

МДК 02.01. Основы расчета и проектирования сварных конструкций

Тема: Расчет нахлесточного сварного соединения (практика)

Сварные соединения образуются путем местного нагрева деталей в зоне их соединения. При нагреве устанавливаются межатомные связи между свариваемыми частями.

Основным критерием работоспособности швов сварных соединений является прочность. Исходным условием проектирования соединений является равнопрочность шва и соединяемых деталей.

Нахлесточные соединения угловыми швами (рис. 1.1.2, 1.1.5). Угловые швы рассчитывают на срез по опасному сечению $m-m$, совпадающему с биссектрисой прямого угла. Расчетная высота опасного сечения $h = 0,7K$ — для ручной сварки (сечение сечению $m-m$); $h = K$ — для автоматической.

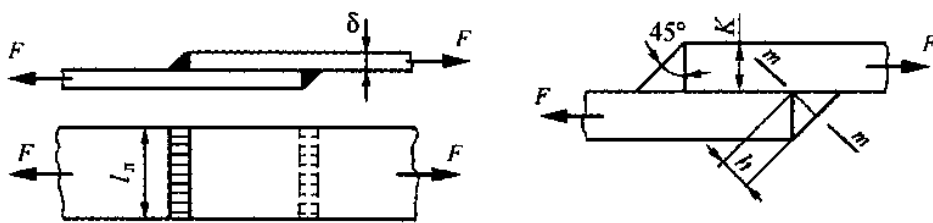


Рисунок 1.1.5 -
Нахлесточные
соединения
угловыми швами

Условие прочности шва на срез:

$$\tau_{ср} = \frac{F}{A} = \frac{F}{h \cdot l_{ш}} \leq [\tau']_{ср},$$

где $\tau_{ср}$ и $[\tau']_{ср}$ — расчетное и допускаемое напряжения среза для шва, МПа (табл. 1.1.1); $l_{ш}$ - расчетная длина шва, мм.

В соединении *лобовыми швами* $l_{ш} = 2l_A$, (рис 1.1.5), *фланговыми* — $l_{ш} = 2l_{фл}$ (рис. 1.1.2, в). В комбинированном шве $l_{ш} = l_l + l_{фл}$.

Задача 2. Определить длину фланговых швов соединения полосы с косынкой из Ст3 из условия прочности. $F=80$ кН, ширина полосы $b=200$ мм. Сварка ручная электродом Э42. Толщина деталей δ (рис. 1.2.1).

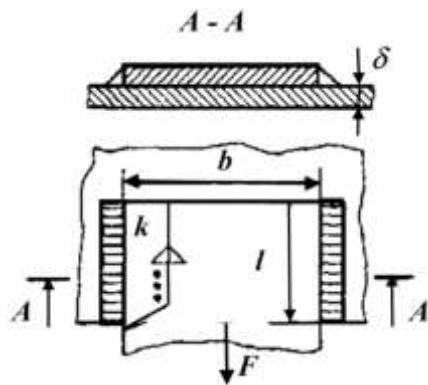


Рисунок 1.2.1

Решение.

2.1. Определяем допускаемые напряжения:

$$[\sigma]_p = \frac{\sigma_m}{S_m} = \frac{200}{1,4} = 140 \text{ МПа}$$

для соединяемых деталей.

Допускаемое напряжение среза шва (табл. 1.1)

$$[\tau']_{ср} = 0,6[\sigma]_p = 0,6 \cdot 140 = 84 \text{ МПа.}$$

2.2. Из условия прочности на растяжение определяем толщину δ полосы:

$$\sigma_p = \frac{F}{A_p} = \frac{F}{b \cdot \delta} \leq [\sigma]_p;$$

$$\delta \geq \frac{F}{b[\sigma]_p} = \frac{80 \cdot 10^3}{200 \cdot 140} = 2,87 \text{ мм}; \delta = 3 \text{ мм.}$$

2.3. Принимая катет шва $K = \delta = 3 \text{ мм}$, из условия прочности шва на срез найдем длину фланговых швов:

$$\tau_{ср} = \frac{F}{A_{ср}} = \frac{F}{0,7K \cdot 2l} \leq [\tau']_{ср};$$

$$l \geq \frac{F}{1,4K \cdot [\tau']_{ср}} = \frac{80 \cdot 10^3}{1,4 \cdot 3 \cdot 84} = 228 \text{ мм.}$$

Задача 3. Определить длину фланговых швов, прикрепляющих уголок к косынке (рис. 1.2.2). Соединение должно быть равнопрочным с уголком. Значения допускаемых напряжений: для основного $[\sigma]_p = 140 \text{ МПа}$, для сварного шва $[\tau']_{ср} = 84 \text{ МПа}$; катет шва $K = 10 \text{ мм}$. Уголок неравнополочный $125 \times 80 \times 10$.

профиля	мм			J_x см ⁴	i_x см	J_{x_0} max см ⁴	i_{x_0} max см	J_{y_0} min см ⁴	i_{y_0} min см	
2	20	3	1,13	0,40	0,59	0,63	0,75	0,17	0,39	0,60
		4	1,46	0,50	0,58	0,78	0,73	0,22	0,38	0,64
2,5	25	3	1,43	0,81	0,75	1,29	0,95	0,34	0,49	0,73
		4	1,86	1,03	0,74	1,62	0,93	0,44	0,48	0,76
2,8	28	3	1,62	1,16	0,85	1,84	1,07	0,48	0,55	0,80
3,2	32	3	1,86	1,77	0,97	2,80	1,23	0,74	0,63	0,89
			2,43	2,26	0,96	3,58	1,21	0,94	0,62	0,94
3,6	36	3	2,10	2,56	1,10	4,06	1,39	1,06	0,71	0,99
		4	2,75	3,29	1,09	5,21	1,38	1,36	0,70	1,04
4	40	3	3,55	3,55	1,23	5,63	1,55	1,47	0,79	1,09
		4	4,58	4,58	1,22	7,26	1,53	1,90	0,78	1,13
		5	3,79	5,53	1,20	8,75	1,54	2,30	0,79	1,17
4,5	45	3	2,65	5,13	1,29	8,13	1,75	2,12	0,89	1,28
		4	3,48	6,63	1,38	10,50	1,74	2,74	0,89	1,26
		5	4,29	8,03	1,37	12,73	1,72	3,33	0,88	1,30
5	50	3	2,96	7,11	1,55	11,30	1,95	2,95	1,00	1,33
		4	3,89	9,21	1,54	14,60	1,94	3,80	0,99	1,35
		5	4,80	11,20	1,53	17,83	1,92	4,63	0,98	1,42
5,6	56	4	4,38	13,10	1,73	20,80	2,18	5,41	1,11	1,52
		5	5,41	16,00	1,72	25,40	2,16	6,59	1,10	1,57
6,3	63	4	4,96	18,90	1,95	29,90	2,45	7,81	1,25	1,69

		5	6,13	23,10	1,94	36,60	2,44	9,52	1,25	1,74
		6	7,28	27,10	1,93	42,90	2,43	11,20	1,24	1,78
7	70	4,5	6,20	29,00	2,16	45,00	2,72	12,00	1,39	1,88
		5	6,86	31,90	2,16	50,70	2,72	13,20	1,39	1,90
		6	8,15	37,60	2,15	59,60	2,71	15,50	1,38	1,94
		7	9,42	43,00	2,14	68,20	2,69	17,80	1,37	1,99
		8	10,70	48,20	2,13	76,40	2,68	20,00	1,37	2,02
7,5	75	5	7,39	39,50	2,31	62,60	2,91	16,40	1,49	2,02
		6	8,78	46,60	2,30	73,90	2,90	19,30	1,48	2,06
		7	10,10	53,30	2,29	84,60	2,89	22,10	1,48	2,10
		8	11,50	59,80	2,28	94,60	2,87	24,80	1,47	2,15
		9	12,80	66,10	2,27	105,00	2,86	27,50	1,46	2,18

Окончание таблицы 1.3

Номера профиля	Размеры		Площадь профиля $A, \text{см}^2$	Справочные величины для осей						$z_0,$ см
	h	d		$x-x$		x_0-x_0		y_0-y_0		
	мм			J_x см ⁴	i_x см	$J_{x_0} \max$ см ⁴	$i_{x_0} \max$ см	$J_{y_0} \min$ см ⁴	$i_{y_0} \min$ см	
8	80	5,5	8,63	52,70	2,47	83,60	3,11	21,80	1,59	2,17
		6	9,38	57,00	2,47	90,40	3,11	23,50	1,58	2,19
		7	10,80	65,30	2,45	104,00	3,09	27,00	1,58	2,23
		8	12,30	73,40	2,44	116,00	3,08	30,30	1,57	2,27
9	90	6	10,60	82,10	2,78	130,00	3,50	34,00	1,79	2,43
		7	12,30	94,30	2,77	150,00	3,49	38,90	1,78	2,47

		8	13,90	106,00	2,76	168,00	3,48	43,80	1,77	2,51
		9	15,60	118,00	2,75	188,00	3,46	48,60	1,77	2,55
10	100	6,5	12,80	122,00	3,00	193,00	3,88	50,70	1,99	2,68
		7	13,80	131,00	3,08	207,00	3,88	54,20	1,98	2,71
		8	15,00	147,00	3,07	233,00	3,87	60,90	1,98	2,75
		10	19,20	179,00	3,05	284,00	3,84	74,10	1,96	2,83
		12	22,80	209,00	3,03	331,00	3,81	86,90	1,95	2,91
		14	25,30	237,00	3,00	375,00	3,78	99,30	1,94	2,99
		16	29,70	264,00	2,98	416,00	3,74	112,00	1,94	3,06
11	110	8	17,20	198,17	3,39	314,51	4,28	81,83	2,18	3,00
12,5	125	12	28,89	422,23	3,82	670,02	4,82	174,43	2,46	3,53
		14	33,37	481,76	3,80	763,90	4,78	199,62	2,45	3,61
		16	37,77	538,56	3,78	852,84	4,75	224,29	2,44	3,68
14	140	10	27,33	512,29	4,33	813,62	5,46	210,96	2,78	3,82
		12	37,49	602,49	4,31	956,98	5,43	248,01	2,76	3,90
15	150	15	43,08	908,38	4,59	1442,60	5,79	374,17	2,95	4,27
16	160	10	31,43	774,24	4,96	1229,10	6,25	319,38	3,19	4,30
		16	49,07	1175,19	4,89	1865,73	6,17	484,64	3,14	4,55
18	180	12	42,19	1316,62	5,59	2092,78	7,04	540,45	3,58	4,89
20	200	12	47,10	1822,78	6,22	2896,16	7,84	749,40	3,99	5,37
		14	54,60	2097,09	6,20	3333,00	7,81	861,00	3,97	5,46
		20	78,54	2871,47	6,12	4560,42	7,72	1181,92	3,93	5,70
		30	111,54	4019,60	6,00	6351,05	7,55	1698,16	3,89	6,07

22	220	14	60,38	2814,36	6,83	4470,15	8,60	1158,56	4,38	5,91
25	250	20	96,96	5764,87	7,71	9159,73	9,72	2370,01	4,94	6,91
		25	119,71	7006,39	7,65	11125,5	9,64	2887,26	4,91	7,11
		30	141,96	8176,52	7,59	12964,7	9,56	3388,98	4,89	7,31

Примечание: 1. A – площадь поперечного сечения; 2. z_0 – расстояние от центра масс до наружной грани полки; 3. Пример обозначения угловой равнополочной стали профиля 5 с толщиной полки $t=4$ мм марки Ст3:

$$\frac{50 \times 50 \times 4 \text{ ГОСТ } 8509 - 86}{\text{Ст } 3 \text{ ГОСТ } 535 - 88} \text{ »}$$
 «Уголок

Таблица 1.4 – Прокатная угловая неравнополочная сталь (из ГОСТ 8510-93)

Номер профиля	B	b	t	R	r	x_0	y_0	A , мм ²	Масса 1 м, кг
	мм								
3,2/2			3	5,5	1,2	4,5	10,8	149	1,17
			4			5,3	11,2	194	1,52
4/2,5			3	4,0	1,3	5,5	13,2	189	1,48
			4			6,3	13,7	247	1,94
			5			6,6	14,1	303	2,37
4,5/2,8			3	5,0	1,7	6,4	14,7	214	1,68
			4			6,8	15,1	280	2,20
5/3,2			3	5,5	1,8	7,2	16,0	242	1,90
			4			7,6	16,5	317	2,40
5,6/3,6			4	6,0	2,0	8,4	18,2	358	2,81
			5			8,8	18,7	441	3,46

6,3/4,0	63	40	4	7,0	2,3	9,1	20,3	404	3,17
			5			9,5	20,8	498	3,91
			6			9,9	21,2	590	4,63
			8			10,7	22,00	768	6,03
7/4,5	70	45	5	7,5	2,5	10,5	22,8	559	4,39
7,5/5	75	50	5	8,0	2,7	11,7	23,9	611	4,79
			6			12,2	24,4	723	5,60
			8			12,9	25,2	947	7,43
8/5	80	50	5	8,0	2,7	11,3	26,0	636	4,49
			6			11,7	26,5	755	5,92
9/5,6	90	56	5,5	9,0	3,0	12,6	29,2	786	6,17
			6			12,8	29,5	854	6,70
			8			13,6	30,4	1118	8,77
10/6,3	100	63	6	10,0	3,3	14,2	32,3	958	7,53
			7			14,6	32,8	1100	8,70
			8			15,0	33,2	1257	9,87
			10			15,8	34,0	1547	12,14
11/7	110	70	6,5	10,0	3,3	15,8	35,5	1145	8,98
			8			16,4	36,1	1393	10,93
12,5/8	125	80	7	11,0	3,7	18,0	40,1	1406	11,04
			8			18,4	40,5	1598	12,58
			10			19,2	41,4	1970	15,47
			12			20,0	42,2	2336	18,34

Примечание: 1. A – площадь поперечного сечения; 2. x_0, y_0 – расстояние от центра масс до наружных граней полок; 3. Пример обозначения угловой равнополочной стали профиля 8/5 с толщиной полки $t=5$ мм марки СтЗ:

Задача 4. Длина лобовых швов, соединяющих листы (рис. 1.2.3), $b = 100$ мм. Листы из Ст3. Толщина листов $\delta = 8$. Нагрузка $F = 10$ кН. Сварка ручная дуговая Э50А. Проверить прочность шва.

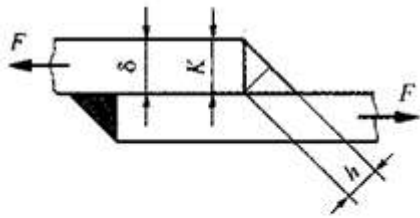
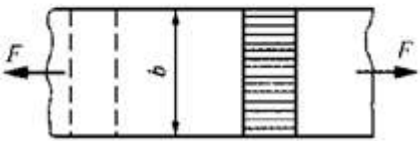


Рисунок 1.2.3

Решение.

4.1. Определить допускаемое напряжение листа из

Ст3:



$$[\sigma]_p = \frac{\sigma_m}{[S]} = \frac{200}{1,4} = 140 \text{ МПа.}$$

Допускаемое напряжение шва при срезе

$$[\tau']_{ср} = 0,65 \cdot [\sigma]_p \text{ (табл. 1.1);}$$

$$[\tau']_{ср} = 0,65 \cdot 140 = 91 \text{ МПа.}$$

4.2. Определит напряжение среза лобового шва из условия прочности на срез:

$$\tau_{ср} = \frac{F}{0,7K \cdot 2l_w} < [\tau']_{ср};$$

Биссектриса h шва равна $0,7K$ (рис. 1.8), $K = \delta = 8$ мм;

$$\tau_{ср} = \frac{10 \cdot 10^3}{0,7 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 100} = 89,5 \text{ МПа} \leq [\tau']_{ср} = 91 \text{ МПа.}$$

Условие прочности выполняется.

Задача 5. Определить размеры лобового и фланговых швов для сварки с косынкой уголка №16 (160 x 160 x 10), ГОСТ 8509-93, Ст3, $[\sigma]_p = 160$ МПа. Линия действия нагрузки F проходит через центр тяжести уголка. Катет шва принять равным толщине полки уголка $K = 10$ мм. Сварка ручная электродом Э42. Соединение должно быть равнопрочно основному металлу (рис. 1.2.4).

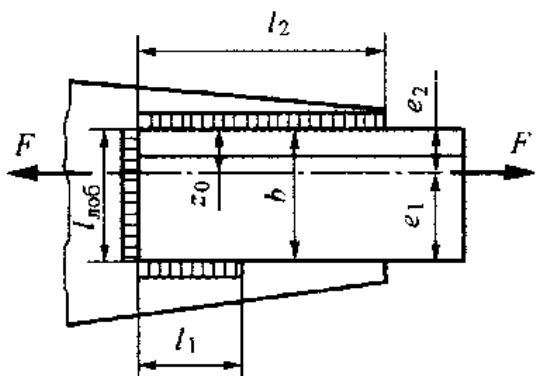


Рисунок 1.2.4

Решение.

5.1. Допускаемое усилие F из условия прочности уголка на растяжение. По ГОСТ 8509-93 площадь поперечного сечения $A = 31.4 \text{ см}^2$ (табл. 1.3, выборка).

$$|F| = [\sigma]_p \cdot A = 160 \cdot 31,4 \cdot 10^2 = 502 \cdot 10^3 \text{ Н}.$$

5.2. Допускаемое напряжение среза шва

$$[\tau']_{\text{сп}} = 0,6 [\sigma]_{\text{сп}} = 0,6 \cdot 160 = 96 \text{ МПа (табл. 1.1).}$$

5.3. Из условия прочности на срез выразим длину швов:

$$\frac{|F|}{A_{\text{сп}}} \leq [\tau'];$$

$$\frac{|F|}{L \cdot 0,7 K} \leq [\tau'];$$

$$L = l_{\text{лоб}} + l_1 + l_2;$$

$$L \geq \frac{|F|}{0,7 K \cdot [\tau']} = \frac{502 \cdot 10^3}{0,7 \cdot 10 \cdot 96} = 747 \text{ мм}.$$

Длины лобового шва равны длине полки уголка:

$$l_{\text{лоб}} = b = 160 \text{ мм};$$

$$l_{\text{фл}} = L - l_{\text{лоб}} = 747 - 160 = 587 \text{ мм}.$$

5.4. Из табл. 1.3 находим для уголка №16 значение z_0 , определяющее положение центра тяжести профиля относительно осей, совмещенной с внешней гранью полки профиля:

$$z_0 = 4,30 \text{ см}.$$

Разделив суммарную длину фланговых швов на части обратно пропорциональные их расстояниям от оси профиля, найдем

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{e_2}{e_1};$$

$$e_2 = z_0 = 43 \text{ мм}.$$

$$e_1 = b - e_2 = 160 - 43 = 117 \text{ мм}.$$

Составим пропорцию

$$\frac{l_1}{l_{\text{фл}} - l_1} = \frac{e_2}{e_1};$$

$$\frac{l_1}{587 - l_1} = \frac{43}{117};$$

отсюда

$$l_1 = 157 \text{ мм}; l_2 = l_{\text{фл}} - l_1 = 587 - 157 = 430 \text{ мм}.$$