

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 12 РОЗРАХУНОК ЗВАРНИХ КОНСТРУКЦІЙ

1.1. Методичні вказівки до вирішення задач

Порядок проведення розрахунку:

1) Обирають спосіб зварювання (ручна електродугова, автоматична тощо) або призначають відповідно до завдання.

2) Приймають (або призначають відповідно до завдання) тип електрода і матеріал деталей, що зварюються. Для дугового зварювання застосовують електроди з різним 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 тощо. Число після літери E, помножене на 10, позначає мінімальне значення тимчасового опору металу шва, що вимірюється в МПа. Буква A позначає підвищену якість електрода, що забезпечує отримання більш високих пластичних властивостей металу шва.

3) Визначають допустимі напруження для основного матеріалу і матеріалу зварного шва.

Допустимі напруження розтягу основного металу:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{P} [s]$$

де σ_T – межа текучості основного металу; $[s]$ – допустимий коефіцієнт запасу міцності ($[s] = 1,2 \dots 1,8$ для низьковуглецевих і $[s] = 1,5 \dots 2,2$ для низьколегованих сталей) – більше значення обирають при наближених (грубих) розрахунках, якщо руйнування пов'язане з важкими наслідками, то значення $[s]$ підвищують в 1,5...2 рази.

Допустимі напруги для зварних швів $[\sigma]$ при статичному навантаженні задають в частках від допустимої напруги $[\sigma_P]$ на розтяг основного металу (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1.

Допустимі напруги для зварних швів

Вид технологічного процесу зварювання	Допустимі напруження у швах при		
	розтягу $[\sigma_P]$	стиску $[\sigma_{ст}]$	зрізі $[\tau]$
Автоматична під флюсом, ручна електродами Э42А и Э50А, контактна стикова	$[\sigma_P]$	$[\sigma_P]$	$0,65[\sigma_P]$
Ручна дугова електродами Э42 і Э50, газове зварювання	$0,9[\sigma_P]$	$[\sigma_P]$	$0,6[\sigma_P]$

У разі якщо зварюють деталі з різними механічними властивостями, то розрахунок допустимих напружень потрібно проводити для матеріалу, що має менше значення межі текучості.

4) Складають розрахункову схему з'єднання.

Зовнішні сили, що діють на з'єднання, слід 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 (рис. 4.1).

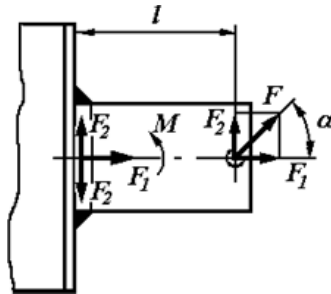


Рисунок 4.1. Сили, що діють на зварне з'єднання

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

$$M = F_1 \cdot l$$

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

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

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

7) При проектуванні зварних швів зазвичай з умови міцності визначають їх довжину. Беручи при цьому, що довжина флангових швів зазвичай 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 і кратер в кінці.

1.2.

Приклади розв'язування задач

Приклад 1.

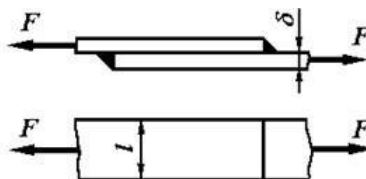


Рисунок 4.2. Лобовий шов

Розрахувати лобовий шов (рис. 4.2), що з'єднує два листа товщиною $\delta = 8$ мм зі сталі Ст 3, якщо $F = 100$ кН. Зварювання ручне електродом Е42.

Розв'язок:

1. Визначаємо допустимі напруження розтягу для основного металу, приймаючи для сталі Ст 3 $\sigma_T = 240$ МПа і $[s] = 1,45$:

$$[\sigma]_P = \frac{\sigma_T}{[s]} = \frac{240}{1,45} = 165 \text{ МПа}$$

2. Відповідно до таблиці 4.1 обчислюємо допустиме напруження для зварного шва при зрізі:

$$[r] = 0,6[\sigma_P] = 0,6 \cdot 165 = 99 \text{ МПа}$$

3. З умови міцності визначаємо довжину зварного шва:

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

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

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

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

Приклад 2.

Стрижень, що складається з двох рівнополкових кутників з'єднаних косинкою, навантажений постійною розтягуючою силою $F = 200$ кН (рис. 4.3). Визначити номер профілю кутників і довжину швів зварної конструкції з'єднання. Матеріал кутників – сталь Ст 3.

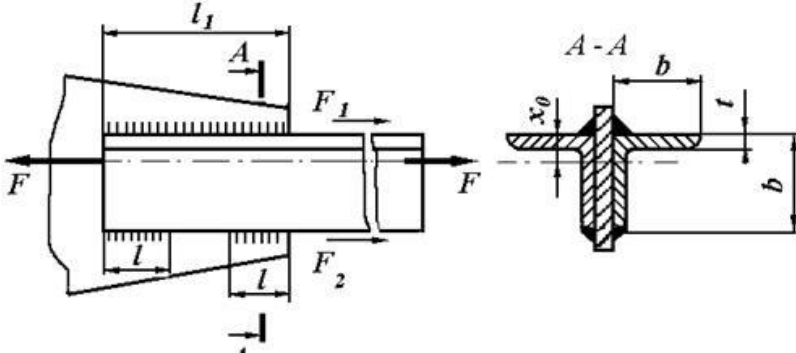


Рисунок 4.3.

Розв'язок:

1. Приймаємо, що зварювання здійснюється вручну електродом Е42.

2. Визначаємо допустимі напруження розтягу для основного металу, приймаючи для Ст 3 – $\sigma_T = 240$ МПа і $[s] = 1,25$:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{[s]} = \frac{240}{1,25} = 192 \text{ МПа}$$

3. Визначимо допустиме напруження на зріз для зварного шва, відповідно до таблиці 4.1:

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

4. З розрахунку на розтяг визначимо площу перетину куточків

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

Для одного кутника $A = 521 \text{ мм}^2$. За ГОСТ 8509-93 вибираємо кутник № 5, 6, що має площу поперечного перерізу $A = 541 \text{ мм}^2$, товщину полиці $t = 5 \text{ мм}$ і координату центру ваги $x_0 = 15,7 \text{ мм}$.

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

Довжину флангових швів визначають за припущенням, що їх довжина пропорційна цим частинам сили $F - F_1$ і F_2 . Паралельні складові F_1 і F_2 знаходять за формулами:

$$\frac{F_1}{F} = \frac{(b - x_0)}{b}; F_1 + F_2 = F$$

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 $k = t = 5 \text{ мм}$:

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

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

Округлюючи, приймаємо $l_1 = 180 \text{ мм}$, $l_2 = 40 \text{ мм}$, додавши для коротких швів по 5 мм проти розрахункової довжини.

1.3. Завдання для самостійної роботи

Задача № 1

Розкіс ферми, що складається з двох кутників, кріпиться до косинки зварним швом (рис. 4.4). Матеріал кутників – сталь Ст. 3. Зварювання ручне. Навантаження статичне. Підібрати номер профілю кутника, розміри косинки і визначити сумарну довжину зварних швів. Вихідні дані вказані в таблиці 4.2.

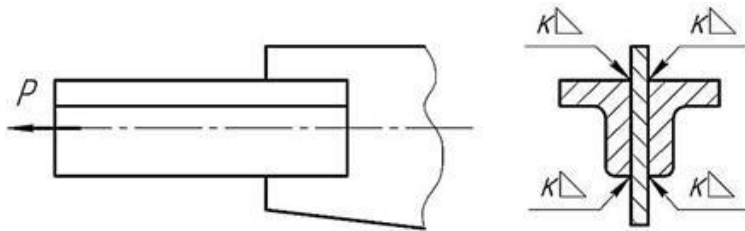


Рисунок 4.4. З'єднання розкосу ферми з косинкою

Таблиця 4.2.

Вихідні дані для задачі № 1

	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P , кН	150	160	170	180	200	250	300	100	120	140

Задача № 2

Перевірити міцність зварного з'єднання (рис. 4.5). Матеріал листів – Ст 3. Зварювання ручне. Навантаження статичне. Вихідні дані вказані в таблиці 4.3.

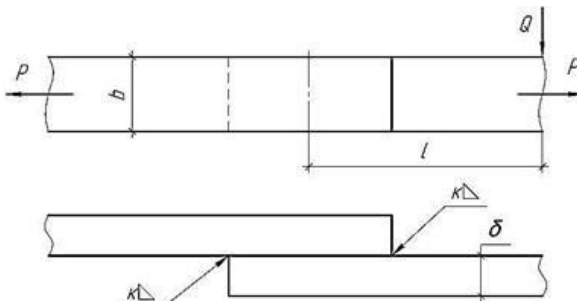


Рисунок 4.5. Зварне з'єднання

Таблиця 4.3.

Вихідні дані для задачі № 2

	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q , кН	10	5	6	7	8	9	4	3	2,5	11
P , кН	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
δ , мм	5	6	7	8	9	8	5	6	5	10
k , мм	5	6	7	8	9	8	5	6	5	10
l , мм	200	250	300	320	380	360	400	450	400	250
b , мм	200	250	300	350	400	450	300	300	300	250

Задача № 3

Розрахувати на рівноміцність шви зварного з'єднання косинки з розтяжками (рис. 4.6) у вигляді двох кутників, підбравши при цьому номер кутників. На з'єднання діє сила Q . Навантаження статичне. Зварювання ручне. Дані брати з таблиці 4.4.

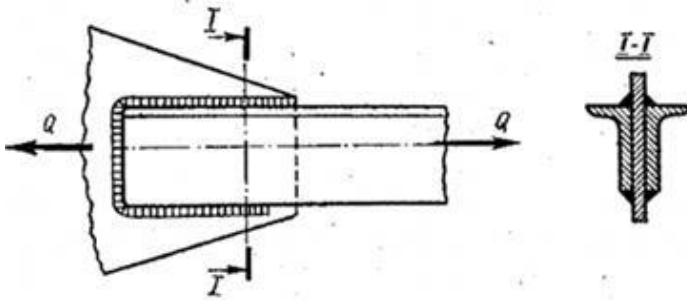


Рисунок 4.6. Зварювання косинки з розтяжками

Таблиця 4.4.

Вихідні дані для задачі № 3

	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q, кН	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Електрод	Е42					Е34				

Задача № 4

Перевірити міцність зварного з'єднання (рис. 4.7). З'єднання виконано двома кутковими швами з катетом k . З'єднання навантажено силою F (таблиця 4.5). Матеріал деталей – сталь Ст 3. Зварювання ручна.

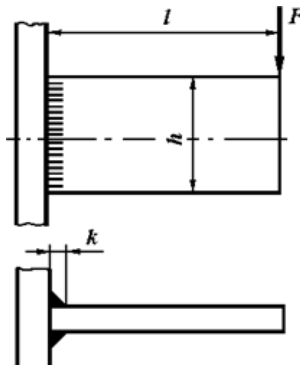


Рисунок 4.7. Балка, що приварена до колони

Таблиця 4.5.

Вихідні дані для задачі № 4

	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		