

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
ISI (Dubai, UAE) = 1.582
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
ПИИЦ (Russia) = 0.126
ESJI (KZ) = 9.035
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2021 Issue: 03 Volume: 95

Published: 27.03.2021 <http://T-Science.org>

QR – Issue



QR – Article



Leonid Shron

Sevastopol State University
Associate Professor, candidate of technical sciences
Russian Federation
shronlb@mail.ru

Vladimir Bogutskiy

Sevastopol State University
Associate Professor, candidate of technical sciences,
Russian Federation
bogutskiyv@yandex.ru

Elmar Yagyaev

Sevastopol State University
Associate Professor, candidate of technical sciences
Russian Federation
elmar1875@gmail.com

ABOUT THE INFLUENCE OF WELDING DEFECTS ON THE OPERATIONALITY OF T-BEAM WELDED COMPOUNDS WITH THE CORNER SEAMS

Abstract: To study the influences of defects in fillet welds of T-joints on their performance, a full factorial experiment was conducted on models of optically active material. After processing the experimental data and checking the model for adequacy, were obtained the regression equations. To verify the conclusions obtained on photoelastic models, were tested samples of ordinary T-beam welded compounds of the AMG 6 alloy. It was found that the influences of the pore on the stress state and bearing capacity of the joints depends on its size and position. The work also found that horizontal non-fusion reduces the bearing capacity of the fillet weld much more than vertical. In the process of welding, it is necessary to pay the main attention to the nonfusion of the edge of the joined sheet.

Key words: defects, fillet weld, pores, non-fusion at the root of the seam, bearing capacity.

Language: Russian

Citation: Shron, L., Bogutskiy, V., & Yagyaev, E. (2021). About the influence of welding defects on the operability of T-beam welded compounds with the corner seams. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 03 (95), 359-365.

Soi: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-03-95-55> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2021.03.95.55>

Scopus ASCC: 2211.

О ВЛИЯНИИ ДЕФЕКТОВ СВАРКИ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ТАВРОВЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С УГЛОВЫМИ ШВАМИ

Аннотация: Для исследования влияния дефектов в угловых швах тавровых сварных соединений на их работоспособность проведен полный факторный эксперимент на моделях из оптически активного материала. После обработки экспериментальных данных и проверки модели на адекватность были получены уравнения регрессии. Для проверки выводов, полученных на фотоупругих моделях, испытаны образцы натуральных тавровых соединений сплава АМгб. Установлено, что влияние поры на напряженное состояние и несущую способность швов зависит от ее размеров и положения. В работе также

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 1.582	РИИЦ (Russia) = 0.126	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 9.035	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

установлено, что горизонтальное несплавление снижает несущую способность углового шва намного больше, чем вертикальное. В процессе сварки нужно обращать основное внимание на несплавление кромки присоединяемого листа.

Ключевые слова: дефекты, угловой шов, поры, несплавление в корне шва, несущая способность.

Введение

УДК 621.791

В работах многих исследователей [1,2,3-6] отмечалось, что работоспособность сварных швов во многом зависит от наличия в нем дефектов, оказывающих влияние на напряженное состояние. В работе предпринята попытка произвести оценку влияния размеров и положения пор и непровара в корне шва таврового соединения на величину коэффициента концентрации напряжений α_σ в месте перехода свободной поверхности шва к основному металлу, а, следовательно, на его несущую способность.

Методы и результаты исследования

Исследование проводили методом фотоупругости. Модели изготавливали из оптически активного материала на основе эпоксидной смолы ЭД-6 толщиной 4,0 мм (рис.1). Моделирование сварных дефектов представляет достаточно сложную задачу, в этой связи дефекты схематизировали. Так, например, пору представляли в виде сквозных круглых отверстий, которые высверливали в различных частях шва (рис.1,а).

Непровар моделировали горизонтальными S_1 и вертикальными S_2 пропилами (рис.1,б). В качестве допущения считали, что часть шва (заштрихованная на рисунке) не влияет на его напряженное состояние.

В работе применяли метод активного планирования эксперимента [7]. В экспериментах с порами варьировали три фактора (табл.1): две координаты $x_1^\phi = \frac{x}{d_n^{\max}}$ и $x_2^\phi = \frac{y}{d_n^{\max}}$ ($d_n^{\max} = 5\text{мм}$ – максимальный диаметр поры),

определяющие положение поры в шве, и относительный размер поры $x_3^\phi = \frac{d_n}{K_\lambda}$.

Геометрические размеры швов $B_1/B_2 = 0,5$; $a/B_1 = 1,0$; угол $\beta = 45^\circ$ и радиус закругления (точка A) $\rho = 1,0$ мм (рис. 1а) во всех опытах оставались постоянными. Такие угловые швы наиболее часто встречаются на практике, а шов с $\beta = 45^\circ$ взят за основу в прочностных расчетах [2].

Фотоупругие модели выполняли с лобовым катетом $K_t=20$ мм. Поскольку рассматривали равнокатетный шов, то верхний и нижний уровни факторов x_1^ϕ и x_2^ϕ и совпадают.

Был выполнен полный факторный эксперимент 2^3 [1]. Модели нагружали растяжением и по схеме чистого изгиба. Каждый опыт повторяли несколько раз. Для этого картину изохром снимали при различных уровнях нагрузки. Результаты эксперимента в виде средних значений представлены в табл. 2.

Данные в девятой строке этой таблицы относятся к шву без пор. Приняты следующие обозначения: y_1 и y_3 — значения коэффициентов концентрации напряжений α_σ в точке A соответственно при растяжении и изгибе; y_2 и y_4 — отношения средних эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв. ср}}$, действующих в опасном сечении шва, к номинальному напряжению σ_n в присоединяемой пластине соответственно при растяжении и изгибе. Эти соотношения характеризуют несущую способность шва. Значения коэффициентов α_σ и $\sigma_{\text{экв. ср}}$ определяли по методике, описанной в работе [1,4].

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
 ISI (Dubai, UAE) = 1.582
 GIF (Australia) = 0.564
 JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
 ПИИЦ (Russia) = 0.126
 ESJI (KZ) = 9.035
 SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
 PIF (India) = 1.940
 IBI (India) = 4.260
 OAJI (USA) = 0.350

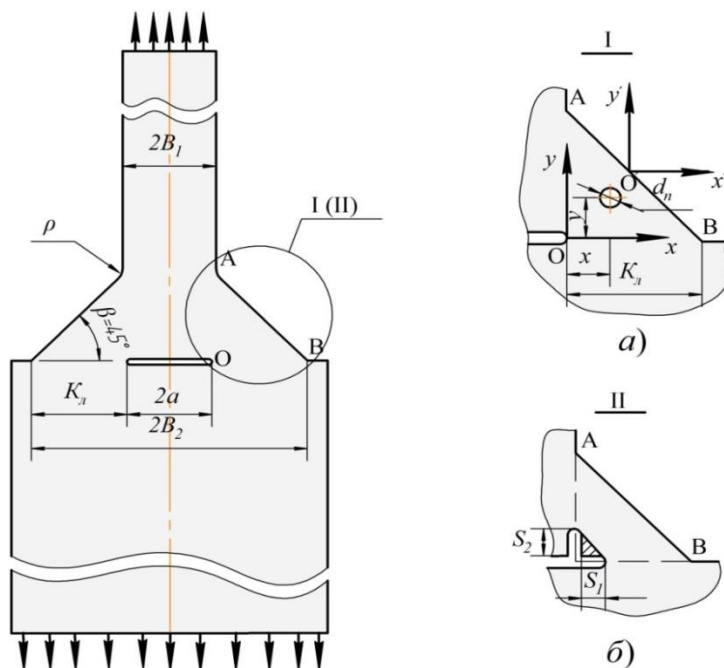


Рисунок 1 – Схема модели таврового соединения: а – моделирование поры; б – моделирование несплавлений.

Таблица 1. Планирование эксперимента

Уровни факторов	Кодированные значения x_1, x_2, x_3	Натуральные значения		
		x_1^{ϕ}	x_2^{ϕ}	x_3^{ϕ}
Основной	0	11,647	1,647	0,375
Интервал варьирования	± 1	1,147	1,147	0,125
Нижний	-1	0,5	0,5	0,25
Верхний	+1	2,793	2,793	0,5

Таблица 2. Результаты средних значений эксперимента

№п.п.	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Матрица 2^3
1	6,87	2,89	3,41	1,70	(1)
2	6,81	3,15	3,38	1,99	a
3	6,37	2,86	3,16	1,68	b
4	6,69	3,03	3,32	1,78	ab
5	9,33	3,73	4,63	2,19	c
6	6,86	3,62	3,40	2,13	ac
7	7,57	4,09	3,76	2,40	bc
8	6,69	3,03	3,32	1,78	abc
9	6,69	3,03	3,21	1,78	—

В результате соответствующей обработки экспериментальных данных и проверки модели на

адекватность [1,4] получили следующие уравнения регрессии:

Impact Factor:	ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
	ISI (Dubai, UAE) = 1.582	ПИИЦ (Russia) = 0.126	PIF (India) = 1.940
	GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 9.035	IBI (India) = 4.260
	JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

$$y_2 = 3,300 - 0,093x_1 + 0,318x_2 - 0,464x_3 + 0,130x_1x_2 - 0,200x_1x_3 - 0,108x_1x_2x_3; \quad (1)$$

$$y_2 = 3,300 - 0,093x_1 + 0,318x_2 - 0,464x_3 + 0,130x_1x_2 - 0,200x_1x_3 - 0,108x_1x_2x_3; \quad (2)$$

$$y_3 = 3,549 - 0,193x_1 - 0,158x_2 + 0,230x_3 + 0,123x_1x_2 - 0,225x_1x_3 - 0,080x_2x_3; \quad (3)$$

$$y_4 = 1,956 - 0,036x_1 + 0,169x_3 - 0,094x_1x_2 - 0,134x_1x_3 - 0,046x_1x_2x_3; \quad (4)$$

При получении математической модели использовали систему координат $x'Oy'$ (рис. 1,а). Однако на практике удобнее пользоваться системой координат XOY с началом в вершине трещины. Поэтому формулы перехода от физических величин к кодированным имеют вид:

$$x_1 = \frac{x - 0,412K_n}{0,287K_n}; \quad x_2 = \frac{y - 0,412K_n}{0,287K_n} \quad (5)$$

$$x_3 = \frac{x_3^{\phi} - 0,15}{0,1} \quad (6)$$

Из модели (1) – (4) и ее геометрической интерпретации для случая, когда положение поры изменяется от корня шва до вершины В вдоль лобового катета (рис. 2), следует, что влияние поры на напряженное состояние определяется не только ее размерами, но в большей степени местом расположения в шве. По мере приближения поры к вершине В независимо от ее относительных размеров коэффициент α_{σ} и отношение $\frac{\sigma_{э,кв.ср.}}{\sigma_{\sigma}}$ снижаются до уровня этих величин в бездефектном шве. Последнее объясняется следующим образом. В лобовых швах тавровых соединений часть шва, прилегающая к вершине В практически не загружена [3,5]. Поэтому пора даже с относительно большими размерами $\frac{d_n}{K_n} \leq 0,25$, расположенная в этой зоне, не оказывает существенного влияния на напряженное состояние остальной части шва. Пору таких размеров, расположенные вблизи точки А и О, резко снижают прочность угловых швов.

Для проверки выводов, полученных на фотоупругих моделях, испытаны образцы натуральных тавровых соединений сплава АМг6. Сваривали в тавр пластины толщиной 10 мм, шириной 400 мм и разрезали их на отдельные образцы толщиной 40 мм. Свободные поверхности швов фрезеровали таким образом, что лобовой и горизонтальный катеты были равны 6 мм во всех образцах. Пору моделировали сквозными отверстиями диаметром 0,6 мм; 1,2 мм и 1,8 мм. Отверстия просверливали вблизи корня шва (точка О), места перехода шва к основному металлу (точка А) и вершины В. Образцы разрушали растяжением на машине Р-10.

Как и следовало ожидать, при расположении поры вблизи вершины В изменение диаметра поры от 10% до 30% не вызывает существенного снижения прочности. Средние (по результатам испытания 3...5 образцов) значения разрушающих нагрузок в швах с порами оказались на уровне бездефектных швов.

Иное дело, когда поры располагаются вблизи от корня шва или точки А. Здесь происходит непосредственное снижение площадей нагружения сечений и, следовательно, более заметное снижение разрушающих нагрузок. Зависимость разрушающей нагрузки $P_{раз}$ от размеров и расположения поры в шве отражены в табл. 3. Для бездефектных швов $P_{раз} = 61700 Н$. Таким образом, влияние поры на напряженное состояние и несущую способность швов зависит от ее размеров и положения. Последнее следует учитывать при нормировании допустимых размеров пор в угловых швах.

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 1.582	ПИИЦ (Russia) = 0.126	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 9.035	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

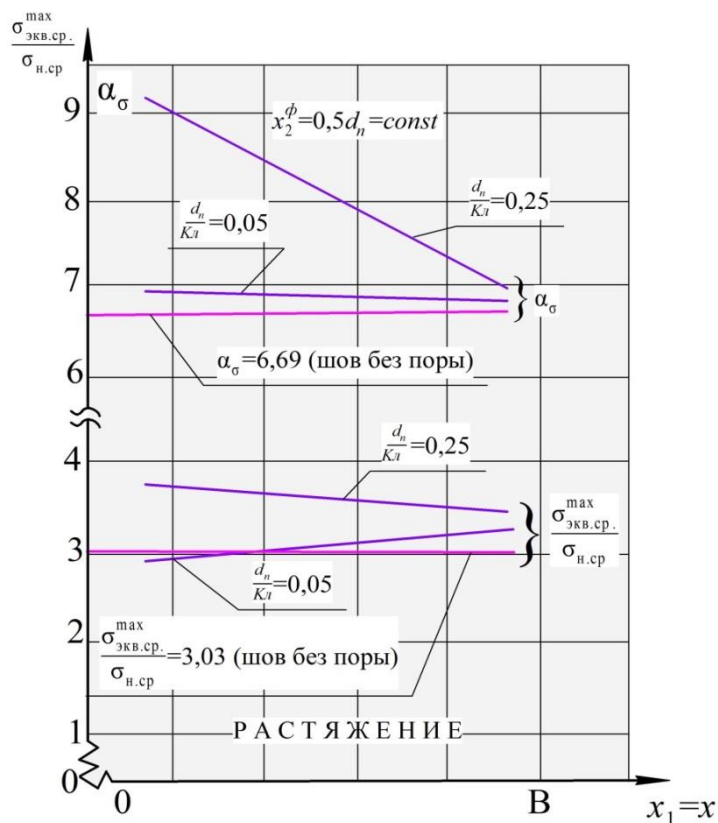


Рисунок 2 – Влияние относительного размера и положения поры в шве на несущую способность таврового соединения при растяжении.

Таблица 3. Зависимость разрушающей нагрузки $P_{раз}$ от размеров и расположения поры в шве

Параметры	Пора вблизи точки А			Пора вблизи точки Б			Пора вблизи корня шва		
	0,6	1,2	1,8	0,6	1,2	1,8	0,6	1,2	1,8
$d, мм$	0,6	1,2	1,8	0,6	1,2	1,8	0,6	1,2	1,8
$P_{раз}, Н$	59800	52000	47300	62300	57000	54600	60200	49000	43200

При изучении влияния несплавления варьировали два фактора горизонтальное (табл. 4)

$$x_1^\phi = \frac{S_1}{K_l} \quad \text{и} \quad \text{вертикальное} \quad x_2^\phi = \frac{S_2}{K_l}$$

несплавления (табл. 5). Остальные геометрические характеристики углового шва

оставляли неизменными: $\beta=45^\circ$; $B_1/B_2=0,5$; $a/b_1=1,0$ и $\rho=1,0$ мм. Верхний и нижний уровни факторов x_1^ϕ и x_2^ϕ совпадали. Выполнен полный факторный эксперимент вида 2^2 .

Таблица 4. Влияния варьирования фактора горизонтального несплавления

Уровни факторов	Кодированные x_1, x_2	Натуральные значения	
		x_1^ϕ	x_2^ϕ
Основной	0	0,15	0,15
Интервал варьирования	± 1	0,10	0,10
Нижний	-1	0,05	0,05
Верхний	+1	0,25	0,25

Impact Factor:	SISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
	ISI (Dubai, UAE) = 1.582	РИИЦ (Russia) = 0.126	PIF (India) = 1.940
	GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 9.035	IBI (India) = 4.260
	JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

Таблица 5. Влияния варьирования фактора вертикального несплавления

№ п.п.	y_1	y_2	Матрица 2^2
1	7,5	3,59	(1)
2	8,99	4,48	a
3	8,27	4,07	b
4	9,93	5,05	ab

По результатам обработки экспериментальных данных получены следующие уравнения регрессии:

$$y_1 = 8,674 + 0,787x_1 + 0,427x_2; \quad (7)$$

$$y_2 = 4,298 + 0,468x_1 + 0,260x_2; \quad (8)$$

Переход от физических величин к кодированным производится по формуле

$$x_1 = x_2 = \frac{x_{1,2}^{\phi} - 0,5}{0,1} \quad (9)$$

Из уравнения (7) видно, что коэффициент α_{σ} увеличивается от x_1 в 1,8 раза больше, чем от x_2 , что хорошо согласуется с исследованиями напряженно-деформированного состояния сварных соединений с угловыми швами, приведенными в работах [8,9,10]. Поэтому наиболее опасным является горизонтальное

несплавление S_1 (см. рис. 1,б). То же самое можно сказать и об уравнении (8).

Выводы.

Из вышеизложенного следует, что горизонтальное несплавление, как и предполагалось, снижает несущую способность углового шва намного больше, чем вертикальное S_2 . В связи с этим в процессе сварки нужно обращать основное внимание на несплавление кромки присоединяемого листа, так как это более нежелательный дефект, например, по сравнению с непроваром полки тавра. Результаты исследований могут быть использованы при проектировании тавровых сварных соединений с угловыми швами.

References:

- Shron, L.B., Boguckij, V.B., Yagyaev, E.E., & Gordeeva, E.S. (2017). Raschetnaya ocenka soprotivleniya ustalosti svarnyh soedinenij s uglovymi shvami. *Uchenye zapiski Krymskogo inzhenerno-pedagogicheskogo universiteta*, № 1 (55), pp. 53-55.
- Rybalkin, E., Yagyaev, E., Shron, L., & Bogutsky, V. (2019). *Mathematical model of a non-stationary electromagnetic process in arc welding with external influence*. *Materials Today: Proceedings*, pp.7-14.
- Shron, L.B., Bogutski, V.B., Tabolin, I.S., & Yagyaev, E.E. (2019). *Prediction trajectory of the fracture crack using the photoelasticity method*. V sbornike: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment 2019, ICMTME 2019. 2020. S. 022004.
- Shron, L.B. (2019). O primenimosti raschetnoj ocenki soprotivleniya ustalosti dlya svarnyh soedinenij s uglovymi shvami. *Sovremennye problemy teorii mashin*, № 8, pp.60-62.
- Gumerov, A.K., & Shron, L.B. (2019). *Napryazhennoe sostoyanie i prochnost' elementov konstrukcij iz raznorodnyh materialov*. V sb.: Svarka. renovaciya. tribotekhnika. Materialy IX Ural'skoj nauchno-prakticheskoy konferencii, pp.133-138.
- Gumerov, A.K., Shron, L.B., Yagyaev, E.E., & Abhairova, S.V. (2018). Korrozionnoe rastreskivanie pod napryazheniem svarnogo shva magistral'nogo gazoprovoda. *Uchenye zapiski Krymskogo inzhenerno-pedagogicheskogo universiteta*, № 3 (61), pp. 214-217.
- Rogov, V.A., & Poznyak, G.G. (2005). *Metodika i praktika tekhnicheskikh eksperimentov*. (p.288). Moscow: IC Akademiya.
- Shron, L., Bogutsky, V., & Yagyaev, E. (2019). *Study On Dispersion Of Concentrator Geometric Parameters In Fillet Welded Joints*. *Proceedings of the 4th International Conference on Industrial Engineering. ICIE 2018. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer

Impact Factor:	ISRA (India) = 4.971	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
	ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.126	PIF (India) = 1.940
	GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.997	IBI (India) = 4.260
	JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	OAJI (USA) = 0.350

- Nature Switzerland AG 2019. pp. 2461-2466
DOI: 10.1007/978-3-319-95630-5_266.
- Shron, L.B., & Boguckij, V.B. (2016). Koncentratory i gradienty napryazhenij v svaryh soedineniyah s uglovymi shvami. *Uchenye zapiski Krymskogo inzhenerno-pedagogicheskogo universiteta*, № 1 (51), pp. 118-123.
 - Shron, L.B., Boguckij, V.B., & Yagyaev, E.E. (2015). Analiz osobennostej koncentratorov napryazhenij v zonah zarozhdeniya ustalostnyh treshchin v soedineniyah s uglovymi shvami. *Uchenye zapiski Krymskogo inzhenerno-pedagogicheskogo universiteta*, № 2 (50), pp. 109-116.