

М. Д. РУДМАН, Д. С. БАЛКОВЕЦ

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ОДНОТОЧЕЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ ГРУППОВОЙ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКОЙ

В ряде отраслей промышленности с успехом применяется высокопроизводительный метод рельефной сварки, обычно характеризующийся как многоточечный процесс, при котором в местах прилегания деталей по заранее подготовленным выступам — рельефам образуется многоточечное сварное соединение. Указанное соединение рассматривается как единый конструктивный элемент, ответственный за эксплуатационную службу сварного изделия. В соответствии с этим имеющиеся данные по электро-тепловым процессам, технологии, оборудованию и свойствам сварных соединений относятся к многоточечным соединениям, выполненным одновременно, т. е. групповой сваркой.

Однако в современной машиностроительной промышленности возникают задачи по применению высокопроизводительного процесса рельефной сварки для одновременного выполнения группы из нескольких одноточечных соединений, т. е. процесса, при котором одновременно формируется несколько сварных точек, являющихся независимо-нагруженными конструктивными элементами, индивидуально ответственными за эксплуатацию сварного изделия (узла).

Исследовались свойства соединений, полученных групповой рельефной сваркой сепараторов шарикоподшипников № 407 из стали 08 кп толщиной 1,5 мм (рис. 1). Одновременно сваривалось 6 соединений по сферическим рельефам, выштампованным в одной из свариваемых деталей. Сварка производилась на машине МШШИ-400, снабженной механизмом сжатия от машины МТПТ-400, в кондукторе с параллельным токоподводом и равномерным

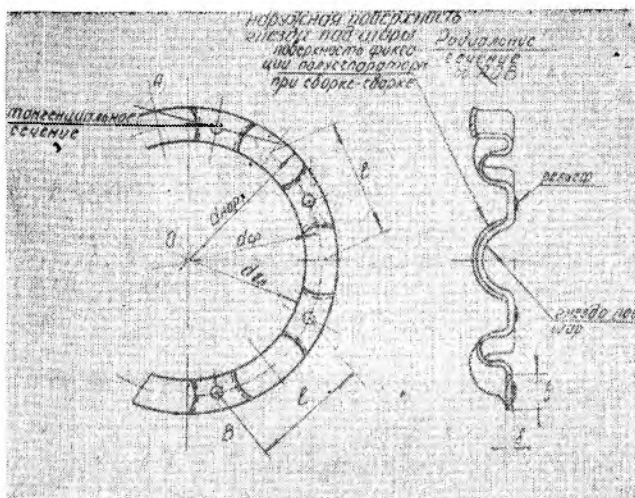


Рис. 1. Полусепаратор радиального шарикоподшипника.
Материал ленты — сталь 08 кп, толщина 1,5 мм

Таблица 1

№ режима	Усилие сжатия шести сварочных контактов, кгс	Степень сварочного трансформатора	Длительность импульса, сек
1	900	5	0,20
2	900	3	0,20
3	900	5	0,12
4	720	7	0,18
5	720	6	0,20

Таблица 2

Размеры литого ядра сварных соединений по макрошлифам
(среднее из 10 замеров)

№ режима сварки	Проплавление, % $\Sigma \delta$			Диаметр ядра, $d_{я}$, мм	Относит. диаметр ядра, $d_{я} : \delta$	Относительная ширина детали, $b : \delta$
	со стороны рельефа	со стороны опорной площадки	среднее			
Литое ядро не выявляется						
3						
2	50	44	47	2,57	1,8	3,2
1	70	72	71	4,18	3,0	1,98
4	64	74	69	5,19	3,7	1,6
5	74	78	76	5,19	3,7	1,6

сжатием электродов. Предусматривалось исследование соединений высокой прочности, с развитым литым ядром, без выплесков (режимы № 1, 4, табл. 1) с выплесками при сварке (режим № 5) и с недостаточной прочностью — без литого ядра или ядром малых размеров (режимы № 2, 3)*. Осциллографом Н-700 записывалось перемещение трех верхних электродов, сварочный ток и напряжение на сварочных контактах.

Характеристика полученных сварных соединений дана в табл. 2 где δ — толщина сепаратора, b — ширина сепаратора.

Макрошлифы сварных соединений готовились из образцов, прошедших испытания на срез или отрыв.

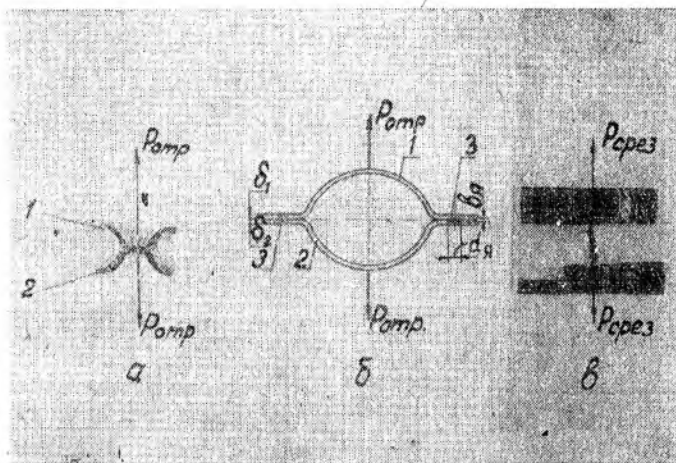


Рис. 2. Схемы испытания сварных односточечных соединений а) на отрыв — односточечные образцы; б) на отрыв — двухточечные образцы; в) на срез

В табл. 3 приведены статистики, характеризующие прочность при отрыве соединений, сваренных на режимах 1—5 и заклепочных соединений подшипника № 407, выполненных в соответствии с принятыми для промышленного производства требованиями (заклепки из стали 15 диаметром 2,0 мм).

Можно заметить, что прочность сварных соединений значительно выше прочности заклепочных соединений при одинаковой мере изменчивости. Приняв распределение прочности соединений близким к нормальному, (отношение $\sigma:\Theta = 1,36 \div 1,23$, а для нормального распределения оно равно 1,25), определим вероятность ($B\%$) появления сварных соединений, уступающих по прочности заклепочным. Зададимся минимально допустимой прочностью сварного соединения (P_h), равной максимальной, средней и минимальной прочности заклепочных соединений из данных опыта (табл. 3).

* В работе принимали участие А. С. Ивашин, В. М. Егоров, Е. К. Николаев и А. Ф. Буркова.

Прочность одноточечных соединений на отрыв

Статистики	Сварное соединение	Клепаное соединение
Минимальная прочность	270 кгс	120 кгс
Максимальная прочность	455 кгс	270 кгс
Средняя прочность	$320,8 \pm 0,162$ кгс	$182,25 \pm 0,128$ кгс
Основное отклонение $\bar{\sigma}$	$32,35 \pm 0,144$ кгс	$21,30 \pm 0,09$ кгс
Среднее отклонение $\bar{\theta}$	23,7 кгс	17,35 кгс
Отношение $\bar{\sigma}:\bar{\theta}$	1,36	1,227
Мера изменчивости, $v\%$	10	11,7

Отклонение браковочного предела, выраженное в единицах основного отклонения, будет равно:

$$\varepsilon_h = \frac{\bar{P} - P_h}{\bar{\sigma}},$$

где \bar{P} — средняя прочность сварных соединений.

По таблице [1, табл. V] находим значения интеграла вероятности $\Phi(x)$ и определяем величину $Q(\varepsilon_h)$

$$Q(\varepsilon_h) = 1 - \Phi(\varepsilon_h)$$

Искомый процент сварных соединений, не удовлетворяющих требованиям ($B\%$), находим:

$$B = \frac{Q(\varepsilon_h)}{2} \cdot 100 \%$$

Результаты расчетов сведем в таблицу 4.

Таблица 4

Определение вероятности ($B\%$) появления соединений при сварке на номинальном режиме, уступающих по прочности заклепочным

$P_h, \text{кгс}$	$\bar{P}, \text{кгс}$	$\bar{P} - P_h, \text{кгс}$	ε_h	$\Phi(\varepsilon_h)$	$Q(\varepsilon_h)$	$B\%$
270	321	51	1,58	0,88589	0,11411	5,71
182	321	139	4,30	0,99998	0,00002	0,001
120	321	201	6,21	1	0	0

Таким образом, только примерно 6% соединений, сваренных на номинальном режиме, могут иметь прочность меньшую, чем максимальная прочность заклепочных соединений. Соединений, имеющих прочность, равную средней и минимальной прочности

заклепочных соединений, практически быть не должно — вероятность их появления очень мала.

Испытания на отрыв двухточечных образцов (рис. 2б), используемые и как технологическая проба, дают аналогичную картину: прочность сварных соединений выше прочности заклепочных соединений (табл. 5).

Таблица 5

Статистики распределения прочности при отрыве соединений сепаратора подшипника 407 (2 точечные образцы)

Статистики Тип соедин.	P_{\min} , кгс	P_{\max} , кгс	$P_{\text{средн}}$ кгс	$\bar{\sigma}$, кгс	$\bar{\Theta}$, кгс	v , %
Сварные соединения	200	322	$\pm 273,05$ $2,95$	$\pm 22,08$ $2,06$	18,75	8,08
Заклепочные соедине- ния	196	244	$\pm 221,62$ $2,43$	$\pm 12,66$ $1,72$	11,11	5,71

Прочность сварных соединений на срез (рис. 2, в) значительно выше, чем на отрыв, при существенно меньшей мере изменчивости (табл. 6).

Таблица 6

Статистики распределения прочности на срез сварных соединений (кгс)

Статистики	P_{\min}	P_{\max}	$P_{\text{средн}}$	$\bar{\sigma}$	$\bar{\Theta}$	$\bar{\sigma}:\bar{\Theta}$	v , %
Величина	380	460	$\pm 425,87$ $1,86$	$\pm 16,82$ $1,32$	13,54	1,24	3,94

Как правило, разрушение таких образцов происходит по переходной зоне и основному материалу, что обуславливает высокую стабильность прочности.

ВЫВОДЫ

1. Прочность на отрыв сварных односточечных соединений с развитым литым ядром, выполненных групповой рельефной сваркой, превышает по величине и не уступает по стабильности применяемым заклепочным соединениям.

2. Прочность имеет распределение, близкое к нормальному. Для производственного контроля за прочностными характеристиками

сварных односточечных соединений при групповой рельефной сварке могут быть применены статистические методы, например, карты статистического контроля.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. К. Митропольский. Техника статистических вычислений. Физматгиз, 1961.