

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: Обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення
балок технологічної площадки з моделюванням її напружено-
деформівного стану.

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи МЗм-61

спеціальності (напряму підготовки) _____

131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Камінський Ю.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Підгурський М.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормо контроль

Пулька Ч.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Сташків М.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломний проект на тему: Обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення балок технологічної площадки з моделюванням її напружено-деформованого стану. Складається із розрахунково-пояснювальної записки об'ємом 104 аркуш формату А4 і графічної частини об'ємом 9 аркушів формату А1. Розрахунково-пояснювальна записка складається із таких розділів: аналітичний, науково-дослідницький, технологічний, конструкторський, організаційно-економічний, спеціальна частина, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях, екологія. Для висвітлення питань, які розглядаються у дипломній роботі магістра, розрахунково-пояснювальна записка містить 9 розділів, 34 рисунків, 20 таблиць. При написанні розрахунково-пояснювальної записки використано 25 літературних посилань.

В даній роботі було обґрунтовано параметрів технологічного процесу виготовлення балок технологічної площадки з моделюванням її напружено-деформованого стану. А також був проведений аналіз перфорованих балок щодо зменшення маси балки та її собівартості.

Ключові слова: балка, захисний газ, напівавтоматичне зварювання, кондуктор, навантаження, спеціальна частина, економічний показник, санітарно-гігієнічні умови, заземлення, екологія.

ЗМІСТ	стор.
ВСТУП.....	7
1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	9
1.1. Опис конструкції зварювального виробу	9
1.2. Вимоги до конструкції виробу.....	11
1.3. Аналіз існуючих технологій виготовлення	12
2. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ.....	14
3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	32
3.1. Технологічне обґрунтування вибраного способу зварювання.....	32
3.2. Вибір зварювальних матеріалів.....	33
3.3 Вибір та підбір параметрів режиму зварювання.....	35
3.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування.....	39
3.5 Вибір методу контролю якості виробобу.....	42
3.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення виробу...	44
3.7 Нормування витрат зварювальних матеріалів та електроенергії..	48
4 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	51
4.1 Вибір типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні виробу	51
4.2 Обґрунтування вибору баз при виготовленні зварного виробу.....	52
4.3 Вибір типу упорів.....	54
4.4 Вибір типу затискних елементів складально-зварювальних пристосувань та їх розрахунок.	56
4.5 Розрахунок необхідних зусиль притискання елементів зварного виробу.....	57
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	69
6 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	82
7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	88
7.1 Стійкість роботи підприємства в надзвичайних ситуаціях...	88

7.2 Техніка безпеки при зварюванні в захисних газах.....	89
7.3 Розрахунок захисного пристрою для механічного цеху.....	89
8 ЕКОЛОГІЯ.....	92
8.1 Роль науково-технічного прогресу в забезпеченні якісного стану довкілля.....	92
8.2 Забруднення, що виникають в результаті технологічного процесу виготовлення двотаврової балки.....	94
ВИСНОВКИ.....	98
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	99
ДОДАТКИ.....	101

ВСТУП

Перфоровані балки – це полегшені металеві конструкції, здатні витримувати великі навантаження. Перфорація за кількістю рядів може бути однорядною та дворядною, за формою поділяється на восьмикутну, круглу, овальну, шестикутну, рідше прямокутну. Кругла перфорація є сучасною версією традиційної (шестикутної) перфорації. Слід відзначити, що в кутах (при восьмикутній, шестикутній та прямокутній перфорації) має місце концентрація напружень, тому перфоровані балки з круглими та овальними отворами є ефективнішими в цьому питанні.

У світі лідерами з виготовлення перфорованих балок є компанії: АрселорМіттал, Westoc, Macsteel.

Перфоровані балки з традиційною перфорацією почали застосовувати з 1960 – х років, а балки з круглими отворами почали створювати з 1987 року, їх вже використали у понад 3500 проектах у двадцяти країнах світу.

Аналізу напружено – деформованого стану балок з стінкою, перфорованою шестикутними отворами, присвячена велика кількість робіт. Більшість з них проводилась в 60 – 70 роки минулого століття, коли обчислювальна техніка та її програмне забезпечення не дозволяли вільно досліджувати такі відносно складні за формою конструкції як перфоровані балки.

Практично відсутні роботи з розрахунку перфорованих балок з круглими отворами. Розробку методів розрахунку та конструктивних рішень балок з однорядною та дворядною перфорацією стінки проводили за допомогою програмного комплексу ANSYS.

Актуальність дослідження. В будівельних конструкціях, таких як багатопверхові адміністративні будівлі, мости, торгові центри та багатоярусні автомобільні паркінги, спортивні споруди та аквапарки широко використовуються перфоровані балки, які виготовляються за безвідходною технологією з прокатних і зварних двотаврових профілів. Розповсюдження

отримали балки з шестикутними, восьмикутними, круглими і прямокутними вирізами, що застосовуються в якості балок перекриття або покриття, в яких отвори використовують для пропускання комунікацій, а також в якості кран-балок у виробничих цехах.

В порівнянні з типовими прокатними балками економія металу при застосуванні перфорованих конструкцій складає 20 – 30%, з одночасним зниженням вартості на 10 ... 18%. Сучасні технології дозволяють отримувати двотаврові перфоровані балки з будь-якою товщиною і висотою стінки, будь – якими полицями та формами отворів, з однорядною та дворядною перфорацією.

Слід відзначити, що балки з перфорованою стінкою використовуються не лише в будівництві, а й в кораблебудуванні та авіабудуванні.

Метою роботи є пошук нових конструктивних рішень перфорованих балок та дослідження їх напружено – деформованого стану.

Об'єктом дослідження є балки будівельних конструкцій з однорядною перфорацією у вигляді шестикутника, круга та еліпсоподібних отворів.

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварювального виробу

У нашій країні будуються житлові багатоповерхові комплекси, торгові центри, багатоярусні автопаркінги, спортивні споруди, аквапарки. При цьому простежується тенденція до розширення будівництва споруд з оригінальним (унікальним) дизайном, необхідність покращувати архітектурні якості.

Для того, щоб вирішувати ці завдання, потрібно покращувати технології виготовлення конструкцій, створювати нові конструктивні форми. Базовими позиціями технічного прогресу є зниження собівартості будівельних конструкцій та їх індустріалізація. [1]

Вагомим напрямком розвитку металевих конструкцій є підвищення їх несучої здатності при зменшенні собівартості та матеріаломісткості. Перфоровані балки, які виготовляють з прокатних двотаврових профілів в Англії, США, Франції, Росії, Японії та інших країнах, якраз і відносяться до таких конструкцій.

У будівництві міцність балок з отворами досліджували В.В. Бирюльов, Н.П. Мельников. Раціональність використання балок з перфорованою стінкою розглянуто в роботах А.І. Перича, А.Я. Прицкера. Вдосконаленням розрахунку перфорованих балок займались Ю.М. Дукарский, Г.М. Каплан, В.М. Місцеву стійкість балок з отворами розглядали А.А. Aglan, R.G. Redwood.

Вибрана сталь ВСтЗсп використовується для деталей, несучих складових зварних збірних конструкцій, що працюють при позитивних температурах

Таблиця 1.1 Механічна властивість сталі ВСт3сп, згідно з ГОСТ 2590-2002 [1,с.23]

ГОСТ	Стан постачання	Переріз, мм	σ_{02}	σ_B	δ_H ,
			МПа		%
			Не менше		
19281-73	Прокат гарячекатаний	до 20	345	490	20

Таблиця 1.2 Хімічний склад сталі ВСт3сп, у %, згідно ГОСТ ГОСТ 2590-2002 [1, с. 23]:

C	Mn	Si	P	Cr	Ni	Cu	As
			Не більше				
0,22	0,65	0,30	0,004	$\leq 0,3$ 0	$\leq 0,3$ 0	$\leq 0,3$ 0	$\leq 0,08$

Дана сталь за ступенем розкислення є спокійна (сп) - це означає що сталь розкислена трьома хімічними елементами Mg, Cr, Al. Перевага цієї сталі в тому, що для зварювання не потрібно проводити підігрів і вона зварюється без термообробки. [2]

Зварюваність – властивості процесу зварювання та утворення зварного з'єднання щоб відповідали заданим експлуатаційним вимогам.

Критерії до зварюваності такі:

- утворення холодних та гарячих тріщин при повторному нагріванні;
- відчуття металу до теплового впливу зварюваності;
- відчуття до утворення пор.

Зварюваність ми визначаємо за формулою міжнародного інституту зварювання для визначення еквівалентного вмісту вуглецю:

$$C_{\text{екв}} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Cr}+\text{Mo}+\text{V}}{5} + \frac{\text{Ni}+\text{Cu}}{15}; \quad (1.1)$$

$$C_{\text{екв}} = 0,22 + \frac{0,65}{6} + \frac{0,30 + 0 + 0}{5} + \frac{0,30 + 0,30}{15} = 0,42833$$

Після того як ми провели розрахунок ми дізналися що сталь ВСтЗсп має добру зварюваність і не потребує ніяких технологічних операцій в зварюванні.

1.2 Вимоги до конструкції виробу

Основні вимоги для виготовлення конструкції згідно ДСТУ Б В.2.6-199:214 [3]

1. Складання конструкцій тільки з виправлених деталей які очищені від задирок, бруду, масел, іржі, вологи. Під час кладання необхідно забезпечити геометричні розміри конструкції, розміщення груп отворів, проміжки між торцями деталей і дотичність їх площин в місцях зварювання. Закріплення деталей при складанні необхідно виконувати прихватами. Прихвати, призначені для з'єднання деталей, що складаються, мають розміщуватись в місцях розташування зварних швів.
2. Зварювання сталевих конструкцій необхідно здійснювати за розробленими на підприємстві технологічним регламентом. Ефективність виконання зварних з'єднань за встановленням технологічним регламентом розробленим на підприємстві, забезпечує відповідним устаткуванням для зварювання. Способи зварювання повинні бути вказані в кресленнях КМ, КМ та технологічній документації.
3. Зварювання балки необхідно виконувати після перевірки правильності їхнього складання. Початок і кінець шва стикового, кутового або таврового з'єднання, що виконується напівавтоматом, має виводитись за

межі зварних деталей на початок. Запалювати дугу і виводити кратер на основний метал конструкції за межі шва забороняється.

4. Шви зварних з'єднань і конструкцій після закінчення зварювання очищуються від шлаку, бризок і напливів металу, приварені складальні пристрої видаляються без застосування ударних впливів і пошкодження основного металу, а місця їх приварки зачищаються до основного металу з видаленням усіх дефектів.
5. Тріщини у швах не допускаються. Ділянка шва з тріщиною повинна бути засвердлена з діаметром отвору 5-8 мм у межах габариту тріщини плюс 15 мм з кожної сторони, після чого виправлена з роззенкуванням і заваркою отворів.

1.3 Аналіз існуючих технологій зварювання

Двотаврові балки виготовляються двома методами гарячої прокатки та методом зварювання ручним дуговим або автоматичним. Кожен з способів має свої переваги та недоліки.[4]

Технологія виробництва балки методом гарячої прокатки. Виготовляють їх на прокатних станках, які представляють собою довгі установки з обертовими валиками різного діаметру. У процесі виготовлення прокатки металеві злитки переміщаються по рольгангу і обробляються поруч валиків, в прокаті через ці валки довжина сталених заготовок значно зростає і поперечний переріз набуває форму двотавра що зображено на рисунку 1.2.

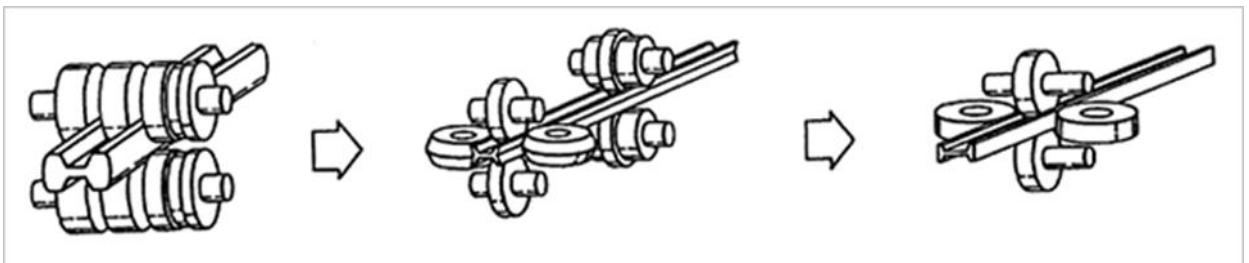


Рисунок 1.2. Виготовлення двотаврової балки методом гарячої прокатки.

Основним мінусом цього способу виготовлення являється, що він є дорогим та складним обладнанням для виготовлення таких балок. По при всі мінуси

виготовлення гарячим прокатом ми отримуємо вкрай високу продуктивність та якість двотаврових балок.

Технологія виробництва двотаврової балки методом зварювання. Зварювання балок виконується автоматичним або ручним дуговим способом на лінії. Технологічний процес при такому способі має три основні етапи:

- різання заготовок на плазмових, газових чи лазерних різачках за допомогою ЧПУ;
- складання заготовок в кондукторах чи інших допоміжних складальних пристосувань;
- зварювання продукції.

Після зварювання профіль проходить додаткову прокатку для виявлення нерівностей та їх ліквідації. Потім через систему подачі на роликах чи за допомогою кран балок поверхню очищають і наносять на неї захисне покриття. Процес виготовлення можна побачити на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3. Виготовлення балок методом зварювання.

Зварна балка дозволяє зменшувати металоємкість будівництва та зменшення відходів, а також дає можливість виготовити балку любых заданих розмірів, що нам дає продукти з більш точними розмірами. Зварним способом ми можемо виготовляти як посилені чи перфоровані балки, тонкостіні, а також балки з змінним перерізом.[5]

2. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Особливості розрахунку перфорованих балок

Розрахунок перфорованих балок з достатньою для практичних цілей точністю виконується за наближеною теорією. Для розрахунку балок технічних площадок приймемо розподілення навантаження $3,5 \text{ кН/м}^2$. Отже, на вантажну площу (рисунок 2.1) буде діяти сила $3,5 \cdot 6 \cdot 12 = 252 \text{ кН}$.

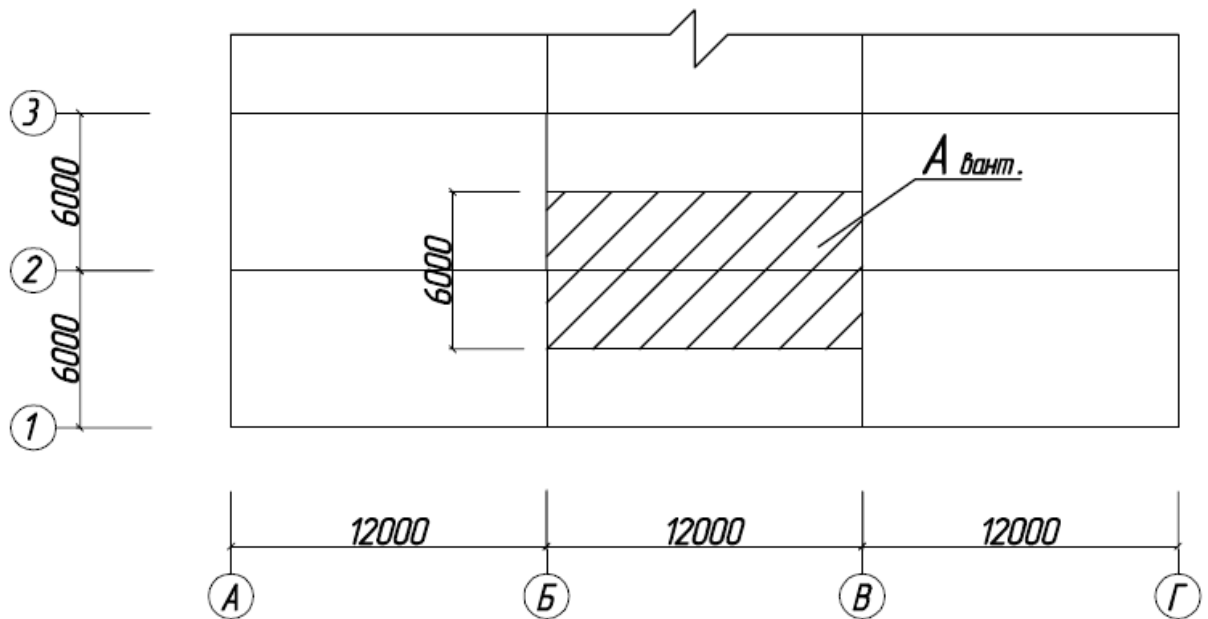


Рисунок 2.1 – Збір навантажень на балку

У склад перекриття входять:

- 1) Плити пустотні ПК 60.15-8, масою 2800кг з закладними деталями;
- 2) Стяжка бетонна, армована [6].

Дані від навантажень зведено в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1

Навантаження, яке передається на балку

№ з/п	Вид навантаження	Розрахункові навантаження, кН			
		експлуатаційне		граничне	
		γ_{fe}	значення	γ_{fm}	значення
1.	Плити	1,0	224	1,1	246,4
2.	Стяжка	1,0	147,6	1,3	191,9
3.	Транспортні засоби	1,0	252	1,2	302,4
Всього		$g_e =$	623,6	$g =$	740,7

Розрахункове експлуатаційне рівномірно розподілене лінійне навантаження буде складати $q_e = 623,6 / 12 = 52,9 \text{ кН} / \text{м}$, граничне розрахункове $q_p = 740,7 / 12 = 61,7 \text{ кН} / \text{м}$.

Балка прольотом $l = 12 \text{ м}$ виготовлена зі сталі ВСт3сп. Розрахункове експлуатаційне рівномірно розподілене лінійне навантаження $q_e = 52,9 \text{ кН} / \text{м}$, граничне розрахункове $q_p = 61,7 \text{ кН} / \text{м}$. Граничний прогин $f_u = l / 250$. Загальна стійкість балки забезпечена закріпленням стиснутого пояса від горизонтальних переміщень в окремих точках (закладні деталі збірних залізобетонних плит приварені до балки).

Розрахункова схема балки зображена на рисунку 2.2.

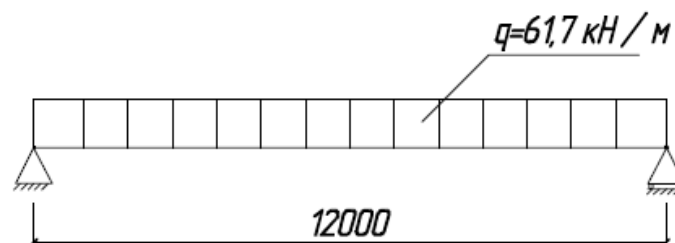


Рисунок 2.2 – Розрахункова схема балки

Знаходимо максимальний момент посередині балки від розрахункового експлуатаційного і розрахункового граничного навантаження:

$$M_e = \frac{q_e \cdot l^2}{8} = \frac{51,97 \cdot 12^2}{8} = 935,4 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad (2.1)$$

$$M = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{61,73 \cdot 12^2}{8} = 1111,1 \text{ кН} \cdot \text{м}. \quad (2.2)$$

Оскільки балка моносталева (виконана з однієї сталі), знаходимо тільки один необхідний момент опору:

$$W_{x,cal} = \frac{M}{R_y \cdot \gamma_c} = \frac{1111,1 \cdot 10^2}{31,5 \cdot 1} = 3527,4 \text{ см}^3. \quad (2.3)$$

Тут прийнято $R_y = 31,5 \text{ кН} / \text{см}^2 = 315 \text{ МПа}$ для фасонного прокату із сталі 09Г2С при $t = 2 \dots 20 \text{ мм}$.

Необхідний момент інерції перфорованої балки за умови забезпечення жорсткості:

$$I_{1,cal} = \frac{5 \cdot M_e \cdot l}{48 \cdot 0,95 \cdot E} \cdot \left(\frac{l}{f} \right)_u = \frac{5 \cdot 935,46 \cdot 12}{48 \cdot 0,95 \cdot 2 \cdot 10^5} \cdot 250 \cdot 10^5 = 153858,5 \text{ см}^4. \quad (2.4)$$

За табл. 10.3 [33] приймаємо для розкроювання, як вихідний, двотавр №60Б1, $h = 593 \text{ мм}$ (ГОСТ 26020-83). Характеристики наскрізного двотавра: $W_x = 4096 \text{ см}^3 > W_{x,cal} = 3527,4 \text{ см}^3$; $I_x = 182183 \text{ см}^4 > I_{x,cal} = 153858,5 \text{ см}^4$.

При коефіцієнті розкроювання $\xi = h_1 / h = 0,75$ характеристики таврів: $0,75 \cdot h = 0,75 \cdot 593 = 444,75 \text{ мм}$; $h_T = 593 - 444,75 = 148,25 \text{ мм}$; $W_{1,max} = 274,5 \text{ см}^3$; $W_{1,min} = 64,6 \text{ см}^3$; $z = 2,82 \text{ см}$ – відстань від осі до грані полиці тавра.

Для встановлення розмірів отворів у припущенні, що $c = 250, m = k, \alpha = 45^\circ$, знаходимо:

$$k = h \cdot (2 \cdot \xi - 1) = 593 \cdot (2 \cdot 0,75 - 1) = 296,5 \text{ мм}. \quad (2.5)$$

Приймаємо $m = k = 296,5 \text{ мм}$. При цьому кількість отворів по довжині балки:

$$n = \frac{l - 2 \cdot c + k}{4 \cdot k} = \frac{1200 - 2 \cdot 25 + 29,65}{4 \cdot 29,65} = 9,9. \quad (2.6)$$

Приймаємо $n = 9$ отворів і уточнюємо довжину суцільної ділянки на опорі:

$$c = \frac{l - k \cdot (4 \cdot n - 1)}{2} = \frac{1200 - 29,65 \cdot (4 \cdot 9 - 1)}{2} = 81,1 \text{ см}. \quad (2.7)$$

Відстані середини отворів від лівої опори знайдемо за формулою:

$$x_i = c + 1,5 \cdot k + (n_i - 1) \cdot 4 \cdot k, \quad (2.8)$$

де i - порядковий номер отвору від лівої опори.

Маємо:

$$x_1 = 81,125 + 1,5 \cdot 29,65 = 125,6 \text{ см}. \quad (2.9)$$

$$x_2 = 81,125 + 1,5 \cdot 29,65 + (2 - 1) \cdot 4 \cdot 29,65 = 244,2 \text{ см}. \quad (2.10)$$

$$x_3 = x_2 + 4 \cdot b = 244,2 + 4 \cdot 29,65 = 362,8 \text{ см}. \quad (2.11)$$

На рисунку 2.3 зображена перфорована балка з двотавра №60Б1.

Розрахункові зусилля в перерізах по осях отворів:

$$M_1 = \frac{q \cdot x_1 \cdot (l - x_1)}{2} = \frac{61,7 \cdot 125,6 \cdot (1200 - 125,6) \cdot 10^{-2}}{2} = 41650,7 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad (2.12)$$

$$Q_1 = q \cdot \left(\frac{l}{2} - x_1 \right) = 61,7 \cdot \left(\frac{1200}{2} - 125,6 \right) \cdot 10^{-2} = 292,8 \text{ кН}; \quad (2.13)$$

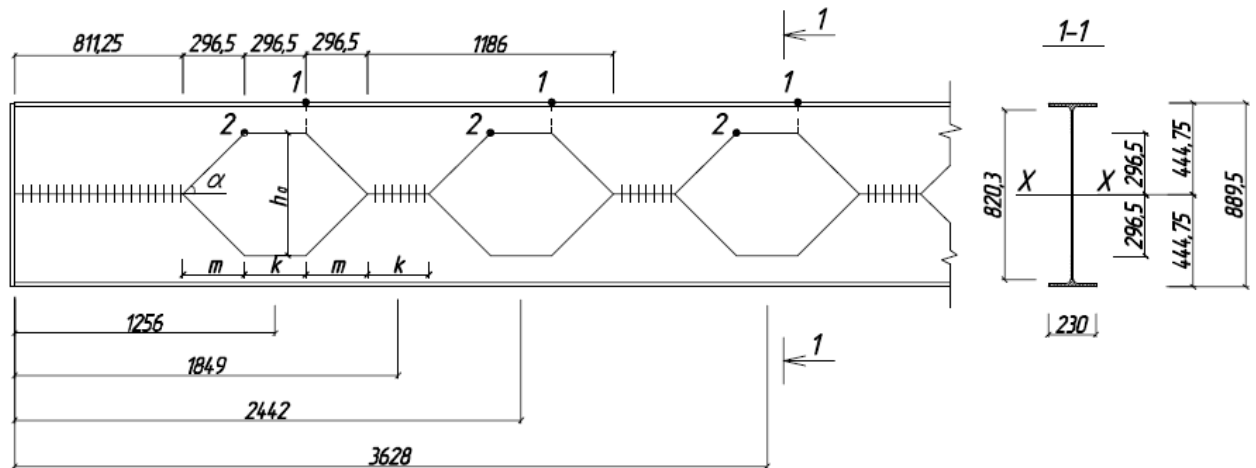


Рисунок 2.3 – Перфорована балка з двотавра №60Б1

$$M_2 = \frac{q \cdot x_2 \cdot (l - x_2)}{2} = \frac{61,7 \cdot 244,2 \cdot (1200 - 244,2) \cdot 10^{-2}}{2} = 72040,9 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad (2.14)$$

$$Q_2 = q \cdot \left(\frac{l}{2} - x_2 \right) = 61,7 \cdot \left(\frac{1200}{2} - 244,2 \right) \cdot 10^{-2} = 219,6 \text{ кН}; \quad (2.15)$$

$$M_3 = \frac{q \cdot x_3 \cdot (l - x_3)}{2} = \frac{61,7 \cdot 362,8 \cdot (1200 - 362,8) \cdot 10^{-2}}{2} = 93748,2 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad (2.16)$$

$$Q_3 = q \cdot \left(\frac{l}{2} - x_3 \right) = 61,7 \cdot \left(\frac{1200}{2} - 362,8 \right) \cdot 10^{-2} = 146,4 \text{ кН}; \quad (2.17)$$

Оскільки балка моносталева, для перевірки міцності достатньо визначити нормальні напруження тільки в точках 1 і 2 по кожному отвору.

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{M_1 \cdot h_1}{I_x} + \frac{Q_1 \cdot m}{2 \cdot 2 \cdot W_{\max}} = \frac{41650,7 \cdot 44,475}{182183} + \frac{292,85 \cdot 29,65}{2 \cdot 2 \cdot 274,5} = 10,17 + 7,91 = 18,1 \text{ кН} / \text{см}^2 = \\ &= 181 \text{ МПа} < R_{y1} \cdot \gamma_c = 31,5 \cdot 1 = 31,5 \text{ кН} / \text{см}^2 = 315 \text{ МПа}; \end{aligned} \quad (2.18)$$

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{M_1 \cdot d_1}{I_x} + \frac{Q_1 \cdot m}{2 \cdot 2 \cdot W_{\min}} = \frac{41650,7 \cdot 29,65}{182183} + \frac{292,85 \cdot 29,65}{2 \cdot 2 \cdot 64,6} = 6,78 + 33,61 = 40,4 \text{ кН} / \text{см}^2 = \\ &= 404 \text{ МПа} > R_u \cdot \frac{\gamma_c}{\gamma_u} = 46 \cdot \frac{1}{1,3} = 35,4 \text{ кН} / \text{см}^2 = 354 \text{ МПа}, \end{aligned} \quad (2.19)$$

де $d_1 = h_1 - h_f = 44,475 - 14,82 = 29,65 \text{ см}$.

Отже змінюємо переріз, приймаючи двотавр №70Б1.

$h = 691\text{мм}$ (ГОСТ 26020-83). Характеристики наскрізного двотавра:
 $W_x = 5615\text{см}^3$; $I_x = 290975\text{см}^4$.

При коефіцієнті розкроювання $\xi = h_1 / h = 0,75$ характеристики таврів:
 $0,75 \cdot h = 0,75 \cdot 691 = 518\text{мм}$; $h_T = 691 - 518 = 173\text{мм}$; $W_{1,\max} = 384,9\text{см}^3$; $W_{1,\min} = 96,3\text{см}^3$;
 $z = 3,46\text{см}$ – відстань від осі до грані полиці тавра.

Для вставстановлення розмірів отворів у припущенні, що
 $c = 250, m = k, \alpha = 45^\circ$, знаходимо:

$$k = h \cdot (2 \cdot \xi - 1) = 691 \cdot (2 \cdot 0,75 - 1) = 345,5\text{мм}. \quad (2.20)$$

Приймаємо $m = k = 345,5\text{мм}$. При цьому кількість отворів по довжині балки:

$$n = \frac{l - 2 \cdot c + k}{4 \cdot k} = \frac{1200 - 2 \cdot 25 + 34,55}{4 \cdot 34,55} = 8,6. \quad (2.21)$$

Приймаємо $n = 8$ отворів і уточнюємо довжину суцільної ділянки на опорі:

$$c = \frac{l - b \cdot (4 \cdot n - 1)}{2} = \frac{1200 - 34,55 \cdot (4 \cdot 8 - 1)}{2} = 64,475\text{см}. \quad (2.22)$$

Відстані середини отворів від лівої опори:

$$x_1 = 64,475 + 1,5 \cdot 34,55 = 116,3\text{см}. \quad (2.23)$$

$$x_2 = 64,475 + 1,5 \cdot 34,55 + (2 - 1) \cdot 4 \cdot 34,55 = 254,5\text{см}. \quad (2.24)$$

$$x_3 = x_2 + 4 \cdot k = 254,5 + 4 \cdot 34,55 = 392,7\text{см}. \quad (2.25)$$

На рисунку 2.4 зображена перфорована балка з двотавра №70Б1.

Розрахункові зусилля в перерізах по осях отворів:

$$M_1 = \frac{q \cdot x_1 \cdot (l - x_1)}{2} = \frac{61,73 \cdot 116,3 \cdot (1200 - 116,3) \cdot 10^{-2}}{2} = 38900,5 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad (2.26)$$

$$Q_1 = q \cdot \left(\frac{l}{2} - x_1 \right) = 61,73 \cdot \left(\frac{1200}{2} - 116,3 \right) \cdot 10^{-2} = 298,6 \text{ кН}; \quad (2.27)$$

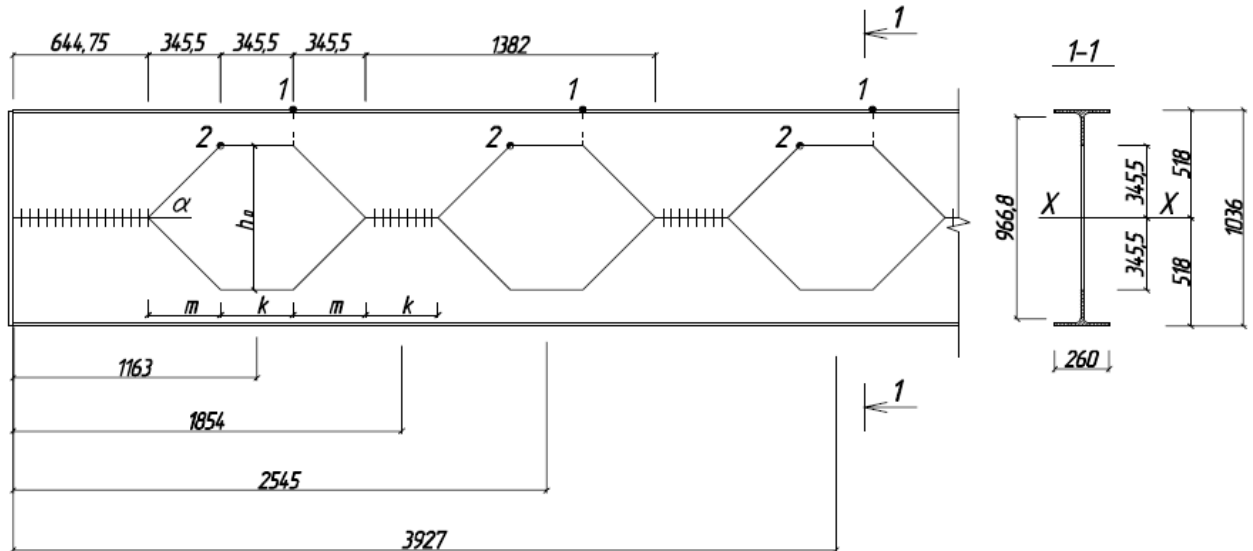


Рисунок 2.4 – Перфорована балка з двотавра №70Б1

$$M_2 = \frac{q \cdot x_2 \cdot (l - x_2)}{2} = \frac{61,73 \cdot 254,5 \cdot (1200 - 254,5) \cdot 10^{-2}}{2} = 74270,4 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad (2.28)$$

$$Q_2 = q \cdot \left(\frac{l}{2} - x_2 \right) = 61,73 \cdot \left(\frac{1200}{2} - 254,5 \right) \cdot 10^{-2} = 213,3 \text{ кН}; \quad (2.29)$$

$$M_3 = \frac{q \cdot x_3 \cdot (l - x_3)}{2} = \frac{61,73 \cdot 392,7 \cdot (1200 - 392,7) \cdot 10^{-2}}{2} = 97850,3 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad (2.30)$$

$$Q_3 = q \cdot \left(\frac{l}{2} - x_3 \right) = 61,73 \cdot \left(\frac{1200}{2} - 392,7 \right) \cdot 10^{-2} = 128 \text{ кН}; \quad (2.31)$$

Оскільки балка моносталева, для перевірки міцності достатньо визначити нормальні напруження тільки в точках 1 і 2 по кожному отвору.

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{M_1 \cdot h_1}{I_x} + \frac{Q_1 \cdot m}{2 \cdot 2 \cdot W_{\max}} = \frac{38900,5 \cdot 51,825}{290975} + \frac{298,6 \cdot 34,55}{2 \cdot 2 \cdot 384,9} = 6,93 + 6,7 = 13,6 \text{ кН} / \text{см}^2 = \\ &= 136 \text{ МПа} < R_{y1} \cdot \gamma_c = 31,5 \cdot 1 = 31,5 \text{ кН} / \text{см}^2 = 315 \text{ МПа}; \end{aligned} \quad (2.32)$$

$$\begin{aligned}\sigma_2 &= \frac{M_1 \cdot d_1}{I_x} + \frac{Q_1 \cdot m}{2 \cdot 2 \cdot W_{\min}} = \frac{38900,5 \cdot 34,55}{290975} + \frac{298,6 \cdot 34,55}{2 \cdot 2 \cdot 96,3} = 4,62 + 26,8 = 31,4 \text{ кН} / \text{см}^2 = \\ &= 314 \text{ МПа} < R_u \cdot \frac{\gamma_c}{\gamma_u} = 46 \cdot \frac{1}{1,3} = 35,4 \text{ кН} / \text{см}^2 = 354 \text{ МПа},\end{aligned}\quad (2.33)$$

де $d_1 = h_1 - h_T = 51,825 - 17,27 = 34,55 \text{ см}$.

Другий отвір:

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= \frac{M_2 \cdot h_1}{I_x} + \frac{Q_2 \cdot m}{2 \cdot 2 \cdot W_{\max}} = \frac{74270,4 \cdot 51,825}{290975} + \frac{213,3 \cdot 34,55}{2 \cdot 2 \cdot 384,9} = 13,23 + 4,79 = 18 \text{ кН} / \text{см}^2 = \\ &= 180 \text{ МПа} < R_{y1} \cdot \gamma_c = 31,5 \cdot 1 = 31,5 \text{ кН} / \text{см}^2 = 315 \text{ МПа};\end{aligned}\quad (2.34)$$

$$\begin{aligned}\sigma_2 &= \frac{M_2 \cdot d_1}{I_x} + \frac{Q_2 \cdot m}{2 \cdot 2 \cdot W_{\min}} = \frac{74270,4 \cdot 34,55}{290975} + \frac{213,3 \cdot 34,55}{2 \cdot 2 \cdot 96,3} = 8,82 + 19,13 = 27,9 \text{ кН} / \text{см}^2 = \\ &= 279 \text{ МПа} < R_u \cdot \frac{\gamma_c}{\gamma_u} = 46 \cdot \frac{1}{1,3} = 35,4 \text{ кН} / \text{см}^2 = 354 \text{ МПа}.\end{aligned}\quad (2.35)$$

Третій отвір:

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= \frac{M_3 \cdot h_1}{I_x} + \frac{Q_3 \cdot m}{2 \cdot 2 \cdot W_{\max}} = \frac{97850,3 \cdot 51,825}{290975} + \frac{128 \cdot 34,55}{2 \cdot 2 \cdot 384,9} = 17,43 + 2,87 = 20,3 \text{ кН} / \text{см}^2 = \\ &= 203 \text{ МПа} < R_{y1} \cdot \gamma_c = 31,5 \cdot 1 = 31,5 \text{ кН} / \text{см}^2 = 315 \text{ МПа};\end{aligned}\quad (2.36)$$

$$\begin{aligned}\sigma_2 &= \frac{M_3 \cdot d_1}{I_x} + \frac{Q_3 \cdot m}{2 \cdot 2 \cdot W_{\min}} = \frac{97850,3 \cdot 34,55}{290975} + \frac{128 \cdot 34,55}{2 \cdot 2 \cdot 96,3} = 11,62 + 11,5 = 23,1 \text{ кН} / \text{см}^2 = \\ &= 231 \text{ МПа} < R_u \cdot \frac{\gamma_c}{\gamma_u} = 46 \cdot \frac{1}{1,3} = 35,4 \text{ кН} / \text{см}^2 = 354 \text{ МПа}.\end{aligned}\quad (2.37)$$

Четвертий отвір:

знаходимо відстань від лівої опори до середини четвертого отвору:

$$x_4 = x_3 + 4 \cdot k = 392,7 + 4 \cdot 34,55 = 530,9 \text{ см}.\quad (2.38)$$

Розрахункові зусилля:

$$M_4 = \frac{q \cdot x_4 \cdot (l - x_4)}{2} = \frac{61,73 \cdot 530,9 \cdot (1200 - 530,9) \cdot 10^{-2}}{2} = 108876,5 \text{ кН} \cdot \text{м};\quad (2.39)$$

$$Q_4 = q \cdot \left(\frac{l}{2} - x_4 \right) = 61,73 \cdot \left(\frac{1200}{2} - 530,9 \right) \cdot 10^{-2} = 42,6 \text{ кН};\quad (2.40)$$

Нормальні напруження:

$$\sigma_1 = \frac{M_4 \cdot h_1}{I_x} + \frac{Q_4 \cdot m}{2 \cdot 2 \cdot W_{\max}} = \frac{108876,52 \cdot 51,825}{290975} + \frac{42,66 \cdot 34,55}{2 \cdot 2 \cdot 384,9} = 19,4 + 0,96 = 20,36 \text{ кН / см}^2 = 203 \text{ МПа} < R_{y1} \cdot \gamma_c = 31,5 \cdot 1 = 31,5 \text{ кН / см}^2 = 315 \text{ МПа}; \quad (2.41)$$

$$\sigma_2 = \frac{M_4 \cdot d_1}{I_x} + \frac{Q_4 \cdot m}{2 \cdot 2 \cdot W_{\min}} = \frac{108876,52 \cdot 34,55}{290975} + \frac{42,66 \cdot 34,55}{2 \cdot 2 \cdot 96,3} = 12,93 + 3,83 = 16,76 \text{ кН / см}^2 = 167 \text{ МПа} < R_u \cdot \frac{\gamma_c}{\gamma_u} = 46 \cdot \frac{1}{1,3} = 35,4 \text{ кН / см}^2 = 354 \text{ МПа}. \quad (2.42)$$

Тут при обчисленні напружень враховано, що поперечна сила Q_i , яка діє по осі отвору, порівно розподіляється між верхнім і нижнім таврами.

В наступних отворах, напруження будуть симетричними, отже це свідчить про те, що міцність перфорованої балки забезпечена.

Виконаємо перевірку дотичних напружень у першій перемичці від лівої опори в рівні сполучення таврів. Вісь перемички знаходиться на відстані:

$$x = c + 3,5 \cdot k = 64,475 + 3,5 \cdot 34,55 = 185,4 \text{ см}, \quad (2.43)$$

де діє поперечна сила:

$$Q = q \cdot \left(\frac{l}{2} - x \right) = 61,73 \cdot \left(\frac{1200}{2} - 185,4 \right) \cdot 10^{-2} = 255,9 \text{ кН}. \quad (2.44)$$

Дотичні напруження в перемичці:

$$\tau = \frac{Q \cdot s}{t_w \cdot h_3 \cdot m} = \frac{255,9 \cdot 138,2}{1,2 \cdot 96,73 \cdot 34,55} = 8,8 \text{ кН / см}^2 < R_s \cdot \gamma_c = 0,58 \cdot 31,5 = 18,3 \text{ кН / см}^2 = 183 \text{ МПа}. \quad (2.45)$$

Тут прийнято: $s = 4 \cdot a = 4 \cdot 34,55 = 138,2 \text{ см}$; $t_w = 1,2 \text{ см}$ — товщина стінки двотавра 70Б1; $h_3 = 1,5 \cdot h - 2 \cdot z = 1,5 \cdot 69,1 - 2 \cdot 3,46 = 96,73 \text{ см}$.

Міцність перемички забезпечена.

Обчислюємо умовну гнучкість стінки балки на ділянці без отворів:

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_w}{t_w} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = \frac{95,7}{1,2} \cdot \sqrt{\frac{315}{2 \cdot 10^5}} = 3,166 > 2,5. \quad (2.46)$$

$$h_w = 1,5 \cdot h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 1,5 \cdot 69,1 - 2 \cdot 1,55 - 2 \cdot 2,4 = 95,7 \text{ см}. \quad (2.47)$$

Оскільки $\bar{\lambda}_w > 2,5$, місцева стійкість стінки не забезпечена, слід встановити ребра жорсткості.

Перевіримо місцеву стійкість стінки тавра. Розрахункова висота стінки тавра становить:

$$h_{ef} = h_T - t_f - r = 17,27 - 1,55 - 2,4 = 13,32 \text{ см}, \text{ а } \frac{b_f}{h_{ef}} = \frac{26}{13,32} = 1,95. \quad (2.48)$$

Оскільки відношення $\frac{b_f}{h_{ef}} = 1,95 < 2,0$, місцеву стійкість стінки тавра не забезпечена, тому робимо перевірку:

$$\frac{h_{ef}}{t_w} = 0,498 \cdot (1 + 0,25 \cdot \sqrt{2 - \frac{b_f}{h_{ef}}}) \cdot \sqrt{\frac{E}{R_y}} = 0,498 \cdot (1 + 0,25 \cdot \sqrt{2 - \frac{26}{13,32}}) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5}{315}} = 16,9; \quad (2.49)$$

Оскільки $\frac{h_{ef}}{t_w} = \frac{13,32}{1,2} = 11,1 < 16,92$, то місцева стійкість стінки буде забезпечена.

Гнучкість стінки:

$$\lambda_w = \frac{95,75}{1,2} = 77,8 > 40, \quad (2.50)$$

а тому необхідно встановити опорне ребро.

Перевірка жорсткості балки:

$$\frac{f}{l} = \frac{5 \cdot M_e \cdot l}{48 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 290975} = \frac{1}{498} < \left(\frac{f}{l} \right)_u = \frac{1}{250}. \quad (2.51)$$

Прогин $f = 24,1 \text{ мм}$.

Таким чином, жорсткість балки забезпечена.

2.2 Технологічність виготовлення перфорованих балок

На основі літературних джерел розглянуто перфоровані балки з шестикутними отворами, новіші з круглими отворами і пропонується застосовувати в будівництві балки з еліпсоподібними отворами.

Методика виготовлення:

- 1) Класична.
- 2) Безвідходна.

Класична технологія виготовлення характеризується тим, що в стінці балки просто вирізаються отвори. В даному випадку висота балки залишається незмінною, а вага знижується на 20 – 25% залежно від висоти та частоти розташування отворів.

Безвідходна технологія виготовлення полягає у розрізанні стінки прокатної балки по зигзагоподібних лініях (залежно від виду перфорації) з регулярним кроком за допомогою газової різки або на міцних пресах та подальшим зварюванням обох половин по виступаючих гребенях.

Для балки з шестикутними отворами (рисунок 2.5) характерна одна лінія різання, на відміну від круглих та еліпсоподібних отворів, де їх є дві.

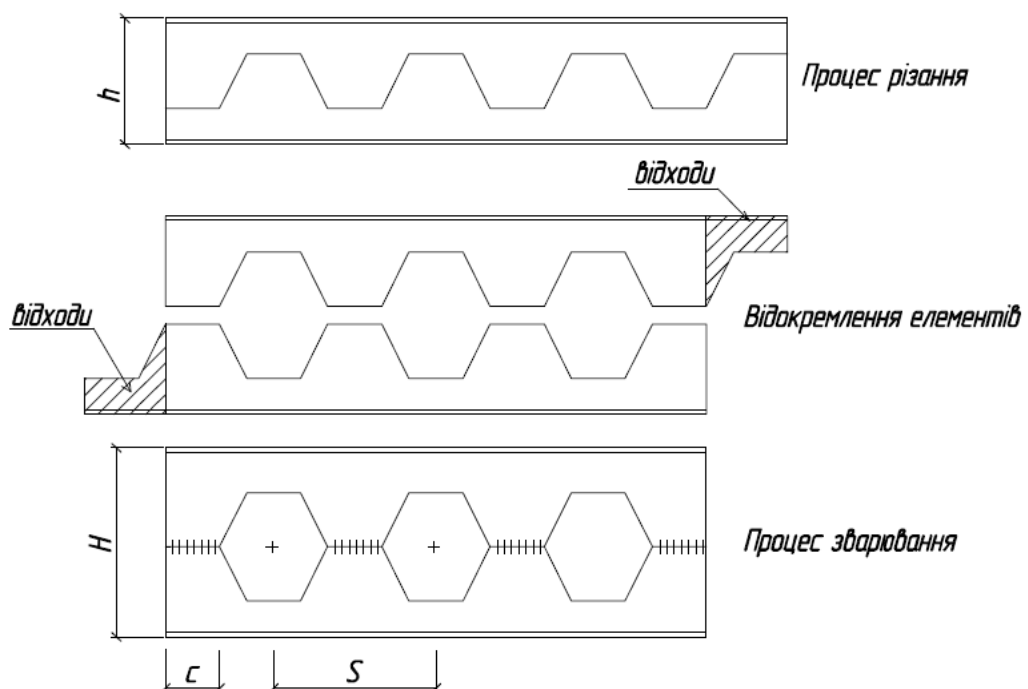


Рисунок 2.5 – Технологія виготовлення балки з шестикутними отворами

Відстань від опорного перерізу до першого отвору позначають буквою s , яка, згідно, повинна дорівнювати $\geq 250\text{мм}$. При конструюванні перфорованих балок з шестикутними отворами задаються параметром розкроювання ξ , який приймають як правило 0,75, і далі, відштовхуючись від цього, визначають сторону шестикутника, і довжину лінії різання.

В СРСР було розроблено традиційну технологію виготовлення перфорованих балок з шестикутними отворами [54], яка полягала в тому, що для отримання перфорованої балки необхідно розрізати два прокатних двотаври (рисунок 2.6), і в результаті зварювання частин 1 – 1 і 2 – 2 утвориться дві перфоровані балки. Перевагою цієї технології є можливість використання більшого сортаменту, або з різної сталі в одній з частин перфорованої балки [50 - 53].

Недоліком цієї технології є неоднакова кількість отворів у вихідних балках та потреба зварювати пластинами крайні вирізи в балці 2 – 2. У цьому випадку при конструюванні елементів перекриття, зосереджені сили не прикладають в перерізі з отвором [7].

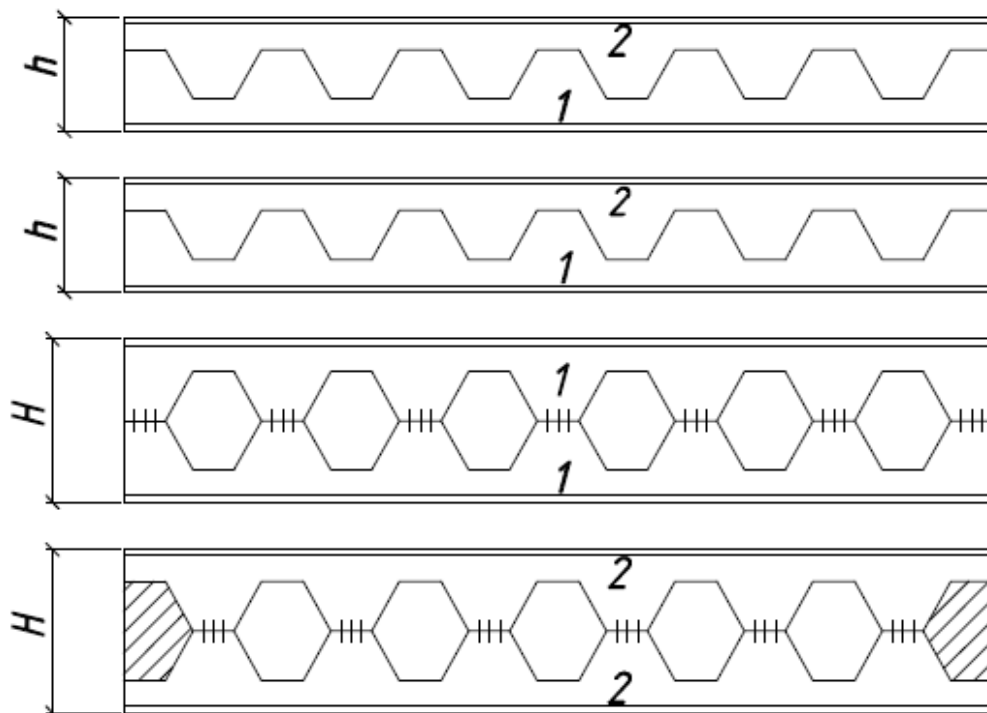


Рисунок 2.6 – Виготовлення балки з перфорованою стінкою при симетричній лінії розрізування двотавра

Слід відзначити, що при виготовленні балок з шестикутними отворами, технологія різального обладнання в кутах отворів передбачає радіуси заокруглення $r = 5 \div 10 \text{ мм}$.

Для виготовлення перфорованої балки з круглими отворами потрібно дві лінії різання, у результаті чого отримаємо більшу кількість металовідходів (рисунок 2.7).

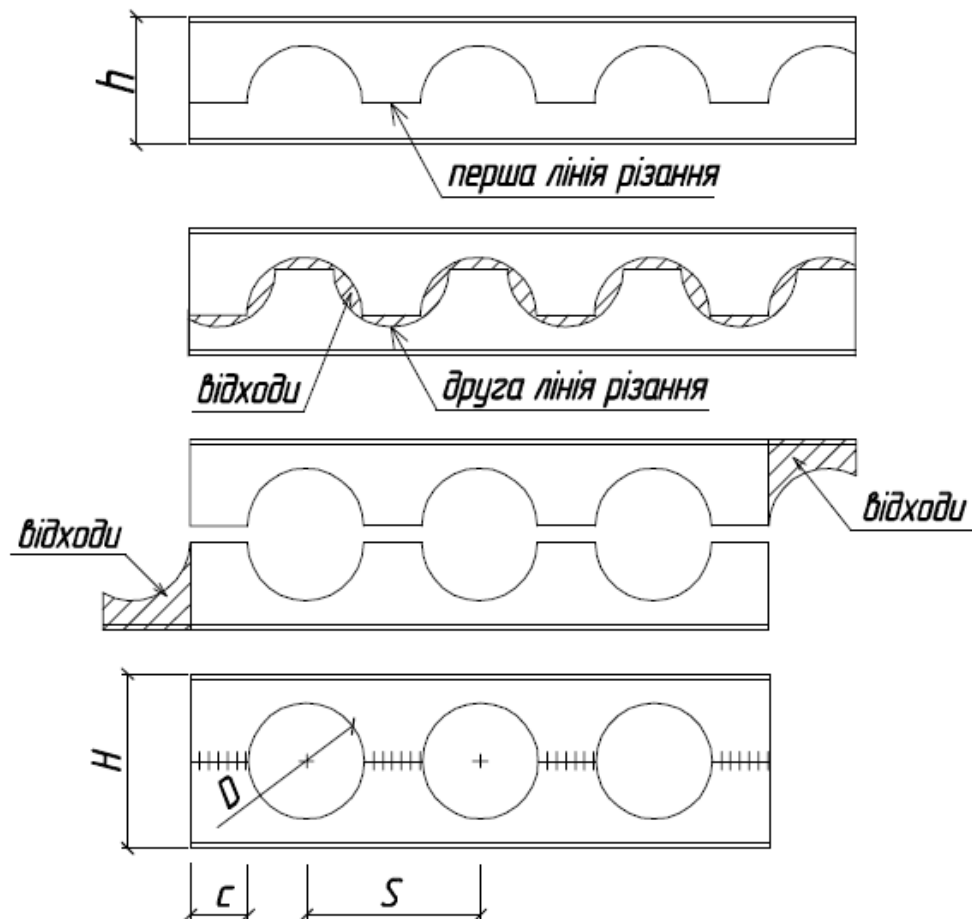


Рисунок 2.7 – Виготовлення перфорованих балок з круглими отворами

При конструюванні перфорованих балок з круглими отворами важливим етапом є процес виготовлення, адже через наявність двох ліній різання є

обмеження на можливі діаметри отворів та відстані між ними, оскільки можуть бути випадки, коли технологічно неможливо виготовити балку.

Як вже було згадано раніше для виготовлення перфорованих балок з еліпсоподібними отворами потрібно дві ліній різання (рисунок 2.8). Даний вид отворів має більше обмежень, ніж при круглій перфорації, адже вони мають меншу ширину отвору. Це накладає певні обмеження при їх виготовленні, насамперед це стосується величини c . Для цього випадку перфорації умова може виконуватись, якщо за початковий двотавр приймати високі профілі (№80Б1 - №100Б1), в інших випадках величина c буде менша 250мм.

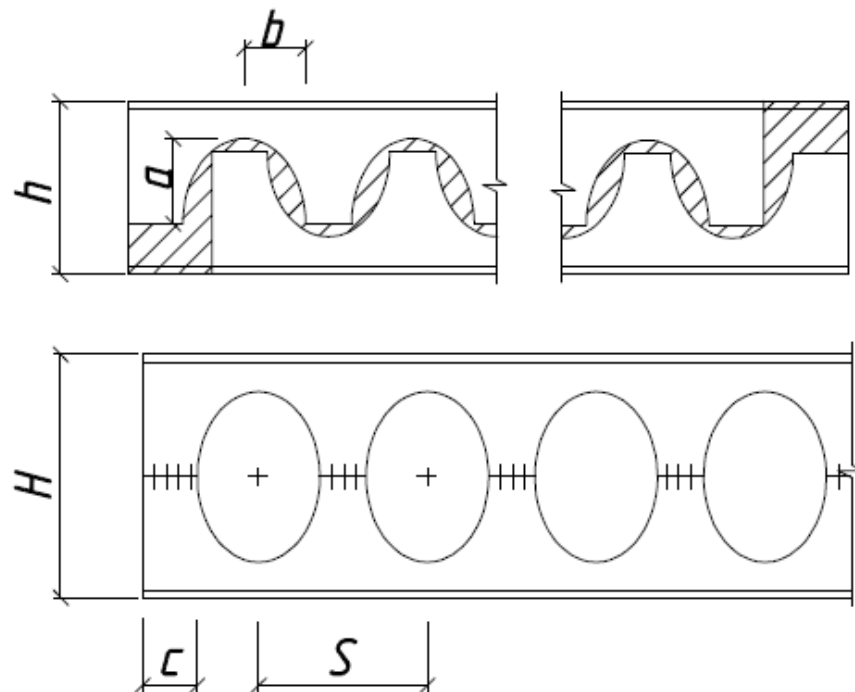


Рисунок 2.8 – Виготовлення перфорованих балок з еліпсоподібними отворами

2.3 Методика проведення досліджень

Моделювання перфорованих балок проводилось у програмному комплексі SolidWorks 2013 (рисунок 2.9), та імпортувалося в ANSYS Workbench 14.0. Балки, які розглядаються в даній роботі виготовлені з низьколегованої сталі ВСт3сп, її характеристики вводилися у програмному

комплексі ANSYS в розділі Engineering Data (рисунок 2.10). Рисунок 2.9 – Моделювання перфорованої балки в SolidWorks.

У програмі ANSYS в розділі Geometry моделювалися опорні ребра товщиною 20мм (рисунок 2.11).

Наступним важливим етапом є створення сітки скінчених елементів. В даній роботі використовувалась сітка скінчених елементів (рисунок 2.12), з тетраедрів розміром скінчених елементів 40мм, і як варіант: в околі отворів додатково задавалося згущенням сітки до 2мм.

Граничні умови задавались як для звичайної шарнірної балки, при використанні закріплення Displacement (переміщення в заданих осях).

2.4 Дослідження впливу сітки скінчених елементів на напружений стан у двотавровій балці з круглими та еліпсоподібними отворами

При оцінці напруженого стану двотаврових балок з круглими та еліпсоподібними отворами розглядались варіанти балки, виконаної з прокатного профіля №60Б2, з кінцевою висотою балки 847мм. Для балки з круглою перфорацією діаметр отвору складав 590мм, відстань між отворами $S=240$ мм, відстань до першого отвору $c=270$ мм, для балки з еліпсоподібними отворами розміри вирізів складали 425x590, відстань між отворами $S=160$ мм, відстань до першого отвору $c=190$ мм.

Для перфорованої балки з круглою перфорацією кількість отворів складала 14, для еліпсоподібної – 20 отворів.

Балки були навантажені рівномірно розподіленим навантаженням $q=50$ кН/м, величини напружень в МПа в перерізах з розмірами скінчених елементів 40мм і з згущенням сітки скінчених елементів до 2мм показані на рисунках 2.13, *a* і *b* та 2.14, *a* і *b*.

В даному випадку, для балки з круглими отворами при розмірі сітки скінчених елементів 40мм максимальні значення нормальних напружень склали 306,4МПа, а після згущення сітки в околі отворів значення напружень дорівнювали 307,34МПа.

Для балки з еліпсоподібними отворами, при розмірі сітки скінчених елементів 40мм максимальні значення нормальних напружень склали 294,27МПа, а після згущення сітки в околі отворів значення напружень дорівнювали 293,76МПа.

Рисунок 2.13 – Нормальні напруження в двотавровій балці з круглими отворами: а) сітка 40мм; б) згущення сітки в околі отворів до 2мм. Рисунок 2.14 – Нормальні напруження в двотавровій балці з еліпсоподібними отворами: а) сітка 40мм; б) згущення сітки в околі отворів до 2мм.

На основі отриманих результатів можна зробити висновок, що наявність дрібнішої сітки в районі круглого та еліпсоподібного отвору уточнює величину $\sigma_{\max}$ тільки на 0,2 – 0,3%, це свідчить про можливість оцінки рівня напружень на кромці отворів при застосуванні крупної сітки скінчених елементів.

2.5 Співставлення результатів аналітичного розрахунку перфорованої балки з шестикутними отворами та чисельними результатами ANSYS Workbench

У програмному комплексі ANSYS Workbench було проведено розрахунок перфорованої балки з шестикутними отворами, з аналогічними геометричними параметрами та навантаженнями, що й і в балці, яка розраховувалась аналітично. В ПК ANSYS Workbench, сітка скінчених елементів складала 40мм, радіус заокруглення $r = 5$ мм. Результати досліджень показано на рисунку 2.15. Нормальні напруження (а), загальні деформації (б)

Результати отримані від ANSYS Workbench та при аналітичному розрахунку зведено до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Співставлення результатів отриманих від ANSYS Workbench та при аналітичному розрахунку

	Номер отвору	Точка 1, напруження МПа	Точка 2 (верхня), напруження МПа	Точка 2', напруження МПа
ANSYS	Перший отвір	118...135	421,5	477,3
Аналітично		136	314,0	314,0
ANSYS	Другий отвір	160...173	383,6	417,7
Аналітично		180	280,0	280,0
ANSYS	Третій отвір	186...190	335,9	331,5
Аналітично		203	231,0	231,0
ANSYS	Четвертий отвір	189...192	280,2	289,9
Аналітично		204	168,0	168,0

Аналіз показує, що напруження в точці 1 при аналітичному розрахунку не перевищують 6%. Загалом варто констатувати, що в полиці напруження є приблизно однаковими для обох варіантів розрахунку.

При аналітичному розрахунку для моностаєвих балок вважається, що напруження в точці 2 (рисунок 2.16) та 2' є однаковими, проте ANSYS показав що це не так. У середньому отворі має місце різниця у 3% (більші значення в точці 2'), а ближче до крайніх отворів різниця сягає 13%. Крім того напруження в ANSYS в точках 2' є більшими на 30 - 50% в порівнянні з аналітичним розрахунком.

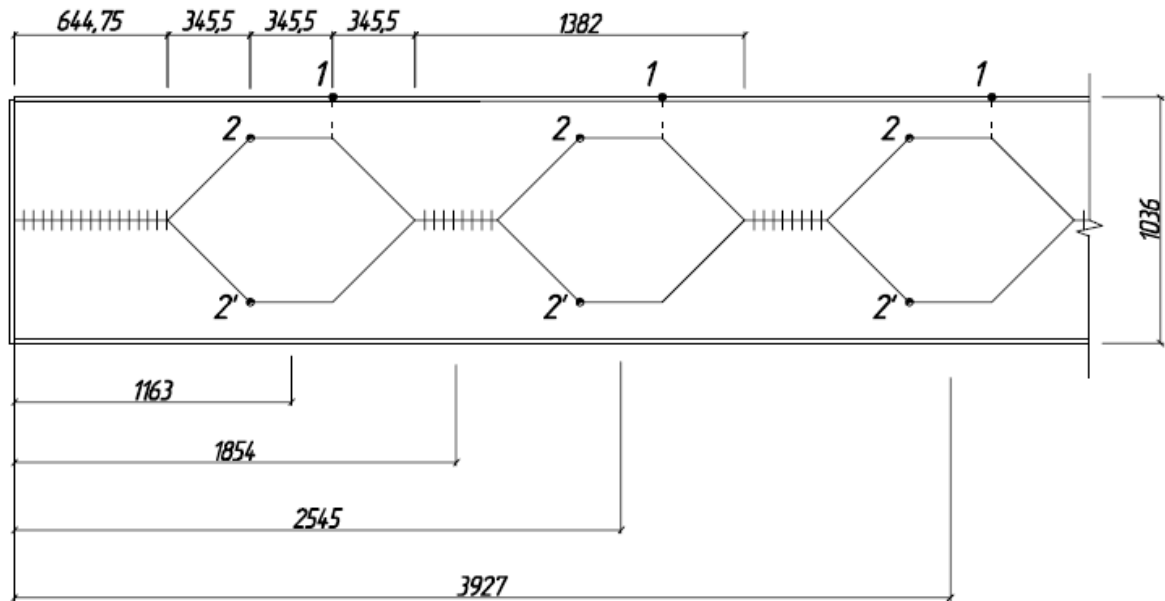


Рисунок 2.16 – Перфорована балка з двотавра №70Б1

Отже в точках 2 та 2' має місце концентрація напружень, це є основним недоліком при застосуванні перфорованих балок з шестикутними отворами.

3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Технологічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Для максимального результату при виготовленні зварних балок необхідно механізувати і автоматизувати процес, способи зварювання які застосовуються для виготовлення мають високу трудомісткість, великі затрати часу і зварювання кількома проходами. При застосуванні механізованих і автоматизованих способів зварювання, маємо можливість збільшити продуктивність, зменшити трудомісткість та покращити якість зварного шва і зварного з'єднання.

Для зварювання балок товщиною 12 мм можна застосовувати декілька способів зварювання: ручне дугове багато прохідне, автоматичне та напівавтоматичне зварювання під флюсом, захисним газом.

При виборі способу зварювання необхідно враховувати товщину металу, масовість виробництва, вимоги до зварювання та затрати часу на виріб.

Застосування ручного дугового зварювання є можливим але цей процес має значні затрати часу і при тому вимагає високою кваліфікації зварника. Найбільшим недоліком цього способу є мала продуктивність процесу.

При зварюванні напівавтоматичним способом в захисних газах складність автоматизації є обмежена, тому що необхідно проводити розроблення кромки, це означає, що потрібно більше робочого персоналу при умові більшого виробництва.

Як правило, зварювання низьколегованих сталей проводять у вуглекислому газі чи під флюсом, напівавтоматичним чи автоматичним дуговим зварюванням.

Для забезпечення необхідних механічних властивостей металу шва і високої стійкості проти утворення кристалізаційних тріщин і пор при зварюванні високолегованих і низьколегованих сталей застосовують зварювальні матеріали, які знижують схильність утворення тріщин, а саме легують кремнієм і марганцем.

Напівавтоматичне зварювання у вуглекислому газі можна виконувати у всіх просторових положеннях. Розширення області його застосування відбувається за рахунок заміни ручному дуговому зварюванню.

Широкого використання незважаючи на складність і високу вартість обладнання набуло автоматичне дугове зварювання під флюсом. Використання такого способу зварювання дає змогу забезпечити стабільність режимів зварювання і забезпечення якості виконання зварного шва.

Автоматичне зварювання має ряд переваг перед напівавтоматичним:

- а) висока продуктивність, перед напівавтоматичним чи РДЗ;
- б) не потрібен кваліфікований зварник, тільки оператор;
- в) економія зварювальних матеріалів;
- г) можливість забезпечення набагато глибшого проплавлення за один прохід.

Одним з важливих недоліків є неможливість використання автоматичним дуговим зварюванням під флюсом, швів в різних просторових положеннях.

Отже, враховуючи специфіку різних способів зварювання та особливостей технології і техніки зварювання низьколегованих і високолегованих сталей, вибираємо для виготовлення двотаврової балки напівавтоматичне зварювання в середовищі захисного газу.[

3.2 Вибір зварювальних матеріалів

Як правило при зварюванні, як присадковий матеріал використовується зварювальний дріт, отриманий гарячим прокатуванням або волочінням після гарячого прокатування. На основі марки сталюого дроту для зварювання розроблено державний стандарт ГОСТ 2246-70 «Дріт сталевий зварювальний», в якому регламентовано хімічний склад 77 марок зварювального дроту. Стандарт регламентує тільки хімічний склад і розміри дроту, так як механічні властивості металу шва залежить від багатьох факторів.

Вибір зварювального матеріалу визначається умовами отриманими бездефектних структур металу шва, що задовольняє по своїх властивостях вимоги, які висуваються до нього умовами експлуатації конструкції.

В більшості випадків при зварюванні низьколегованих сталей шви без пор отримують при застосуванні кремніємарганцевих електродних матеріалів, що забезпечить малу забрудненість металу шва оксидними включеннями, які в свою чергу суттєво впливають на структуру металу шва, ослаблюючи її.

Отже, зварювання двотаврової балки зі сталі ВСт3сп проводимо дротом суцільного поперечного перерізу марки Св08Г2С . Дані марки дроту придатні для зварювання у всіх просторових положеннях, а наплавлений метал формується добре розкисленням завдяки достатньому вмісту кремнію і марганцю, з високими властивостями міцності і пластичності.

Хімічний склад дроту Св08Г2С приведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад дроту Св08Г2С згідно ГОСТ2246-70 [4,с. 6]

Вміст елементів, %						
С	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
			не більше			
0,05-0,11	0,70-0,95	1,8-2,1	0,20	0,25	0,025	0,03

В якості захисного газу використовуємо суміш - аргон+вуглекислий газ ($Ar + CO_2$) у співвідношенні 75%-25% відповідно.

Ця суміш забезпечує крупнокапельне перенесення електродного металу, при цьому CO_2 посилює проплавлючий вплив аргону, формуючи при цьому пологий профіль шва. З іншого боку, аргон дозволяє стабілізувати горіння дуги, зменшити розбризкування і поліпшити формування шва. Однак, оскільки мова йде про крупнокапельний режим переносу металу, невелике розбризкування буде присутнє в будь-якому випадку, навіть при оптимальних настройках параметрів зварювання.

3.3 Вибір та підбір параметрів режиму зварювання

Розрахунки і вибір параметрів режиму напівавтоматичного зварювання в вуглекислому газі та таврових швів з маловуглецевої звичайної якості сталі товщиною 12 мм (рис 3.1):

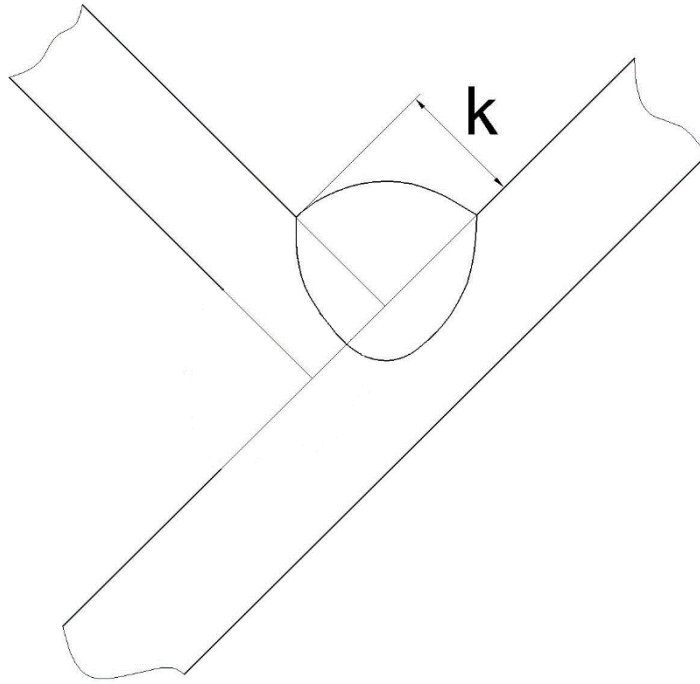


Рисунок 3.1 Загальний вигляд таврового шва

Згідно з ГОСТ 14771-76 для товщини металу 12 мм вибираємо зварювання без розроблення кромки з наступними конструктивними елементами :

- зазор між зварюваними виробами (e) - 1...0,5мм;
- ширина шва (b) -10 мм;
- величина підсилення шва (a)- 1,5...1 мм.

Визначаємо глибину проплавлення за формулою :

Для двобічного зварювання:

$$h = (0,7 \dots 0,8) \cdot S, \text{ мм} \quad (3.1)$$

$$h = 0,8 \cdot 12 = 9,6 \text{ мм}$$

Визначаємо діаметр зварювального дроту з таблиці 3.2 [9, с. 4]:

Таблиця 3.2 - Залежність діаметру електродного дроту ($d_{\text{ел}}$) від товщини варюваного металу (S) [9, с. 4]:

<u>Товщина металу</u> (S), мм	0,8-2,0	3,0-6,0	8,0-14,0	16,0-20,0	22,0-40,0
<u>Діаметр дроту</u> ($d_{\text{ел}}$), мм	0,8-1,2	1,2-1,6	1,2-2,0	1,4-3,0	1,6-4,0

Для сталей товщиною 12 мм вибираємо електродний дріт діаметром 1,2 мм марки Св-0,8Г2С за ГОСТ 2246-70;

Розраховуємо величину зварювального струму за формулою, взявши значення K_a з таблиці 2.6 [9, с. 4]:

$$I_{\text{зв}} = \frac{h}{K_a} \cdot 100; \quad (3.2)$$

$$I_{\text{зв}} = \frac{9,6}{2,10} \cdot 100 = 450 \text{ А};$$

Таблиця 3.3 – Залежність коефіцієнта (K_a) від діаметру електродного дроту ($d_{\text{ел}}$) [2, с.193]

$d_{\text{ел}}, \text{ мм}$	1,2	1,4	1,6	2,0	3,0	4,0	5,0
$K_a, \text{ мм/100А}$	2,10	2,0	1,75	1,55	1,45	1,35	1,20

Уточнюємо діаметр електродного дроту за формулою, з врахуванням даних таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Залежність густини струму (j) від діаметру електроду ($d_{ел}$) при зварюванні стикових швів без розроблення кромки таблиця [9, с. 5]:

Діаметр електроду($d_{ел}$), мм	1,2	1,4	1,6	2,0	3,0	4,0	5,0
Густина струму (j), А/мм ²	100- 300	90- 250	80- 230	65- 200	45-90	35-60	30- 50

$$d_e = 1,13 \sqrt{\frac{I_{зв}}{j}}; \quad (3.3)$$

$$d_e = 1,13 \sqrt{\frac{450}{100}} = 2,39 \text{ мм};$$

Приймаємо діаметр електродного дроту 2,4 мм;

Визначаємо виліт електроду за таблицею [9, с. 6]. Виліт електроду вибираємо рівним 18 мм;

Розраховуємо напругу дуги за формулою:

$$U_D = 20 + \frac{50 \cdot I_{зв}}{1000 \cdot \sqrt{a}} \pm 1; \quad (3.4)$$

$$U_D = 20 + \frac{50 \cdot 450}{1000 \cdot \sqrt{2,4}} \pm 1 = 32 \text{ В};$$

Розрахована напруга дуги також відповідає даним таблиці [9, с. 5]:
розраховуємо швидкість подачі дроту за формулою:

$$V_{п.д} = \frac{\alpha_p \cdot I_{зв}}{F_{ел} \cdot \gamma}, \text{ м/год}; \quad (3.5)$$

$$V_{п.д} = \frac{7,6 \cdot 10^{-3} \cdot 450}{1,13 \cdot 10^{-6} \cdot 7800} = 38 \text{ м/год};$$

приймаємо - $V_{п.д}=40$ м/год.

Визначаємо швидкість зварювання за формулою [9, с. 7] параметри шва відомі попередньо вирахувавши площу поперечного перерізу наплавленого металу з одного боку за формулою [9, с. 7]:

$$V_{зв} = \frac{A}{I_{зв}}; \quad (3.6)$$

Таблиця 2.8 - Значення коефіцієнта (A) в залежності від діаметра електродного дроту ($d_{ел}$) [2,с.194]

$d_e, \text{мм}$	1,2	1,6	2,0	3,0	4,0	5,0
A,	(2-5)	(5-8)	(8-12)	(12-16)	(16-20)	(20-25)
$A \cdot \text{м/год}$	$\cdot 10^3$	$\cdot 10^3$	$\cdot 10^3$	$\cdot 10^3$	$\cdot 10^3$	$\cdot 10^3$

$$V_{зв} = \frac{(2 \dots 5) \cdot 10^3}{450} = 5 \dots 12 \text{ м/год};$$

Так, як зварювання напівавтоматичне, то зварник повинен орієнтуватися на цю швидкість.

Визначаємо витрати вуглекислого газу по таблиці [9, с. 8]:. Орієнтовні витрати вуглекислого газу за ГОСТ 8050-76 повинні складати 16 л/хв.

Таблиця 3.5 - Витрати вуглекислого газу в залежності від діаметру електродного дроту і відстані сопла пальника до поверхні виробу [9, с. 8]:

<u>Діаметр дроту, мм</u>	0,5-0,8	1,0-1,4	1,6-2,0	2,5-3,0
<u>Витрата газу, л/хв</u>	5-8	8-16	15-20	20-30
<u>Відстань від сопла до виробу, мм</u>	7-10	8-14	12-18	16-22

Витрати вуглекислого газу 16 л/хв.

Відстань від сопла пальника до поверхні виробу повинна бути в межах 8...14 мм.

Відстань від сопла пальника до виробу вибираємо рівним 8-14мм.

Таблиця 3.6 - Розрахункові параметри режимів зварювання:

Таврове з'єднання 12мм.
$h = 9,6$ мм.
$I_{зв} = 450$ А.
$d_s = 2,4$ мм.
$UD = 32$ В.
$V_{п,д} = 40$ м/год.
$V_{зв} = 5 \dots 11$ м/год.

3.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Обладнання для дугового зварювання в середовищі захисних газів може бути універсальними і спеціалізованим. Особливістю обладнання для зварювання в захисних газах є те, що воно включає в себе вузли, агрегати і допоміжні пристрої, призначені для газового зварювання металу шва і прилягаючої зони від дії повітря. Технічні і конструктивні особливості джерела живлення апарата з приладами керування і регулювання процесу обумовлюється технологічним процесом зварювання в захисних газах [8, с. 94].

Джерела живлення зварювальної дуги повинні відповідати таким вимогам :

- а) забезпечити необхідні для даного технологічного процесу силу струму дуги і напругу на дузі,
- б) мати необхідний вид зовнішньої характеристики, щоб виконати умову стабільного горіння дуги,
- в) мати такі динамічні властивості, які б забезпечували нормальне збудження дуги і мінімальний коефіцієнт розбризкування.

Потужність джерела живлення визначається силою необхідного зварювального струму для даного технологічного процесу (5, с.129).

Апарати, в яких подача електродного дроту механізована, а переміщення

пальника вздовж шва здійснюється зварювальником вручну називають напівавтоматами. В напівавтоматах для зварювання плавленням електродом в захисних газах електродний дріт з допомогою електричного приводу і механізму подачі подається з касети по гнучкому шлангу до зварювального пальника. Привід до пальника зварювального струму, захисного газу і ланцюгів керування також здійснюється гнучкими кабелями і трубами, об'єднаних в один шланг [9,с.103].

Для механізованого зварювання в середовищі вуглекислого газу використовуємо зварювальний напівавтомат типу Tesla MIG/MAG/MMA 500 S (рисунок 3.2). Напівавтомат дозволяє зварювати шви на матеріалах товщиною 12 мм.



Рисунок 3.2. Зварювальний напівавтомат Tesla MIG/MAG/MMA 500 S

Таблиця 3.3 Технічна характеристика Tesla MIG/MAG/MMA 500S:

<u>Тип</u>	<u>Напівавтомат</u>
<u>Живлення</u>	380 В
<u>Потужність</u>	19.5 кВт
<u>Сила струму</u>	40 - 500 А
<u>Діаметр електрода</u>	1.6 - 8 мм
<u>Діаметр зварювального дроту</u>	<u>сталевий дріт 1-2.6 мм</u>
<u>Вид охолодження</u>	<u>повітряне</u>
<u>Вага</u>	62 кг
<u>Розміри</u>	640x330x620 мм

Зварювальний напівавтомат Tesla MIG/MAG/MMA 500S-багатофункціональний трифазний агрегат, з яким проводять три види зварювання: дугове зварювання суцільним дротом, застосовуючи захисну газову середовище, дугове зварювання порошковим самозахисного дротом, без використання газу і електродугову ручну зварку штучними електродами з різним покриттям. Розрахована ця професійна модель для промислового використання, в складних робочих умовах. Зварювати з ним можна металеві вироби з різною товщиною і такі види металу як: сталь - вуглецеву, з низьким і високим вмістом домішок, сплави. Високу надійність і довговічність цього агрегату забезпечує використана при його створенні інноваційна інверторна технологія. Пристрій подачі у апарату виносне, і в ньому є система захисту: для дроту на бобіні і механізму протягання дроту. До додаткових плюсів моделі можна віднести: можливість плавного регулювання згасання дуги, регулювання індуктивності, догорання дроту, тестова перевірка газу, уповільнена подача дроту, при підпал дуги, ініціювання холостого прогону дроту. Інтерфейс у нього простий і зручний. Два цифрових дисплея відображають всі параметри зварювального процесу.

Таблиця 3.4 – Технічна характеристика пальника типу MB EVO PRO 550

Номінальний зварювальний струм, А	550
Діаметр електродного дроту, мм	1,0 – 2,6
Довжина шлангів, м	5
ПВ при максимальній силі струму, %	60



Рисунок 3.3 – Загальний вигляд пальника MB EVO PRO 550

3.5 Вибір методу контролю якості виробу.

Вибір методів контролю якості визначається характером отримання необхідної інформації, особливостями контролюючого об'єкту є можливість його застосування в конкретних виробничих умовах. Зовнішні дефекти зварних з'єднань виявляють візуальним методом контролю. Його проводять неозброєним оком, або з використанням лупи. Це проста, але дуже важлива контрольна операція. Її необхідно виконувати старанно і кваліфіковано, з обов'язковою реєстрацією всіх зовнішніх дефектів для їх аналізу і виявлення причин.

Своєчасне усунення дефектів, виявлених візуальним оглядом і виявлення їх причини появи дозволяє оперативно регулювати якість і зменшити об'єми наступних етапів не руйнуючого контролю [8,с.114].

Для визначення внутрішніх дефектів зварних швів (тріщин, непроварів, неметалевих включень)застосовують радіаційний і ультразвуковий методи контролю; в окремих випадках можна застосовувати магнітний, а також перевірку на герметичність.

Контролю магнітним методом піддають лише феромагнітні матеріали. Складність перевірки становлять габарити виробу, так як для такого виробу необхідний досить великий і потужний електромагніт.

В основі радіаційних методів контролю лежить іонізуюче випромінювання в формі рентгенівського променя і гама – випромінювання. Контроль зварних з'єднань радіоактивними методами встановлений на зміні рентгенівського і гама – випромінювання в результаті втрат частини енергії при проходженні ними через матеріал в залежності від його густини і товщини. На отриманому рентгенівському знімку можна побачити темні і світлі ділянки, різна зміна кольору ділянки шва означає зменшення чи збільшення густини металу, а також можливість наявності дефекту.

Недоліком радіаційного методу контролю є низько виявляюча здатність площинних дефектів, тривалість процесу, використання дефіцитної плівки.

Ультразвукова дефектоскопія базується головним чином на одному з двох методів.

Перший метод. Дефекти виявляються зменшенням амплітуди сигналу, як при імпульсному, так і при неперервному випромінюванні. Ці методи носять назву тіньовий і дзеркально-тіньовий. Вони мають добру перешкодо-стійкість, але для використання тіньового методу необхідний двобічний доступ до дефекту. Дзеркально-тіньовий метод не потребує двобічного доступу до з'єднання, дозволяє визначати дефекти в корневих швах стикових з'єднань.

Ці два тіньових методи можуть використовуватися при контролі об'єктів з грубо обробленими поверхнями. Ці методи успішно застосовують для контролю стиків арматури залізобетону періодичного профілю.

Другий метод – це використання відбитку ультразвукових хвиль від несучільностей контролюючої деталі, які мають відмінний від основного металу акустичний опір. Знімається і реєструється відбита хвиля.

Вказаний метод називається ехо-імпульсним, так як озвучування об'єкту проводиться короткими неперервними імпульсами. Ознакою дефекту є поява на екрані приймача ехо-сигналів. Ехо-імпульсний метод використовується для контролю всіх основних видів зварних з'єднань – стикових, кутових, напусткових, таврових. Виявлення дефектів має місце для елементів товщиною до 1000 мм і навіть більше.

Дефекти площею до $0,7 \text{ мм}^2$ виявляються на глибині до 100 мм. Контроль здійснюється при однобічному підході до з'єднання, використовується один перетворювач для випромінювання і приймач для прийняття і підсилення сигналу.

Отже, для виявлення внутрішніх і зовнішніх дефектів використовуємо зовнішній огляд, та з урахуванням відповідальності конструкції застосовуємо ультразвуковий ехо-імпульсний метод контролю.

3.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення виробу.

Технологічний процес виготовлення виробу складається з таких операцій:

- заготівельні;
- складально-зварювальні;
- опоряджувальні;
- допоміжні;
- контрольні.

3.6.1 Заготівельні операції

Для отримання заготовок, що підлягатимуть складанню потрібно виконати такі операції:

- зачищення;
- правлення;
- різання;

Деталі двотаврової балки, з яких вона складається виготовляють з листового металу товщиною 12 та 20 мм.

Технологічний процес виготовлення виробу з листів починається з підготовки листів, різання, може включати наступні операції: правлення, зачищення.

Різання виконується плазмовим різакom Hypertherm Powermax 105 та установкою з ЧПУ MASTER CUT (Рис. 3.4)



Рисунок 3.4. Загальний вигляд плазмового різакa Hypertherm Powermax 105 та установки з ЧПУ MASTER CUT.

Плазмовий різак Powermax 105 створений для різання металу з товщиною до 50 мм. Для роботи необхідно зовнішнє джерело стисненого

повітря або азоту з продуктивністю не нижче 260 л/хв і тиском 6 атм. Особливості Powermax 105: Адаптація до стрибків напруги і високої напруги до 600 В. Автоматичне визначення виробленого ресурсу витрачених матеріалів. Довгий кабелі живлення – 3м і довгі дроти різачка – 7,6м. ЖК дисплей, де показуються всі параметри різання. Можливе сполучення з ЧПУ. Висока швидкість плазмового різання металу: 500 мм/хв – для товщини до 32мм; 250 мм/хв – для товщини до 38; 125 мм/хв – для товщини до 50мм. Таблиця 3.5 Технічні характеристики плазмового різачка Hypertherm Powermax 105.

Сила струму	30-105 А
Швидкість різки	6000 м/с
Автоматична система подачі газу	
Робочий цикл, %:	70-80
Подача газу	чисте повітря або азоту
Маса	45 кг
Габаритні розміри	670(Д)х655(В)х427(Ш) мм

Перед зварювання необхідно візуально перевірити деталі виду згідно вимогам креслення і технологічного процесу. Для виконання складальної операції застосовуємо пристосування, де прихвачують деталі згідно креслень для подальших операцій.

Першочергово зварювальні роботи проводимо при прихвачуванні виробів на складальних стендах. В цьому випадку основним завданням є правильне встановлення виробу і дотримання необхідного зазору між кромками.

Після прихвачування виконуються основні зварювальні роботи, при яких необхідно забезпечити утворення надійного зварного з'єднання деталей між собою з забезпеченням необхідної герметичності і міцності.

Зварювальні операції

При зварюванні швів балки необхідно строго дотримуватися послідовності їх виконання. Інакше балка сильно деформується.

Опоряджувальні операції

Після виконання зварювальних робіт проводимо зачищення швів, видалення металевих бризок з поверхні виробу. Для опоряджувальних операцій використовуємо як ручні так і механічні методи зачищення.

До ручних інструментів, які використовуються відносяться: молоток, зубило, металева щітка. До механічних методів: пневмошліфмашини, шліфувальні верстати. Після зачищення виріб піддають методам контролю на наявність внутрішніх і зовнішніх дефектів.

Допоміжні операції

При виготовленні даного виробу до допоміжних операцій відносять:

- налагоджувальні;
- перевантажувальні;
- піднімально-транспортні операції;
- роботи з приймання і видавання інструменту, зварювальних матеріалів.

Перед початком зварювання проводимо налагоджувальні роботи з обладнанням, початковий виліт електродного дроту з метою запобігання пор і поганого формування початку шва при зварюванні.

Контрольні операції якості зварювального виробу

Контрольні операції містять комплекс операцій на кожному етапі виготовлення зварної конструкції, такі як:

- а) контроль вихідних зварювальних матеріалів;
- б) контроль зварних матеріалів;
- в) контроль якості заготівельних, складальних, опоряджувальних операцій та операцій зварювання;
- г) контроль зварних з'єднань і готової продукції.

Контроль готової продукції проводиться в два етапи:

1 етап. Контроль зовнішнім оглядом (візуальний контроль), при якому виявляються дефекти зовнішньої частини шва;

2 етап. Контроль ехо-імпульсним методом, при якому є можливість виявлення внутрішніх дефектів. За допомогою ультразвукового дефектоскопа NOVOTEST УД-3701.

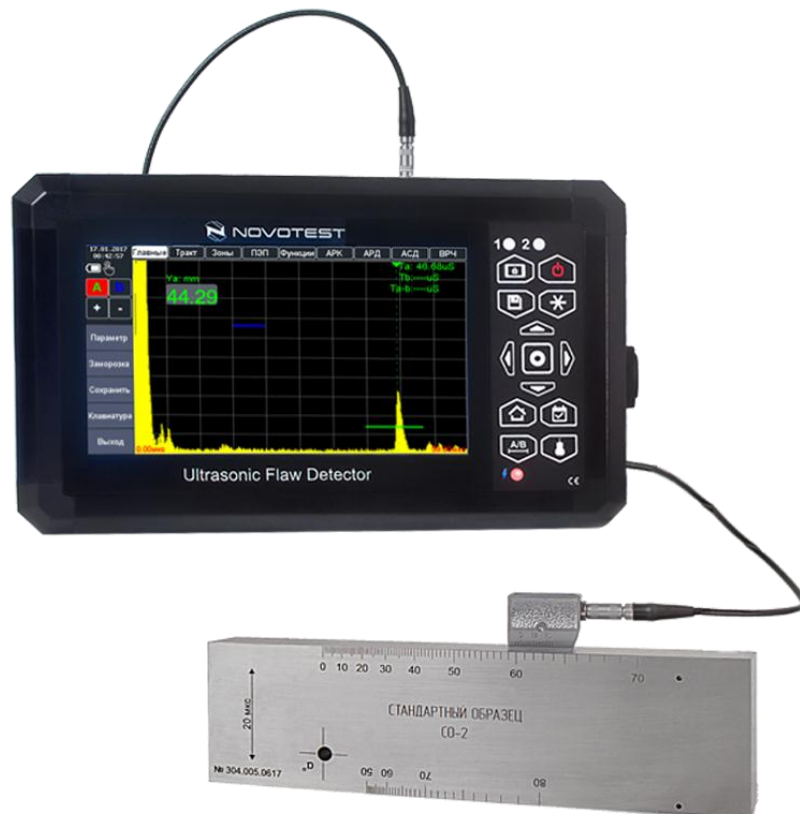


Рис. 3.6 – Зовнішній вигляд дефектоскопа NOVOTEST УД-3701

3.7 Нормування витрат зварювальних матеріалів та електроенергії

При нормуванні витрат зварювальних матеріалів користуються питомими показниками, за допомогою яких встановлюють норми витрат матеріалів на виріб. Для процесів дугового зварювання питомими показниками є показники витрат матеріалів, розраховані на 1 метр зварного шва.

Розрахунок витрат при зварюванні балки проводять для таврових швів.

Витрати зварювального дроту для виконання зварних швів визначимо за формулою [9,с.76]:

$$H_b = M \cdot k_b, \quad (3.7)$$

де M – маса наплавленого металу, кг;

k_b – коефіцієнт витрат матеріалу, що враховує технологічні втрати і відходи зварювальних матеріалів, $k_b=1.10$

Визначимо масу наплавленого металу за формулою [9,с.76]:

$$M = F \cdot \rho \cdot L, \quad (3.8)$$

де F_n – площа поперечного перерізу наплавленого металу шва, m^2 ;

ρ – густина наплавленого металу, $кг/м^3$;

L – довжина всіх швів виробу, $м$.

Згідно креслень довжина всіх швів становить, $L=24,0 м$.

$$M = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 \cdot 24 = 3,74 кг \quad M=2 \cdot 10^{-6}$$

$$H_b = 3,74 \cdot 1,1 = 4,11, кг$$

Визначимо витрату захисного газу для зварювання за формулою [9,с.75]:

$$Q_\phi = H_b \cdot K_\phi, \quad (3.9)$$

де H_b – витрати зварювального дроту на зварювання шва, кг;

K_ϕ – коефіцієнт який враховує відношення маси витраченого дроту до маси витраченого газу, $K_\phi=1,7$;

$$Q_\phi = 4,11 \cdot 1,7 = 6,99, кг$$

Визначимо витрати електроенергії для зварних швів за формулою [9,с.75]:

$$Q_e = \frac{U_\delta}{\alpha_n \cdot n \cdot R_u}, \quad (3.10)$$

де R_u – коефіцієнт роботи дуги, $R_u=0,2$;

n – коефіцієнт пропорційності, $n=0,75$;

U_δ – напруга на дузі (беремо з розрахунку розділу 3.3);

α_n – коефіцієнт наплавлення (беремо з розрахунку розділу 3.3);

$$Q_e = \frac{32}{6,5 \cdot 0,75 \cdot 0,2} = 32,8205 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Час зварювання для кожного шва розрахуємо за формулою [9,с.75]:

$$t_o = \frac{H_b}{I_{3\phi} \cdot \alpha_H} \quad (3.11)$$

$$t_o = \frac{4,11}{450 \cdot 6,5 \cdot 10^{-3}} = 46 \text{ хв}$$

4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1 Вибір типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні виробу

Вибір та розроблення пристосувань - один із етапів технологічного підготовлення виробництва виробів. Конструювання нового пристосування або модернізація існуючого проводяться на основі:

- вивчення креслень та технічних умов на зварну конструкцію, виріб. При розробленні зварних виробів питання їх технологічності часто залишаються поза увагою конструктора. Тому при проектуванні технологічного процесу, виборі та конструюванні зварювального пристосування, як правило, виникає необхідність аналізу технологічності зварної конструкції. Технологічна зварна конструкція дозволяє застосовувати більш прості та дешевші пристосування для її виготовлення;

- розроблення технологічного процесу виготовлення виробу. Рациональний технологічний процес складання і зварювання виробу повинен бути відпрацьований на рівні маршрутного або розвернутого технологічного процесу та ретельно вивчений конструктором пристосування;

- аналіз виробничої програми випуску виробу. Він вивчає складність пристосування, необхідність та доцільність його оснащення механізмами для комплексної механізації і автоматизації. Таким чином, вибір типу пристосування залежить від способу зварювання і складання, конструкції виробу, матеріалу і поперечного перерізу деталей, якості складання і зварювання, які вимагають, особливої точності розмірів, при заданій продуктивності. При цьому слід пам'ятати про необхідність істотно скоротити трудомісткість складальних і допоміжних робіт, забезпечити стабільну якість виробу, полегшити й покращити умови праці робітників. В серійному та масовому виробництвах переважає застосування механізованих швидкісних пристосувань, які приводяться в рух не м'язовою енергією людини, а енергією повітря, рідини, електроенергією. Людина займається лише керуванням

механізованих пристроїв, завантаженням і вивантаженням виробів, встановленням деталей і зніманням виробів, але є випадки коли, комплексна механізація і автоматизація утруднена технічно або в даний період економічно не вигідна;

- техніко-економічне обґрунтування найкращого варіанту пристосування із числа можливих. Вибір його чи іншого пристосування із числа можливих проводиться на основі їх техніко-економічного порівняння. Вибирають, як правило, варіант, найбільш раціональний у технічному та рентабельний економічному відношенні [12].

При технічному обґрунтуванні слід порівнювати і аналізувати: прогресивність пристосування (продуктивність, механізацію, раціональність апаратури і обладнання, можливість забезпечення якості трудомісткості, умови праці і техніки безпеки, забрудненість середовища і таке інше); тривалість виробничого циклу; габарити і масу пристосувань, площі і об'єм виробничих приміщень; необхідну кількість робітників; питому продуктивність; завантаження обладнання; вид і кількість відходів; витрати енергії та матеріалів [11].

При економічному обґрунтуванні доцільності застосування того чи іншого пристосування необхідно порівняти капітальні витрати на виробництво виробів та собівартості їх, визначити річний економічний ефект та термін окупності капітальних вкладень.

Враховуючи вищенаведені вимоги, програму випуску та особливості технологічного процесу, для виготовлення двотаврової балки використовуємо механізовану зварювальну дільницю.

4.2 Обґрунтування вибору баз при виготовленні зварного виробу.

В якості встановлювальних баз використовують три взаємно перпендикулярні площини. При накладанні на заготовку шести координатних зв'язків, вона буде позбавлена всіх степенів вільності (рис.4.2).

В якості головної базуючої поверхні необхідно вибрати поверхню, яка має найбільші габаритні розміри, а в якості направляючої - поверхню з найбільшою довжиною.

Часто точного положення заготовки у всіх трьох координатних площинах не вимагається, обмежуються спрощеним базуванням по двох або одній площині (рис.4.3).

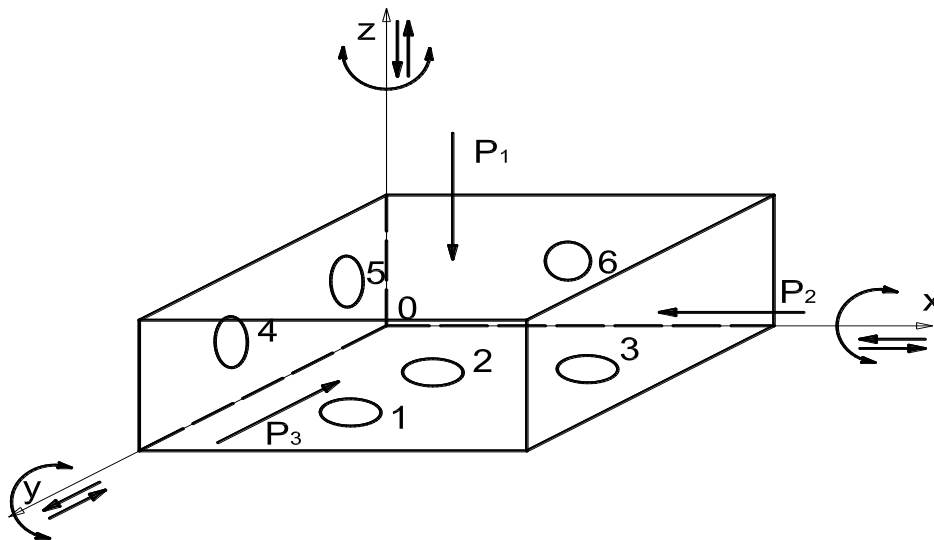
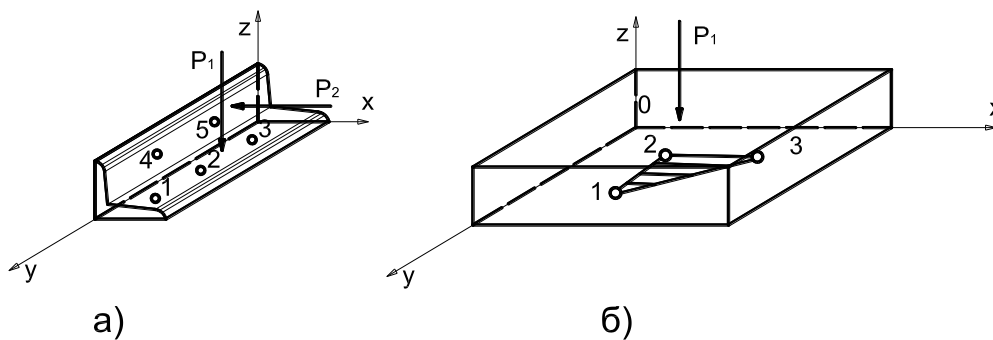


Рисунок 4.2- Базування призматичної деталі



а - базування по двох площинах; б- базування по одній площині

Рисунок 4.3 - Схеми базувань деталей

Для кожної конкретної деталі, форма її поверхні визначає форму поверхні і тип встановлювальних деталей пристосування. Таким чином, конструкція встановлювальних елементів, пристосування буде залежати від правильності вибору базових точок, ліній та поверхонь на деталях, які входять в склад тої чи іншої складальної одиниці.

В нашому випадку балку слід позбавити шести степеней вільності, так як заготовка не повинна переміщатися в процесі її прихоплення зачищення і тому подібне. Тому в якості базуючої поверхні і направляючої вибираємо вертикальну стінку двотаврової балки.

На рисунку 4.4 приведено схему базування гофрованої балки в установці для складання та прихоплення.

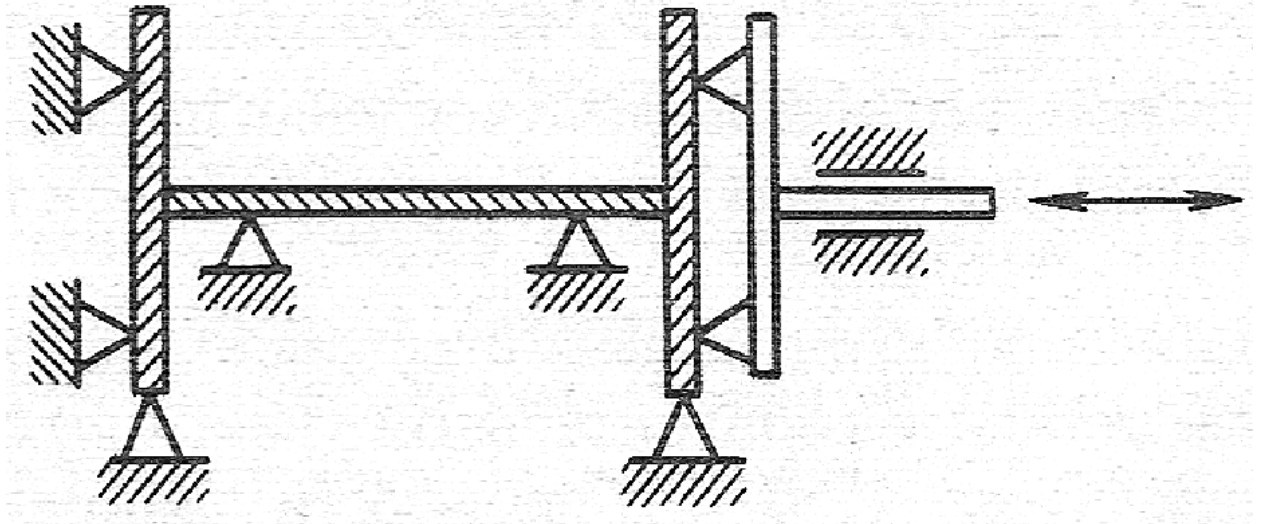


Рисунок 4.4 – Схема базування двотаврової балки заготовки

4.3 Вибір типу упорів.

Установочні елементи (фіксатори) - це опорні елементи, що утворюють базові поверхні пристрою та забезпечують фіксування заданого положення заготовки в пристрої при складанні вузла у відповідності з правилом шести опорних точок. Фіксатори повинні відповідати наступним вимогам:

- а) забезпечення необхідної точності установа деталей зварного виробу;
- б) зручність установа деталей в складальному пристрої;
- в) вільний доступ до місць прихваток та зварювання;
- г) достатня міцність та жорсткість, що відвертає деформацію виробу в процесі зварювання;
- д) забезпечення можливості вільного зйому звареного виробу з пристрою.

Для устанавлення та нерухомого закріплення деталі при складанні необхідно позбавити її 6-ти ступенів свободи, тобто забезпечити шість точок опори для кожної деталі. Три точки опори фіксують установочну поверхню, за котру вибирають найбільшу за площею або механічно оброблену. Дві точки опори фіксують напрямну поверхню, а одна точка опори фіксує упорну поверхню. Бажано кожну деталь вузла, що складається, фіксувати незалежно. Ознакою класифікації фіксаторів є метод фіксування заготовок в пристрої. За методом фіксування заготовок в пристрої фіксатори поділяють на упори, опори, установочні пальці, призми та шаблони знімні.

Упори реалізують схему базування заготовок по боковим плоским поверхням. Упори бувають постійні, знімні, відкидні, відводні та поворотні. Постійні упори служать для фіксації однієї або двох деталей в горизонтальній площині, або для закріплення деталей при складанні в горизонтальній та вертикальній площинах. Упори приварюють до основи пристрою або пригвинчують з фіксуванням штифтами.

В процесі роботи їх опорні поверхні швидко спрацьовуються, в результаті чого погіршується точність складання. У зв'язку з цим упори мають змінні базові платики, які виготовляють зі сталей, що загартовуються. Розміри упорів приймають виходячи з технологічних та конструктивних факторів.

Для встановлення деталей по отворах застосовують постійні відкидні і знімні встановлювальні пальці та штирі (рис. 4.4)

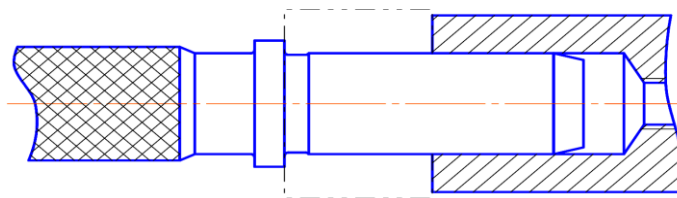


Рис. 4.4 – Установлювальний знімний палець.

Постійні пальці жорстко закріплені на пристосуванні - за допомогою зварювання, запресування або кріпильної різьби. Знімні і відкидні пальці

використовують, якщо застосування постійного пальця утруднює встановлення або знімання деталей.

Для встановлення деталей зварюваного вузла за іншими, раніше встановленими деталями цього ж вузла, використовують шаблони.

4.4 Вибір типу затискних елементів складально-зварювальних пристосувань та їх розрахунок.

Затискні елементи (механізми), до яких відносяться притискачі та затискачі, призначені для закріплення деталей зварюваного виробу в процесі складання і зварювання після їх встановлення в пристосування.

Притискачі і затискачі повинні забезпечити:

- правильне прикладання та напрямок притискного зусилля для закріплення деталей без зсувів відносно встановлених баз;
- надійне закріплення деталей на протязі всього процесу складання та зварювання;
- можливість зручного встановлення деталей в пристосування, зручність при зварюванні вузла, а також можливість знімання виробу із пристосування після зварювання;
- зручний підхід до них для легкого приведення в дію (для ручних пристосувань);
- безпечність в роботі

Притискачі можуть бути ручними та механізованими.

Механізовані притискачі забезпечують відносно великі притискні зусилля, скорочення трудомісткості складальних операцій, підвищення рівня механізації та полегшення умов праці.

Ручні притискачі поділяють на клинові, гвинтові, ексцентрикові, важільні, байонетні. За видом приводу механізовані притискачі діляться на пневматичні, гідравлічні, пневмо-гідравлічні електромагнітні, з постійним магнітом. В деяких випадках притискачі об'єднують з упорами або фіксаторами і виконують у вигляді комплексного вузла

переналагоджувальних та універсально-складальних пристосувань. Встановлювальні та затискні елементи виготовляють знімними та регульованими [2].

Роликові стенди призначені для обертання циліндричних і конічних виробів зі швидкістю зварювання при автоматичному зварюванні кільцевих швів, а також для обертання виробів з маршовою швидкістю та встановлення їх в зручне положення для зварювання, складання, обробки і контролю. За допомогою роликових стендів забезпечується також зварювання поздовжніх швів обичайок з використанням зварювальних тракторів чи самохідних візків з підвісними зварювальними головками.

Для збільшення сили зчеплення та забезпечення плавності обертання зварюваного виробу усі ролики облаштовані гумовими вантажними шинами.

4.5 Розрахунок необхідних зусиль притискання елементів зварного виробу

Для складання двотаврової балки та утримування її підчас прихоплення необхідно спроектувати притискні елементи пристосувань для затискання деталей. Розрахунок зусиль притискання досить трудомісткий. Такі зусилля необхідні для обмеження переміщень, що виникають внаслідок деформування в процесі зварювання і наступного охолодження, а також для затискання деталей при складанні і забезпеченні відсутності зазорів між деталями виробу.

Враховуючи виробничий досвід багатьох машинобудівних заводів і проектних організацій для закріплення деталей, зусилля кожного окремого затискача вибирають в межах 2...6 кН [12,с.40].

Враховуючи масу виробу, вибираємо зусилля притискання деталей величиною 4 кН.

Ланцюгові кантувачі призначені для кантування довгих балкових конструкцій, профіль яких своїми зовнішніми габаритами близький до квадрату або кола. Вони дозволяють повертати зварну балку навколо її поздовжньої осі на 360° [13].

Ланцюговий кантувач (рис. 4.5) складається з декількох, розміщених на рівних відстанях на загальній рамі 9, опорних стояків 6, кожен з яких обладнаний трьома ланцюговими блоками 1, 4, 7. Через ці блоки перекинута замкнутий нескінчений ланцюг 2. У верхній своїй частині ланцюг утворює вільну провисаючу петлю - гніздо. В ці петлі - гнізда укладається зварювана балка 3. Один з верхніх блоків виконаний у вигляді ведучої ланцюгової зірочки 4. Оскільки ведучі зірочки усіх стояків з'єднані загальним приводним валом 5, то при обертанні цього вала ланцюги на всіх стояках кантувача здійснюють синхронний рух. Укладена на них балка перекочується по ланцюгам і повертається навколо своєї горизонтальної осі.

Спрямовування ланцюга в нижній блок 7 здійснюється за допомогою прямого жолоба 8, який запобігає зіскакуванню ланцюга з блоку.

Привод кантувача може бути виконаним також через нижні ланцюгові зірочки. Але у цьому випадку усі верхні блоки холості, а нижні зірочки з'єднуються загальним приводним валом, який приводиться в обертальний рух від електроприводу.

Укладання виробу в такий кантувач здійснюється за допомогою мостового крана просто і швидко, оскільки не виникає потреби його закріплення в центрах або на планшайбах. Наявність проміжних опор сприяє запобіганню утворення значного прогину зварюваної балки [13].

Схема навантаження опорного стояка ланцюгового кантувача показана на рисунку 4.6. Сила натягу ланцюгів залежить не тільки від ваги балки та кількості опорних петель, але і від ступеню провисання петель, який вимірюється кутом обхвату балки α_0 . Цей кут вважається одним з головних параметрів ланцюгового кантувача і визначається між двома прямолінійними ділянками ланцюга, що утворюються при його натягуванні силою, прикладеною до середньої точки петлі. При незмінній вазі виробу зусилля в ланцюговій петлі буде найбільшим при $\alpha_0 = 180^\circ$.

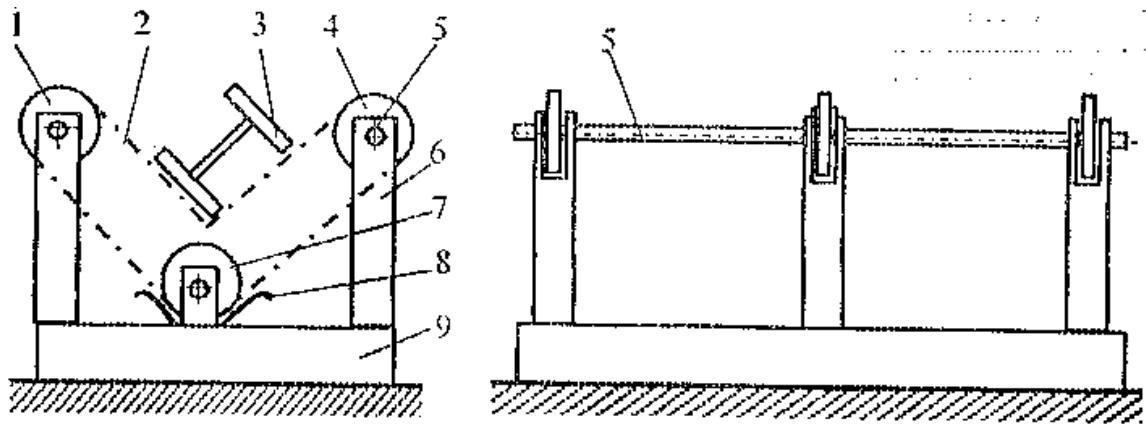


Рисунок 4.5 – Загальна схема ланцюгового кантувача

(поз. див. в тексті)

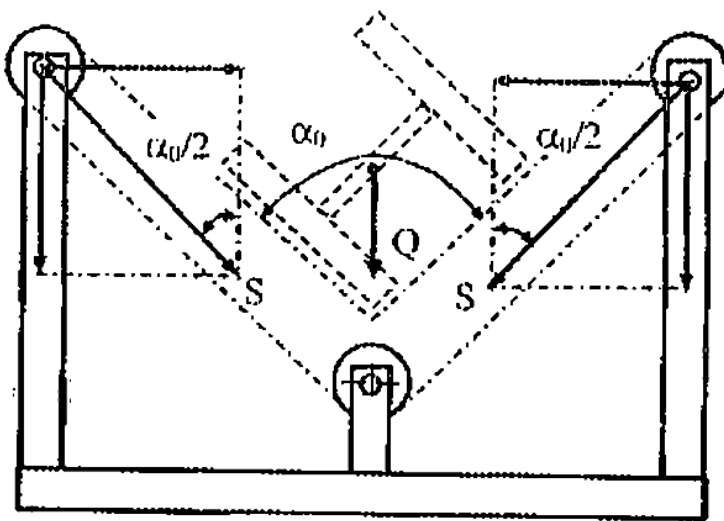


Рисунок 4.6 – Розрахункова схема ланцюгового кантувача

(поз. див. в тексті)

Підсумкова сила натягування ланцюгів P_0 в залежності від ваги виробу Q та кута обхвату α_0 для статичного стану кантувача визначається за формулою [13, с.201].

$$P_0 = \frac{Q}{2 \cos \frac{\alpha_0}{2}} \quad (4.9)$$

Q - визначається за формулою: [13, с.201].

$$Q = l \cdot F \cdot \rho \quad (4.10)$$

де l - довжина балки, $l = 10\text{м}$;

F - площа поперечного перерізу:

$$F = 2 \cdot (14 \cdot 10^{-3} \cdot 0.02) + 0.008 \cdot 0.572 = 5.14 \cdot 10^{-3} \text{м}^2;$$

ρ - густина металу; $\rho = 7800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

$$Q = 10 \cdot 5.14 \cdot 10^{-3} \cdot 7800 = 400.608 \text{ кг.}$$

Тоді:

$$P_0 = \frac{400.6}{2 \cos \frac{70^\circ}{2}} = 244.526 \text{ кг.}$$

Розрахункова сила для одиничного ланцюга: [13, с.201].

$$P_1 = \frac{P_0}{i_n} K_1 = \frac{Q K_1}{2 i_n \cos \frac{\alpha_0}{2}}, \quad (4.11)$$

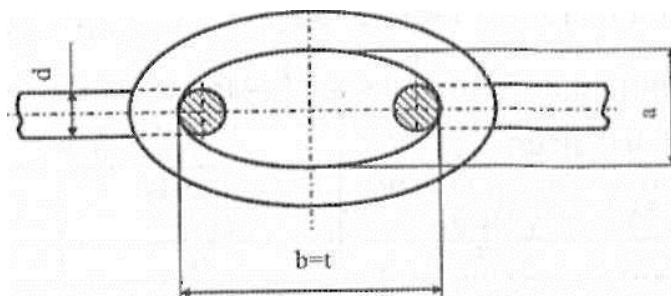
$$P_1 = \frac{400.6 \cdot 1.5}{2 \cdot 3 \cos \frac{70^\circ}{2}} = 122.26 \text{ кг,}$$

де i_n - кількість опорних ланцюгових петель;

K_1 - коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження на ланцюгах, в середньому $K_1 = 1,5$ при $i_n > 2$ і $K_1 = 1,1 \dots 1,2$ при $i_n = 2$.

Для кантувачів використовують прості зварні ланцюги (рис. 3.7). Залежно від довжини ланки розрізняють коротко-ланкові та довго-ланкові прості зварні ланцюги (таблиця 4.1). Для виготовлення таких ланцюгів використовують маловуглецеві сталі ВСт2, ВСт3 та Сталь 10, що мають границю міцності 370...450 МПа [14].

Після зварювання та калібрування ланцюги підлягають відпалюванню та випробовуванню на розрив під навантаженням рівному половині руйнівного. При цьому не допускаються залишкові деформації ланцюга.



t - довжина ланки, d - діаметр дроту ланки, a - ширина ланки

Рисунок 4.7 - Конструкція ланки зварного ланцюга

Таблиця 4.1. Розміри ланок зварних ланцюгів (ГОСТ 2319-81) [13, с.201].

Коротко-ланкова		Довго-ланкова	
a	t	a	t
1,5d	2,6d	1,5d	3,5d

Залежно від точності виготовлення коротко-ланкові та довго-ланкові ланцюги бувають калібровані ($a^{\pm 0.05d}, b^{\pm 0.05d}$) та некалібровані ($a^{\pm 0.1d}, b^{\pm 0.1d}$). Перевагу віддають каліброваним ланцюгам.

Розрахунок ланцюга на міцність виконується, виходячи з величини натягу P_1 та з урахуванням коефіцієнта динамічності K_d , який оцінює ефект ударів та поштовхів при укладанні і поворотах балки, а також з урахуванням необхідного запасу міцності K_3 .

Умова міцності ланцюга [13, с.202].

$$P_1 K_d K_3 \leq P_p \quad (4.12)$$

або, якщо підставити замість P_1 , його значення з формули (3.11), то умова міцності набере вигляд [13, с.202].

$$\frac{Q K_1 K_d K_3}{2 i_n \cos \frac{\alpha_0}{2}} \leq P_p, \quad (4.13)$$

де P_p , - сила розриву ланцюга, яка визначається за стандартом ГОСТ 2319-81 на зварні калібровані ланцюги;

$$K_d = 1.4 \dots 1.6; \text{приймаємо } K_d = 1.4 \text{ [13, с.202]}$$

$K_3 = 6 \dots 8$ для калібрового ланцюга з машинним приводом $K_3 = 8$ [13, с.202].

$$\frac{100.6 \cdot 1.5 \cdot 1.5 \cdot 7}{2 \cdot 3 \cos \frac{70^\circ}{2}} = 1369 \text{ кг.}$$

За ГОСТ 2319-81 вибираємо калібрований ланцюг з $P_p \geq 1369 \text{ кг.}$

Вибираємо ланцюг А1 – 9 × 27 ГОСТ 2319-81, для якого $P_p = 1400 \text{ кг.}$

Потужність електроприводу ланцюгового кантувача можна наближено визначити за формулою [13, с.202]

$$N = \frac{P_0 V}{\eta_0}, \quad (4.14)$$

де N - потужність приводу, Вт;

P_0 - підсумкова сила натягування ланцюгів, Н;

V - швидкість ланцюга, або колова швидкість ведучих зірочок по їх початковому колу, яка приймається в межах 0,12...0,2 м/с;

$\eta_0 = \eta_p \eta_{\Pi} \eta_L$ - загальний ККД приводного механізму, включно з зірочками, блоками та редукторами;

$\eta_p = 0,96$ - ККД циліндричного зубчастого редуктора з підшипниками кочення (з підшипниками ковзання приймається 0,94);

$\eta_{\Pi} = 0,97$ - ККД ланцюгового блока на підшипниках кочення

$\eta_L = 0,97$ - ККД зірочки на підшипниках кочення

$$\eta_0 = 0.96 \cdot 0.97 \cdot 0.97 = 0.903$$

$$N = \frac{224.5 \cdot 0.12}{0.903} = 390.57 \text{ Вт.}$$

Приймаємо двигун потужністю 0.5кВт.

Діючий на вал згинальний момент досягає максимального значення під зірочкою, де передається сила S . Ця сила дорівнює натягу двох віток ланцюга $S = 2P_1$. Після заміни P_1 його значенням з формули (4.11) одержимо: [13, с.203]

$$S = \frac{QK_1 \cdot g}{i_n \cos \frac{\alpha_0}{2}} \quad (4.15)$$

$$S = \frac{400.6 \cdot 1.5}{3 \cdot \cos \frac{70^\circ}{2}} \cdot 9.81 = 2.3 \text{ кН.}$$

Згинальний момент визначається з даним запасом за формулою [13, с.203]:

$$M_{3I} = S \cdot l, \quad (4.16)$$

де l - відстань між осями зірочки та найближчого підшипника вала, в нашому випадку $l = 90\text{мм}$.

$$M_{3I} = 2.3 \cdot 10^3 \cdot 90 \cdot 10^{-3} = 215 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Крутний момент на валу: [13, с.203]:

$$M_{кр} = P_0 \frac{D_3}{2}. \quad (4.17)$$

Початковий діаметр ведучої зірочки визначається за формулою [13, с.203]:

$$D_3 = \sqrt{\left(\frac{t}{\sin \frac{90^\circ}{z}}\right)^2 + \left(\frac{d}{\cos \frac{90^\circ}{z}}\right)^2}, \quad (4.18)$$

де t - крок ланцюга, $t = 27\text{мм}$;

d - діаметр ланцюгової сталі, $d = 9\text{мм}$;

z - кількість ячеек зірочки (приймається $z > 4$), приймаємо $z = 12$

Зірочки виготовляються литвом з чавуну або зі сталі. Для цієї мети використовують чавун СЧ 15, СЧ 18 або сталь 35Л [13] .

Таким чином буде:

$$D_3 = \sqrt{\left(\frac{27}{\sin \frac{90^\circ}{12}}\right)^2 + \left(\frac{9}{\cos \frac{90^\circ}{12}}\right)^2} = 207 \text{ мм.}$$

Таким чином крутний момент на валу

$$M_{кр} = 244.5 \cdot 9.81 \frac{207}{2} = 248.3 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Еквівалентний розрахунковий момент на валу, Н м [13, с.203]:

$$M_e = \sqrt{M_{3I}^2 + M_{кр}^2} \quad (4.19)$$

$$M_e = \sqrt{215^2 + 248.3^2} = 328.95 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунковий діаметр вала [13, с.203]:

$$d = \sqrt[3]{\frac{10M_e}{[\sigma]}}, \quad (4.20)$$

де $[\sigma]$ - межа міцності для сталі 30ХГСА, $[\sigma] = 650\text{МПа}$ [15]

$$d = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 328.95}{650 \cdot 10^6}} = 0.035\text{м} = 35\text{мм}.$$

Приймаємо діаметр вала $d = 35\text{мм}$.

На вісь ланцюгового блока або холостої зірочки діє згинальний момент [13, с.204]:

$$M_{32} = \frac{SL}{4}, \quad (4.21)$$

де L - відстань між підшипниками осі, $L = 175\text{мм}$.

$$M_{32} = \frac{2.3 \cdot 10^3 \cdot 175 \cdot 10^{-3}}{4} = 104.9\text{Н} \cdot \text{м}$$

Діаметр осі визначається за формулою [13, с.204]:

$$d = \sqrt[3]{\frac{10M_{32}}{[\sigma]}}, \quad (4.22)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 104.9}{650}} = 0.029\text{м} = 29\text{мм}.$$

Для взаємозамінності зірочок, приймаю в даному випадку $d_b = 35\text{мм}$.

Розрізняють пневмоциліндри односторонньої штовхаючої та тягнучої дії, а також пневмоциліндри двосторонньої дії (рис.4.8).

Розрахунок пневмоциліндрів зводиться до визначення сили на штоці поршня при заданих діаметрі циліндра та тиску повітря. Можна за відомими значеннями сили на штоці поршня та тиску повітря визначити діаметр пневмоциліндра [13].

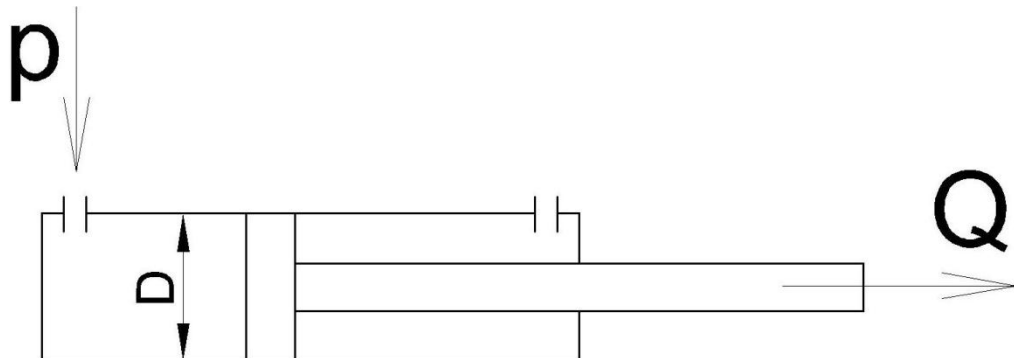


Рисунок 4.8 – Розрахункова схема пневмоциліндра

Сила на штоці пневмоциліндра двосторонньої дії без зворотної пружини:

- при впуску повітря в позаштокову порожнину [13, с.156]:

$$Q = p_n \frac{\pi D^2}{4} \eta; \quad (3.23)$$

- при впуску повітря в штокову порожнину [13, с.155]:

$$Q = p_n \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \eta, \quad (3.24)$$

де p_n – питомий тиск повітря в мережі, МПа ($p_n = 0.4 \dots 0.6$ МПа);

η - ККД пневмоциліндра ($\eta = 0.85 \dots 0.9$);

D - діаметр поршня, м;

d – діаметр штока, м;

У кінці робочого ходу поршня зворотна пружина створює опір у межах 5...20% від сили Q на штоці пневмоциліндра [16].

Нам відомі сила на штоці та тиск повітря у заводській мережі, то визначаємо діаметр пневмоциліндра, який округляється до найближчого стандартного (табл.4.2) [13, с.155]:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot p_n \cdot \eta}}, \quad (4.25)$$

Таблиця 4.2 - Діаметри пневмоциліндрів двосторонньої дії (ГОСТ 15608-81)

D,мм	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	320
------	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

При $p_n = 0.6$ МПа, $\eta = 0.9$, $Q = 4$ кН, матимемо:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 4}{3.14 \cdot 0.6 \cdot 0.9}} = 0.097 \text{ (м)}$$

Округлюємо до ближчого стандартного за таблицею 4.2, приймаємо діаметр пневмоциліндра 100 мм згідно ГОСТ 15608-81.

4.6 Опис конструктивних схем зварювання устаткування та опис їх роботи

Згідно технологічного процесу виготовлення виробу в першу чергу проводиться розмічування і різання листів з застосуванням гільйотинних ножиць. Робота даного пристосування здійснюється внаслідок руху одного з ножів в вертикальному напрямку, при наявності великого зусилля і швидкості руху ножа листову сталь добре ріжеться, не залишається на місцях зрізу ні окалини ні інших нерівностей чи забруднень.

Однією з перших зварювальних операцій на даному етапі є прихоплювання кромки стиків при складанні. Складання гофрованих балок проводять на спеціальному складальному пристосуванні (рис 4.2) в якому забезпечують збереження необхідного зазору і паралельність кромки що дуже важливо при наступних етапах формування виробу.

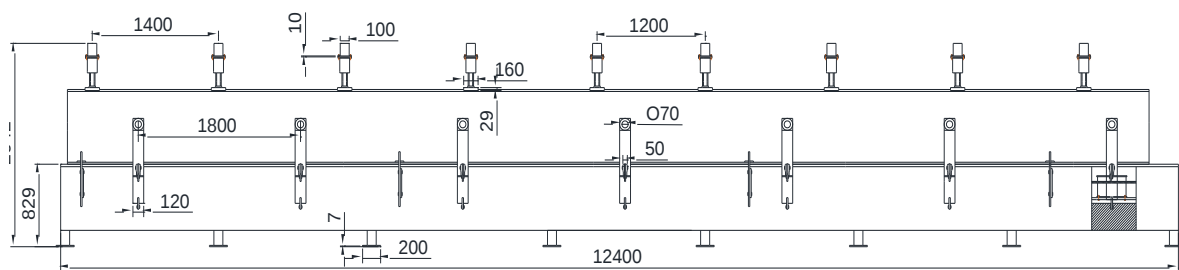


Рисунок 4.2-Схема складання двотаврової балки

Після прихоплення балки з допомогою цехового крана встановлюють у ланцюговий кантувач (4.3). Останній добре підходить для зварювання двотаврових балок. Кантувач такого типу є технічно простим механізмом, крім

того дає можливість заварювати кутові шви в положенні «в човник», що позитивно впливає на якість зварного з'єднання.

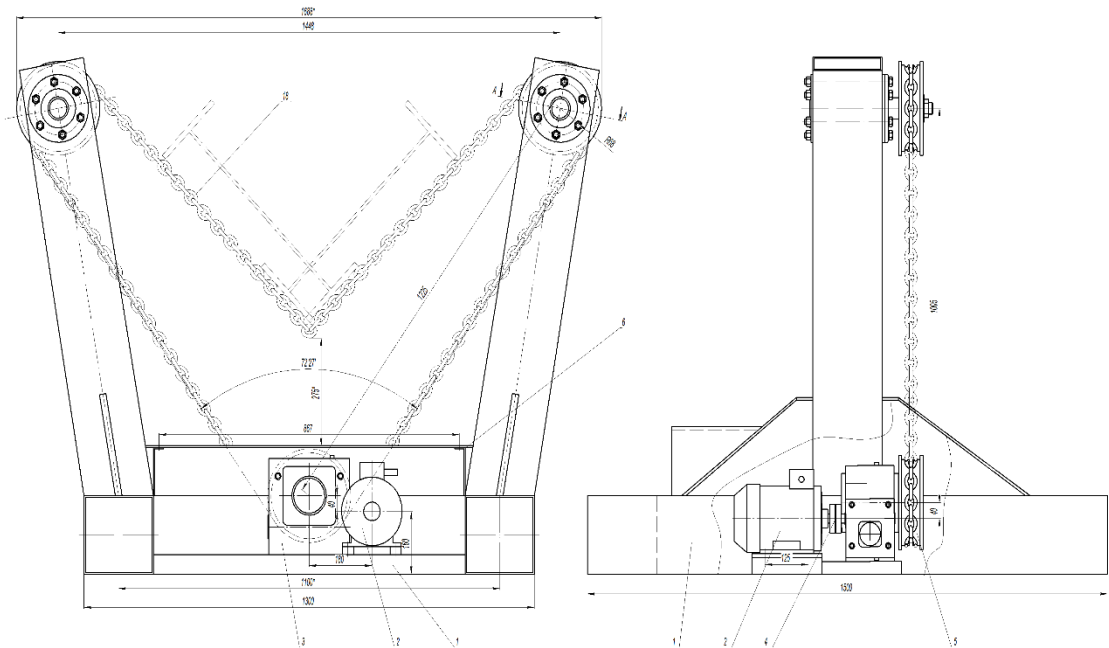


Рисунок 4.3- Схема ланцюгового кантувача

Наступним з пристосувань використовують порталну установку для зварювання.

На установці заздалегідь встановлений і налагоджений зварювальний автомат А 14-16. В проміжку між стійками встановлений ланцюговий кантувач на якому встановлена заздалегідь очищена з прихоплюваннями двотаврова балка. Зварювання проводиться при поступальному переміщені зварювального автомату вздовж стика. Зварювання кожного шва проводиться за один прохід.

При виконанні прямолінійних швів виріб здебільшого нерухомий, зварювальний апарат переміщається вздовж лінії шва, виконуючи основний рух. Допоміжні переміщення і коректуючі рухи теж здійснюються зварювальним автоматом, це пов'язано з тим, що рівномірне переміщення виробу разом з пристосуванням складніше ніж переміщати зварювальний автомат. Переміщення зварювального автомата знайшло своє широке

застосування в установках в зв'язку з тим, що промисловість випускає багато самохідних зварювальних автоматів, в тому числі і тракторного типу.

Однак переміщення зварювального автомату відносно виробу має деякі недоліки:

- а) складність підводу різного роду комунікацій до рухомого автомата;
- б) необхідність спостереження за процесом зварювання в зоні, яка безперервно переміщається, тому зварник теж повинен переміщатися разом з автоматом;
- в) зварювання виконуються в одному напрямку і тому необхідно мати холостий хід автомату, для того, щоб його повернути у вихідне положення.

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

5.1 Розрахунок кількості обладнання

Розрахунок економічної ефективності запропонованих рішень проводиться в програмі Excel. Всі вихідні дані, необхідні для розрахунку наведені в таблицях 5.1 і 5.2.

Таблиця 5.1 - Характеристика рами

Показник	Одиниці виміру	Кількісна чи вартісна оцінка	
		Фактичні дані	Проектні дані
Норма витрат по видах та марках основних матеріалів:	Кг		
прокат (сталь ВСт3СП)		1120	
зварювальний дріт (09Г2С)		9,8	
Норма витрат по марках допоміжних матеріалів на виріб:	Кг		
вуглекислий газ (CO ₂)		16	11
кисень (O ₂)			4
Розмір поворотних відходів на виріб	Кг	56	
Ціна придбання матеріалу:	Грн.	26500	
прокат (ВСт3СП).			
зварювальний дріт (АП-АН4)		548,8	
вуглекислий газ (CO ₂)		-	
кисень (O ₂)		-	
MIX-1 Ar 80% + CO ₂ 20%		320	
Ціна реалізації поворотних відходів	Грн.	280	
Габаритні розміри виробу	мм	6000x750x200	

Таблиця 5.2 - Характеристика технологічного процесу

Зміст операції	Варіанти	Устаткування		Потужність електро-двигунів, кВт	Інструмент		Розряд роботи	Штучна норма часу, год
		Назва моделі	Ціна за одиницю, грн		Назва моделі	Ціна за одиницю, грн		
Складання балки	З	Кондуктор	89000	-	молоток	45	III	9
	П		47000				III	6,5
Зварювання балки	З	Tesla MIG/MAG/ММА 500S	61000	-	-	-	IV	8
	П							
Зачищення виробу	З	-	-	-	Молоток	49	III	5
	П	Makita GA9020	2560		Зубило	53		
Контроль якості виробу	З				-	-	IV	3
	П	NOVO TEST УД-3701	52600					
Транспортування	З	Кранбалка	57236	1,5	Стропа	3770	IV	4
	П							

Для виготовлення балки застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на ділянці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [15, с.8]:

$$\Phi_{yc} = D_{роб} \cdot S \cdot g \cdot (1 - K_p), \quad (5.1)$$

де Дроб ~ кількість робочих днів в році , Дроб= 251 дні;

S- кількість робочих змін в добу;

g- тривалість зміни, год;

Кр - нормативний коефіцієнт простою устаткування в ремонті, обумовлений конструктивними та виробничими характеристиками, Кр = 0,03...0,1.

$$\Phi_{ус} = 4292,1 \text{ год.}$$

Потреба в устаткуванні (робочих місцях) розраховується по кожній операції технологічного процесу або по сумі трудомісткості операцій, що виконуються на однотипному устаткуванні.

Розрахунок проводять за формулою [13, с.9]:

$$n = \frac{T_{шт} \cdot B_{пр}}{\Phi_{ус} \cdot K_{вн}}, \quad (5.2)$$

де Тшт- штучний час на операції, що виконуються на однотипному устаткуванні, нормованих в машино-год. (таблиця 5.2).

Кількість устаткування (робочих місць) для виготовлення рами:

$$n = 5,208211986$$

Кількість робочих місць для зачищення виробу:

$$n = 1,795935168$$

Кількість робочих місць для контролю якості виробу:

$$n = 1,077561101$$

Кількість транспортних засобів рейкового типу (мостових, козлових, порталних кранів) визначається за формулою [13, с.13]:

$$n = \frac{\sum_{i=1}^m B_{тр} \cdot N_{кр} \cdot t_{кр}}{\Phi_n \cdot K_{кр}}, \quad (5.3)$$

де $B_{тр}$ - кількість вантажних об'єктів іншого виду, що підлягають транспортуванню краном на протязі року, 1500 шт;

m - кількість різновидів вантажних об'єктів;

$N_{кр}$ - кількість кранових операцій на один i -тий об'єкт;

$t_{кр}$ - тривалість одної кранової операції, год;

Φ_n - номінальний річний фонд часу одного крану, год.,

$K_{кр}$ - коефіцієнт використання номінального фонду часу крана, приймається

$K_{кр} = 0,6 \dots 0,7$.

$n=2.602040816$ шт.

Приймаємо два транспортних засоби (електроталі) для обслуговування складального устаткування та для міжопераційного транспортування складальних одиниць рами грейферного навантажувача Карпатець

5.2 Розрахунок кількості працівників

Розрахунок кількості основних працівників проводиться диференційовано для кожної професії. Хід розрахунку залежить від форми організації виробничого процесу. Для технологічної форми організації кількість основних робітників визначається за формулою [13,с.13]:

$$r_{oi} = \frac{B \cdot \sum_1^y T_{um} i}{\Phi_{ef} \cdot K_{вн}} \quad (5.4)$$

де r_{oi} - кількість основних працівників-тої професії, чол;

B - об'єм випуску продукції на рік, приймаємо $B_{пр} = 1850$ шт;

Φ_{ef} - ефективний річний фонд часу роботи одного робітника, приймається 1850 год;

$K_{вн}$ - коефіцієнт виконання норм часу основними робітниками, приймається

$K_{вн} = 1,1 \dots 1,2$;

Необхідна кількість складальників:

- за заводським варіантом:

$r_{oi} = 7,5$ чол.

- за проектним варіантом:

$r_{oi} = 5,416666667$ чол.

Необхідна кількість зварювальників (за двома варіантами):

$r_{oi} = 6,64566667$ чол.

Необхідна кількість зачищувальників (за двома варіантами):

$$ro_i = 4,15464657 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

$$ro_i = 2,5 \text{ чол}$$

Виходячи з кількості транспортних засобів (пункт 5.1.) приймаємо необхідну кількість транспортувальників $ro_i = 2$ чол.

Результати розрахунків приведено у таблиці 5.3

Таблиця 5.3 - Зведена відомість промислово-виробничого персоналу

Категорія	Кількість		Середній розряд	
	З	П	З	П
Основні робітники:				
Складальники	6	6	IV	IV
Зварювальники	4	4	III	III
Зачищувальники	3	3	III	III
Контролери	3	3	IV	IV
Допоміжні робітники:				
Налагоджувальники	2	2	III	III
Ремонтники	2	1	III	III
Електрики	1	1	IV	IV
Транспортувальники	2	2	IV	IV
ІТП:				
Майстер дільниці	1	1		
МОП:				
Прибиральники	1	1	х	х
Разом	25	24	х	х

5.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

Вихідними даними для розрахунків є норми затрат матеріальних ресурсів на виріб та розмір поворотних відходів, ціни придбання матеріалів з врахуванням транспортно-заготівельних витрат (5...8% від прејскурантної

ціни) та ціни реалізації відходів, обсяг випуску продукції. Результати розрахунків подано у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 - Зведена відомість витрат на матеріальні ресурси

Варіант	Ресурсів	Одиниця виміру	За одиницю грн./кг	Натуральних		
				На один виріб	На програму	
З	Сталь ВСт3СП	кг	23,66071429	26500	49025000	
П						
З	Зв.Дріт АП-АН4	кг	56	548,8	1015280	
П						
Разом	Х	х	х	27048,8	50040280	
Варіант	Транспортно-заготівельні витрати		Загальна сума, грн		Вартість поворотних відходів, грн	
	у % до ціни купівлі	в грн.. на один виріб	на один виріб	на програму	на один виріб	на програму
З	5	1325	27825	52476250	140	259000,00
П						
З	5	27,44	576,24	1066044		
П						
Разом	Х	1352,44	28401,24	52542294	140,00	259000,00

5.4 Розрахунок фонду оплати праці

Приймаємо, що всі основні робітники оплачуються по відрядній системі оплати праці, допоміжні - по погодинній, ІТР та МОП - по штатно-окладній системі. Розрахунки проводяться по двох напрямках: на один виріб (для обчислення калькуляції собівартості виробу) та на програму (для визначення об'ємних економічних характеристик). В калькуляцію

собівартості виробу безпосередньо включаються затрати по оплаті праці основних (виробничих) робітників.

Основна заробітна плата основних робітників визначається за формулою [15,с.16]:

$$Z_{oo} = \sum_1^y C_{pi} \cdot T_{um}, \quad (5.5)$$

де y - кількість технологічних операцій;

C_{pi} - годинна тарифна ставка робітника відповідного розряду для відрядної оплати праці, грн.

Приймаємо заводські тарифні ставки для машинобудування (з врахуванням відповідних коефіцієнтів збільшення) [15, с.16].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [15, с.16]:

$$Z_{oo} = Z_{oo}(D_1 + D_2), \quad (5.6)$$

де D_1 - доплата за шкідливість, грн, $D_1 = 12...24$ %, приймаємо $D_2 = 20$ %; D_2 - інші доплати, грн, $D_2 = 15...20$ %, приймаємо $D_2 = 15$ %.

Премії та надбавки основним робітникам визначаються за формулою [15, с.17]:

$$Z_{no} = Z_{oo} \cdot P, \quad (5.7)$$

де P - розмір премій та надбавок, грн, $P = 40$ %.

Для визначення річного фонду оплати праці основних робітників результати розрахунків за формулами (4.5), (4.6) та (4.7) множаться на кількість виробів (B).

Затрати по оплаті праці складальників:

Заводський варіант:

$$\begin{aligned} Z_{oo} &= 119,7 && \text{грн} \\ Z_{до} &= 55,062 && \text{грн} \\ Z_{по} &= 47,88 && \text{грн} \end{aligned}$$

Проектний варіант:

$$З_{оо} = 86,45 \quad \text{грн.}$$

$$З_{до} = 39,767 \quad \text{грн}$$

$$З_{по} = 34,58 \quad \text{грн}$$

Затрати по оплаті праці зварникам за двома варіантами:

$$З_{оо} = 152 \quad \text{грн}$$

$$З_{до} = 69,92 \quad \text{грн}$$

$$З_{по} = 60,8 \quad \text{грн}$$

Затрати по оплаті праці зачищальникам за двома варіантами:

$$З_{оо} = 66,5 \quad \text{грн}$$

$$З_{до} = 30,59 \quad \text{грн}$$

$$З_{по} = 26,6 \quad \text{грн}$$

Затрати по оплаті праці контролерам за двома варіантами

$$З_{оо} = 43,32 \quad \text{грн}$$

$$З_{до} = 19,9272 \quad \text{грн}$$

$$З_{по} = 17,328 \quad \text{грн}$$

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [15, с.16]:

$$З_{од} = r_{\partial} \cdot C_p \cdot \Phi_{ef},$$

де $З_{од}$ - основна заробітна плата допоміжних робітників, грн;

r_{∂} - чисельність допоміжних робітників даної категорії;

C_p - годинна тарифна ставка робітника відповідного розряду для погодинної оплати праці, грн.

Додаткова заробітна плата (Здд) та премії і надбавки (Зпд) допоміжних робітників розраховується так само, як для основних робітників (формули 5.6, 5.7).

Затрати по оплаті праці ІТР:

Зоп = 23076 грн

Здп = 8538,12 грн

Зпп = 9230,4 грн

Затрати по оплаті праці МОП:

Зоп = 14532 грн

Здо = 3633 грн

Зпо = 5812,8 грн

Результати розрахунків затрат по оплаті праці основних, допоміжних, інженерно-технічних робітників та молодшого обслуговуючого персоналу приведені в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 - Зведена відомість річного фонду оплати

Категорії працівників	Основна зар.плата,грн.		Додаткова зар.плата, грн..			
			за шкідливість		інші доплати	
	З	П	З	П	З	П
Основні робітники:						
Складальники	221445	159932,5	101864,7	73569,95	88578	64973
Зварювальники	281200		129352		112480	
Зачищувальники	123025		56591,5		49210	
Контролери	80142		36865,32		32056,8	
Допоміжні робітники:						
Налагоджувальники	56240		13497,6		22496	
Ремонтники	31635		7592,4		12654	
Електрики	29877,5		7768,15		11951	
Транспортне	52725		12654		21090	
ІТП:	23076		8538,12		9230,4	
МОП:	14532		3633		5812,8	
Разом	913897,5	852385	378356,79	350061,04	365559	340954

5.5 Калькуляція собівартості виробу

В розрахунках по визначенню порівняльної економічності варіантів використовується калькуляційний розріз затрат, при якому всі затрати на виробництво групуються відносно до калькуляційних одиниць.

Таблиця 5.6 - Калькуляція собівартості виробу

Статті калькуляції	Сума затрат, грн.	
	З	П
Основні матеріали:		
сталь 09Г2С	26500	
дріт Св-08Г2С	548,8	
Покупні вироби та напівфабрикати	370	320
Основна заробітна плата основних робітників	381,52	348,27
Додаткова заробітна плата основних робітників	175,4992	139,308
Премії та надбавки основних робітників	152,608	139,308
Всього цехова собівартість	28128,4272	28016,5822

5.6 Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого технологічного процесу та його економічної ефективності

Необхідні визначення проектної суми капітальних витрат подано у таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 зведена відомість капітальних витрат

Види капітальних затрат	Кількість натуральних одиниць		Вартість одиниці, грн		Затрати на перевезення та монтаж, грн	
	З	П	З	П	З	П
Будови та споруди						
Устаткування						

Складально-зварювальне	6	6	37820	47000	1120,45	1130,80
Зварювальне	4	4	61000	0	2500	880
Слюсарне	3	3	2560	2560	110	60,2
Контрольне	3	3	52600		200	148
транспортувальне	2	2	41000	41000	1300	1300
Інструменти:						
Молоток	10	4	56	56	9,29	9,29
Шаблони	3	3	55	55	4,2	4,2
Шаблон	3	3	50	50	3,99	3,99
Лінійка	2	1	53	53	0,6	0,6
Зубило	4	2	42	42	3,01	3,01
Разом	х	х	х	х	х	х

продовження таблиці 5.7

Види капітальних затрат	Загальна вартість, грн		Норма амортиз. відрах, %	Річна сума амортиз. відрах., грн	
	З	П		З	П
Будови та споруди	2109090	2590909	5	105454,5	129545,45
Устаткування					
Складально-зварювальне	226920	28200	21,8	49468,56	61476
Зварювальне	244000	0	17,4	42456	0
Слюсарне	87680	7680	9,4	721,92	721,92
Контрольне	11600	157800	11,7	12,4605	12,4605
транспортувальне	82000	82000	8,4	6888	6888
Інструменти:					
Молоток	560	224		99,12	39,648
Шаблони	165	165		29,205	29,205
Шаблон	150	150	17,7	26,55	26,55
Лінійка	106	53		18,762	9,381
Зубило	168	84		29,736	14,868
Разом	2670945,5	2963371,5		205204,814	198763,4825

5.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [15,с.26]:

$$E_{\phi} = ((C_{nz} + E_n \cdot \Phi_{mz}) - (C_{nn} + E_n \cdot \Phi_{mn})) \cdot B, \quad (5.11)$$

де C_{nz} - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн

C_{nn} - повна собівартість виробу за проектними даними, грн

Φ_{mz} - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт

Φ_{mn} - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт

E_n - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, ($E_n=0,15$).

$$E_{\phi} = 74148,205$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою

$$T_{ок} = \frac{\Phi_{осн} - \Phi_{осз}}{E_{yp}}, \quad (5.12)$$

де $\Phi_{осн}$ - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн

$\Phi_{осз}$ - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн

E_{yp} - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою

$$E_{yp} = B \cdot (C_{nz} - C_{nn}), \quad (5.13)$$

$$E_{yp} = 206913,25$$

$$T_{ок} = 1,41327827$$

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників розробленого технологічного процесу за заводським і проектним варіантах показано у таблиці 4.8.

Таблиця 5.8 - Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Показники	Одиниця виміру	Величина	
		З	П
Річна програма випуску продукції	шт	1850	1850
Кількість робочих місць	шт	25	25
Кількість технологічного устаткування	шт	10	10
Собівартість товарної продукції	грн		
Чисельність промислово-виробничого персоналу:			
- всього	чол	25	24
- основних робітників	чол	16	16
Фондомісткість продукції	грн./шт	1443,754324	1601,822432
Умовна річна економія	грн.	-	206913,25
Річний економічний ефект	грн.	-	74148,205
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	1,41327827

6 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

Сьогодні під словом "САПР" розуміють значно більше, ніж просто програмно-апаратний комплекс для виконання проектних робіт із використанням комп'ютерів, скоріше цей термін використовують як зручну аббревіатуру для позначення великого класу систем автоматизації.

Зрозуміло, чим складніший виріб, тим більш складною та багатофункціональною повинна бути САПР. Системи проектування в масштабах підприємства за кордоном прийнято визначати як CAD / CAM / CAE - системи, в яких функції проектування розподіленні наступним чином:

- модулі CAD (Computer Aided Design) - для геометричного моделювання та машинної графіки;
- модулі CAM (Computer Aided Manufacturing) - для технологічного підготовки виробництва;
- модулі CAE (Computer Aided Engineering) - для інженерних розрахунків та аналізу з метою перевірки технічних рішень.

Таким чином сучасна CAD / CAM / CAE - система здатна забезпечити автоматизовану підтримку праці інженерів та спеціалістів на всіх стадіях циклу проектування і виготовлення нової продукції.

Розрахунок модуля прямозубої зубчастої передачі [26, с.129-138]

Вихідні данні

Крутний момент на шестерні	$T1 := 11 \text{ Н} \cdot \text{м}$
Допустимі контактні напруження	$\sigma := 540 \text{ МПа}$
Число зубців шестерні	$z1 := 23$
Число зубців колеса	$z2 := 75$

Кількість обертів шестерні

$$n := 3000$$

$\frac{\text{об}}{\text{хв}}$

Ступінь точності зубчастої передачі

$$st := 7$$

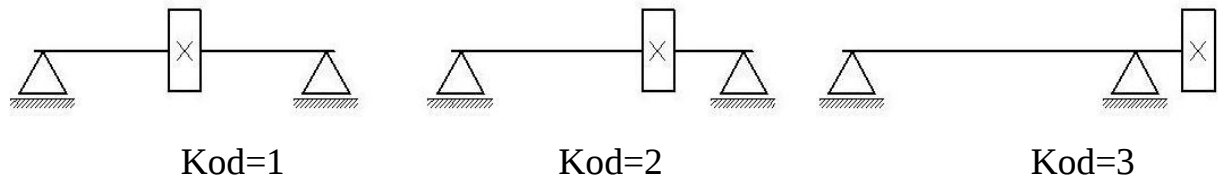
Коефіцієнт який враховує форму спряжених
поверхонь зубів

$$zn := 1.76$$

Відношення ширини віңця до початкового
діаметра (0,2...0,4)

$$\psi_{bd} := 0.3$$

Коефіцієнт, що враховує розміщення зубчастої
передачі відносно опор



$$kod := 3$$

Розрахунок

Коефіцієнт торцьового перекриття

$$\epsilon_{\alpha} := 1.88 - 3.2 \cdot \left(\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} \right)$$

Коефіцієнт, котрий враховує сумарну довжину контактних ліній

$$z_{\epsilon} := \sqrt{\frac{4 - \epsilon_{\alpha}}{3}}$$

Визначимо передаточне число прямозубої передачі

$$ur := \frac{z_1}{z_2} \quad u := \text{if} \left(ur < 1, \frac{1}{ur}, ur \right)$$

$$un := u + 1, \quad u = 1$$

Коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження по ширині віңця з
умови забезпечення контактної міцності зубів

$$Kh_{\beta 1} := 0.915 + 0.0588 \cdot \psi_{bd} + 0.799 \cdot \psi_{bd}^2 - 0.554 \cdot \psi_{bd}^3 + 0.17 \cdot kod$$

$$Kh_{\beta 2} := 0.283 \cdot \psi_{bd} \cdot kod^2 + 0.0933 \cdot \psi_{bd}^2 \cdot kod - 0.0474 \cdot kod^2 - 0.684 \cdot \psi_{bd} \cdot kod$$

$$Kh_{\beta} := Kh_{\beta 1} + Kh_{\beta 2}$$

Дослідження відповідності призначуваного коефіцієнта динамічності розрахунковому

Присвоюємо змінній K початкове значення коефіцієнта динамічності

$$\underline{K} := 1$$

$$K_{hv} := K, K + 0.001 .. K + 1$$

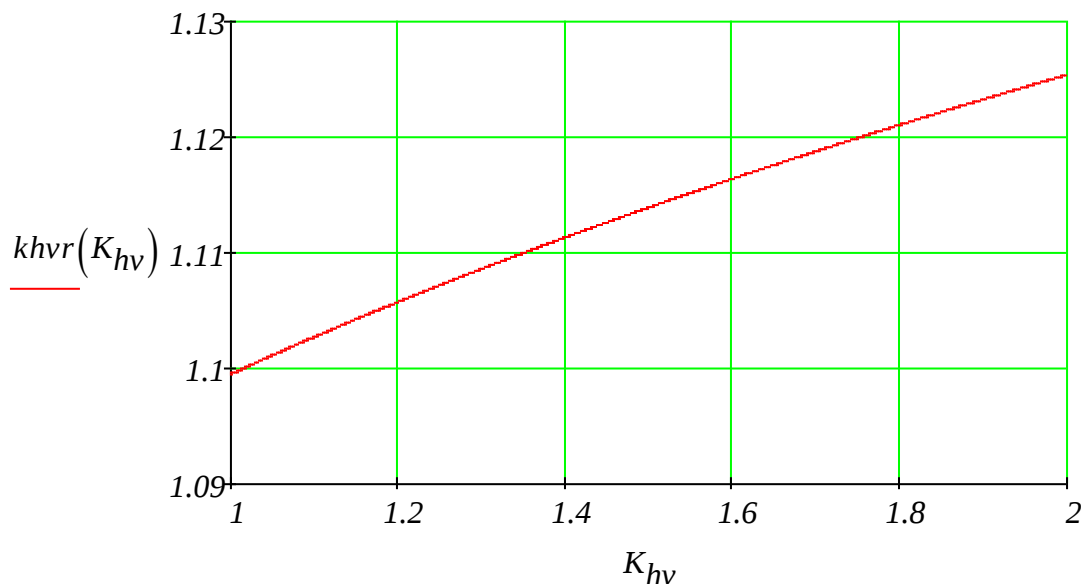
$$dwl(K_{hv}) := \sqrt[3]{\frac{12270^2 \cdot zn^2 \cdot z\varepsilon^2 \cdot Tl \cdot un \cdot K_{hv} \cdot Kh\beta}{\psi bd \cdot u \cdot \sigma^2}}$$

$$mh(K_{hv}) := \frac{dwl(K_{hv})}{z1}$$

$$v(K_{hv}) := \pi \cdot dwl(K_{hv}) \cdot \frac{n}{60000}$$

$$aw(K_{hv}) := (z1 + z2) \cdot \frac{mh(K_{hv})}{2}$$

$$khvr(K_{hv}) := 0.98 + 0.014 \cdot v(K_{hv}) + (st - 6) \cdot 0.02 + \frac{(3 \cdot aw(K_{hv}))}{(u \cdot 10000)}$$

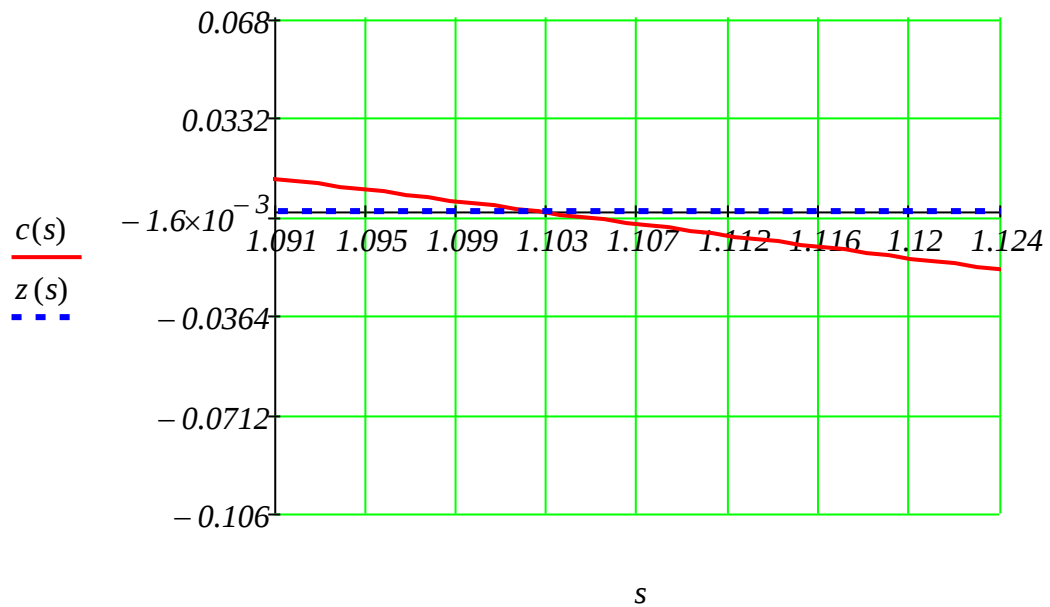


$$sp := 1,$$

$$\underline{s} := sp, (sp + 0.001) .. 2$$

$$\underline{c}(s) := khvr(s) - s,$$

$$z(s) := 0$$



$$s := sp$$

$$Khv := \text{root}(c(s), s), \quad Khv = 1,21$$

$$e(b) := khvr(b) - Khv, \quad e(Khv) = 1,34 \times 10^{-13}$$

Проведені вище розрахунки дозволили нам визначити те значення коефіцієнта динамічності ($Khv = 1.21$), що із найбільшою точністю характеризує досліджуване прямозубе зачеплення.

Діаметр шестерні по умові контактної міцності

$$dw1 := \sqrt[3]{\frac{12270^2 \cdot zn^2 \cdot z_\epsilon^2 \cdot T1 \cdot un \cdot Khv \cdot Kh_\beta}{\psi bd \cdot u \cdot \sigma^2}} = 43.092$$

Максимально допустимий модуль по контактним напруженням

$$mhr := \frac{dw1}{zl} = 2.13$$

Коефіцієнт модуля для прямозубих передач $km := 14$.

Коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження по ширині вінця з умови забезпечення згинної міцності зубів:

$$Kf\beta1 := 0.759 + 1.081 \cdot \psi bd - 0.985 \cdot \psi bd^2 + 0.423 \cdot \psi bd^3 + 0.232 \cdot kod$$

$$Kf\beta2 := 0.380 \cdot \psi bd \cdot kod^2 + 0.313 \cdot \psi bd^2 \cdot kod - 0.0549 \cdot kod^2 - 1.022 \cdot \psi bd \cdot kod$$

$$Kf\beta := Kf\beta_1 + Kf\beta_2 = 1.399$$

Коефіцієнт, що враховує форму зуба шестерні

$$Y_f := 3.518 + \frac{6.0}{z_1 - 10} - \frac{0.11}{z_1 - 16} + (z_1 - 60) \cdot 0.00034$$

Допустимі напруження згину

$$\sigma_f := 210 \text{ МПа}$$

Мінімально допустимий модуль по напруженнях згину

$$m_f := km \sqrt{\frac{T_1 \cdot Kf\beta \cdot Y_f}{z_1^2 \cdot \psi_{bd} \cdot \sigma_f}} = 0.85$$

$$m_f = 0.85, \quad m_{hr} = 2.13$$

Автоматизований вибір мінімально допустимого значення модуля із розрахункових та його приведення до найближчого більшого нормального значення модуля прямозубого зубчастого зачеплення.

$$q := 1..5, \quad qq := 6..8, \quad r := 9, \quad j := 1..14$$

$$m_q := \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 1.21 & 1.7 & 2.1 & 2.5 \\ \hline \end{array}$$

$$m_{qq} := m_4 + \frac{qq - 4}{2}$$

$$qqq := r..14$$

$$qr(qqq) := \text{if}[r \neq qqq, (qqq - r) + 1, 1]$$

$$m_{qqq} := m_8 + 2 \cdot qr(qqq)$$

$$mr1(j) := \text{if}(m_f < m_j, m_j, 0)$$

$$mr2(j) := \text{if}(m_{hr} < m_j, m_j, 0)$$

$$mod(j) := \text{if}(mr1(j) \neq mr2(j), 0, mr1(j))$$

$$modd(j) := \text{if}(mr1(j) \neq mr2(j), 0, mr2(j))$$

$$\begin{array}{ccccccccc}
 m_j \rightarrow & \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 3 \\ \overline{2} \\ 2 \\ 4 \\ 6 \\ 8 \\ 10 \\ 12 \\ 14 \end{pmatrix} & \xrightarrow{mr1(j)} & \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 3 \\ \overline{2} \\ 2 \\ 4 \\ 6 \\ 8 \\ 10 \\ 12 \\ 14 \end{pmatrix} & \xrightarrow{mr2(j)} & \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 4 \\ 6 \\ 8 \\ 10 \\ 12 \\ 14 \end{pmatrix} & \xrightarrow{mod(j)} & \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 4 \\ 6 \\ 8 \\ 10 \\ 12 \\ 14 \end{pmatrix} & \xrightarrow{modd(j)} & \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 4 \\ 6 \\ 8 \\ 10 \\ 12 \\ 14 \end{pmatrix}
 \end{array}$$

Прийmemo значення модуля 3 мм.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Стійкість роботи підприємства в надзвичайних ситуаціях

На жаль, на підприємстві нерідко виникають ситуації, що не залежать від волі людей, які працюють на ньому: пожежі, повені і т.д. Якщо в результаті таких подій на підприємстві пошкоджене майно, то потрібно правильно їх зафіксувати, щоб грамотно відобразити в обліку. У консультації розглянемо основні юридичні правила оформлення необхідних документів.

Надзвичайна ситуація – обстановка на окремій території, у суб'єкта господарювання на ній або в одному об'єкті, яка характеризується порушенням нормальних умов життєдіяльності населення, викликана катастрофою, аварією, пожежою, стихійним лихом, епідемією, застосування засобів ураження або іншою небезпечною подією, яка призвела до виникнення загрози життю або здоров'ю населення, великої кількості загиблих і потерпілих, заподіяння значного матеріального збитку, а також до неможливості проживання населення на такій території або об'єкті, провадження на ній господарської діяльності (п. 24 ч. 1 ст. 2 КЦЗ).

Небезпечна подія – подія, у тому числі катастрофа, аварія, стихійне лихо, епіфітотія, яка за своїми наслідками являє загрозу життя або здоров'ю населення або призводить до заподіяння матеріального збитку (п. 25 ч. 1 ст. 2 КЦЗ). Як бачимо, ці два поняття подібні між собою й різняться ступенем наслідків, завданих ситуацією [25].

Надзвичайні ситуації можна класифікувати за різними ознаками, наведеними в ст. 5 КЦЗ. Наприклад, залежно від характеру; природного характеру; соціальні; воєнні.

Класифікація надзвичайних ситуацій за їх рівнями здійснюється відповідно до порядку, затверджені наказом КМУ від 24.03.04р. № 368, а класифікацій надзвичайних ситуацій використовується Класифікатор ДК 019:2010, затверджений наказом Держспоживстандарту від 11.10.10р. № 457.

7.2 Техніка безпеки при зварюванні в захисних газах

Зварювання в захисних газах або їх суміші плавким електродом проводять відкритою дугою, яка в більшості випадках підтримується від джерела живлення, підключена в мережу змінного струму і напругою живлення 220 чи 380 В, і горить в середовищі захисних газів. Тому при зварюванні необхідно забезпечити захист зварника від ураження електричним струмом, світлового, ультрафіолетового і теплового випромінювання, опіків, отруєння парами і газами, які виділяються із зони зварювання.

Ураження людини електричним струмом відбувається при дотику зварника до відкритих частин проводів та зварної апаратури, які знаходяться під високою напругою. При проходженні через тіло людини струм силою більше 0.05 А відбувається судомне скорочення м'язів і гідроліз крові. Токи більше 0.1 А смертельно небезпечні.

Величина безпечної напруги залежить від зовнішніх умов, в яких виконуються зварювальні роботи. З точки енергії ураження людини електричним струмом.

Правила пристроїв електроустановок розпізнають:

- приміщення з підвищеною небезпекою;
- особливо небезпечне приміщення і роботу на відкритому повітрі чи під накриттям;
- приміщені без підвищеною небезпекою;
- приміщення або робоче місце з обмеженням свободи рухів зварника;
- приміщення або робоче місце, повністю чи частково обмежене відкритими струмопровідними елементами, з яких у зварника є ймовірність випадкового контакту.

При зварюванні в захисних газах виникають низькочастотні магнітні поля. Зварні джерела живлення мають спеціальні пристрої для гасіння електромагнітного випромінювання.

Необхідно працювати в сухих рукавицях та взутті на грубій прорезиненій підошві без металевих підкладок. Для захисту очей та шкіри призначені спеціальні щитки, маски, шлеми виготовлені із фібри чи пластмас із захисними світлофільтрами. Інтенсивність випромінювання при зварюванні з допомогою суміші аргону з кислородом і вуглекислим газом вище ніж при чистому CO₂. Зона зварювання CO₂ не є отруйна, но частина вуглекислого газу, яка попадає в дугу під дією високої температури розкладається на кислород та оксиди вуглевода CO – ядовитий газ.

7.3 Розрахунок захисного пристрою для механічного цеху.

Загальна споживана потужність обладнання механічного цеху 92 кВт, напруга мережі живлення 380 В.

Згідно ПУЕ допустимий опір заземлення електроустановки до 1000 В, що живиться від джерела живлення P=100 кВт повинен бути не більше 4 Ом.

Приймаємо n=4 штуки;

R_о- опір групи заземлювачів без врахування впливу полоси зв'язку, рівний по величині допустимому згідно ПУЕ опору заземлюючого пристрою збільшеного в (1,5-3) рази.

Опір розтікання струму прийнятої кількості електродів з врахуванням коефіцієнту їх використання.

$\eta_{\text{вс}}$ - коефіцієнт використання = 0,83.

Довжина полоси зв'язку для умов комбінованого заземлення:

Опір половини зв'язку розтікання струму в ґрунт:

$$R = \frac{0,366 \cdot \rho \cdot k}{l_k} \lg \frac{2l_n^2}{b \cdot t_0}; \quad (7.1)$$

$$R = \frac{0,366 \cdot 40 \cdot 5}{15} \cdot \lg \frac{2 \cdot 15^2}{0,03 \cdot 0,8} = 20,8 \text{ Ом};$$

Опір розтіканню струму заземлюючого пристрою визначається за формулою:

$$R_3 = \frac{R_B \cdot R_n}{(R_B + R_n)}; \quad (7.2)$$

$$R_3 = \frac{6,8 \cdot 20,8}{(6,8 + 20,8)} = 5,12 \text{ Ом};$$

Дане значення перевищує допустиму величину майже в 1,3 рази. Для того, щоб спроектований заземлювач існуючим вимогам ПУЕ треба збільшити кількість електродів, і тим самим зменшується коефіцієнт їх використання. Приймаємо $n=7$ штук, тоді:

$$R_B = \frac{22,6}{7 \cdot 0,76} = 4,25 \text{ Ом};$$

$$l_n = 5(7 - 1) = 30 \text{ м};$$

$$R_n = \frac{0,366 \cdot 40 \cdot 5}{30} \lg \frac{2 \cdot 30^2}{0,03 \cdot 0,8} = 11,9 \text{ Ом};$$

$$R_3 = \frac{4,25 \cdot 11,9}{(4,25 + 11,9)} = 3,13 \text{ Ом};$$

$R_3 < R_B$ — умова виконується

8 ЕКОЛОГІЯ

8.1 Роль науково-технічного прогресу в забезпеченні якісного стану довкілля.

Розвиток науки і техніки є однією з найважливіших умов для досягнення людством високого рівня розвитку цивілізації. Особливо гострою є проблема співвідношення науково-технічного прогресу і збереження довкілля, яке є єдиною можливим середовищем життя людини. На сьогодні виділяють чотири головні чинники впливу науково-технічного прогресу на навколишнє природне середовище: збільшення населення земної кулі, скорочення природних мінеральних і паливних ресурсів, бурхливе зростання промислового виробництва та глобальне забруднення навколишнього природного середовища. Вплив науково-технічного прогресу на стан навколишнього природного середовища не є однозначним, тобто завдяки його досягненням може посилюватись або зменшуватись техногенний антропогенний тиск на довкілля. Проте, на сьогоднішній день, негативні наслідки від використання досягнень науково-технічного прогресу переважають позитивні. З його розвитком людина отримала можливість значно впливати на навколишнє середовище, втручатися у природні процеси, кругообіг речовин та енергії, структури екосистем, що призвело до глобальної екологічної кризи на нашій планеті, оскільки підвищення обсягів виробництва, різноманітності створюваної продукції та їх споживчих якостей на основі досягнень наукового прогресу відбулось при майже повному ігноруванні екологічного імперативу. Найчастіше, наслідки науково-технічного прогресу найяскравіше проявляються відносно земельних ресурсів. Завдяки розвитку техніки людина отримала можливість зрошувати й осушувати великі земельні площі з метою сільськогосподарського використання, будувати канали та водосховища для більш раціональної організації території та ефективного використання земельних ресурсів. Проте

гідромеліорація земель, використання засобів хімічного захисту рослин, надмірне застосування мінеральних добрив, що здійснювались без всебічного врахування їх впливу на ґрунтовий покрив, призвели до того, що високопродуктивні сільськогосподарські угіддя перетворились на малопродуктивні. Дуже значних збитків завдає господарству ерозія ґрунтів. На таких землях урожайність зменшується на 30-40 %, подекуди - на 90 %.

Розвивати техніку та виробництво без негативних наслідків для навколишнього середовища, зробити науково-технічний прогрес не тільки безпечним, але й сприятливим для природи, можливо вже в теперішній час, якщо принципи сталого розвитку посядуть належне місце в суспільній свідомості, дешевизна та прибуток не будуть самоціллю виробничої діяльності, а економічний механізм буде заохочувати науковців, підприємців, інженерно-технічних працівників та виробників до створення та впровадження екологічно безпечних, ресурсозберігаючих, мало- і безвідходних технологій, залучення нетрадиційних джерел енергії та продовольства. Більшість сучасних екологічних проблем зумовлені антропогенним втручанням у природу. В першу чергу, це втручання зумовлене економічною діяльністю людини. Постійно зростаючий деструктивний вплив на природу зумовлений зростаючою потребою людства в ресурсах, в тих чи інших товарах і послугах. Усе це досить негативно відбивається на природному довкіллі: вичерпання природних ресурсів, забруднення землі, повітря, водойм, постійні аварії на виробництвах. Але, з другого боку, без подальшого технічного розвитку неможливо впоратись з тими екологічними наслідками, які ми маємо на сьогодні. Формування екологічної свідомості, екологічної культури - ось перші кроки, які мають стояти на шляху раціонального природокористування, жорстокого контролю над викидами та експлуатацією ресурсів природи.

8.2 Забруднення, що виникають в результаті технологічного процесу виготовлення двотаврової балки

В даній дипломній роботі розробляється технологічний процес та механізована ділянка для виготовлення зварних, двотаврових балок. В процесі реалізації цього технологічного процесу виникають такі забруднення: електромагнітне забруднення, забруднення води, забруднення твердими відходами.

При проведенні зварювальних робіт в атмосферу потрапляють токсичні гази і пил. При ручному дуговому зварюванні проходить виділення великої кількості шкідливих аерозолів, оксидів металів, мінералів, пилу, парів, газів, що негативно впливають на довкілля. При зварюванні в вуглекислому газі також виділяється в атмосферу велика кількість: оксиду заліза, марганцю, кремнію, азоту і газоподібних фтористих з'єднань, що є також шкідливим не тільки для здоров'я людини, а й для навколишнього середовища, при цьому сам вуглекислий газ сприяє виникненню на планеті парникового ефекту. При зварюванні під шаром флюсу, порівняно з іншими видами зварювання, шкідливі гази виділяються не так інтенсивно і тому менше забруднюється довкілля. Тому я запропонував цей вид зварювання в цьому технологічному процесі, так як він найбільш ефективний, разом з тим він менш негативно забруднює атмосферу.

Електромагнітним джерелом забруднення є зварювальний трансформатор, електроустаткування та власне зварювальна дуга. Тому слід застосовувати спеціальні заходи із захисту навколишнього середовища. Небезпека електромагнітних полів полягає в тому, що їх дія на організм є прихованою і його не може бути виявлено без спеціальних засобів. Слід зазначити, електромагнітні поля штучного походження значно перевищують рівень природного фону. Підвищений рівень електромагнітних полів спричиняє порушенню біологічної рівноваги в районі дії, а отже веде до погіршення екологічної обстановки в цілому. Зварювальна установка є

джерелом змінного електричного і магнітного полів. Особи, які довгий час перебувають у контакті з електромагнітним випромінюванням, скаржаться на слабкість, втомлюваність, дратівливість, послаблення пам'яті, порушення сну. Серцево-судинна система реагує дистонією, лабільністю пульсу і артеріального тиску, болем у серці, схильністю до гіпотонії. Відзначаються також фазові зміни складу периферійної крові, лабільність показників з наступним розвитком вираженої лейкопенії, нейропенії, еритроцитопенії. Звісно, такі критичні стани виникають у тих, хто тривалий час працює у зоні дії електромагнітних полів достатньо великої інтенсивності.

Електроустановка, як джерело електромагнітного випромінювання справляє хоча на перший погляд, і непомітний вплив на людський організм проте під час тривалого перебування в зоні його дії може бути досить небезпечним. Слабкими місцями у "спілкуванні" електроенергетичної установки й людини виявилися нервова, імунна, ендокринна і статева системи. Такого висновку дійшли працівники Інституту екології людини, проаналізувавши результати численних досліджень, виконаних у різних країнах світу. Нервова система, особливо певні структури головного мозку, дуже чутлива до електромагнітних полів малої інтенсивності. Ці поля здатні відхиляти нервові імпульси, впливати безпосередньо на нервові клітини, змінювати проникність гематоенцефалічного бар'єра, особливо це стосується нервової системи ембріона.

Тому для зварювання вибрано зварювальний трансформатор, який постачається в екранованій обшивці, тобто він не випромінює електромагнітних полів в навколишнє середовище.

На підприємстві джерелом забруднення стічних вод є виробничі, поверхневі та побутові стоки. Виробничі стічні води утворюються внаслідок використання води в технологічному процесі. У механічних цехах при обробці металів вода використовується для охолодження інструмента, на промивку деталей і обробку приміщень, при цьому стічні води забруднюються мінеральними мастилами, милами, металічним та абразивним пилом і

емульгаторами. В зварювальних цехах вода використовується для охолодження зварювального обладнання, і обробки приміщень. Стічні води забруднюються в основному мастилом і окалиною. У інших цехах: контролю якості, фарбувальних і інших, в стічні води попадають механічні домішки, маслопродукти, кислоти. При фарбуванні використовуються матеріали, до складу яких входять леткі розчинники, що можуть містити шкідливі речовини: бензол, толуол, ацетон тощо.

Для вловлювання із стічних вод нерозчинних забруднень використовують відстійники періодичної і неперервної дії. В останні роки дістали поширення так звані тепло парові відстійники. Особливість їх в тому, що відстояна зона розділяється секціями і трубчатими елементами на неглибокі шари, де забезпечується ламінарний рух освітленої води.

Тверді відходи утворюються в процесі виробництва продукції у вигляді амортизаційного лома (модернізація обладнання, оснастки, інструмента), стружки і опилок (металів, пластмас) шлаків і золи, шлаків, осадків і пилу (відходи систем очистки повітря) та інше. Основним видом відходів розробленого технологічного процесу є металеві відходи – це металобрухт та металева стружка. Основним шляхом утилізації металевих відходів є їх переплавлення. Виплавлення вторинних металів із металобрухту є найважливішою сферою споживання твердих відходів у машинобудуванні.

Економічний ефект від використання металевих відходів, як вторинної сировину металургійної промисловості, очевидний. В той же час кількість забруднюючих викидів в атмосферу і в гідросферу скорочується на 75...80%.

Механічна обробка металів на станках супроводжується виділенням пилу, стружки, туманів мастил та емульсій, які через вентиляційні системи викидаються із приміщень. В процесі шліфування виділяється велика кількість тонко-дисперсного пилу. Пил, який утворюється в процесі абразивної обробки на 30 – 40 % складається з матеріалу абразивного круга, на 60 – 70 % - з матеріалу оброблюваного виробу. При шліфуванні виробу виділяється більше 50 г/год. пилу з одного верстата.

Для очищення повітря від пилу, який утворюється в наслідок технологічного процесу пропоную застосувати метод електричного очищування газу в електрофільтрах. Цей метод базується на явищі іонізації газових молекул в електричному полі високої напруги. Частинки отримують заряд від іонів газу і осідають на електродах електричного фільтра, а очищений газ виводиться із апарату. Для очищення технологічних і вентиляційних викидів від шкідливих газів застосовують адсорбери. В адсорберах очищений струмінь пронизує шар адсорбенту, що складається із зернистої речовини з розвинутою поверхнею, наприклад активованого вугілля, силікагелю, оксиду алюмінію, піролюзиту. При цьому шкідливі гази і пари зв'язуються адсорбентом і пізніше можуть бути відділенні з нього.

ВИСНОВКИ

У результаті виконаних досліджень отримано наступні результати:

1. Розглянуто конструктивні форми та технологічність виготовлення перфорованих балок з шестикутними, круглими та еліпсоподібними отворами, виготовленими по традиційній та сучасній безвідходній технології.

2. Проведено порівняльний аналіз аналітичного розрахунку перфорованих балок з шестикутними отворами та розрахунку методом скінчених елементів за допомогою програмного комплексу ANSYS. Встановлено розбіжність результатів (до 13%) при оцінці номінальних напружень у досліджуваній зоні (полиці балки). В зонах концентраторів (отворів) розбіжність складає 30 – 50%.

3. Методом скінчених елементів проведено дослідження НДС для балок з різною перфорацією: шестикутною, круглою та еліпсоподібною.

4. Для балок з круглою перфорацією досліджено вплив висоти стінки, кількості отворів, розмірів отворів та відстаней між ними на напружено – деформований стан балки.

5. Для балок з еліпсоподібними отворами підібрано оптимальні співвідношення розмірів отворів, при яких будуть найменші максимальні нормальні напруження.

6. На основі порівняльного аналізу балок з круглою та еліпсовидною перфорацією встановлено доцільність застосування еліпсовидної перфорації в балках з профілів не менше за 60Б1, для яких напруження в зонах максимальної концентрації напружень є меншими на 4%, а для балок з 100Б1 – до 10,3%.

7. Розроблено кошториси та порівняльний аналіз на виготовлення перфорованих балок з шестикутними, круглими та еліпсоподібними отворами.

8. Запропоновано заходи з безпечної технології виготовлення перфорованих балок та їх екологічності.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Марочник сталей и сплавов / Под ред. В.Г.Сорокина. –М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
2. Теория сварочных процессов / Под ред. В.В.Фролова. – М.: Высшая школа, 1988. – 559 с.
3. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / Под ред. Б.Е.Патона, - М.: Машиностроения, 1974. – 768 с.
4. Акулов А.И. Технология и оборудование сварки плавлением./ Акулов А.И., Белогук Г.А., Денянцеви́ч В.П. – М.: Машиностроение, 1977. – 432с.
5. Думов С.И. Технология електрической сварки плавлением./ Думов С.И. – М.: Машиностроение, 1987. – 461 с.
6. Справочник сварщика / Под ред. В.В.Степанова. – М.: Машиностроение, 1983. – 560 с.
- 7 Биковський О.Г. Довідник зварника/Биковський О.Г., Пінковський І.В. – К.: Техніка, 2002. -336 с.
8. Александров А.Г. Эксплуатация сварочного оборудования / Александров А.Г. и другие. Справочник рабочего – К.: Будивельник, 1990. – 224 с.
9. Организация, планирование и управление машиностроительным производством / Б.Н.Родимов, Н.А.Саламатин, Л.Г.Осадчая и др. Под общ. ред. Б.Н.Родимова, - М.: Машиностроения, 1989. – 328 с.
10. Николаев Г.А. Расчет, проектирование и изготовление сварных конструкций / Николаев Г.А.,Куркин С.А., Винокуров В.А., М.: Высшая школа, 1971. – 760 с.
11. Николаев Г.А. Расчет, проектирование и изготовление сварных конструкций / Николаев Г.А.,Куркин С.А., Винокуров В.А., М.: Высшая школа, 1971. – 760 с.
12. Риморов Е.В. Новые сварочные приспособления/ Риморов Е.В. – Л.: Стройиздат, 1988. -125 с.

13. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві / Карпенко А.С. - К.: Арістей, 2005. -268 с.
14. Гайдамака В.А. Грузопідйомні машини .-К.: Вища школа .1989.-328 с.
15. С.А. Чернавский Проектирование механических передач/ С.А. Чернавский, Г.М. Ицкович, В.А. Киселев. М.: Машиностроение, 1976. -608 с.
16. Антонюк В. Е. Конструктору станочных приспособлений. Мн.: Беларусь, 1991.-400 с.
17. Шпак Р.І. Техніко–економічне обґрунтування інженерних рішень: методичні вказівки до виконання організаційно–економічної частини дипломних проектів / Р.І. Шпак.– Тернопіль, 2006–29с.
18. Красновский А.И. Основы проектирования сварочных цехов/ Красновский А.И. – М.: Машиностроение, 1980. – 319 с.
19. К.М. Великанова К.М. Расчёты экономической эффективности новой техники. Справочник /Под ред. К.М. Великанова. – Л.: Машиностроение, 1990. – 448 с.
20. І.С. Вовчак Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломних проектів та курсової роботи по дисципліні „Організація планування і управління машинобудівним виробництвом”/І.С. Вовчак, Д.І. Дубик, М.П. Шалущак – Тернопіль, 1993 – 39 с.
21. Г.О. Юхименко Автокад 14 – вибір професіоналів/Г.О.Юхименко, О.М.Шаблій – Тернопіль.: ЛІЛЕЯ, 1999. – 418 с.
22. Шанайда,В.В. Пакет MathCAD в інженерних розрахунках [Текст] / В.В.Шанайда. – Тернопіль: Видавництво ТДТУ, 2001.–163с
23. Охрана труда / [Е.Я. Юдин, С.В. Белов, С.К. Баланцев и др.]; Под ред. Е.Я. Юдина, С.В. Белова. - М.: Машиностроение, 1983. -432 с.
24. Левченко О.Г. Гігієна праці та виробнича санітарія у зварювальному виробництві/ Левченко О.Г.; -К.: Основа, 2004. -98 с.
25. Охорона праці. Лабораторний практикум / М.П. Купчик, М.П. Гандзюк, І.Ф. Степанець. - К.: Основа, 1998. - 224 с.

ДОДАТОК

					ДРМ 367.01.13.000 СК			
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Камінський				Кондуктор для складання балок	Лім.	Лист	Листів
Перевір.	Підгурський							
Рецензент.						ТНТУ, каф. ЗВ, ФМТ, гр.МЗм-61		
Н. контр.								
Зав. каф.								

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть	Примітка	
				Документація			
A1			ДРМ 367.01.13.000 СК	Складальне креслення			
				Складальні одиниці			
		1	ДРМ 367.01.13.001	Стійка опорна	1		
		2	ДРМ 367.01.13.002	Електродвигун	1		
		3	ДРМ 367.01.13.003	Редуктор з приводом	8		
		4	ДРМ 367.01.13.004	Муфта	7		
		5	ДРМ 367.01.13.005	Ролик	3		
		6	ДРМ 367.01.13.006	Кришка	1		
		7	ДРМ 367.01.13.007	Стакан	2		
		8	ДРМ 367.01.13.008	Втулка	2		
		9	ДРМ 367.01.13.009	Кришка	2		
		10	ДРМ 367.01.13.010	Кільце	2		
		11	ДРМ 367.01.13.011	Вісь	2		
		12	ДРМ 367.01.13.012	Шайба 33 сталь 40	2		
		13	ДРМ 367.01.13.013	Гайка М-33	44		
		14	ДРМ 367.01.13.014	Підшипник	4		
		15	ДРМ 367.01.13.015	Ланцюг	2		
				ДРМ 367.01.13.000 СК			
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Камінський			Ланцюговий кантувач		
Перевір.		Підгурський					
Рецензент.							
Н. контр.							
Зав. каф.							
					Лім.	Лист	Листів
					ТНТУ, каф. ЗВ, ФМТ, гр.МЗм-61		

