверительный интервал
0,95	0,203
0,99	0,318
0,999	0,542

Статистически установлено, что разница средних диаметров сварных точек по двум партиям исследуемых образцов составила 0,985 мм. Это не случайное отклонение, так как, во-первых, данная разница превосходит трехкратное среднее квадратическое отклонение любой из двух выборок (см. табл. 2 и рисунок); во-вторых, любой диаметр ядра сварной точки при сварке с изолирующей прокладкой (см. табл. 1) больше возможного максимального диаметра образцов партии 1, т. е. с вероятностью 0,999 значения диаметров ядра свар-

ной точки образцов партии 2 не могут принадлежать выборке, составленной для партии 1.

Следовательно, контактная точечная сварка с электроизолирующей свариваемых заготовок друг от друга обеспечивает экономию электроэнергии. При этом средний диаметр ядра сварной точки увеличился в 1,078 раза, а несущая способность сварной точки, пропорциональная ее площади среза [3, с. 67], при сварке с электроизолирующей возросла в 1,16 раза, т. е. на 16 %. В связи с этим, применяя электроизоляцию свариваемых заготовок, можно снизить мощность сварочного оборудования, что особенно важно при контактной точечной сварке деталей из алюминия и его сплавов.

Устранение отвода тока в околотоочечную зону легко осуществить при выполнении клеесварных соединений, особенно при использовании пленочных клеев [4, с. 10], которые широко применяются в клеесварных конструкциях и обеспечивают значительные преимущества по сравнению с обычными клеями. Пленочные клеи не выдавливаются из контактной зоны свариваемых деталей и являются электроизоляционным материалом [4]. При сварке с применением пленочных клеев в них в нужных местах выполняют просечки, создавая условия для прохождения сварочного тока, исключая его шунтирование в околотоочечную зону, что способствует увеличению площади среза сварной точки и повышает несущую способность сварной конструкции.

Таким образом, при контактной точечной сварке можно устранить шунтирование тока в околотоочечную зону, используя электроизолирующую прокладку между свариваемыми деталями, что повысит надежность сварного соединения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. **Технология** и оборудование контактной сварки / Б. Д. Орлов, Ю. В. Дмитриев, А. А. Чакалев и др. М.: Машиностроение, 1975. 536 с.
2. **Вентцель Е. С.** Теория вероятностей. М.: Наука, 1969. 576 с.
3. **Николаев Г. А., Винокуров В. А.** Сварные конструкции. Расчет и проектирование. М.: Высшая школа, 1990. 446 с.
4. **Шавырин В. Н., Рязанцев В. И.** Клеесварные конструкции. М.: Машиностроение, 1981. 168 с.