

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Запорізький національний технічний університет

РОЗРАХУНОК ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ

Методичні вказівки з курсу

**"Деталі машин і основи конструювання"
для студентів спеціальності**

**134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка
освітні програми «Авіаційні двигуни та енергетичні
установки», «Технології виробництва
авіаційних двигунів та енергетичних установок»**

**131 Прикладна механіка освітня програма
«Обладнання та технології ливарного виробництва»
всіх форм навчання**

2019

Методичні вказівки з курсу «Деталі машин і основи конструювання» для студентів спеціальності 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка освітні програми «Авіаційні двигуни та енергетичні установки», «Технології виробництва авіаційних двигунів та енергетичних установок» 131 Прикладна механіка освітня програма «Обладнання та технології ливарного виробництва» всіх форм навчання./Укл. Н.О. Задоя, О.А. Алексеев. – Запоріжжя, ЗНТУ, 2019 – 62 с.

Укладачі Н.О. Задоя, доцент, к.т.н.,

 О.А. Алексеев, зав.лаб. ДМ

Рецензент: Г.П. Волков, доцент, к.т.н.

Відповідальний за випуск:

 Л.М. Мартовицький, доцент, к.т.н.

Затверджено
на засіданні кафедри
“Деталі машин і ПТМ”
Протокол № 4
Від 23 січня 2019 р.

Рекомендовано
до видання
НМК М-факультета
Протокол № 5
Від 21 лютого 2019 р.

ЗМІСТ

1. Загальні відомості	4
2. Завдання до контрольних завдань	4
3. Вказівки до рішення завдань	21
4. Приклади рішення завдань	24
5. Контрольні запитання	47
6. Список використаної та рекомендованої літератури	49
7. Додатки	50

Мета роботи: закріпити розглянуті раніше теоретичні основи розрахунку зварних з'єднань, оволодіти методами вирішення конкретних завдань, що виникають при проектуванні різних видів зварних з'єднань.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Зварні з'єднання – найпоширеніший тип нероз'ємних з'єднань. Їх отримують формуванням міжатомних зв'язків у зварюваних деталях, шляхом місцевого нагрівання в зоні їхнього з'єднання до рідкого стану або шляхом пластичного деформування деталей у зоні стиків із нагріванням або без нагрівання (зварювання вибухом).

Переважно зварне з'єднання утворюють шляхом місцевого нагрівання:

1) **з розплавленням металу без додатка сили:** зварювання електродугове (ручне, автоматичне і напівавтоматичне, під флюсом, у захисних газах і ін.), газове (ацетиленокислородне), електронно-променево, лазерне;

2) **без розплавлення металу і з додаванням сили:** контактне зварювання, газопресове, тертям, індукційне, ультразвукове й ін.

Найбільше поширення отримали електродугове й газове зварювання. Добре зварюються низько- та середньовуглецеві (<0,25% C), а також низьколеговані сталі.

Зварювання високовуглецевих, середньо- і високолегованих сталей, чавунів, кольорових сплавів представляють відомі труднощі й вимагають спеціальних способів.

2 ЗАВДАННЯ ДО КОНТРОЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

На рисунках до завдань зварні шви показані ескізно, а не за ДСТУ.

Завдання 2.1 Перевірити міцність зварного з'єднання (рисунок 2.1). З'єднання виконано двома кутовими швами з катетом k . З'єднання навантажене силою F (таблиця 2.1). Матеріал деталей – сталь Ст 3. Зварювання ручне.

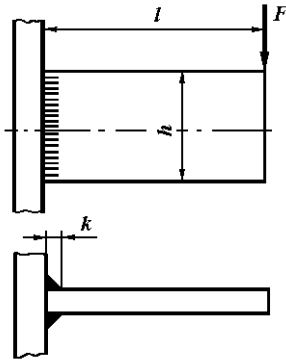


Рисунок 2.1

Таблиця 2.1

	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	30	35	40	45	50	60	55	80	90	100
l , мм	400	500	300	500	400	500	400	400	400	300
h , мм	160	190	170	220	180	210	190	220	230	220
δ , мм	5			7			8			
Електрод	Е42			Е50			Е42А			

Завдання 2.2 Перевірити міцність зварного з'єднання, що кріпить опорний швелер, який має номер профілю №, до сталевій плити (рисунок 2.2, таблиця 2.2). Матеріал деталей – сталь Ст 3. Зварювання автоматичне.

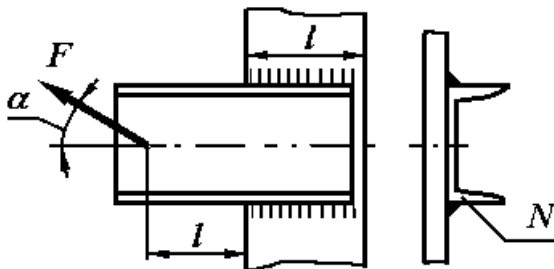


Рисунок 2.2

Таблиця 2.2

	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	25	30	40	45	50	55	60	65	70	75
l , мм	350	320	300	280	400	380	360	450	400	500
№	5	8	10	12	14	16	18	20	22	24
α , рад	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$

Завдання 2.3 Розрахувати зварне з'єднання, що кріпить опорний швеллер до сталевій колони (рисунок 2.3). Матеріал електрода та метод зварювання призначити самостійно. Дані для розрахунку наведені в таблиці 2.3.

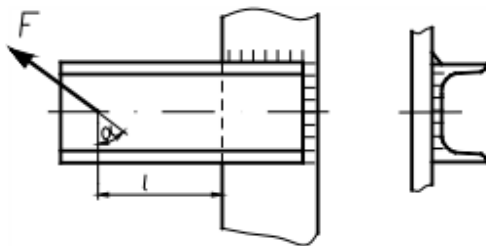


Рисунок 2.3

Таблиця 2.3

	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
l , мм	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100
α , рад	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$

Завдання 2.4 Перевірити міцність зварного з'єднання, якщо на кінці клемового важеля, довжиною l та товщиною δ (рисунок 2.4, таблиця 2.4) прикладена сила F . Матеріал важеля – Сталь 10. Розмір важеля в місця зварювання a . Зварювання ручне.

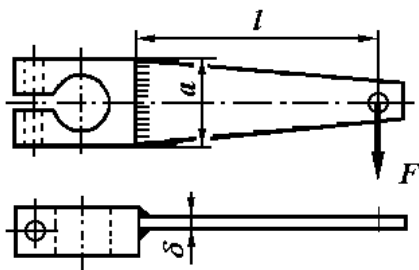


Рисунок 2.4

Таблиця 2.4

	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	10	6,5	5	5	7	8	10	9	30	10
a , мм	65	55	55	60	70	80	90	75	100	50
l , мм	200	250	300	350	400	450	500	400	300	200
δ , мм	5		6		7		8		10	
Електрод	Е42А		Е50		Е42		Е50		Е42А	

Завдання 2.5 Розрахувати зварне з'єднання для клемового важеля (рисунок 2.5) за даними таблиці 2.5.

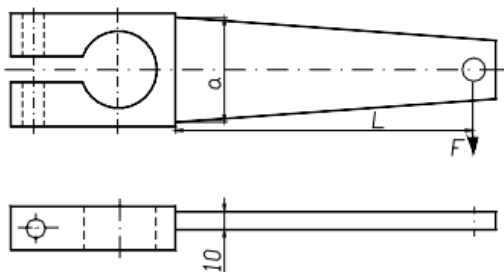


Рисунок 2.5

Таблиця 2.5

	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,5
a , мм	20	25	25	30	35	40	45	45	50	50
L , мм	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58
Електрод	Е42А		Е50		Е42		Е50		Е42А	

Завдання 2.6 Розрахувати зварне з'єднання – довжину шва l (рисунок 2.6), що кріпить стійки нерухомого блоку до плити. Зварювання автоматичне. Матеріал деталей, що зварюються – сталь Ст 5. Товщина стійок δ (таблиця 2.6).

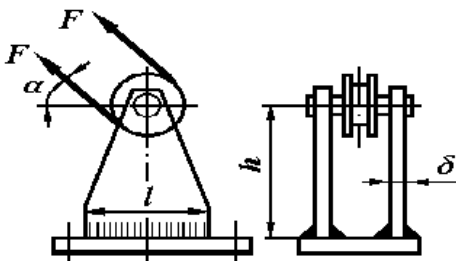
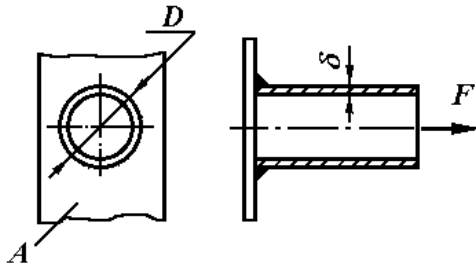


Рисунок 2.6

Таблиця 2.6

	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
h , мм	160	150	120	150	160	150	135	150	120	110
α , рад	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$
δ , мм	6				8			10		
Електрод	Е42А				Е50			Е42		

Завдання 2.7 Перевірити міцність зварного з'єднання кріплення труби до нерухомої плити A (рисунок 2.7) шляхом обварки по контуру зварним швом з катетом k , якщо зовнішній діаметр труби D , товщина стінки δ (таблиця 2.7). Матеріал труби – сталь Ст 3. Зварювання автоматичне електродом Е50А.



Таблиця 2.7

	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	50	60	70	80	90	100	120	140	120	130
D , мм	50	54	60	68	70	76	83	89	95	102
δ , мм	5	6	7	5	8	10	12	10	8	14

Завдання 2.8 Розрахувати зварне з'єднання з серги, блоку й швелера (рисунок 2.8). На блок діє сила F , товщина стінки серги δ (таблиця 2.8). Матеріал деталей, що зварюються – Сталь 10. Зварювання ручне.

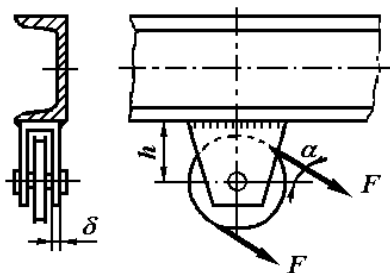


Рисунок 2.8

Таблиця 2.8

	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	5	10	7	8	9	10	12	14	12	13
h , мм	160	200	150	200	250	150	120	200	250	300
α , рад	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$
δ , мм	6				8			10		
Електрод	Е42А				Е50			Е42		

Завдання 2.9 Перевірити міцність зварного з'єднання листа товщиною δ з куточком (рисунок 2.9), якщо на кінці l важеля прикладена сила F (таблиця 2.9). Матеріал важеля – сталь Ст 5. Зварювання ручне електродами Е50.

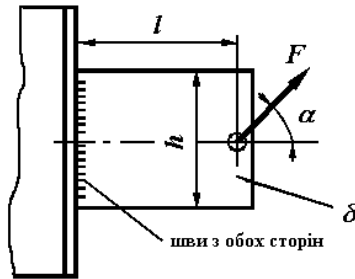


Рисунок 2.9

Таблиця 2.9

	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	20	30	40	50	40	30	40	50	35	40
l , мм	65	55	55	60	60	65	90	75	100	50
h , мм	120	150	110	130	140	100	140	160	100	90
α , рад	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$
δ , мм	5		6		7		8		10	

Завдання 2.10 Розрахувати зварне з'єднання стійки ручної лебідки з плитою (рисунок 2.10). Сила натягу каната спрямована під кутом α . Положення каната по довжині барабана прийняти найбільш важким. Відстань між стійками l , висота осі барабана h . Крайнє положення каната від стійки a (таблиця 2.10). Матеріал деталей – Сталь 15. Зварювання ручне.

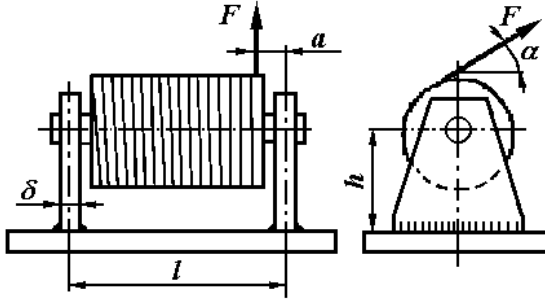


Рисунок 2.9

Таблиця 2.10

	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	30	26	30	35	28	30	38	20	40	35
h , мм	650	800	600	600	700	500	600	800	500	600
l , мм	500	450	400	500	550	600	400	600	800	700
a , мм	100	150	100	80	100	150	60	100	120	80
α , рад	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$
δ , мм	7					8				
Електрод	Е42А					Е50				

Завдання 2.11 Розрахувати зварне з'єднання кронштейна з плитою (рисунок 2.11). З'єднання виконане кутовими швами з катетом k . З'єднання навантажене силою F (таблиця 2.11). Матеріал деталей – сталь Ст 4. Зварювання ручне.

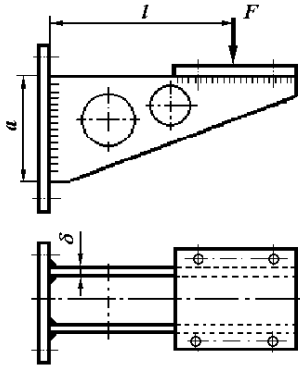


Рисунок 2.11

Таблиця 2.11

	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	10	35	40	45	50	20	35	30	25	50
l , мм	240	350	300	500	400	350	280	250	360	460
δ , мм	5				7			8		
Електрод	Е42А				Е50			Е42		

Завдання 2.12 Розрахувати зварне з'єднання двох куточків з косинкою (рисунок 2.12). На обидва куточки діє сила, що розтягує $2F$, наведена в таблиці 2.12.

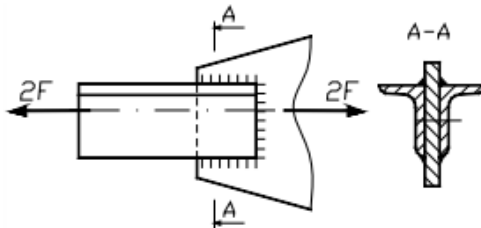


Рисунок 2.12

Таблиця 2.12

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$2F$, кН	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75

Завдання 2.13 Визначити розміри h і δ листів 1 і 2, прикріплених до швелера колони (рисунок 2.13), і розрахувати зварні шви їх за даними таблиці 2.13.

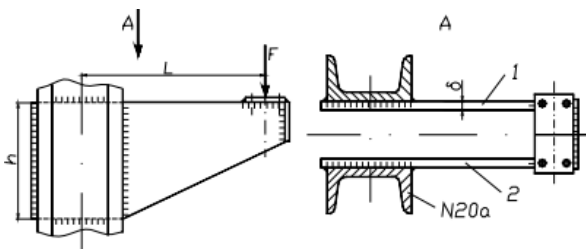


Рисунок 2.13

Таблиця 2.13

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
L , м	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0

Завдання 2.14 Розрахувати зварне з'єднання листа 1 з куточком 2 (рисунок 2.14) за даними таблиці 2.14.

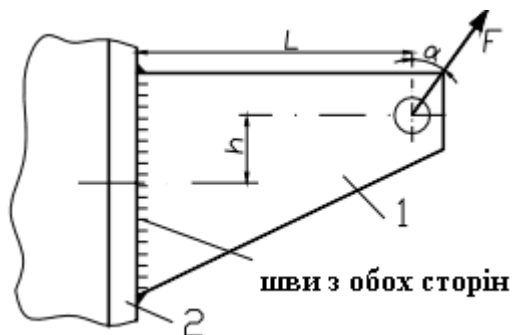


Рисунок 2.14

Таблиця 2.14

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
L , см	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
h , см	10	10	10	10	12	12	12	12	14	14
α , рад	$\pi/6$	$\pi/9$	$\pi/12$	$\pi/6$	$\pi/9$	$\pi/12$	$\pi/6$	$\pi/9$	$\pi/12$	$\pi/6$

Завдання 2.15 Розрахувати зварне з'єднання двох куточків з плитою (рисунок 2.15). Кут $\alpha = \pi/6$, а діюча на куточки сила F наведена в таблиці 2.15.

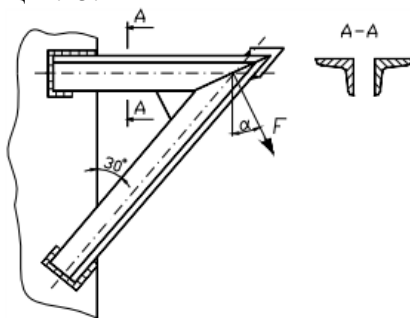


Рисунок 2.15

Таблиця 2.15

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95

Завдання 2.16 Розрахувати зварне з'єднання двотаврової балки з колоною (рисунок 2.16) за даними таблиці 2.16.

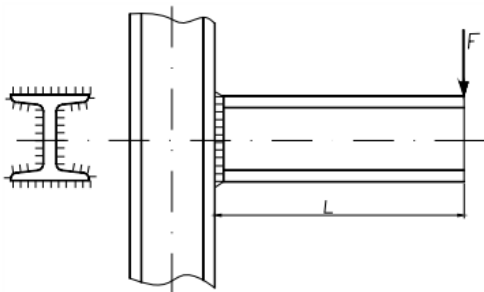


Рисунок 2.16

Таблиця 2.16

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15
L , м	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1

Завдання 2.17 Визначити довжину l швів, що кріплять швелер, навантажений на кінці моментом M . Матеріал – сталь Ст. 2, електрод Е42. Допустимі напруги для стали Ст. 2: розтягнення/стиснення $[\sigma]_p = 140$ МПа; зріз у зварному шві $[\tau] = 84$ МПа. Катети швів: горизонтальних K_1 , вертикального K_2 .

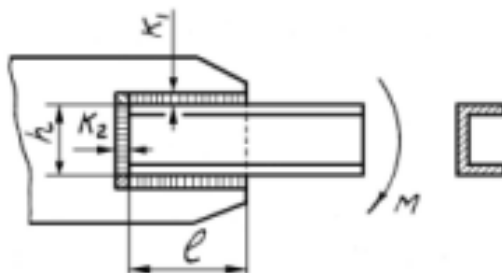


Рисунок 2.17

Таблиця 2.17

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
M , кН·м	0,24	0,22	0,2	0,26	0,18	0,15	0,12	0,1	0,3	0,27
Швеллер №	20а	18	16а	22	14а	12	10	8	27	24
K_1 , мм	10	9	8	10	7	6	5	4	12	11
K_2 , мм	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4

Завдання 2.18 Визначити довжину l , l_1 , l_2 швів, що кріплять кутовий прокат завтовшки d до косинки, навантажений поперечною силою P . З'єднання рівномірне. Матеріал – сталь Ст. 2, електрод Е42. Допустимі напруги для сталі Ст. 2: розтягнення/стиснення $[\sigma]_p = 140$ МПа; зріз у зварному шві $[\tau] = 84$ МПа. Катет шва K .

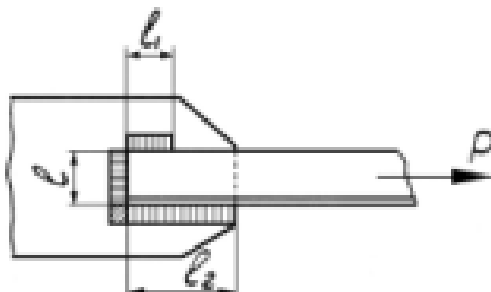


Рисунок 2.18

Таблиця 2.18

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P , кН	15	20	23	14	10	10	8	6	16	22
Профіль №	10	12,5	14	10	9	8	7	6,3	12,5	16
d , мм	14	12	10	10	8	7	6	5	9	14
K , мм	10	9	8	7	6	5	4	3	6	9

Завдання 2.19 Розрахувати довжину фланцевого шва пластини, навантаженої поперечною силою Q та моментом $M_{виг}$ (рисунок 2.19), при запасі міцності n . Матеріал сталь Ст. 2, електрод Е42. Допустимі напруги для Ст. 2: розтягнення/стиснення $[\sigma]_p = 140$ МПа; зріз у зварному шві $[\tau] = 84$ МПа. Катет шва K .

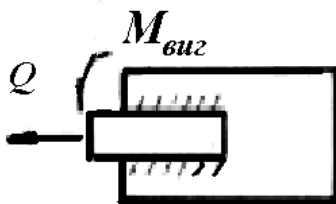


Рисунок 2.19

Таблиця 2.19

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q , кН	10	5	4	6	20	7	9	12	8	15
$M_{виг}$, Н·м	1	1,5	1	1	1,5	1	1,5	1	1	1,5
n	2	1,5	1	2,5	2	3	1,5	2	1,5	2
K , мм	5	4	3	6	10	7	5	8	5	10

Завдання 2.20 Розрахувати довжину лобового шва пластини, навантаженої поперечною силою P та моментом $M_{виг}$ (рисунок

2.20), при запасі міцності n . Матеріал сталь Ст. 2, електрод Е42. Допустимі напруги для Ст. 2: розтягнення/стиснення $[\sigma]_p = 140$ МПа; зріз у зварному шві $[\tau] = 84$ МПа. Катет шва K .

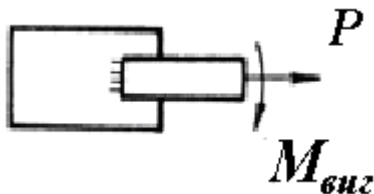


Рисунок 2.20

Таблиця 2.20

Величина	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q , кН	10	5	4	6	20	7	9	12	8	15
$M_{виз}$, Н·м	1	1,5	1	1	1,5	1	1,5	1	1	1,5
n	2	1,5	1	2,5	2	3	1,5	2	1,5	2
K , мм	5	4	3	6	10	7	5	8	5	10

Завдання 2.21 Розрахувати зварні шви, що з'єднують зубчастий вінець колеса з його диском і диск із маточиною (рисунок 2.21). Передана зубчастим колесом потужність P , кутова швидкість ω і його діаметри D і d наведені в таблиці 2.21. З'єднання виконано двома кутовими швами з катетами k_1 і k_2 . Матеріал обода й маточини – Сталь 40, матеріал диска – сталь Ст. 3. Зварювання ручне, електродами Е42.

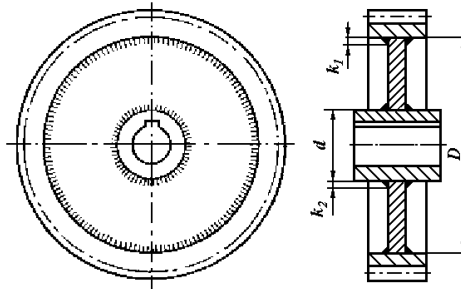


Рисунок 2.21

Таблиця 2.21

	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P , кВт	32	35	40	30	50	60	65	55	40	50
ω , с ⁻¹	20	18	22	10	25	30	30	26	24	30
D , мм	160	180	240	300	340	440	390	480	280	190
d , мм	40	48	52	60	70	100	80	120	80	60
k_1 , мм	4			6			8			
k_2 , мм	6			8			10			

3 ВКАЗІВКИ ДО РІШЕННЯ ЗАВДАНЬ

Теоретичний матеріал з розрахунку зварних з'єднань викладений у джерелах [1, с. 124... 129], [2, с. 67...82], [3, с. 64...78], [4, с. 45...54].

Розрахунок здійснюють у наступному порядку.

1) *Вибирають спосіб зварювання* (ручна електродугова, автоматична й т. ін.) або призначають відповідно до завдання.

2) *Приймають (або призначають відповідно до завдання) тип електрода й матеріал, деталей що зварюються.* Для дугового зварювання застосовують електроди з різною обмозкою, або покриттям, що забезпечує стійке горіння дуги і захист матеріалу шва від шкідливого впливу навколишнього середовища. Для зварювання конструкційних сталей застосовують електроди: E42, E42A, E46, E46A, E50, E50A та ін. Число після літери E, помножене на 10, позначає мінімальне значення тимчасового опору металу шва, вимірюваного в МПа. Літера A позначає підвищену якість електрода, що забезпечує отримання більш високих пластичних властивостей металу шва.

3) *Визначають допустимі напруження, що для основного матеріалу й матеріалу зварного шва.*

Допустимі напруження розтягу основного металу

$$[\sigma_p] = \sigma_T / [s], \quad (3.1)$$

де σ_T – границя текучості основного металу;

$[s]$ – допустимий коефіцієнт запасу міцності ($[s]=1.2...1.8$ для низьковуглицевих і $[s]=1.5...2.2$ для низьколегованих сталей) – більше значення при грубих розрахунках; якщо $[s]$ руйнування сполучене з важкими наслідками, то значення підвищують в 1,5...2 рази.

Допустимі напруження для зварних швів $[\sigma']$ при статичному навантаженні задають у частках від допустимої напруги, $[\sigma_p]$ на розтяг основного металу (таблиця 3.1)

Таблиця 3.1 – Допустимі напруження для зварних швів

Вид технологічного процесу зварювання	Допустимі напруження у швах при		
	розтягу [σ'_p]	стиску [σ'_{cm}]	зрізі [τ']
Автоматична під флюсом, ручна електродами Е42А і Е50А, контактна стикова	[σ_p]	[σ_p]	$0,65 \cdot [\sigma_p]$
Ручна дугова електродами Е42 і Е50, газове зварювання	$0,9 \cdot [\sigma_p]$	[σ_p]	$0,6 \cdot [\sigma_p]$

У випадку, якщо зварюють деталі з різними механічними властивостями, то розрахунок напруг, що допускаються, ведеться для матеріалу, який володіє найменшим значенням границі текучості.

4) *Складають розрахункову схему з'єднання.*

Зовнішні сили, що діють на з'єднання, варто перенести в центр ваги зварного шва відповідно до правил теоретичної механіки, при цьому сили, що діють під кутом до площини зварних швів, необхідно розкласти на перпендикулярні складові (рисунок 3.1).

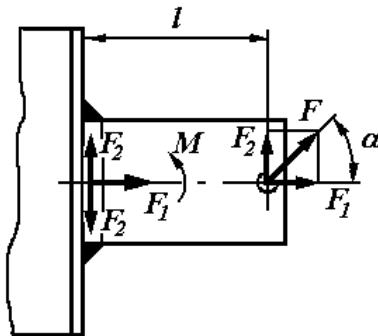


Рисунок 3.1

При перенесенні сили F_1 паралельно собі з'являється додатково момент пари сил, який дорівнює

$$M = F_1 \cdot l.$$

При перенесенні сили F_2 уздовж лінії дії ніяких додаткових сил і моментів не виникає.

У завданні зусилля від каната прикладено до барабана несиметрично стосовно стійок, тому й сили, діючі на зварні шви (R_1 і R_2) будуть різні. Для їхнього визначення варто скласти рівняння рівноваги щодо опор 1 і 2 – стійок (рисунок 3.2).

$$\sum M_i = 0; \quad \sum P_i = 0$$

У завданні треба з умови рівноваги колеса щодо осі обертання визначити зусилля F_i , що викликають зріз швів на відповідних діаметрах D_i .

$$\sum T_i = \sum F_i \cdot \frac{D_i}{2} = 0$$

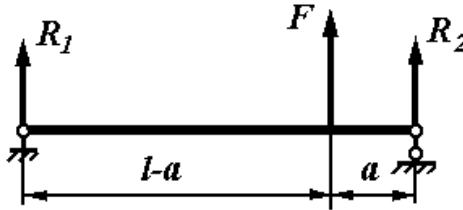


Рисунок 3.2

Приклади розрахункових схем для завдань показані на рисунку 3.3.

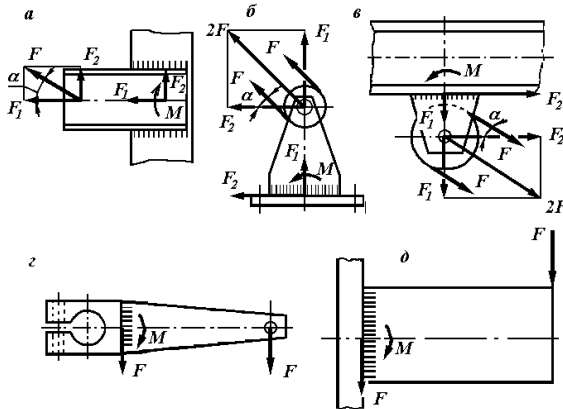


Рисунок 3.3

5) Призначають катет шва. У більшості випадків $k = \delta_{\min}$, де δ_{\min} – менша з товщин деталей, що зварюються. За умовами технології $k \geq 3$ мм, якщо $\delta_{\min} \geq 3$ мм. Максимальна величина катета не обмежується, однак шви із $k > 20$ мм використовуються рідко.

6) Визначають діючі напруги окремо для кожного силового фактора (сили, моменту). Складаючи напруги, враховують їхній напрямок (якщо напрямок векторів збігається, то їх складають алгебраїчно, якщо вектори перпендикулярні, то їх складають геометрично).

7) При проектуванні зварних швів звичайно, з умови міцності визначають їхню довжину. Приймаючи при цьому, що довжина флангових швів звичайно не більше $50k$, лобові шви можуть мати будь-яку довжину. Мінімальна довжина кутового шва l_{\min} становить 30 мм, що перекриває дефекти зварних швів – непровар на початку й кратер наприкінці.

4 ПРИКЛАДИ РІШЕННЯ ЗАВДАНЬ

Матеріал деталей, що зварюються – сталь Ст 3 ДЕРЖСТАНДАРТ 380-94, крім завдань, де матеріал зазначений особливо.

Допустима напруга на розрив для Ст 3 $[\sigma]_p = 160$ МПа.

Зварювання ручне електродове за ДСТ 5264-80, крім завдань, де зазначені інші види зварювання. Електроди Э42А за ДСТ 9467-75. Допустима напруга на зріз у швах (табл. 8.1) $[\tau'] = 0.65[\sigma]_p = 104$ МПа.

У завданнях і в прикладах змінне навантаження на з'єднання задана інтервалом цифр. Наприклад, $F = 10 \dots 40$ кН позначає, що сила F змінюється від $F_{\min} = 10$ кН до $F_{\max} = 40$ кН.

Приклад 4.1 Розрахувати лобовий шов (рисунок 4.1), що з'єднує два листи товщиною $\delta = 8$ мм зі сталі Ст 3, якщо $F = 100$ кН, Зварювання ручне електродом Е42.

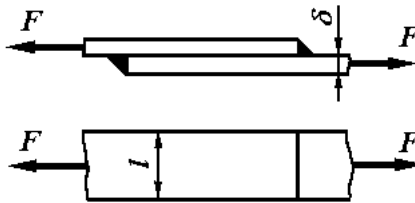


Рисунок 4.1

Рішення:

1 Визначаємо допустиму напругу на розтяг для основного металу, приймаючи для сталі Ст 3 $\sigma_T = 240$ МПа та $[S] = 1.45$ (див. п. 3)

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_T}{[S]} = \frac{240}{1,45} = 165 \text{ МПа}$$

2 Обчислюємо допустиму напругу на зріз

$$[\tau'] = 0,6 \cdot [\sigma_p] = 0,6 \cdot 165 = 99 \text{ МПа.}$$

3 З умови міцності визначаємо довжину зварного шва

$$\tau = \frac{F}{0,7 \cdot k \cdot L} = \frac{F}{0,7 \cdot k \cdot 2 \cdot l} \leq [\tau'],$$

приймаючи $k = \delta = 8$ мм, $L = 2 \cdot l$ (два шва) отримуємо

$$l \geq \frac{F}{1,4 \cdot k \cdot [\tau]} = \frac{100 \cdot 10^3}{1,4 \cdot 8 \cdot 99} = 90,2 \text{ мм}$$

З огляду на можливість технологічних дефектів зварювання, приймаємо $l = 100$ мм.

Приклад 4.2 Стрижень, що складається з двох рівнополочних кутків, з'єднаних косинкою, навантажений постійною силою на розтяг $F = 200$ кН (рисунок 4.2). Визначити номер профілю кутків і довжину швів зварної конструкції з'єднання. Матеріал кутків – сталь Ст 3.

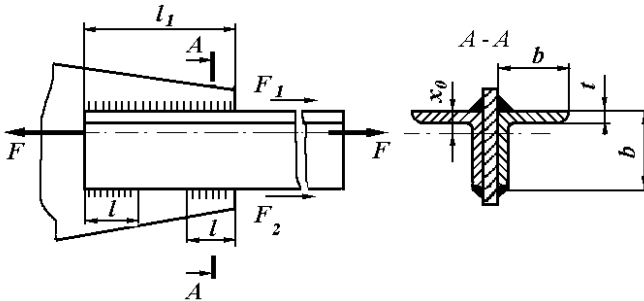


Рисунок 4.2

Рішення:

1 Приймаємо, що зварювання здійснюється вручну електродами Е42.

2 Визначаємо допустиму напругу на розтяг для основного металу, приймаючи для Ст 3 $\sigma_T = 240$ МПа і $[S] = 1.25$ (див. п. 3)

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_T}{[S]} = \frac{240}{1,25} = 192 \text{ МПа.}$$

3 Обчислюємо допустиму напругу на зріз для зварного шва,

$$[\tau'] = 0,6 \cdot [\sigma_p] = 0,6 \cdot 192 = 115,2 \text{ МПа}$$

4 З розрахунку на розтяг визначимо площу перетину кутків

$$2 \cdot A = \left[\frac{F}{\sigma_p} \right] = \frac{200 \cdot 10^3}{192} = 1042 \text{ мм}^2$$

Для одного кутка $A = 521 \text{ мм}^2$. За ДСТ вибираємо куток № 5,6, який має площу поперечного перерізу $A = 541 \text{ мм}^2$, товщину полиці $t = 5$ мм та координату центра ваги $x_0 = 15,7$ мм.

5 Зварні шви розташовують так, щоб напруги в них були однаковими. Тому при проектуванні з'єднання кутків із косинками, тобто при несиметричній конструкції, довжину швів роблять неоднаковою. Таким чином, кожний шов сприймає тільки свою частину навантаження $F - F_1$ і F_2 .

Довжину флангових швів визначають у припущенні, що їхня довжина пропорційна цим частинам сили $F - F_1$ і F_2 . Паралельні складові F_1 і F_2 знаходять по формулах:

$$\frac{F_1}{F} = \frac{(b-x)}{b}; \quad F_1 + F_2 = F.$$

Вирішуючи ці рівняння, отримаємо:

$$F_1 = \frac{F \cdot (b - x_0)}{b} = \frac{200 \cdot 10^3 \cdot (56 - 15,7)}{56} = 144 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

$$F_2 = F - F_1 = 200 \cdot 10^3 - 144 \cdot 10^3 = 56 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

6. Визначимо довжину швів, прийнявши катет шва $k = t = 5$ мм:

$$l_1 = \frac{F_1}{(2 \cdot 0,7 \cdot k \cdot [\tau'])} = \frac{144 \cdot 10^3}{(2 \cdot 0,7 \cdot 5 \cdot 115,7)} = 178 \text{ мм}$$

$$2 \cdot l_2 = \frac{F_2}{(2 \cdot 0,7 \cdot k \cdot [\tau'])} = \frac{56 \cdot 10^3}{(2 \cdot 0,7 \cdot 5 \cdot 115,7)} = 69 \text{ мм}$$

Округляючи, приймаємо $l_1 = 180$ мм, $l_2 = 40$ мм, додавши для коротких швів по 5 мм проти розрахункової довжини.

Приклад 4.3 Знайти параметри зварних швів кривошипа (рисунок 4.3), навантаженого постійною силою $F = 5$ кН, який має розміри $d = 100$ мм; $l = 200$ мм; $a = 300$ мм; $\delta_{\min} = 3$ мм за умови, що міцність основного металу забезпечена.

Рішення:

1 Додатково прийнято: основний метал – сталь Ст 4 ($\sigma_T = 260$ МПа); зварювання – ручне дугове електродом Е42А; шви кутові з катетом $k = \delta_{\min} = 3$ мм (фрагмент А рисунок 4.3).

2 Визначаємо допустиму напругу на розтяг для основного металу, приймаючи для сталі Ст 4 $\sigma_T = 260$ МПа та $[S] = 1.65$ (див. п. 3)

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_T}{[S]} = \frac{260}{1.65} = 157.6 \text{ МПа.}$$

3 Обчислюємо допустиму напругу на зріз для зварного шва,
 $[\tau'] = 0,65 \cdot [\sigma_p] = 0,65 \cdot 157.6 = 102 \text{ МПа}$

4 Розрахунку підлягає шов № 1, що у порівнянні зі швом № 2 додатково навантажений згинальним моментом M . Небезпечний переріз шва – перетин по бісектрисі прямого кута – являє собою конічну поверхню, що умовно розвертають на площину стику зварних деталей. Виконують приведення навантаження (перенос F в центр ваги розрахункового перетину) та становлять розрахункову схему (рисунок 4.4), на якій: F – центральна сила; M – згинальний момент, T – крутний момент:

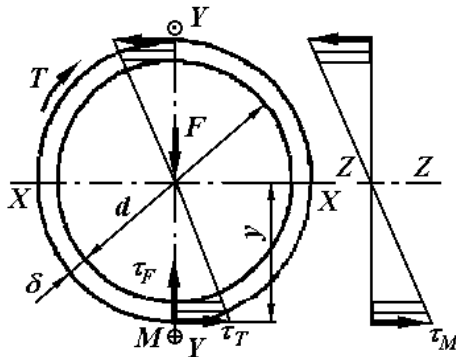


Рисунок 4.4

$$M = F \cdot l = 5000 \cdot 200 = 1 \cdot 10^6 \text{ Н}\cdot\text{мм;}$$

$$T = F \cdot a = 5000 \cdot 300 = 1.5 \cdot 10^6 \text{ Н}\cdot\text{мм}$$

5. У найбільш навантажених зонах шва, вилучених від осі $X-X$ на відстань b , знаходять сумарне дотичне напруження й порівнюють із допустимим, використовуючи залежність,

$$\tau_{\Sigma} = \sqrt{\tau_F^2 + \tau_T^2 + \tau_M^2} \leq [\tau'],$$

де τ_F – дотичне напруження при дії центральної сили,

що зрушує $\tau_F \cong \frac{F}{(\pi \cdot d \cdot 0.7 \cdot k)}$; при наявності паска, що центрує,

$$\tau_F = 0;$$

τ_T – дотичне напруження при дії обертаючого моменту T ,

$$\tau_T = \frac{T}{W_p} \cong \frac{2 \cdot T}{(\pi \cdot d^2 \cdot 0.7 \cdot k)} = \frac{2 \cdot 1.5 \cdot 10^6}{(3.14 \cdot 100^2 \cdot 0.7 \cdot 3)} = 45.1 \text{ МПа}$$

τ_M – дотичне напруження при дії згинального моменту M ,

$$\tau_M = \frac{M}{W} \cong \frac{4 \cdot M}{(\pi \cdot d^2 \cdot 0.7 \cdot k)} = \frac{4 \cdot 1 \cdot 10^6}{(3.14 \cdot 100^2 \cdot 0.7 \cdot 3)} = 60.7 \text{ МПа}$$

Таким чином,

$$\tau_{\Sigma} = \sqrt{45.1^2 + 60.7^2} = 76.5 \text{ МПа} < [\tau'] = 102 \text{ МПа}$$

Статична міцність кутових швів забезпечена.

6. Визначимо величину катета k проектним розрахунком:

$$k = \frac{\sqrt{(2 \cdot T)^2 + (4 \cdot M)^2}}{0.7 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot [\tau']} = \frac{\sqrt{(2 \cdot 1.5 \cdot 10^6)^2 + (4 \cdot 10^6)^2}}{0.7 \cdot 3.14 \cdot 100^2 \cdot 102} = 2.23 \text{ мм}$$

Приймаємо $k = 3$ мм.

Приклад 4.4 Визначити розміри лобового та флангових швів зварного з'єднання (рисунок 4.5). З'єднання виконано внапуск суцільним нормальним швом: товщина накладки δ_1 , більше товщини полки куточка δ_2 . Матеріал зварних деталей – сталь Ст3. Електрод Е42. З'єднання повинне бути рівномірним до основного матеріалу. Зварювання ручне електродугове.

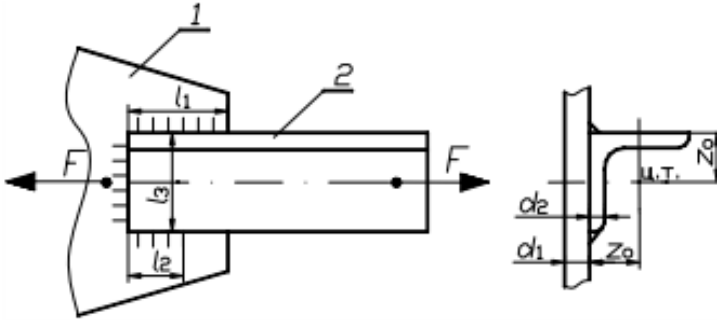


Рисунок 4.5 Зварне з'єднання внапуск:
1 – накладка; 2 – куточок

Рішення:

1 Допустиму величину переданого зусилля F визначимо за умовою міцності кутового профілю на розтяг

$$\sigma_p = \frac{F}{A} \leq [\sigma_p]$$

де F – зусилля розтягу;

A – площа поперечного перерізу куточка;

$[\sigma_p]$ – допустиме напруження розтягування.

Зварні деталі виконані зі сталі Ст3, для якої $\sigma_T = 220$ МПа, тоді $[\sigma_p] = \sigma_T / n = 220 / 1.46 = 150$ МПа, де $n = (1.4 \dots 1.6)$ – запас міцності при розрахунку деталей на розтяг. Площу поперечного перерізу куточка $160 \times 160 \times 12$ знаходимо по сортаменту $S = 3740$ мм².

Тоді допустима величина переданого зусилля:

$$F = A \cdot [\sigma_p] = 3740 \cdot 150 = 561000 \text{ Н.}$$

2 Розрахуємо сумарну довжину швів в з'єднанні

$$(l_1 + l_2 + l_3) = \frac{F}{0.7 \cdot k \cdot [\tau'_{cp}]} = \frac{561000}{0.7 \cdot 12 \cdot 90} = 750 \text{ мм,}$$

де $[\tau'_{cp}] = 0.6 \cdot [\sigma_p] = 0.6 \cdot 150 = 90$ МПа – допустимі напруги зрізу в зварних швах;

$k \leq 12$ мм – катет зварного шва.

3. Визначимо довжину флангових швів, при $z_0 = 43.9$ мм.

Сумарна довжина флангових швів, при $l_3 = 160$ мм:
 $(l_1 + l_2) = 750 - 160 = 590$ мм.

З умови рівномірності швів

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{l_3 - z_0}{z_0} = \frac{160 - 43.9}{43.9} = 2.64.$$

Тоді $l_1 = 590 - l_2 = 590 - 0.378l_1$; $l_1 = 428$ мм; $l_2 = 162$ мм.

Приклад 4.5 Розрахувати зварні шви для кріплення боковин 1 нерухомого блоку до основи 2 (рисунок 4.6), за наступними даними: $F = 35$ кН; $\alpha = 30^\circ$; $H = 430$ мм; $A = 300$ мм.

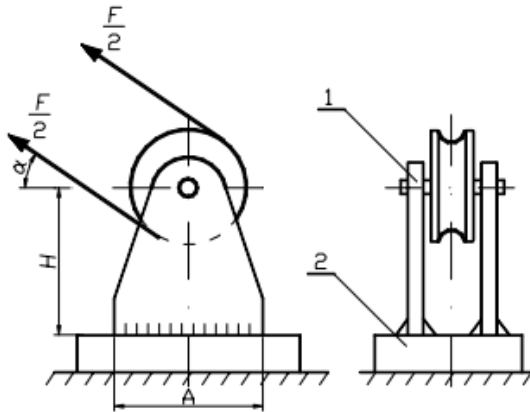


Рисунок 4.6 Блок нерухомий:
1 – боковина; 2 – підстава

Рішення:

1 Приймаємо, що з'єднання виконано кутовим швом без поділу крайок. Визначимо згинальний момент і розтягувальну силу, що діють на з'єднання:

$$M = F \cdot H \cdot \cos \alpha = 35000 \cdot 0.43 \cdot 0.866 = 13033 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$F' = F \cdot \sin \alpha = 35000 \cdot 0.5 = 17500 \text{ Н.}$$

2 Визначимо допустимі напруження. Приймається матеріал сполучних деталей – Ст3. При ручному дуговому зварюванні:

$$[\tau'_{cp}] = 0.6 \cdot [\sigma_p] = 0.6 \cdot 150 = 90 \text{ МПа}$$

3 Визначимо катет шва з умови міцності:

$$\tau = \frac{6M}{4 \cdot A^2 \cdot 0.7 \cdot k} + \frac{F}{4 \cdot A^2 \cdot 0.7 \cdot k} = [\tau'_{cp}]$$

$$k = \frac{6 \cdot M + A \cdot F}{4 \cdot A^2 \cdot 0.7 \cdot k \cdot [\tau']} = \frac{6 \cdot 13033 + 0.3 \cdot 17500}{4 \cdot 0.3^2 \cdot 0.7 \cdot 90 \cdot 10^6} = 0,0037 \approx 4 \text{ мм.}$$

4 Визначимо товщину боковин за умовою $\delta \geq 2 \cdot k = 2 \cdot 4 = 8 \text{ мм.}$

Перевіримо міцність боковин в небезпечному перерізі:

$$\sigma = \frac{6 \cdot M}{2 \cdot \delta \cdot A^2} + \frac{F}{2 \cdot \delta \cdot A} = \frac{6 \cdot 13033}{2 \cdot 0,008 \cdot 0,3^2} + \frac{17500}{2 \cdot 0,008 \cdot 0,3} = 57,95 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$\sigma = 57,95 \text{ МПа} < [\sigma_p] = 150 \text{ МПа} \text{ — отже умова міцності}$$

виконується

Приклад 4.6 Визначити, яку силу F може сприймати зварний важіль клемового з'єднання (рисунок 4.7), якщо $L = 800 \text{ мм}$; $b = 100 \text{ мм}$; $\delta = 20 \text{ мм}$

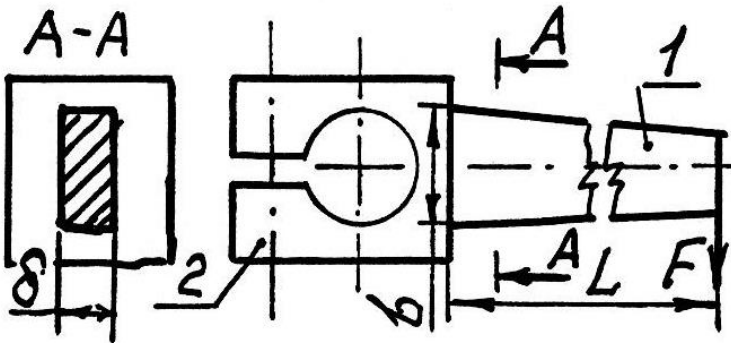


Рисунок 4.7

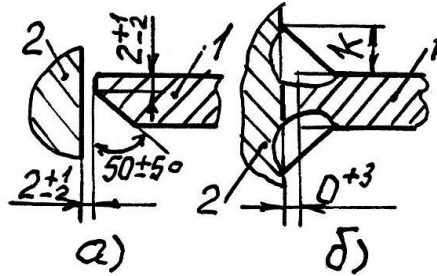


Рисунок 4.8

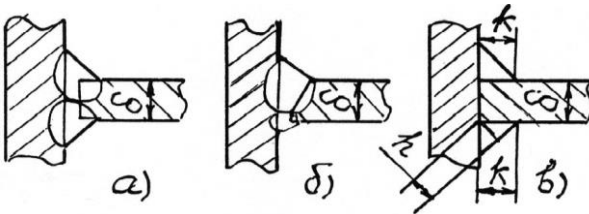


Рисунок 4.9

Рішення:

З'єднання таврове. Розрахунок виконаємо у двох варіантах.

Варіант 1. З підготовкою крайки важеля під зварювання, тобто швом із глибоким проплавленням (за типом рис. 4.9, б). Підготовка крайок показана на рис. 4.8, а. З'єднання Т6.

На з'єднання діють згинальний момент $M = F \cdot L = 0.8 \cdot F$ і поперечна сила F . Напруги важеля в зоні зварювання визначасмо по формулах:

$$\sigma_m = \frac{M \cdot 10^3}{W},$$

$$\text{де } W = \frac{\delta \cdot b^2}{6}; \quad W = \frac{20 \cdot 100^2}{6} = 3.33 \cdot 10^4 \text{ мм}^3.$$

$$\text{Звідси отримуємо: } \sigma_m = \frac{0.8 \cdot F \cdot 10^3}{3.33 \cdot 10^4} = 0.024 \cdot F.$$

$$\tau_F = \frac{F}{A},$$

$$\text{де } A = \delta \cdot b; \quad A = 20 \cdot 100 = 2 \cdot 10^3 \text{ мм}^2.$$

$$\text{Звідси отримуємо: } \tau_F = \frac{F}{2 \cdot 10^3} = 0.0005 \cdot F.$$

$$\sigma_E = [\sigma_M^2 + 3\tau_F^2]^{1/2} \leq [\sigma']_p,$$

де для сталі Ст 3 $[\sigma']_p = [\sigma]_p = 160$ МПа;

$$\sigma_E = [(0.024 \cdot F)^2 + 3 \cdot (0.0005 \cdot F)^2]^{1/2} = 0.024 \cdot F \leq 160;$$

Звідси $F \leq 6667$ Н.

Варіант 2. З'єднання без підготовки крайок – ТЗ (рис. 4.8, б). Шов двосторонній; при $\delta = 20$ мм рекомендується катет шва $k = 7 \pm 2$ мм.

Напруги важеля в зоні зварювання визначаємо по формулам:

$$\tau_m = \frac{0.8 \cdot F \cdot 10^3}{W'},$$

$$\text{де } W' = \frac{2 \cdot 0.7 \cdot k \cdot b^2}{6}; \quad W' = \frac{2 \cdot 0.7 \cdot 7 \cdot 100^2}{6} = 1.63 \cdot 10^4 \text{ мм}^3.$$

$$\text{Звідси отримуємо: } \tau_m = \frac{0.8 \cdot F \cdot 10^3}{1.63 \cdot 10^4} = 0.049 \cdot F.$$

$$\tau_F = \frac{F}{A'},$$

де $A' = 2 \cdot 0.7 \cdot k \cdot b$; $A' = 2 \cdot 0.7 \cdot 7 \cdot 100 = 980$ мм².

$$\text{Звідси отримуємо: } \tau_F = \frac{F}{980} = 0.001 \cdot F;$$

$$\tau_\Sigma [(0.049 \cdot F)^2 + (0.001 \cdot F)^2]^{1/2} = 0.049 \cdot F \leq [\tau'];$$

де $[\tau'] = 0.65 \cdot [\sigma]_p = 0.65 \cdot 160 = 104$ МПа

$$\tau_\Sigma = 0.049 \cdot F \leq 104;$$

Звідси: $F \leq 2122$ Н.

З порівняння результатів виходить, що шов з глибоким проплавленням може сприймати в $6667/2122 = 3,14$ рази більше силу F на важелі, ніж шви без підготовки кромок.

Приклад 4.7 Вузол ферми: нерівноночні кутки 1 і 2 (рис 4.10, а) парами приварені до косинки 3. Сили, що діють на кутки $F_1 = 35 \text{ кН} - \text{const}$ і $F_2 = 20 \dots 50 \text{ кН} - \text{змінна (var)}$.

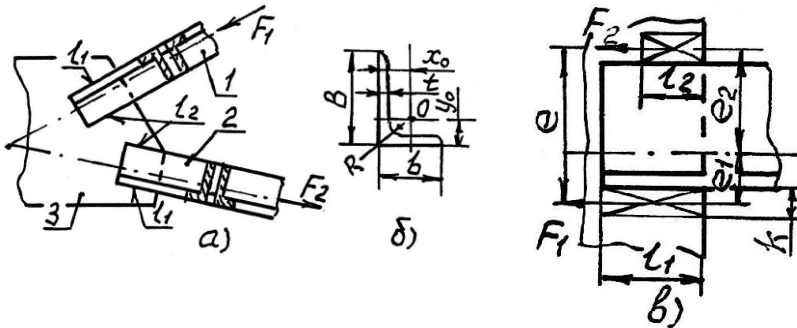


Рисунок 4.10

Рішення:

1. Необхідні розміри площ перетинів A кутків із умови розтягу (стиску) при $[\sigma]_p = 160 \text{ МПа}$:

$$A_1 = 35000 / (2 \cdot 160) = 109.4 \text{ мм}^2;$$

$$A_2 = 50000 / (2 \cdot 160) = 156.3 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо кутки із найближчими більшими площами:

$$1) \text{ куток } \frac{32 \times 20 \times 3 \text{ Держстандарт 8510-93}}{\text{Ст3 Держстандарт 535-88}} A = 149 \text{ мм}^2$$

$$2) \text{ куток } \frac{32 \times 20 \times 4 \text{ Держстандарт 8510-93}}{\text{Ст3 Держстандарт 535-88}} A = 194 \text{ мм}^2$$

Розміри перетинів кутків (рис. 4.10, б), мм:

	B	b	t	x_0	y_0	R
куток 1	32	20	3	4,9	10,8	3,5
куток 2	32	20	4	5,3	11,2	3,5

2. З'єднання внапуск (Н1) фланговими швами при їх несиметричному навантаженні. Катети швів $k = t$: $k_1 = 3$ мм; $k_2 = 4$ мм.

Визначаємо необхідну сумарну довжину швів на кожен з двох кутків (рис. 4.10, в):

$$l_{\Sigma} = \frac{F}{(2 \cdot 0,7 \cdot k \cdot [\tau'])}$$

$$l'_{\Sigma_1} = \frac{35000}{(2 \cdot 0,7 \cdot 3 \cdot 104)} = 80 \text{ мм}; \quad l'_{\Sigma_2} = \frac{50000}{(2 \cdot 0,7 \cdot 4 \cdot 104)} = 86 \text{ мм}.$$

$$\text{Звідси знаходимо: } l'_1 = \frac{l'_{\Sigma} \cdot e_2}{e} \text{ та } l'_2 = l'_{\Sigma} - l'_1,$$

$$\text{де } e = B + k; \quad e_2 = B - y + 0,5 \cdot k.$$

	e	e_2	l'_1	l'_2
Уголок 1, мм	35	22,7	52	28
Уголок 2, мм	36	22,8	55	31

Припустимі довжини флангових швів $[l] = (50 \dots 60) \cdot k$ або $[l] = 150 \dots 180$ мм – для першого кутка й $[l] = 200 \dots 240$ мм – для другого.

Умови виконуються.

3. Перевірка опору втоми у швах кутка 2 при змінному навантаженні F від 20 до 50 кН.

Сила F_{max} у швах l_1 і l_2 (рис. 4.11):

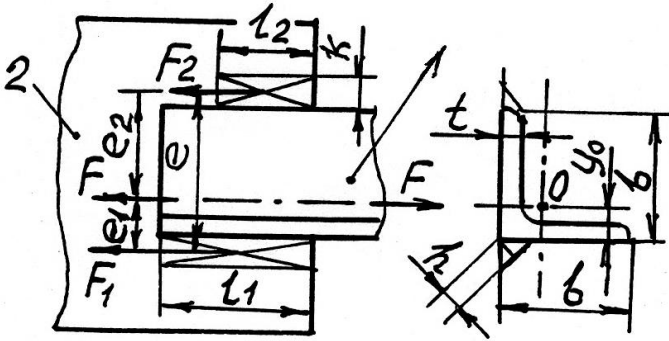


Рисунок 4.11

$$F_{1\max} = 0.5F_{\max} \cdot e_2/e = 0.5 \cdot 50000 \cdot 22.8/36 = 158333 \text{ Н};$$

$$F_{2\max} = 0.5F_{\max} - F_{1\max} = 9167 \text{ Н}.$$

Максимальна напруга в шві

$$l: \tau_{1\max} = 15833 / (0.7 \cdot 4 \cdot 55) = 103 \text{ МПа}.$$

Коефіцієнт асиметрії циклу: $R = 20/50 = 0.4$.

Границя витривалості зварних деталей:

$$\sigma_{-1CB} = \frac{\sigma_{-1}}{K_{CB}},$$

$$\text{де } \sigma_{-1} = 0.43 \cdot \sigma_B = 0.41 \cdot 450 = 194 \text{ МПа};$$

$$K_{CB} = K_\sigma K_1 K_2 / (K_d K_F),$$

де $K_\sigma = 4.0$ – для флангових швів;

$K_1 = 1.1$ – прокат;

$K_2 = 1$ – габарити не відомі;

$K_d = 0.7$ – довжина шва $l_1 = 109$ мм;

$K_F = 0.8$ – груба механічна обробка;

$$K_{CB} = 4 \cdot 1.1 \cdot 1 / (0.7 \cdot 0.8) = 7.86;$$

$$\sigma_{-1CB} = 194 / 7.86 = 24.7 \text{ МПа}.$$

$$\sigma_R = \frac{2 \cdot \sigma_{-1CB}}{[1 + \psi_\sigma - R \cdot (1 + \psi_\sigma)]},$$

де при $K_\sigma = 4 > 2$ $\psi_\sigma = 0.05$;

$$\sigma_R = \frac{2 \cdot 24,7}{[1 + 0.05 - 0.4 \cdot (1 + 0.05)]} = 78.4 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт безпеки в околшовній зоні основного металу:

$$S_\tau = \frac{\sigma_R \cdot K_N}{\tau_{\max}} \geq [S_\tau] = 1.4 \dots 2.5,$$

де $K_N = 1$ – довговічність не задана;

$$S_\tau = \frac{78,4 \cdot 1}{103} = 0,76 < (1.4 \dots 2.5)$$

Отже, при знайдених параметрах опір втоми кутка 2 не забезпечується.

Приймаємо середнє значення $[S_\tau] = 2$, тоді для виконання умови довговічності необхідно знизити напруги τ_{\max} в $2/0,76 = 2,63$ рази, тобто інакше кажучи, збільшити довжини швів до $l_\Sigma = 2,63 \cdot 86 = 226$ мм і відповідно: $l_1 = 2,63 \cdot 55 = 145$ мм, та $l_2 = 226 - 145 = 81$ мм, що припустимо, оскільки менше $(50 \dots 60) \cdot k = 200 \dots 240$ мм. Напруга в швах при цьому $\tau_{\max} = 50000 / (2 \cdot 0.7 \cdot 4 \cdot 226) = 39.5$ МПа та коефіцієнт безпеки $S_\tau = 78.4 \cdot 1 / 39.5 = 1.98$, що забезпечує довговічність з'єднання.

Введення додаткового лобового шва довжиною $l_{\text{Л}} = B = 32$ мм дозволяє зменшити при $\tau_{\max} = 39.5$ МПа довжину флангових швів до $l_\Sigma = 226 - 32 = 194$ мм і $l_1 = 123$ мм, $l_2 = 71$ мм, тобто відповідно на 22 мм і 10 мм, що несуттєво й недоцільно.

Приклад 4.8 Розрахувати зварні шви в з'єднаннях (рис. 4.12) стійки 1 із основою 2 та основою з лапами 3, якщо сила $F = 16$ кН, $\delta = 12$ мм, $l_2 = 0,5l_1$, $l_3 = l_2 + 25$, $l_4 = l_1$, $L = 800$ мм.

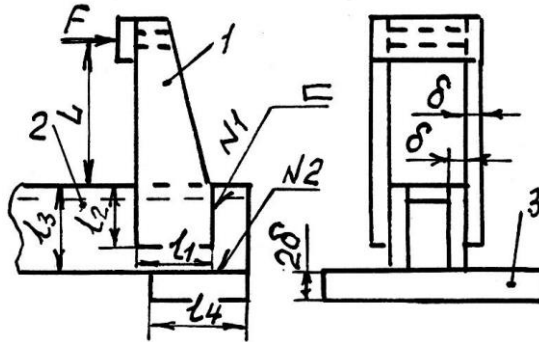


Рисунок 4.12

Рішення:

1. З умови симетрії сила, що діє на одну пластину стійки, $F = 8000$ Н.

2. Довжина l_1 з умови вигину пластини, не враховуючи поперечної сили F :

$$\sigma_B = \frac{M \cdot 10^3}{W} \leq [\sigma]_B,$$

$$\sigma_I = 10^3 M / W \leq [\sigma]_i,$$

$$\text{де } M = F \cdot L = 8000 \cdot 0,8 = 6400 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$W = \frac{\delta \cdot l_1^2}{6} = \frac{12 \cdot 170^2}{6} = 5,78 \cdot 10^4 \text{ мм}^3;$$

$$[\sigma]_B = \frac{\sigma_T}{S_\sigma} = \frac{240}{2} = 120 \text{ МПа}; S_\sigma = 1,3 \dots 2;$$

$$l_1' = \left[\frac{6 \cdot 10^3 \cdot 6400}{12 \cdot 120} \right]^{1/2} = 163,3 \text{ мм, округляючи, отримаємо } l_1' = 170$$

мм.

$$\text{Перевірка міцності стійки: } \sigma_\Sigma = \sigma_B + \sigma_P = \frac{M \cdot 10^3}{W} + \frac{F}{A},$$

$$\text{де } A = \delta \cdot l_1 = 12 \cdot 170 = 2040 \text{ мм}^2.$$

$$\sigma_{\Sigma} = \frac{6400 \cdot 10^3}{5,78 \cdot 10^4} + \frac{8000}{2040} = 114,6 < 120 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

Довжини: $l_2 = 0,5 \cdot l_1 = 85 \text{ мм}$; $l_3 = l_2 + 25 = 85 + 25 = 110 \text{ мм}$,
 $l_4 = l_1 = 170 \text{ мм}$.

3. Фігура шва №1 (рис. 4.12) у вигляді елементарних прямокутників ($i = 3$) представлена на рис. 4.13.

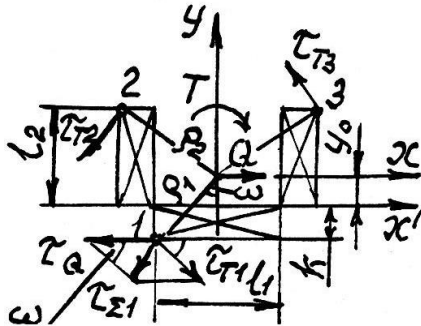


Рисунок 4.13

Шов у внахлест однобічний без підготовки кромки; з'єднання Н1. Катет шва, що рекомендується: $k' = 0,4 \cdot \delta + 2 = 0,4 \cdot 12 + 2 = 6,8 \text{ мм}$; приймаємо $k = 7 \text{ мм}$.

Координати центру мас (точка OB) фігури шва.

Проводимо допоміжні координатні осі: x' – по нижній кромці пластини стойки; y – по осі симетрії фігури шва. Тоді $x_0 = 0$ та по формулі

$$y_0 = \frac{-170 \cdot 7 \cdot 0,5 \cdot 7 + 2 \cdot 85 \cdot 7 \cdot 0,5 \cdot 85}{(170 \cdot 7 + 2 \cdot 85 \cdot 7)} = 19,5 \text{ мм.}$$

4. Зовнішнє навантаження (силу F) переносимо в точку O .

На з'єднання будуть діяти момент $T = F \cdot (L + l_2 - y_0) = 8000 \cdot (0,8 + 0,085 - 0/0195) = 6924 \text{ Н} \cdot \text{м}$ та поперечна сила $Q = F = 8000 \text{ Н}$.

Будемо мати завдання розрахунку комбінованого шва під дією обертаючого моменту T в площині з'єднання й сили Q .

5. Виділимо для розгляду дві точки 1 і 2 (рис. 4.13). Точка 3 аналогічна точці 2.

Знаходимо відстані між точками:

$$\rho_1 = \left[(k + y_0)^2 + (0.5 \cdot l_1)^2 \right]^{1/2} = \left[(7 + 19.5)^2 + (0.5 \cdot 170)^2 \right]^{1/2} = 89 \text{ мм};$$

$$\rho_2 = \left[(l_2 - y_0)^2 + (0.5 l_1 + k)^2 \right]^{1/2} = 113 \text{ мм}.$$

Осьові моменти інерції фігури шва:

$$I_{x1} = \frac{l_1 \cdot k^3}{12} + (y_0 + 0.5 \cdot k)^2 \cdot l_1 \cdot k = \frac{170 \cdot 7^3}{12} + (19.5 + 0.5 \cdot 7)^2 \cdot 170 \cdot 7 = 0.63 \cdot 10^6 \text{ мм}^4;$$

$$I_{x2,3} = 2 \cdot \left[\frac{k \cdot l_2^3}{12} + (0.5 \cdot l_2 - y_0)^2 \cdot l_2 \cdot k \right] = 2 \cdot \left[\frac{7 \cdot 85^2}{12} + (0.5 \cdot 85 - 19.5)^2 \cdot 85 \cdot 7 \right] = 1.34 \cdot 10^6 \text{ мм}^4;$$

$$I_x = I_{x1} + I_{x2,3} = 2.87 \cdot 10^6 + 1.34 \cdot 10^6 = 1.97 \cdot 10^6 \text{ мм}^4;$$

$$I_{y1} = \frac{l_1^3 \cdot k}{12} = \frac{170^3 \cdot 7}{12} = 2.87 \cdot 10^6 \text{ мм}^4;$$

$$I_{y2,3} = 2 \cdot \left[\frac{l_2 \cdot k^3}{12} + (0.5 \cdot l_1 + 0.5 \cdot k)^2 \cdot l_2 \cdot k \right] = 2 \cdot \left[\frac{85 \cdot 7^3}{12} + (0.5 \cdot 170 + 0.5 \cdot 7)^2 \cdot 85 \cdot 7 \right] = 9.3 \cdot 10^6 \text{ мм}^4;$$

$$I_y = I_{y1} + I_{y2,3} = 2.87 \cdot 10^6 + 9.3 \cdot 10^6 = 12.17 \cdot 10^6 \text{ мм}^4;$$

Полярні моменти інерції фігури шва:

$$I_p = I_x + I_y = (1.97 + 12.17) \cdot 10^6 = 14.14 \cdot 10^6 \text{ мм}^4;$$

$$I'_p = 0.7 \cdot I_p = 0.7 \cdot 14.14 \cdot 10^6 = 9.9 \cdot 10^6 \text{ мм}^4.$$

6. Напруги в точках 1 і 2:

$$\text{а) в точці 1: } \tau_{T1} = \frac{10^3 \cdot T \cdot \rho_1}{I'_p} = \frac{10^3 \cdot 6924 \cdot 89}{9.9 \cdot 10^6} = 62.2 \text{ МПа}$$

$$\tau_{Q1} = \frac{Q}{(0.7 \cdot l_1 \cdot k)} = \frac{8000}{0.7 \cdot 170 \cdot 7} = 9.6 \text{ МПа/}$$

$$\text{Сумарна напруга: } \tau_{\Sigma 1} = \left(\tau_{T1}^2 + \tau_{Q1}^2 - 2 \cdot \tau_{T1} \cdot \tau_{Q1} \cdot \cos \omega \right)^{1/2},$$

$$\text{де } \cos \omega = \frac{(y_0 + k)}{\rho_1} = \frac{(19.5 + 7)}{89} = 0.298$$

$$\tau_{\Sigma 1} = \left(62.2^2 + 9.6^2 - 2 \cdot 62.2 \cdot 9.6 \cdot 0.298 \right)^{1/2} = 60 \text{ МПа} < [\tau'] = 104 \text{ МПа}$$

$$\text{б) в точці 2 і 3: } \tau_{T1} = \frac{10^3 \cdot T \cdot \rho_2}{I'_p} = \frac{10^3 \cdot 6924 \cdot 113}{9.9 \cdot 10^6} = 79 \text{ МПа} < [\tau'] = 104 \text{ МПа}.$$

Найнебезпечнішими точками шва №1 є максимально віддалені від центра мас точки 2 і 3, але умови міцності в них задовольняються.

7. Шов №2 з'єднання основи 2 із лапами 3 – сполучний. Внаслідок дії сили F у конструкції преса в обох напрямках (дія дорівнює протидії) згинальний момент $F \cdot (L_1 + L_2)$ і сила, що розтягує, F сприймаються основою 2 та на шви лап 3 не передаються. За рекомендацією $k = 0.4 \cdot \delta + 2$ мм. Для таврового шва №2 призначаємо $k = 7$ мм, як і у шва №1.

Приклад 4.9 Розрахувати міцність зварних швів, що з'єднують диск 1 (рис. 4.14) з ободом 3 (шов №1) і диск з маточиною 2 (шов №2). Колесо передає обертаючий момент $T = 8500$ Н·м. Розміри: $d = 800$ мм; $d_B = 125$ мм; $d_{CT} = 180$ мм; $d_0 = 720$ мм; $b = 200$ мм; $l_{CT} = 220$ мм. Матеріали: диска 1 і ребер 3 – сталь 15ХСНД; маточина 2 та ободи 3 – сталь 45. Зварювання напівавтоматичне під шаром флюсу: електродами Е50А.

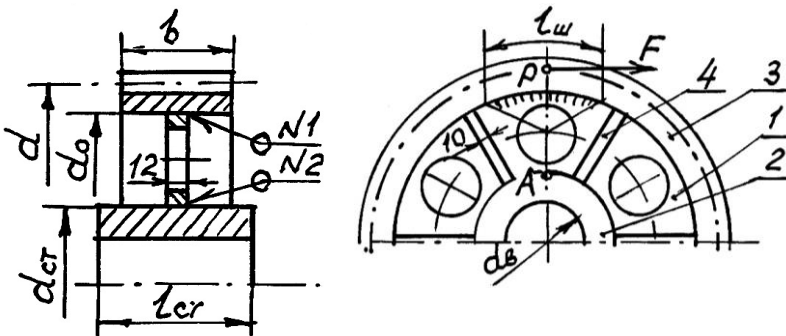


Рисунок 4.14

Рішення:

1. Шви №1 і №2 – робочі; кутові.

Допустимі напруги на зріз для напівавтоматичного зварювання під шаром флюсу (табл. 8.1): $[\tau'] = 0.8[\sigma]_P$, де $[\sigma]_P = 190$ МПа – допустиме напруження на розрив сталі 15ХСНД як менш міцної в з'єднанні зі сталлю 45: $[\tau'] = 0.8 \cdot 190 = 152$ МПа.

2. Окружна сила $F = 2000 \cdot T / d = 2000 \cdot 8500 / 800 = 21250$ Н прикладена в полюсі P (рис. 4.14) зачеплення колеса з шестернею й

на розрахунковій довжині шва $l_{ш}$ при обертанні колеса змінюється по нульовому циклу від 0 до $\max (R = 0)$, тобто навантаження змінне.

3. З'єднання деталей під зварювання – таврове Т5 (при товщині диска $\delta = 12$ мм); шов двосторонній без підготовки кромок. Рекомендований катет шва $k = 6$ мм.

4. Шви №1 у зв'язку з їхньою близькістю до сили F розраховують тільки на зріз силою F , зневажаючи впливом обертаючого моменту $0.5 \cdot F \cdot (d - d_0)$

$$\tau = \frac{F}{(2 \cdot 0.7 \cdot k \cdot l_{ш})} \leq [\tau'],$$

де $l_{ш} = 30k$ – умовна довжина зварних швів, що сприймає зусилля F у районі полюса P .

Умова статичної міцності виконується.

5. Шви №2 в маточині розраховують на спільну дію кручення й зрізу; при цьому приймають, що в передачі зусилля бере участь 1/3 периметра швів.

Напруги зрізу від поперечної сили $Q = F$.

$$\tau_Q = \frac{Q}{0.33 \cdot A'} = \frac{3 \cdot Q}{A'},$$

де $A' = 2\pi(d_{CT} + k) \cdot 0.7$ – площа двостороннього кільцевого шва №2; $A' = 2\pi(180 + 6) \cdot 0.7 \cdot 6 = 4908 \text{ мм}^2$.

$$\tau_Q = \frac{3 \cdot 21250}{4908} = 13 \text{ МПа.}$$

Напруги кручення від моменту T :

$$\tau_T = \frac{10^3 \cdot T}{0.33 \cdot W'_p} = \frac{3 \cdot 10^3 \cdot T}{W'_p},$$

де W'_p – полярний момент інерції двостороннього шва; для тонкостінного кільця його можна визначити як добуток площі кільця на його середній радіус:

$$W'_p = A' \cdot 0.5d'_{cp} = 2\pi \cdot (d_{CT} = k) \cdot 0.7k \cdot 0.5 \cdot (d_{CT} + k) = \text{мм}^3;$$

$$2.2 \cdot k \cdot (d_{CT} + k)^2 = 2.2 \cdot 6(180 + 6)^2 = 4.57 \cdot 10^5$$

$$\tau_T = \frac{3 \cdot 10^3 \cdot 8500}{0.33 \cdot 4.57 \cdot 10^5} = 55.8 \text{ МПа.}$$

У точці А (рис. 4.14) напруги τ_Q і τ_T збігаються. Сумарна напруга:

$$\tau_A = \tau_Q + \tau_T = 13 + 55.8 = 68.8 \text{ МПа} < 152 \text{ МПа.}$$

6. Перевірка умови опору втомі шва №2 (який має найбільші напруги) при змінному навантаженні. Приймаємо для таврового з'єднання $K_\sigma = 3$, $K_1 = 1.1$ (прокат); $K_2 = 1(d_{CT} = 180 \text{ мм} < 250 \text{ мм})$;

$$K_d = 1; \quad K_F = 0.85 \text{ (після механічної обробки);}$$

$$K_{CB} = 3 \cdot 1.1 \cdot 1 / (1 \cdot 0.85) = 3.88;$$

$$\sigma_{-1} = 0.43 \cdot \sigma_B = 0.43 \cdot 500 = 215 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{-1CB} = \sigma_{-1} / K_{CB} = 215 / 3.88 = 55.4 \text{ МПа}; \text{ при } R = 0 \text{ і } \psi_\sigma = 0.05$$

$$\sigma_R = 2 \cdot 55.4 / (1 + 0.05) = 105.5 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт безпеки при $K_N = 1$; $S_\tau = 105.5 \cdot 1 / 68.8 = 1.53$, що припустимо, тому що $[S_\tau] = 1.4 \dots 2.5$.

Опір втомі шва №2 забезпечується.

Приклад 4.10 Розрахувати зварні шви опори (рис. 4.15), навантаженої на площадці 3 силою $F = 25 \text{ кН}$ під кутом $\alpha = 20^\circ$.

Стойка 1 – Куточок

$$\frac{50 \times 50 \times 5 \text{ Держстандарт } 8509-93, \quad L = 360 \text{ мм}, \quad B = 500 \text{ мм.}}{\text{Ст3 Держстандарт } 535-88}$$

Електроди Э42.

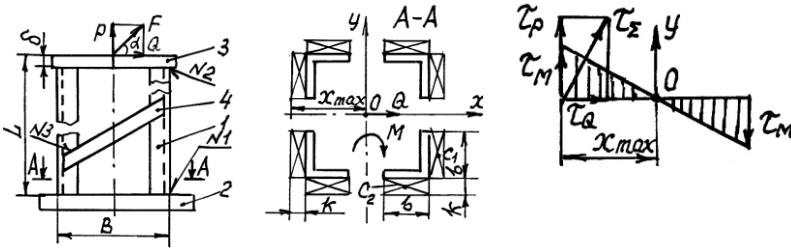


Рисунок 4.15

Рішення:

1. Шви кріплення стійок 1 до основи 2 (№1) і кріплення стійок із площадкою 3 (№2) є робочими. Вони мають однакову конфігурацію й розміри. У порівнянні зі швами №2 шви №1 найбільш навантажені, тому що мають у багато разів більший згинальний момент $M = Q \cdot L$ у порівнянні з $M = Q \cdot \delta$. Тому розрахунку підлягають шви №1. Шви кріплення ребер жорсткості 4 до стійок 1 прийнято вважати сполучними.

2. Чотири стійки 1 приварені до основи 2 вісьма зовнішніми кутувими однобічними швами із центрами мас C_1 і C_2 (інші шви симетричні щодо центральних осей x, y). З'єднання таврове T_1 – шви без підготовки кромки. Розміри швів: $b = 50$ мм, катет $k = 4$ мм (прийнято при товщині куточка $t = 5$ мм).

3. Центр мас O розташований на осях симетрії x, y . Силу F розкладаємо на складові Q, P і переносимо останні в точку O . Тоді її з'єднання будуть діяти:

а) сила зсуву $Q = F \cdot \cos \alpha = 25 \cdot \cos 20^\circ = 23.5$ кН;

б) сила, що розтягує $P = F \cdot \sin \alpha = 25 \cdot \sin 20^\circ = 8.6$ кН;

в) згинальний момент

$$M = Q \cdot L = 23.5 \cdot 10^3 \cdot 0.36 = 8.46 \cdot 10^3 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

4. Напруги у швах від M :

$$\tau_M = \frac{10^3 \cdot M}{W'_y},$$

де $W'_y = 0.7$, W_y – момент опору фігури шва вигину в

$$\text{бісекторної площини: } W_y = \frac{I_y}{X_{\max}},$$

де I_y – момент інерції шва в площині катетів;

X_{\max} – відстань до найвіддаленішої точки шва в площині

M .

$$I_y = 4 \cdot \left[\frac{k^3 \cdot b}{12} + (0.5 \cdot B + 0.5 \cdot k)^2 \cdot k \cdot b \right] + 4 \cdot = 91,47 \cdot 10^6 \text{ мм}^4;$$

$$\left[\frac{k^3 \cdot b}{12} + (0.5 \cdot B - 0.5 \cdot k)^2 \cdot k \cdot b \right] =$$

$$= 4 \cdot \left[\frac{4^3 \cdot 50}{12} + (0.5 \cdot 500 + 0.5 \cdot 4)^2 \cdot 4 \cdot 50 \right] + 4 \cdot$$

$$\left[\frac{4^3 \cdot 50}{12} + (0.5 \cdot 500 - 0.5 \cdot 50)^2 \cdot 4 \cdot 50 \right]$$

$$x_{\max} = 0.5 \cdot B + k = 0.5 \cdot 500 + 4 = 254 \text{ мм};$$

$$W_y = \frac{91.14 \cdot 10^6}{254} = 3.6 \cdot 10^5 \text{ мм}^3;$$

$$W'_y = 0.7 \cdot W_y = 0.7 \cdot 3.6 \cdot 10^5 = 2.52 \cdot 10^5 \text{ мм}^3;$$

$$\tau_M = \frac{10^3 \cdot 8,46 \cdot 10^3}{2,52 \cdot 10^5} = 33.6 \text{ МПа.}$$

Напруги від сили Q :

$$\tau_Q = \frac{Q}{0.7 \cdot A},$$

де $A = 8 \cdot k \cdot b = 8 \cdot 4 \cdot 50 = 1600 \text{ мм}^2$ – площа фігури швів у площині катетів.

$$\tau_Q = \frac{23500}{0,7 \cdot 1600} = 21 \text{ МПа.}$$

Напруги від сили P :

$$\tau_P = \frac{P}{0,7 \cdot A} = \frac{8600}{0,7 \cdot 1600} = 7.7 \text{ МПа}$$

Сумарна напруга (рис 4.15) на небезпечній кромці шва:

$$\tau_{\Sigma} = \left[(\tau_M + \tau_P)^2 + \tau_Q^2 \right]^{1/2} \leq [\tau'],$$

де $[\tau'] = 0.6 \cdot 160 = 96$ МПа – допустиме напруження на зріз при ручному зварюванні сталі Ст3 електродами Е42 (табл. 8.1);

$$\tau_{\Sigma} = \left[(33.6 + 7.7)^2 + 21^2 \right]^{1/2} = 46.3 \text{ МПа} < 96 \text{ МПа.}$$

Умова міцності виконується.

5. Якщо залишити тільки чотири шви із центрами мас C_2 , то

$$I_y = 40.67 \cdot 10^6 \text{ мм}^4;$$

$$W'_y = \frac{0.7 \cdot 40.67 \cdot 10^6}{250} = 1.14 \cdot 10^5 \text{ мм}^3;$$

$$\tau_M = \frac{10^3 \cdot 8.46 \cdot 10^3}{1.14 \cdot 10^5} = 74.2 \text{ МПа};$$

$$A = 4 \cdot 4 \cdot 50 = 800 \text{ мм}^2;$$

$$\tau_Q = \frac{23500}{0.7 \cdot 800} = 42 \text{ МПа};$$

$$\tau_P = \frac{8600}{0.7 \cdot 800} = 15.4 \text{ МПа};$$

$$\tau_{\Sigma} = \left[(74.2 + 15.4)^2 + 42^2 \right]^{1/2} = 99 \text{ МПа}$$

Можна вважати рівним $[\tau'] = 96$ МПа.

Умова міцності може бути виконана навіть чотирма зварними швами із центрами мас C_2 .

5 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Назвіть та охарактеризуйте основні способи з'єднання деталей зварюванням.

2. Які переваги та недоліки зварних з'єднань?

3. Які бувають види зварних з'єднань? Назвіть типи зварних швів. Наведіть приклади.

4. Оцініть зварне з'єднання в порівнянні з заклепочним.

5. Порівняйте з'єднання встик і внахлест, відзначте їх достоїнства та недоліки.

6. У чому переваги ввігнутої форми поперечного перерізу кутового шва?

7. Чому не рекомендують застосовувати довгі флангові шви?

8. Область застосування точкового і шовного контактного зварювання.

9. Які фактори впливають на міцність зварних з'єднань?

10. Які спрощуючі допущення приймають при написанні формул для розрахунку міцності кутових швів в різних випадках навантаження?

11. Яка основна умова має бути при розрахунках стикових зварних з'єднань? Наведіть приклад розрахунку.

12. За якою умовою міцності розраховують кутові зварні шви? Визначте переріз зварного шва, де проходить його руйнування.

13. Наведіть приклади розрахунку на міцність зварного напусткового з'єднання.

14. Охарактеризуйте розрахунок на міцність з'єднань, виконаних контактним зварюванням.

15. Від яких факторів залежать допустимі напруження для зварних швів?

16. Яким чином, виходячи з умов рівноміцності з основним металом, можна визначити довжину флангового або комбінованого шва напусткового з'єднання?

17. Які фактори враховують при виборі допустимих напружень для розрахунку зварних з'єднань на міцність?

18. Поясніть, чому міцність зварних з'єднань при дії змінних навантажень нижче, ніж при статичному навантаженні.

19. Які зварні з'єднання найбільш доцільно застосовувати при змінних режимах навантаження?

20. Яким чином можна підвищити міцність з'єднань при дії змінних навантажень?

6 СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунков деталей машин. Підручник. – Львів.: Вища школа, 2003. – 553 с.
2. Леликов О.П. Основы расчета и проектирования деталей и узлов машин: Конспект лекций по курсу “Детали машин”.– М.: Машиностроение, 2002.–440 с.
3. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин.– М.: Высш. шк., 2001.– 447 с.
4. Анурьев В.И. Справочник конструктора–машиностроителя. В 3-т.: Т.3 – М.: Машиностроение, 2001.– 864 с.
5. Иванов М.Н. Детали машин. – М.: Высшая школа, 2000.
6. Решетов Д.Н. Детали машин.– М.: Машиностроение, 1989.– 496 с
7. Орлов П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие. В 2-кн.: Кн.2 – М.: Машиностроение, 1988.–544 с.
8. Сборник задач и примеров расчета по курсу деталей машин / Г.М. Ицкович и др. – М.: Машиностроение, 1974.– 286 с.

7 ДОДАТКИ

Конструктивні елементи зварних з'єднань за ДСТ 5264-80:

1. Цей стандарт встановлює основні типи, конструктивні елементи і розміри зварних з'єднань із сталей, а також сплавів на залізонікелевій і нікелевої основах, виконаних ручним дуговим зварюванням.

2. Основні типи зварних з'єднань повинні відповідати зазначеним у таблиці 7.3.

3. Конструктивні елементи і їх розміри повинні відповідати зазначеним ДСТУ 5264-80.

4. Зварювання стикових з'єднань деталей неоднакової товщини при різниці, що не перевищує значень, зазначених у таблиці (розміри приведені в мм), повинна проводитися так само, як деталей однакової товщини; конструктивні елементи підготовлених кромки і розміри зварного шва слід вибрати по більшій товщині.

Для здійснення плавного переходу від однієї деталі до іншої допускається похиле розташування поверхні шва (рисунок 7.1).

Товщина тонкої деталі	Різниця товщин деталей
Від 1,0 до 4,0	1
Понад 4,0 до 20	2
Понад 20 до 30	3
Понад 30	4



Рисунок 7.1

При різниці в товщині зварюваних деталей понад значень, зазначених у таблиці, на деталі, що мають велику товщину, повинен бути зроблений скіс з однієї або двох сторін до товщини тонкої деталі, як зазначено на рисунку 7.2. При цьому конструктивні елементи підготовлених кромки і розміри зварного шва слід вибрати за меншою товщиною.

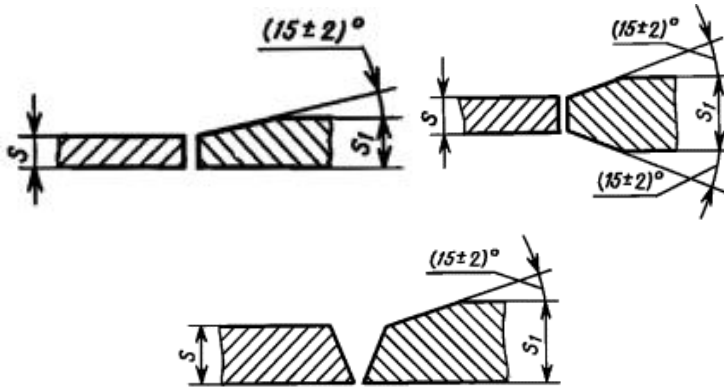


Рисунок 7.2

5. Допускається зміщення зварювальних кромки перед зварюванням відносно один одного, не більше:

– 0,5 мм – для деталей товщиною до 4 мм

– 1,0 мм – для деталей товщиною 4-10 мм

– $0,1 \cdot S$ мм, але не більше 3 мм – для деталей товщиною 10-100 мм

– $0,01 \cdot S$ мм + 2 мм, але не більше 4 мм – для деталей товщиною більше 100 мм.

6. У стикових, таврових і кутових з'єднаннях, товщиною більше 16 мм, які виконуються в монтажних умовах, допускається збільшення номінального значення розміру b до 4 мм. При цьому відповідно може бути збільшена ширина шва e, e_1 .

7. При зварюванні в положеннях, відмінних від нижнього, допускається збільшення розміру g і g_1 не більше:

– 1,0 мм – для деталей товщиною до 60 мм;

– 2,0 мм – для деталей товщиною понад 60 мм

8. При виконанні двостороннього шва з повним проплавленням перед зварюванням із зворотного боку корінь шва повинен бути розчищений до чистого металу. Для несиметричних з'єднань з двостороннім швом у разі строжки кореня першого шва допускається збільшення розмірів підварювального шва до розмірів першого шва.

9. Мінімальні значення катетів кутових швів наведені в таблиці (розміри приведені в мм).

Межа текучості зварюваної сталі, МПа	Мінімальний катет кутового шва для товщини більш товстого з зварюваних елементів							
	Від 3 до 4	Понад 4 до 5	Понад 5 до 10	Понад 10 до 16	Понад 16 до 22	Понад 22 до 32	Понад 32 до 40	Понад 40 до 80
До 400	3	4	5	6	7	8	9	10
Понад 400 до 450	4	5	6	7	8	9	10	12

10. Розмір і граничні відхилення катета кутового шва K , K_1 повинні бути встановлені при проектуванні. При цьому розмір катета повинен бути не більше 3 мм для деталей товщиною до 3 мм включно і 1,2 товщини більш тонкої деталі при зварюванні деталей товщиною понад 3 мм. Граничні відхилення розміру катета кутових швів від номінального значення наведені в таблиці (розміри приведені в мм).

Номінальний розмір катета кутового шва	Граничне відхилення розміру катета кутового шва
Від 3 до 5	+1,0
	-0,5
Понад 5 до 8	+2,0
	-1,0
Понад 8 до 12	+2,5
	-1,5
Понад 12	+3,0
	-2,0

11. При застосуванні електродів із більш високим тимчасовим опором розриву, ніж у основного металу, катет кутового шва в розрахунковому з'єднанні може бути зменшений до значень, наведених у таблиці (розміри приведені в мм).

Катет кутового шва для відносини тимчасового опору розриву металу шва до тимчасового опору розриву основного металу				
1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
4	4	4	3	3
5	5	4	4	4
6	6	5	5	4
7	7	6	6	5
8	7	7	6	6
9	8	8	7	7
10	9	9	8	7
11	10	9	9	8
12	11	10	9	9
13	12	11	10	9
14	13	12	11	10
15	14	13	12	11
16	15	14	13	12
17	16	14	13	12
18	17	15	14	13
19	17	16	15	14
20	18	17	16	14

12. Допускається опуклість і увігнутість кутового шва до 30% його катета. При цьому увігнутість не повинна призводити до зменшення значення катета K_n (рисунок 7.3), встановленого при проектуванні.

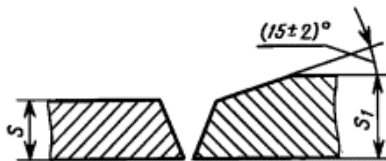


Рисунок 7.3

Примітка. Катетом K_n є катет найбільшого прямокутного трикутника, вписаного в зовнішню частину кутового шва. При симетричному шві за катет K_n приймається будь-який із рівних катетів, при несиметричному шві – менший.

13. Допускається в місцях перекриття зварних швів і в місцях виправлення дефектів збільшення розмірів швів до 30% номінального значення.

14. При підготовці кромки із застосуванням ручного інструменту граничні відхилення кута скосу кромки можуть бути збільшені до $\pm 5^\circ$. При цьому відповідно може бути змінена ширина шва e , e_1 .

15. Допустимі напруги для зварних швів:



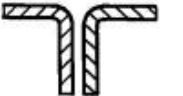


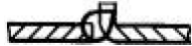






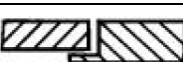
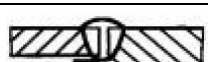



Таблиця 7.1 Допустимі напруги для зварних з'єднань з низьковуглецевих і низьколегованих сталей, отриманих електродуговим зварюванням


















Напруги	Зварювання автоматичне і механізоване під шаром флюсу	Зварювання ручне електродом	
		E 42A, E50A	E42, E50
Розтягування $[\sigma']_P$	$[\sigma]_P$	54	$[\sigma]_P$
Стиск $[\sigma']_{ст}$	$[\sigma]_P$		$[\sigma]_P$
Зріз $[\tau']_P$	$0,8[\sigma]_P$	$0,65[\sigma]_P$	$0,6[\sigma]_P$

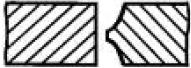
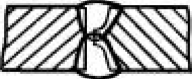










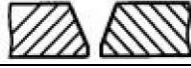



Таблиця 7.2 Допустимі напруги для зварних з'єднань із низьковуглецевих і низьколегованих сталей, отриманих контактним зварюванням











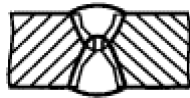
Напруги	Стикове зварювання	Точкове та шовне зварювання
Розтягування $[\sigma']_P$	$[\sigma]_P$	–
Стиск $[\sigma']_{ст}$	$[\sigma]_P$	–
Зріз $[\tau']_P$	$0,65[\sigma]_P$	$0,6[\sigma]_P$

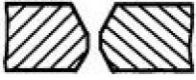
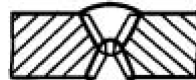


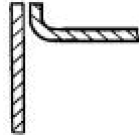
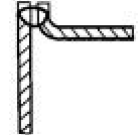
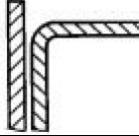
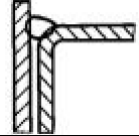
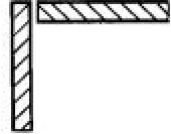
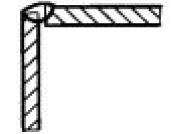
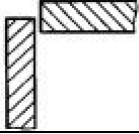
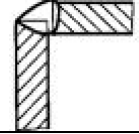
Таблиця 7.3 Основні типи зварних з'єднань

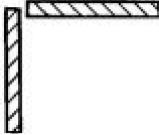
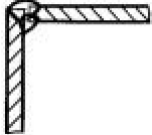
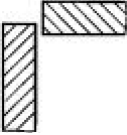
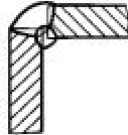
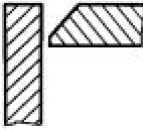
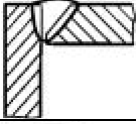
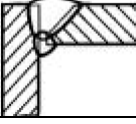
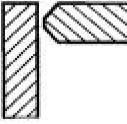
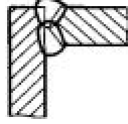
Тип з'єднання	Форма підготовлених крайок	Характер зварного шва	Форма поперечного перерізу		Товщина зварювальних деталей, мм	Умовне позначення з'єднання
			підготовлених крайок	зварного шва		
Стикове	З отбортовкою кромок	Односторонній			1-4	C1
					1-12	C28
	З отбортовкою однієї кромки	Односторонній			1-4	C3
						C2
	Без скосу кромок	Односторонній на знімній підкладці			1-4	C4
		Односторонній на підкладці, що залишається				C5
		Односторонній замковий				C6
	Без скосу кромок з подальшою строжкою	Двосторонній			2-5	C7
					6-12	C42

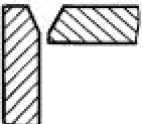

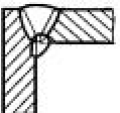
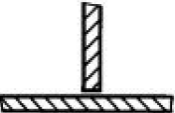
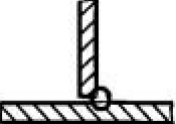
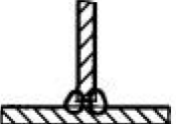
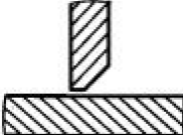
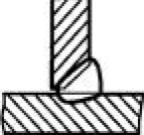
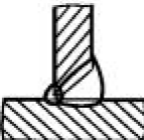
						
Зі скосом однієї кромки	Односторонній			3-60	C8	
	Односторонній на знімній підкладці				C9	
	Односторонній на підкладці, що залишається				C10	
	Односторонній замковий				C11	
З криволінійним скосом однієї кромки	Двосторонній			3-60	C12	
				15-100	C13	
З ламаним скосом однієї кромки	Двосторонній			15-100	C14	
З двома симетричними і скосами однієї кромки	Двосторонній			8-100	C15	




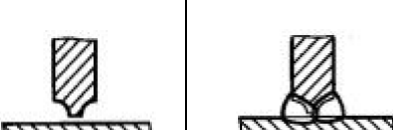
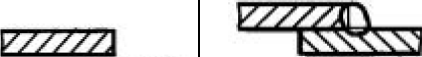
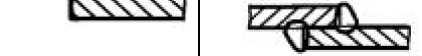
З двома симетричним и криволінійними скосами однієї кромки	Двосторонній			30-120	C16
З двома несиметричними скосами однієї кромки	Двосторонній			12-100	C43
Зі скосом кромок	Односторонній			3-60	C17
	Односторонній на знімній підкладці				C18
	Односторонній на підкладці, що залишається			6-100	C19
	Односторонній замковий			3-60	C20
Зі скосом кромок з подальшою строжкою	Двосторонній			3-60	C21
				8-40	C45

						
З криволінійним скосом кромки	Двосторонній			15-100	C23	
З ламаним скосом кромки	Двосторонній			15-100	C24	
З двома симетричними скосами крайок	Двосторонній			8-120	C25	
З двома симетричними криволінійними скосами крайок	Двосторонній			30-175	C26	
З двома симетричними ламаними скосами крайок	Двосторонній			30-175	C27	

	З двома несиметричними скосами крайок	Двосторонній			12-120	C39
						C40
Кутове	З отбортовкою однієї кромки	Односторонній			1-4	Y1
					1-12	Y2
	Без скосу кромки	Односторонній			1-6	Y4
					1-30	

		Двосторонній			2-8	У5
					2-30	
Зі скосом однієї кромки		Односторонній			3-60	У6
		Двосторонній				У7
З двома симетричними скосами однієї кромки		Двосторонній			8-100	У8

	Зі скосом кромки	Односторонній			3-60	У9
		Двосторонній				У10
Таврове	Без скосу кромки	Односторонній			2-40	Т1
		Двосторонній				Т3
	Зі скосом однієї кромки	Односторонній			3-60	Т6
		Двосторонній				Т7

	З криволінійним скосом однієї кромки	Двосторонній		15-100	T2
	З двома симетричними скосами однієї кромки	Двосторонній		8-100	T8
				12-100	T9
	З двома симетричними криволінійними скосами однієї кромки	Двосторонній		30-120	T5
Напускні	Без скосу кромки	Односторонній		2-60	H1
		Двосторонній			H2