

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технології виготовлення підсилених перфорованих
двотаврових балок з дослідженням напружено-деформівного стану

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МПм-61
спеціальності 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

Поліщук В.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Підгурський М.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Ткаченко І.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Окіпний І.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра на тему: " Розроблення технології виготовлення підсилених перфорованих двотаврових балок з дослідженням напружено-деформівного стану" складається із розрахунково-пояснювальної записки об'ємом 64 аркушів формату А4 і графічної частини об'ємом 6 аркушів формату А1. Розрахунково-пояснювальна записка складається із таких частин: аналітична, технологічна, дослідницька, конструкторська, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

В роботі приведено умови роботи та типи конструкцій перфорованих балок. Проаналізовано особливості технологій їх виготовлення. За результатами аналізу запропоновано конструкцію перфорованої двотаврової балки із підсиленням отворів. З метою дослідження такого типу балок проведено моделювання її напружено-деформівного стану в програмі SolidWorks. Дослідження проводили при навантаженні балки 10кН розміщеного по середині довжини балки при різних товщинах підсилювальних елементів. За результатами було встановлено, що напруження, які виникають при дії сили, та прогини балки змінюються лінійною залежністю. Тобто, із збільшенням товщини стінки підсилювальних вставок, вони зменшуються.

На основі цього було запропоновано технологічний процес виготовлення такого типу перфорованих підсилених двотаврових балок із застосуванням автоматичної лінії. Це дозволило підвищити продуктивність виробництва та якість конструкції. Запропоновані в роботі рішення дозволять розширити можливість застосування такого роду балок у промисловості.

Ключові слова: АВТОМАТИЧНЕ ЗВАРЮВАННЯ, НАПІВАВТОМАТ, ЗВАРЮВАЛЬНЕ УСТАТКУВАННЯ, АВТОМАТИЧНА ЛІНІЯ, НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНИЙ СТАН.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Опис конструкції виробу.....	7
1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу.....	10
1.3 Технічні умови на виготовлення виробу.....	12
1.4 Аналіз базового технологічного процесу	14
2 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА	16
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	29
3.1 Обґрунтування способу зварювання.....	29
3.2 Опис технологічного процесу.....	38
4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	47
4.1 Розрахунок сил притискання балки в кондукторі.....	47
4.2 Розраховуємо розпирних сил в кондукторі	48
4.3 Опис конструкції пристосувань та їх роботи.....	50
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	52
5.1 Охорона праці	52
5.1.1 Характеристика системи вентиляції.....	52
5.1.2 Захисне заземлення	54
5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	56
ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	61
ДОДАТКИ.....	63

ВСТУП

Виготовлення зварних конструкцій ґрунтується на запозиченні технологічних послідовностей виготовлення різних типових конструкцій. Запозичені технологічні процеси зазнають змін та доповнень із врахуванням умов виробництва, типу конструкції та вимог до неї.

На даний час все ширше розробляються технології виготовлення та зварювання полегшених видів металевих конструкцій металевих каркасів. До таких відносять несучі конструкції прольотами 12— 30 м, що несуть огорожувальні конструкції покрівлі у будівлях безкранових або з підвісними кранами вантажопідйомністю до 10 т, а також з мостовими до 20 т. Оптимальне конструктивне вирішення конструкцій має відповідати наступним умовам: мінімальної металоємності; мінімальної вартості; високого рівня технологічності.

Найбільш широкого застосування із великого ряду металевих конструкцій отримали зварні балки. Вони виготовляються як окремі промислові вироби в якості основних складових частин багатьох металоконструкції різного призначення. Балкові конструкції застосовують при будівництві каркасів виробничих будівель і споруд, колон і прольотних покриттів, рамних конструкцій транспортних засобів, фундаментів і підкранових балок. Також вони є основними елементами зварних конструкцій в суднобудуванні, авіабудуванні, машин для сільськогосподарських робіт та ін.

З метою підвищення ефективності застосування балкових конструкцій їх виготовляють із наскрізних двотаврів або двотаврів з перфорованою стінкою. Перфоровані балки широко застосовуються в різних спорудах - таких, як багатоярусні гаражі, мости, багатоповерхові будівлі, каркаси складських приміщень. Щорічне застосування перфорованих балок у світовому масштабі наближається до 50000 т. Тому актуальним є розроблення технології їх зварювання та вдосконалення їх конструктивних особливостей.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції виробу.

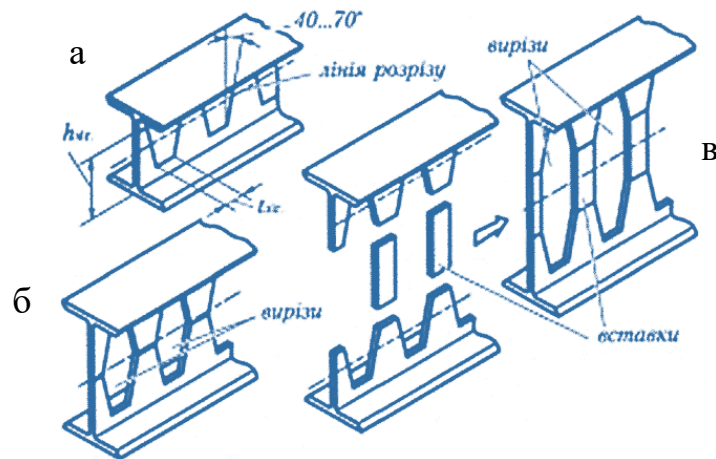
У сучасному будівництві балки з перфорованою стінкою отримали широке застосування як несучі конструкції покриттів і перекриттів, рамних систем багатоповерхових каркасів, балок колій підвісних кранів і т.д.

Застосування балок з перфорованою стінкою у каркасах багатоповерхових будівель вирішує не лише завдання полегшення конструкцій при використанні балок, але й одночасно – завдання зменшення висоти міжповерхових перекриттів за рахунок проходження інженерних систем через отвори.

У прокатних балках із суцільною стінкою матеріал стінки використовується недостатньо ефективно, оскільки в зоні нейтральної осі, де нормальні напруження дорівнюють нулю, він слабо навантажений. Саме це призвело до ідеї перфорації стінок, що дозволяє з використанням «безвідходної» технології перерозподілити матеріал ближче до полиць при тій же вазі балки. Найбільш широкого застосування отримали перфоровані балки із шестикутними вирізами. За кордоном такі балки отримали назву "castellated beams". [1]

Широке використання перфорованих балок цілком зрозуміло на тлі безперервного зростання цін на сталь та металопрокат. Різноманітність видів перфорованих балок є досить великою. В основному варіюються два параметри: відносна висота вирізів та відносна ширина перемичок. Застосовуються також біметалічні балки, що утворюються з половинок двотаврів різного сортаменту та марок сталі, балки зі зміщеними по висоті вирізами тощо. Зміна висоти вихідного перерізу двотавра у півтора рази за рахунок перфорації стінки, підвищує його момент опору та момент інерції приблизно в 1,5 та 2 рази відповідно. При цьому слабо навантажена частина перерізу стінки в районі нейтральної осі вирізається на 30 - 40%. При цьому майже не змінюються міцнісні показники балки. Перфоровані балки дозволяють перекривати при значних навантаженнях прольоти у 2 – 3 рази більше, ніж прокатні двотаври. Пов'язано це із суттєвим збільшенням моменту інерції перерізу за рахунок збільшення його висоти.

Також, із метою підвищення ефективності застосування двотаврових балок із перфорованою стінкою застосовують стінки-вставки. Це дозволяє збільшити висоту балки та збільшити момент інерції. Застосування таких вставок дозволяє також знизити трудомісткості зварювальних робіт в порівнянні з традиційним виготовленням зварного двотавра з трьох плоских листових елементів. На рисунку 1.1 представлено зварні двотаврові балки із широкополюх двотаврів. [2]



Г

а — схема вирізання; б — балка без вставок; в — балка із вставками; г — фрагмент двотавра з перфорованою стінкою

Рис. 1.1 Зварні двотаврові балки із широкополюх двотаврів

За умовами технології прокату у більшості двотаврів товщина стінки значно більша, ніж це потрібно за умовами забезпечення її стійкості. Причому навіть збільшення висоти профілю в 1,5 рази у зв'язку з перфорацією стінки призводить до збільшення гнучкості стінки всього до 90 - 95, у той час як втрата нею стійкості в межах пружних деформацій відбувається при гнучкості більше 120. Такий переріз з гнучкістю 110 - 120 є оптимальним з точки зору розподілу матеріалу в елементі, що згинається.

Висота таких балок коливається в діапазоні $475 \text{ мм} \leq 820 \text{ мм}$.

Про ефективність застосування перфорованих балок можна розглянути на прикладі: двотаврова балка з суцільною стінкою розмірами $686 \times 254 \text{ мм}$ має погонну масу 170 кг/м при моменті інерції перерізу 170300 см^4 , а перфорована балка розмірами $906 \times 229 \text{ мм}$ - 101 кг/м при моменті інерції перерізу $= 171301 \text{ см}^4$. При цьому економія ваги становить 40%.

У малонавантажених спорудах, наприклад, таких як склад або цех, застосування перфорованих балок із круглими або шестикутними вирізами широко поширене. Так, при прольоті 18 м , висота перфорованих балок може становити 750 мм , відносна ширина перемичок $c/d = 0,5$, відносна довжина балки $1800/75 = 24$, відносна висота вирізів може досягати $d/H = 0,7$.

В промисловості застосовуються перфоровані двотаврові балки із різною формою отворів. Деякі конструктивні форми отворів приведено на рисунку 1.2. [3]

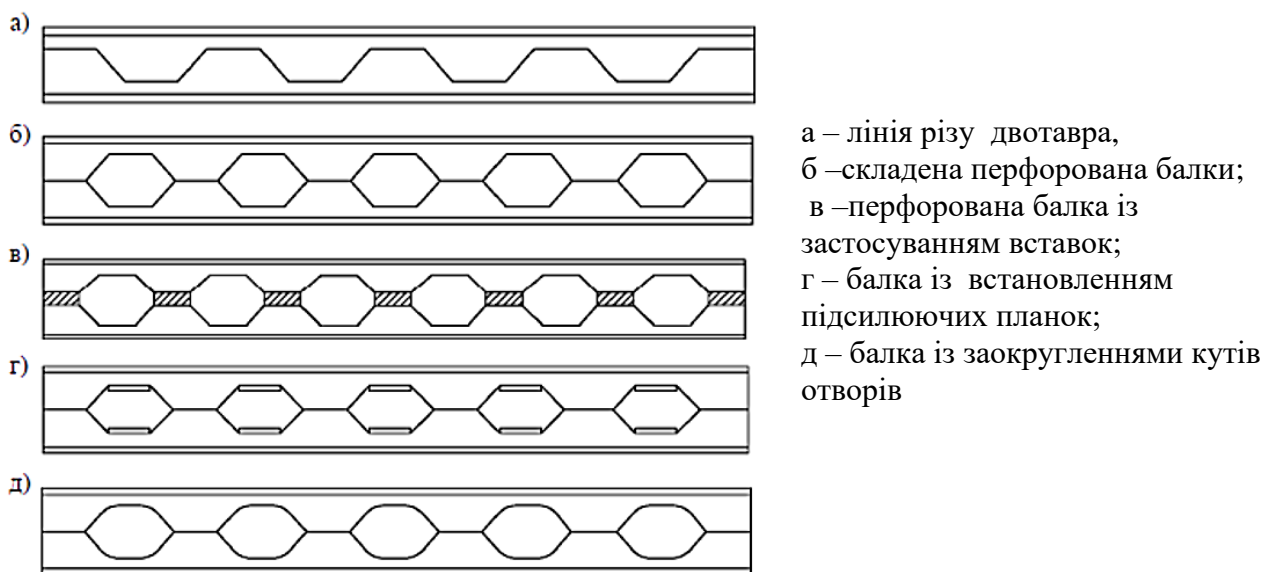


Рис. 1.2 Перфоровані двотаврові балки із різною формою отворів [3]

На основі проведеного аналізу застосування перферованих зварних балок і їх конструктивних особливостей найбільш ефективними для застосування підкранових балок вантажністю 10 т є балки із шестикутними отворами та підсилюючими вставками. Загальний вигляд конструкції балки приведено на рис. 1.3.

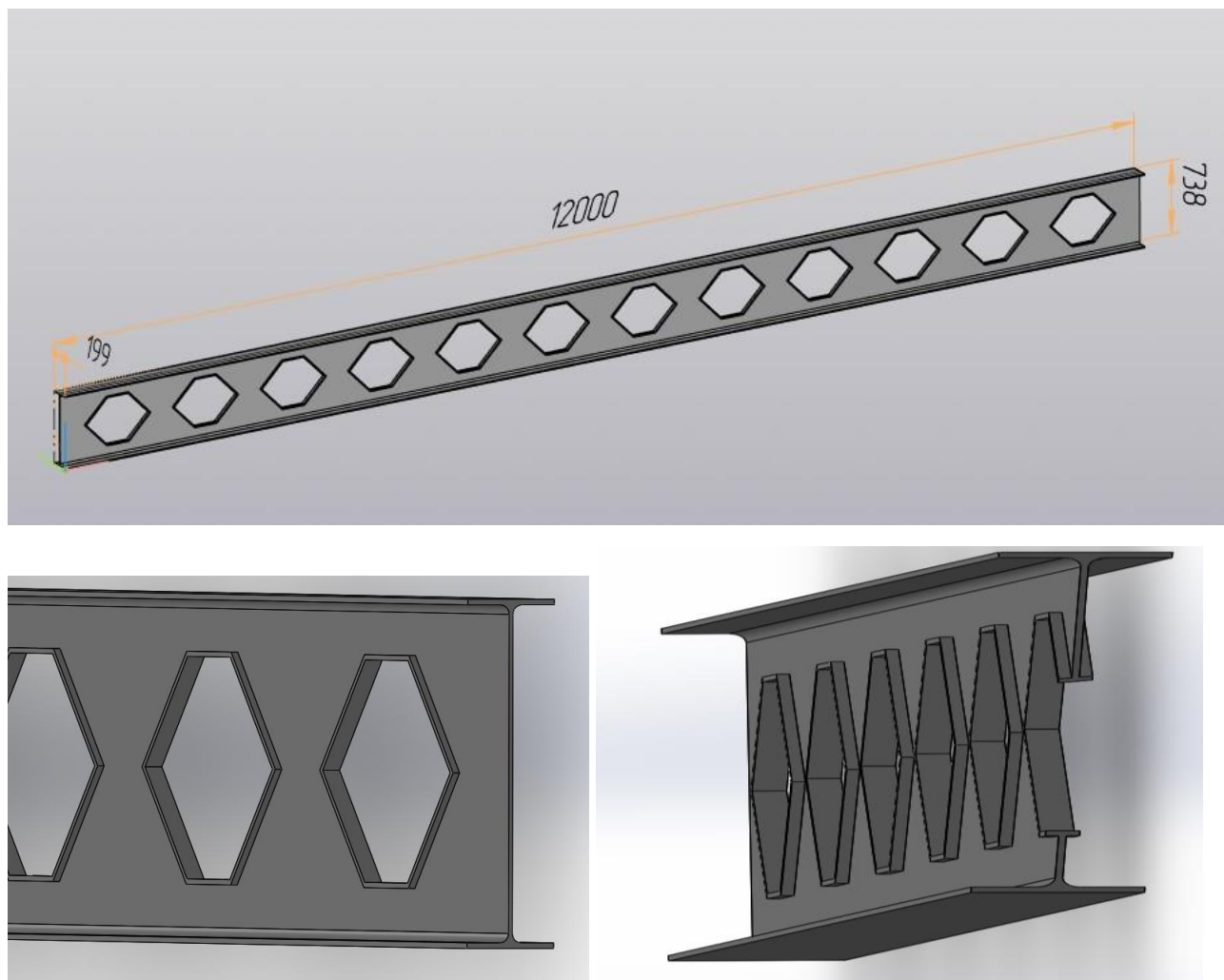


Рис. 1.3 Загальний вигляд досліджуваної конструкції балки

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу.

В даному випадку балку для виготовлення підкранової балки застосовують сталь марки С345. Це маловуглецева низьколегована марганцева сталь підвищеної міцності призначена для виготовлення будівельних конструкцій. Хімічний склад та властивості приведені в табл. 1.1 та 1.2 відповідно.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад, у % [4]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	Al	Ti
≤0,15	≤0,80	1,30 - 1,70	≤0,30	≤0,025	≤0,030	≤0,30	≤0,012	≤0,30	0,015-0,06	≤0,035

Таблиця 1.3 – Механічні властивості [4]

Товщина, мм	Тимчасовий опір, Н/мм ² , не менше	Межа плинності, Н/мм ² , не менше	Відносне подовження δ ₅ , %
4 - 10	490	345	21

Дана сталь призначається для виробництва несучих зварних конструкцій, що експлуатуються в умовах змінного та постійного навантаження

Чутливість зварних з'єднань до утворення холодних тріщин оцінюють еквівалентним утриманням вуглецю у зварюваному металу [5].

Для оцінки зварюваності проведемо розрахунок $C_{\text{екв}}$, % вуглецю:

$$C_e = C + \frac{Mn}{20} + \frac{Cr}{10} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2} \quad (1.1)$$

Підставивши дані, отримаємо:

$$C_e = 0.15 + \frac{1.5}{20} + \frac{0.3}{10} + \frac{0.3}{15} + \frac{0.3}{13} + \frac{0.035}{2} = 0.34\%$$

Оскільки $C_{\text{екв}} < 0,45\%$, то сталь не схильна до утворення холодних тріщин.

Чутливість зварного з'єднання HCS до утворення гарячих тріщин:

$$HCS = \frac{C(S + P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100}) \times 10^3}{3Mn + Cr + Mo + V} \quad (1.2)$$

Підставивши дані, отримаємо:

$$HCS = \frac{0.15 \left(0.04 + 0.035 + \frac{0.8}{25} + \frac{0.3}{100} \right) * 10^3}{3 * 1.5 + 0.3} = 3.43$$

Оскільки $HCS < 4$, гарячі тріщини в зварних з'єднаннях не утворюються.

Сталь С345 відносяться до числа добре зварюваних металів. Технологію зварювання вибирають з умов забезпечення комплексу вимог, головні з яких досягнення рівномірності зварного з'єднання з основним металом і відсутність дефектів у зварному з'єднанні. Для цього механічні властивості металу шва, біляшовної зони і зварного з'єднання в цілому повинні бути не нижче мінімальних механічних властивостей основного металу. У ряді випадків з урахуванням конкретних умов роботи конструкції допускається зниження вимог до окремих показників механічних властивостей зварного з'єднання в порівнянні з вимогами, пропонованими до основного металу.[5]

1.3 Технічні умови на виготовлення виробу.

Оскільки дана конструкція відноситься до особливо-відповідальних та до неї ставиться ряд вимог. Основним із них є:

- сталеві зварні двотаврові балки виготовляють з листового гарячекатаного прокату;
- якість матеріалів, що поставляється за ГОСТ 19903, має бути підтверджено документами підприємства-виробника щодо оцінки відповідності продукції вимогам нормативних документів⁴
- за відсутності документа про оцінку відповідності продукції вимогам нормативних вимог застосування матеріалу можливе тільки після проведення випробувань;
- матеріали для зварювання (зварювальний дріт, електроди, флюс) слід застосовувати в у відповідності до СП 16.13330;
- значення тимчасового опору металу зварного з'єднання повинно бути не нижче основного металу;
- на поверхні заготовок не допускаються наявність дефектів.

Так, як конструкція балки є зварною, то до її зварних з'єднань ставляться наступні вимоги:

- зварювальні матеріали, обладнання та технології, повинні бути атестовані відповідно до РД 03-613-03, РД 03-614-03, РД 03-615-03;
- кромки після різання не повинні мати нерівностей, що перевищують 0,3 мм;
- стикові шви повинні виконуватися механізованим або автоматичним зварюванням з плавним переходом швів до основного металу;
- стики листів виконуються без накладок із застосуванням двостороннього зварювання. Допускається одностороннє зварювання за умови підварювання кореня шва;
- усі зварні шви мають бути безперервними;
- поверхня стикових швів повинна бути зачищена врівень з основним металом;
- при виконанні стикових швів повинен забезпечуватись повний провар;
- тимчасовий опір зварного шва повинен бути не нижчим від опору основного металу;
- зварні шви повинні відповідати II категорії відповідно до ГОСТ 23118;
- шви після закінчення зварювання повинні бути очищені від шлаку, бризок та натоків металу.

При візуальному контролі зварні шви повинні відповідати таким вимогам:

а) мати гладку або рівномірно лускату поверхню;

б) шви повинні бути щільними по всій довжині і не мати видимих пропалів, звужень, переривів, напливів, а також неприпустимих за розмірами підрізів, непроварів в корені стикового шва, несплавлення по кромках, шлакових включень та пор;

в) метал шва та біляшовної зони не повинен мати тріщин будь-якої орієнтації та довжини;

г) не допускається наявність кратерів;

д) після виправлення дефектів, виправлені ділянки швів повинні піддаватися повторному контролю.

- складання виконувати в спеціальних складально-зварювальних пристосуваннях;
- при складанні елементів не допускається застосування примусового припасування;
- закріплення деталей із відповідним зазором здійснюють прихватками. Вони мають бути без дефектів, висотою не більше 6 мм довжиною 36 мм. Відстань між прихватками 400 – 500 мм.

Допускається наступні відхилення:

- зміщення зварювальних кромок не більш 1 мм;
- зазор між кромками стикових з'єднань повинен відповідати стандарту.

Контроль якості повинен відповідати ДСТУ14771–76.

1.4 Аналіз базового технологічного процесу

На сьогоднішній день широко застосовуються балки з однорядною перфорацією шестикутними вирізами. В даного типу балок ширина перемички завжди дорівнює горизонтальній стороні вирізу, що зумовлено прийнятою технологією їх виготовлення. У роботі [1] викладаються розроблені автором технології виготовлення балок з однорядною та багаторядною перфорацією, що забезпечує максимальне використання резервів надмірної стійкості стінок, та аналізуються переваги та недоліки різних конструктивних форм.

Дві однакові двотаврові балки розрізають рівними зигзагоподібними різами (рис.1.4 та 1.5), отримуючи дві пари пилкоподібних напівбалок. При цьому довжина горизонтального різну виконується більшої довжини, ніж довжина різну, що визначає ширину перемички між вирізами. Потім за допомогою зварювання з'єднують напівбалки по виступах зубів [1]. Зварювання виконують напівавтоматичним способом в захисному газі.

На відміну від традиційної безвідходної технології в запропонованому способі отримання перфорованої балки зв'язок між розмірами перемичок і горизонтальною стороною вирізу відсутня. Це дозволяє отримувати балку із

шестикутними вирізами як правильної, так і неправильної (подовженої) форми.

Існує також спосіб виготовлення, який ґрунтується на вставках Х-образної форми, що встановлюються між двома половинами горизонтально розрізаної двотаврової балки. Даний спосіб майже повністю безвідходний. Дана технологія застосовується при виготовленні балки з восьмикутними вирізами.

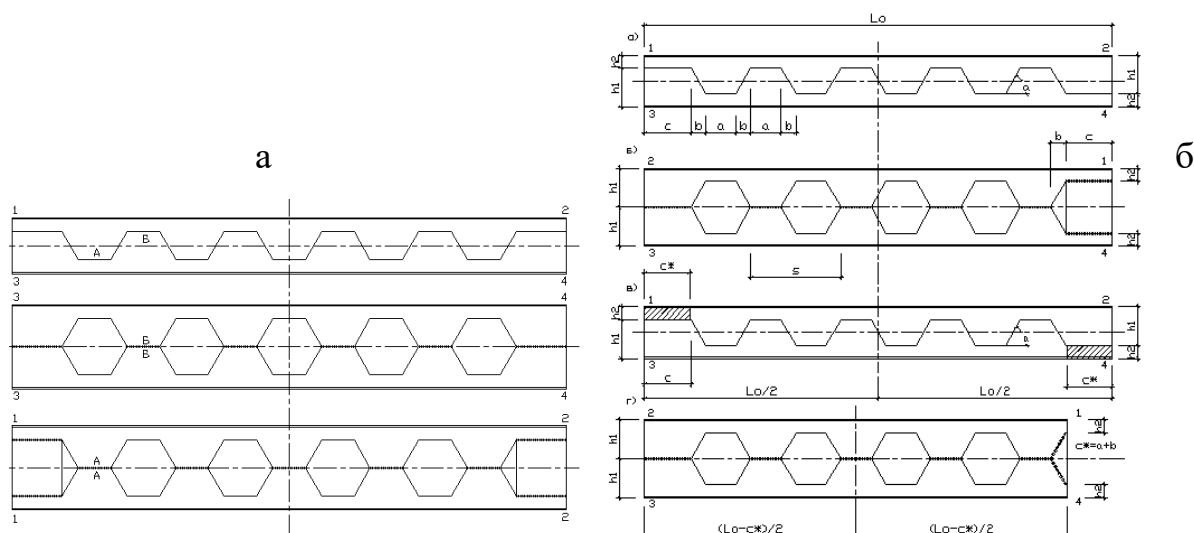
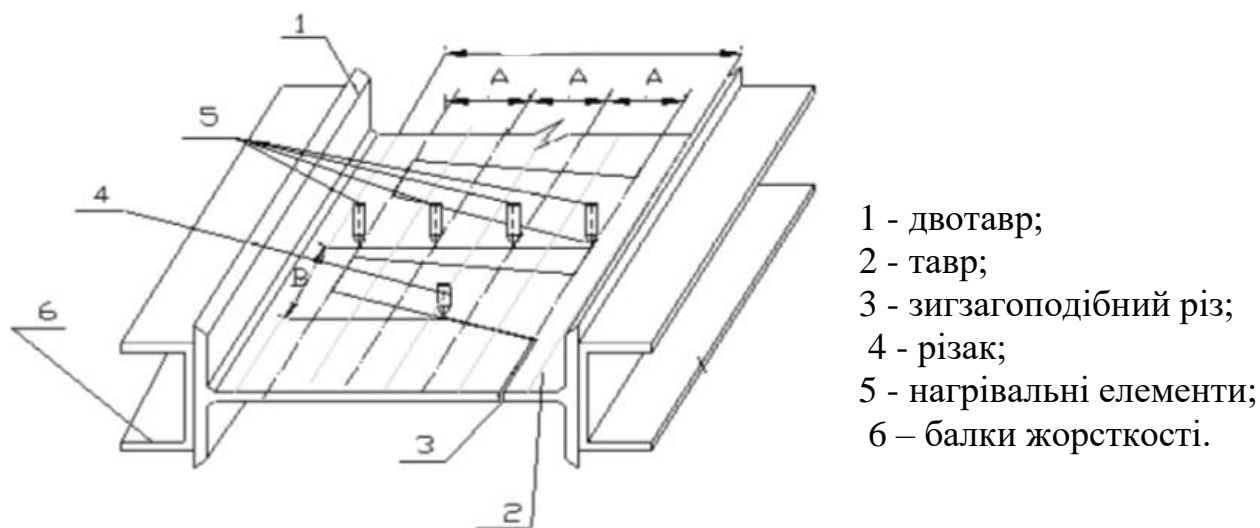


Рис.1.4. Пропонована технологія семеричного (а) та асиметричного (б) розрізу двотаврової балки [7]



- 1 - двотавр;
- 2 - тавр;
- 3 - зигзагоподібний різ;
- 4 - різак;
- 5 - нагрівальні елементи;
- 6 – балки жорсткості.

Рис. 1.5. Схема розрізу гарячекатаних двотаврів [7]

В літературних даних відсутня технологія виготовлення перфорованих двотаврових балок шестикутної форми із підсиленнями, тому, необхідно розробити технологію та провести дослідження стосовно застосування вставок підсилення на НДС.

2 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

Із врахуванням деяких особливостей перфорованих двотаврових балок є необхідність проведення досліджень їх НДС методом скінченних елементів.

Наявність вирізів у стінці істотно змінює картину розподілу напружень. Нормальні напруження в балках без вирізів розподілені лінійно, то в перфорованих балках у вертикальних перерізах, що проходять через середини вирізів, вони мають криволінійний характер, що зумовлено наявністю концентрації напружень. Такий нелінійний характер спостерігається і в зоні перемички, що зумовлено появою в ній нормальних напружень [8-10].

Найчастіше пластичні властивості матеріалу цілком достатні для згладжування впливу концентраторів напружень. Однак останні мало позначаються на здатності перфорованої балки. При змінних або ударних впливах, що виникають перфорованих кран-балках (рис. 2.1), особливо в умовах низьких температур, коли через охрихчування розвиток пластичних деформацій обмежене, концентратори напружень можуть стати причиною появи тріщин. Тому знання концентрації напружень важливо з позицій забезпечення надійного проектування перфорованих балок. Слабким місцем перфорованих балок є перемички. Вони працюють в більшості на зсув, тому несуча здатність балок з вирізами багато в чому визначається стійкістю перемичок. В окремих випадках втратити стійкість може і стінка поясного тавра, яка знаходиться в стиснутій або стисло-зігнутій зоні.



Рис. 2.1 – Перфоровані кран-балки із шестикутними вирізами

При дослідженні напружено-деформівного стану перфорованих підсилених балок необхідно визначити характер розподілу та рівень напружень. Для розрахунку застосовуємо програмний комплекс SolidWorks.

Дослідження проводили для шарнірно опертих балки при поперечному вигині під дією зосередженої сили, прикладеної посередині прольоту та чистому вигині.

На рис. 2.2 представлено розрахункову схему перфорованої балки з підсиленими отворами та місця закріплення і прикладання сили.

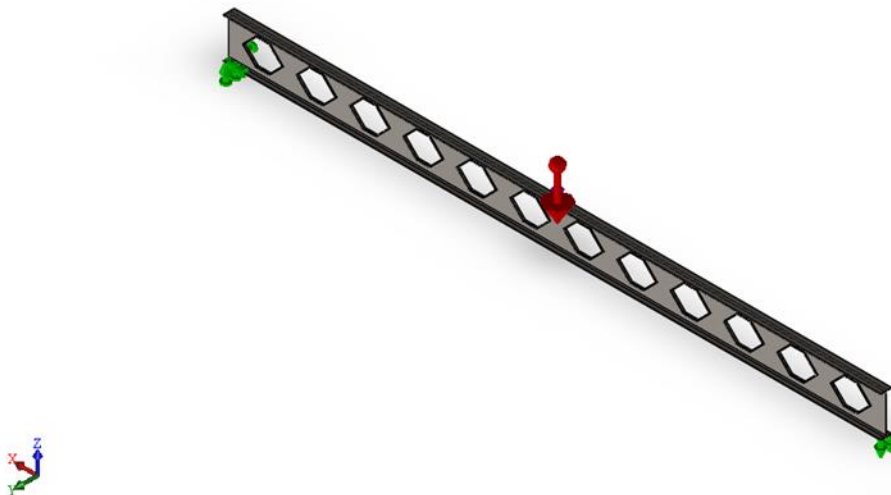


Рис. 2.2 Розрахункова модель перфорованої балки з підсиленнями отворів

За наявності вирізів зміна рівня напруги відбувається не тільки у стінці, а й у полицях балок. У полицях балок напруги зростають за рахунок деякого зменшення моменту опору перерізу. Іноді це збільшення становить 10-18%. Досліджуємо ці зміни шляхом розрахунку балок методом кінцевих елементів.

Дослідження проводимо для різної товщини елементів підсилення перфорованих отворів розмірами 2, 6, 7,5, 9 та 11 мм.

У всіх випадках до двотаврової перфорованої балки прикладали навантаження зосередженою силою 10 кН посередині прольоту. Властивості балки приведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Властивості матеріалу балки

Посилання на модель	Властивості	
	Ім'я:	Сталь С345
	Тип моделі:	Лінійний Пружний Ізотропний
	Критерій міцності за про мовчанням:	Максимальне напруження von Mises
	Межа текучості:	1.8e+08 N/m ²
	Межа міцності при розтягуванні:	3.25e+08 N/m ²
	Модуль пружності:	2e+11 N/m ²
	Коефіцієнт Пуассона:	0.29
	Масова густина:	7870 kg/m ³
	Модуль зсуву:	8e+10 N/m ²
	Коефіцієнт теплового розширення	1.22e-05 /Kelvin

Для досліджень напружено-деформівного стану балки в програмному комплексі SolidWorks накладали скінчено-елементну сітку, розміри якої приведено в таблиці 2.2 та на рисунку 2.3.

Таблиця 2.2 Інформація про сітку

Тип сітки	Сітка на твердому тілі
Використовуване розбиття	Сітка на основі кривизни
Точки Якобіана	4 Точки
Максимальний розмір елемента	22.1806 мм
Мінімальний розмір елемента	4.43612 мм
Епюра якості сітки	Висока
Всього вузлів	880350
Всього елементів	443643
Максимальне співвідношення сторін	21.579
% елементів зі співвідношенням сторін<3	70.5
% елементів зі співвідношенням сторін>10	0.142
% спотворених елементів (Якобіан)	0

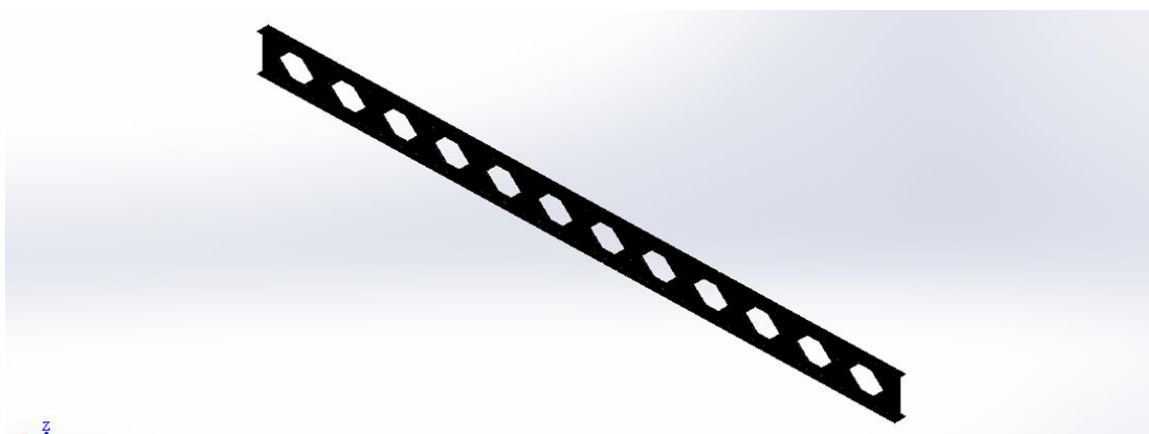
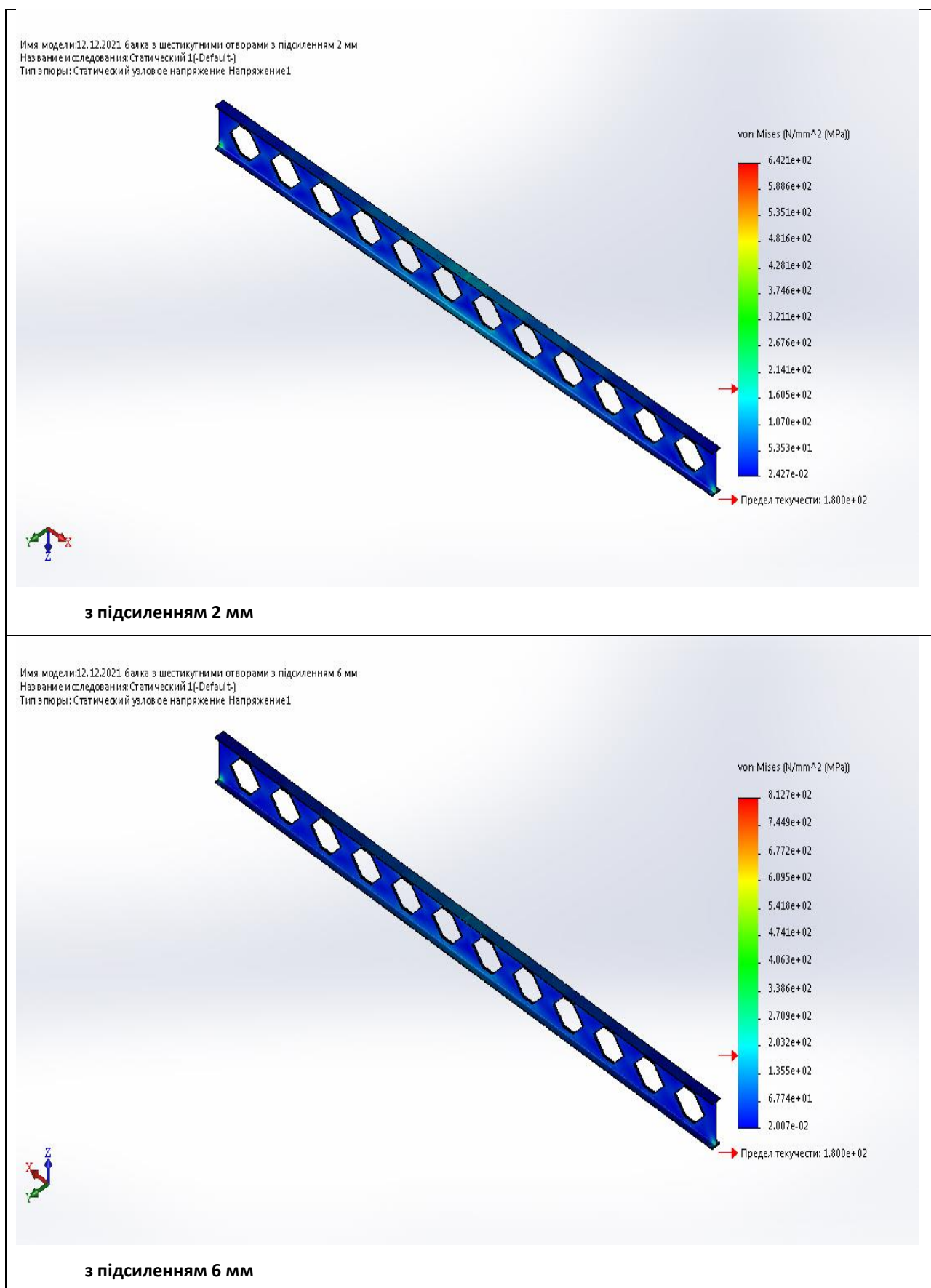


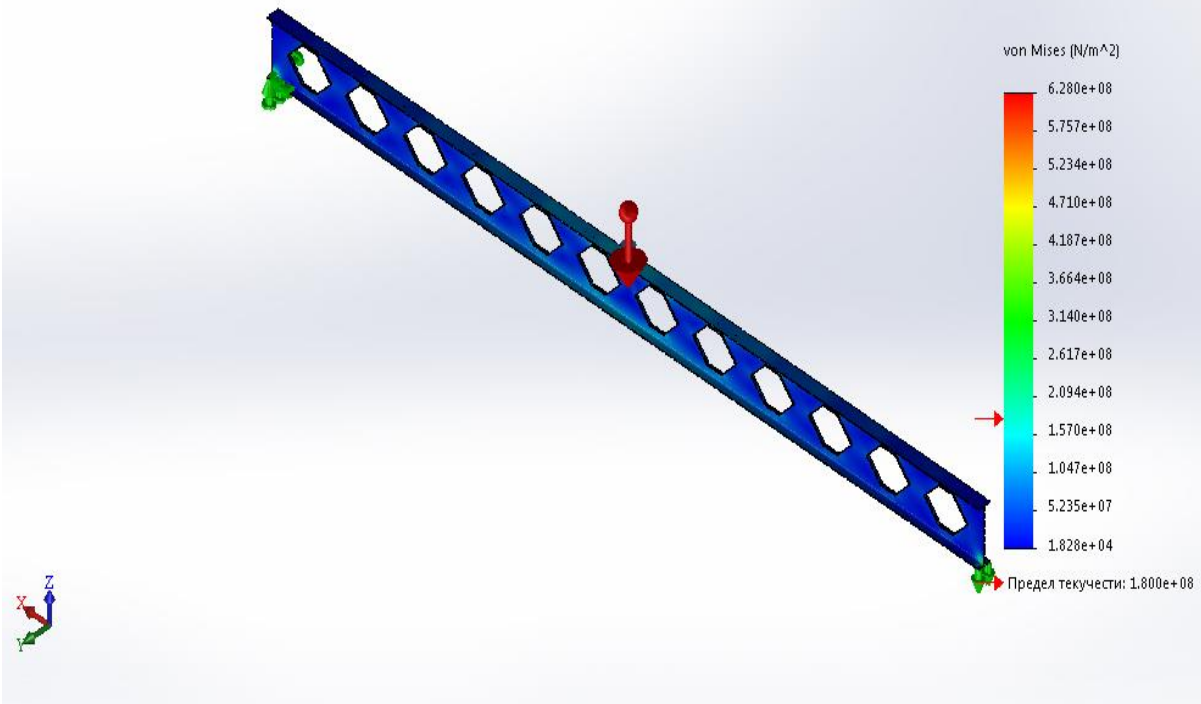
Рис. 2.3 Схема накладання сітки

Розподіл напружень представлено на таблиці. 2.3.

Таблиця 2.3 Результати визначення напружень

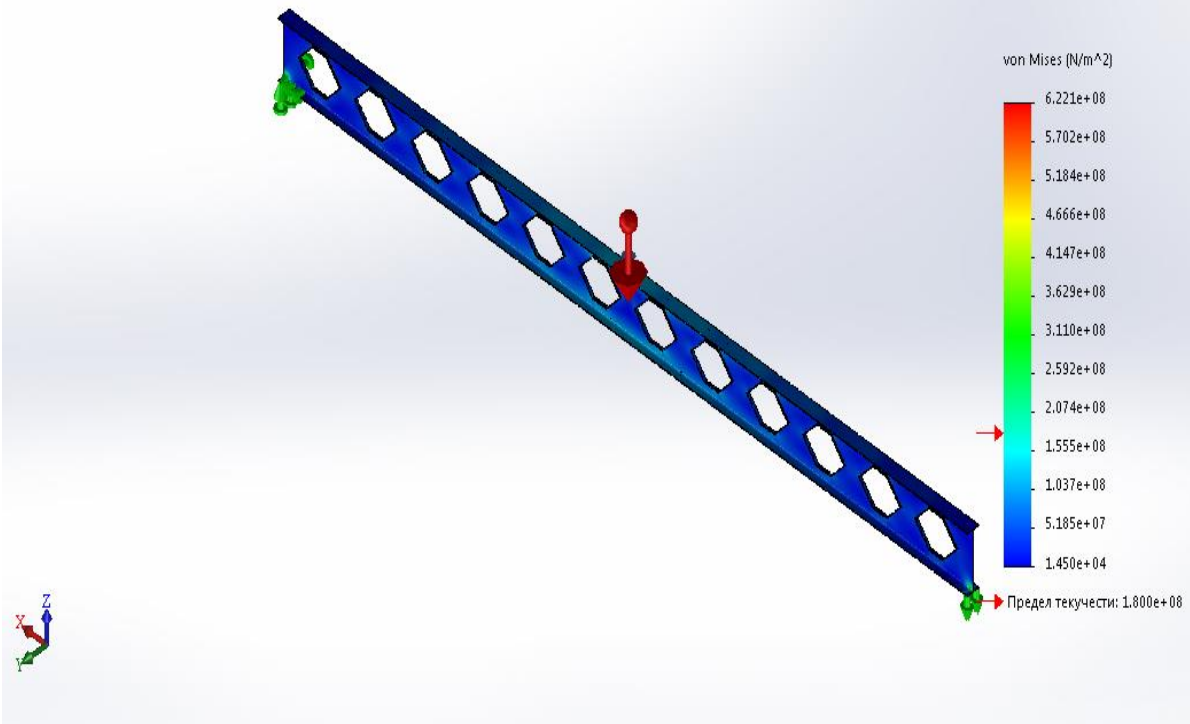


Имя модели: 12.12.2021 балка з шестикутними отворами з підсиленням 7.5 мм
 Название исследования: Статический 1(-Default-)
 Тип элтуры: Статический узлоое напряжение Напряжение1

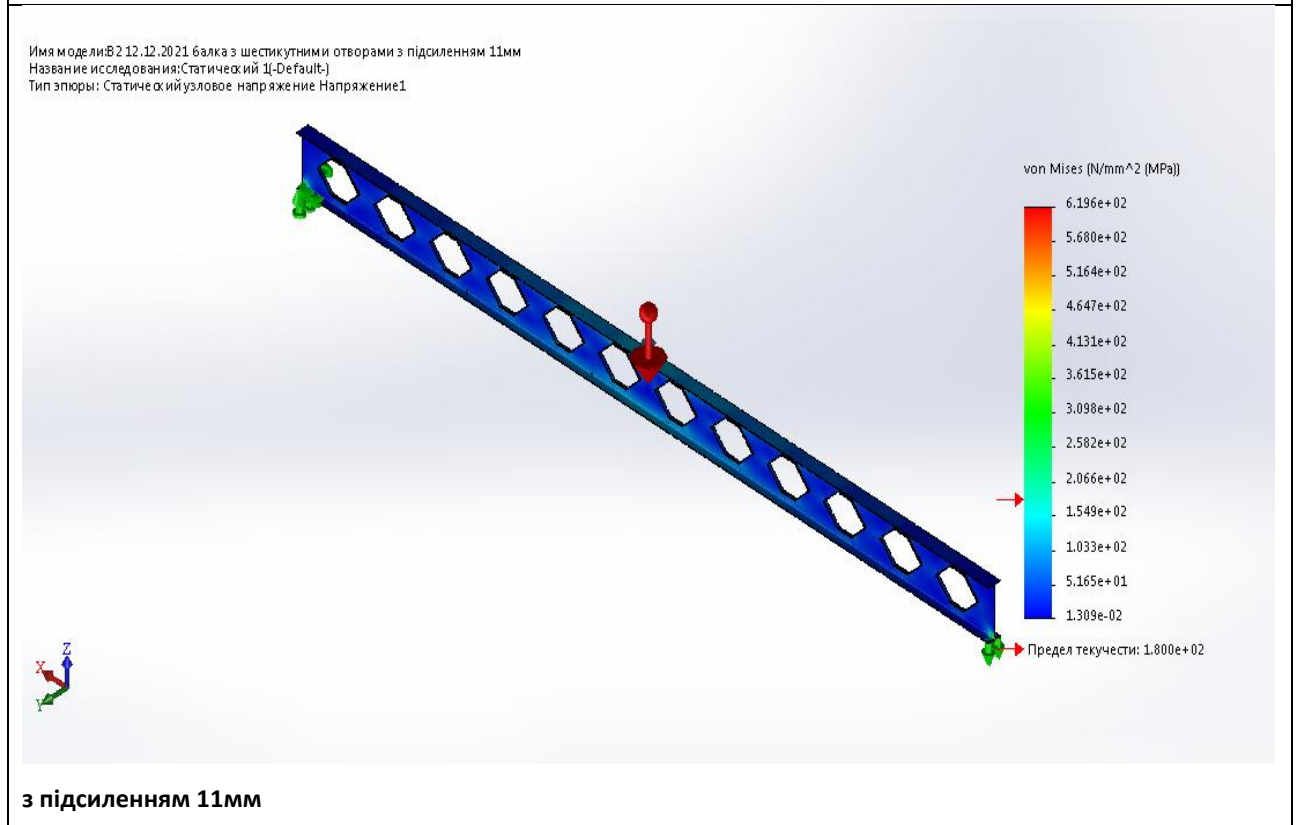


з підсиленням 7.5 мм

Имя модели: 12.12.2021 балка з шестикутними отворами з підсиленням 9 мм
 Название исследования: Статический 1(-Default-)
 Тип элтуры: Статический узлоое напряжение Напряжение1



з підсиленням 9 мм



Отримані результати представимо графічно (рис. 2.4) в залежності від товщини вставок для підсилення отворів балки.

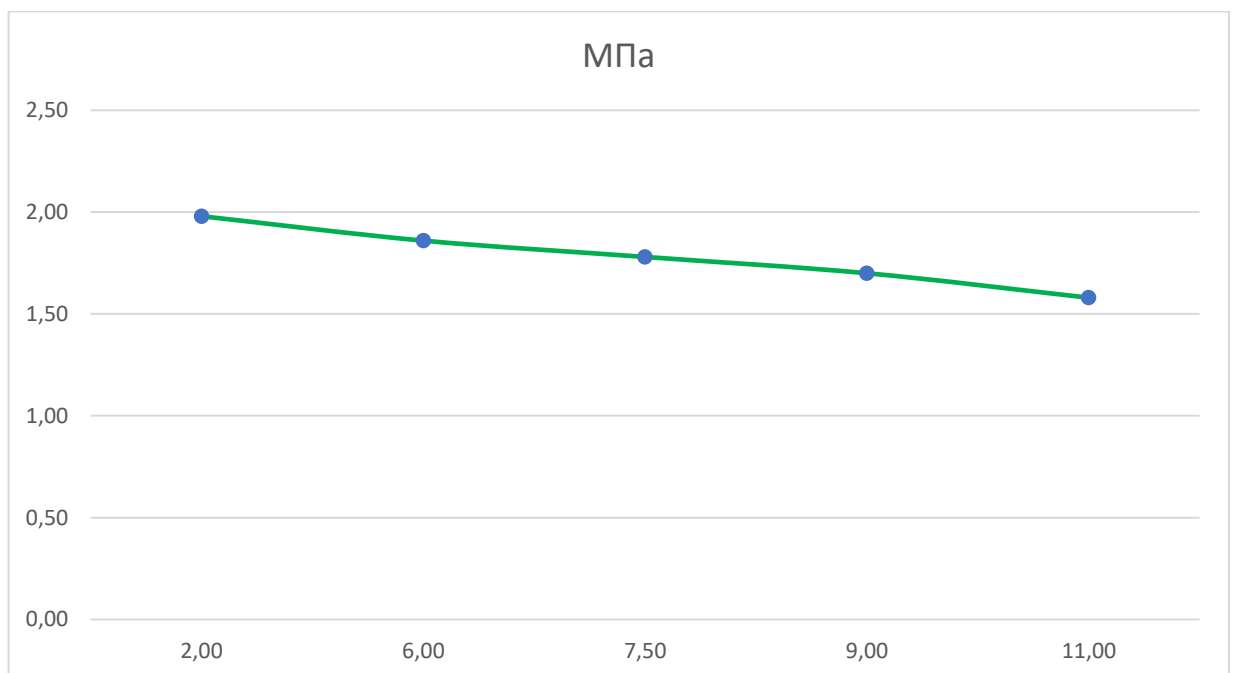


Рис. 2.4 Графік зміни напружень в залежності від товщини підсилень

Таким чином, наявність підсилення отворів перфорації знижує рівень напружень в полицях у районі перемичок на 8%. Із графіка видно що зменшення напружень відбувається лінійно із збільшенням товщини підсилених елементів.

Результати підтверджують, що характер розподілу максимальних напружень по Мізесу $\sigma_{\max.екв}$ вздовж вирізів фактично відображає закономірність лінійного зростання згинального моменту, оскільки величина поперечної сили залишається незмінною у всіх цих перерізах.

На рис. 2.5 – 2.9 представлені результати визначення прогину балки в залежності від товщини підсилених вставок отворів.

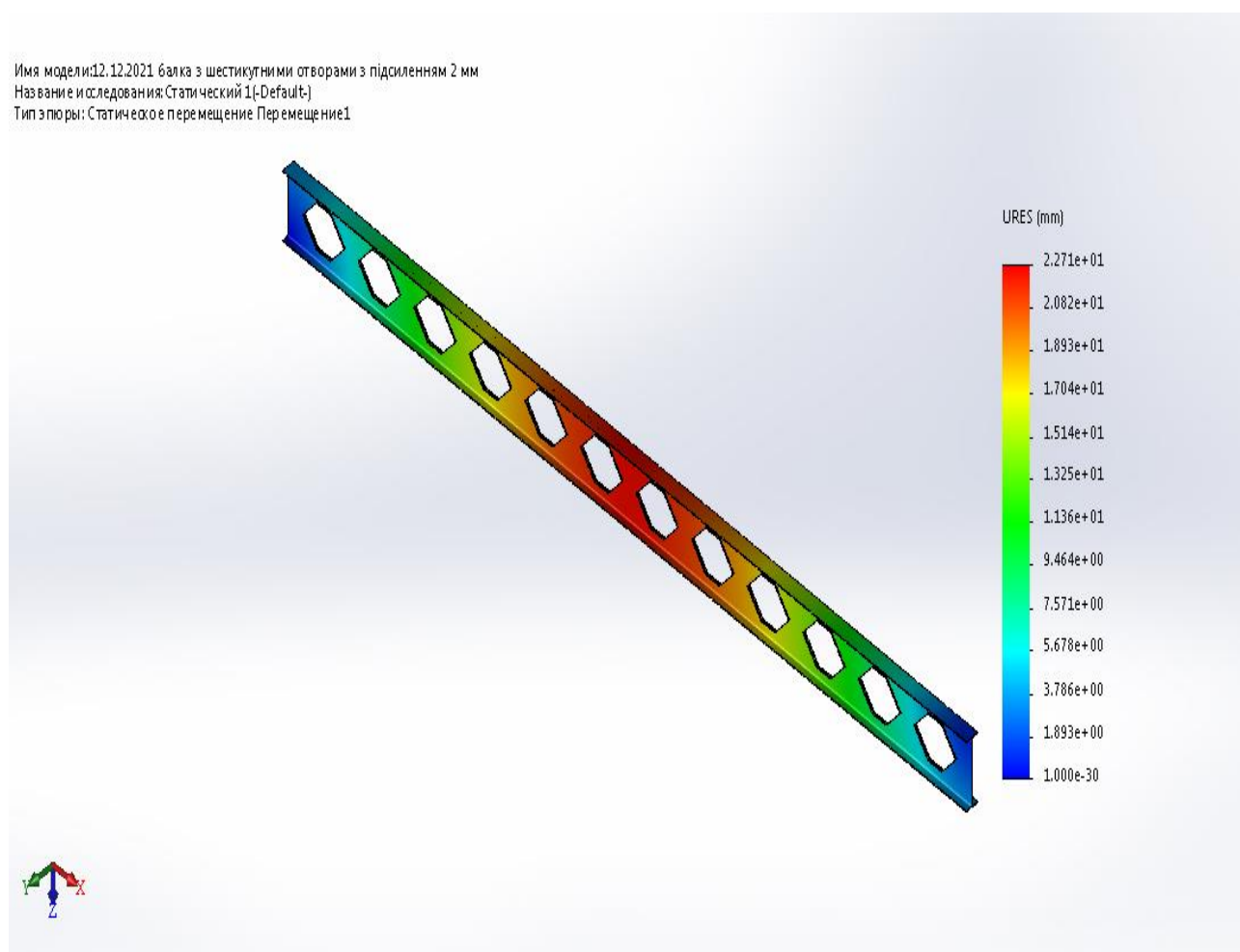


Рис.2.5 Результати визначення величини прогину балки при товщині підсилених елементів отворів 2 мм

Имя модели:12.12.2021 балка з шестикутними отворами з підсиленням 6 мм
Название исследования:Статический 1(-Default-)
Тип эпоры: Статическое перемещение. Перемещение1

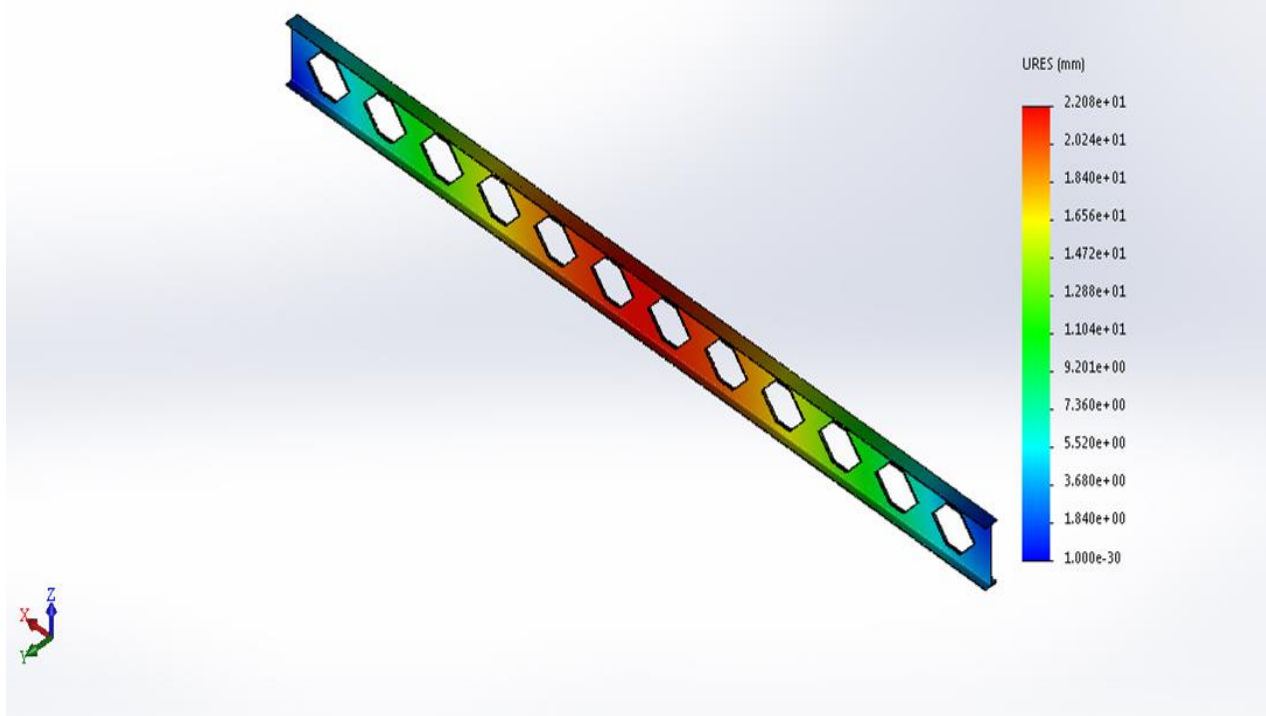


Рис.2.5 Результати визначення величини прогину балки при товщині підсилення елементів отворів 6 мм

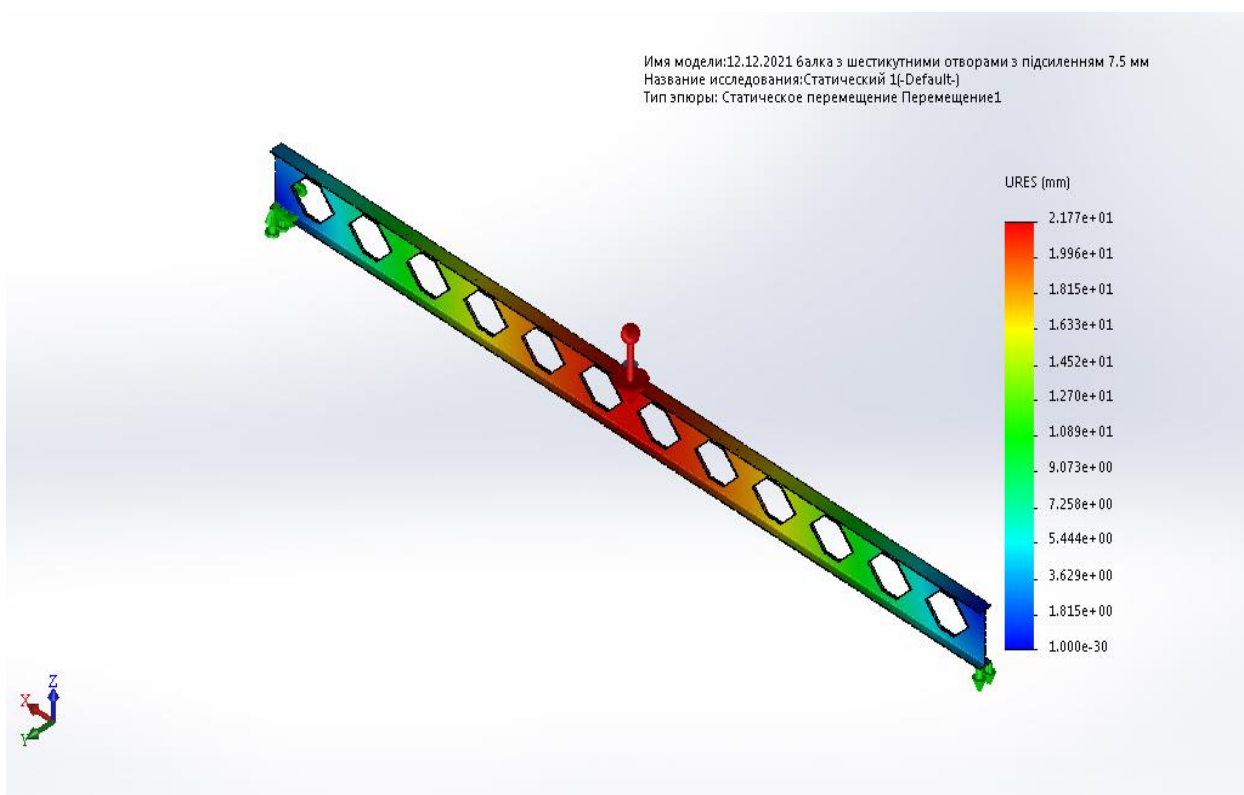


Рис.2.5 Результати визначення величини прогину балки при товщині підсилення елементів отворів 7,5 мм

Имя модели: 12.12.2021 балка з шестикутними отворами з підсиленням 9 мм
Назва дослідження: Статичкий 1 (Default)
Тип зображення: Статичне осове переміщення. Переміщення1

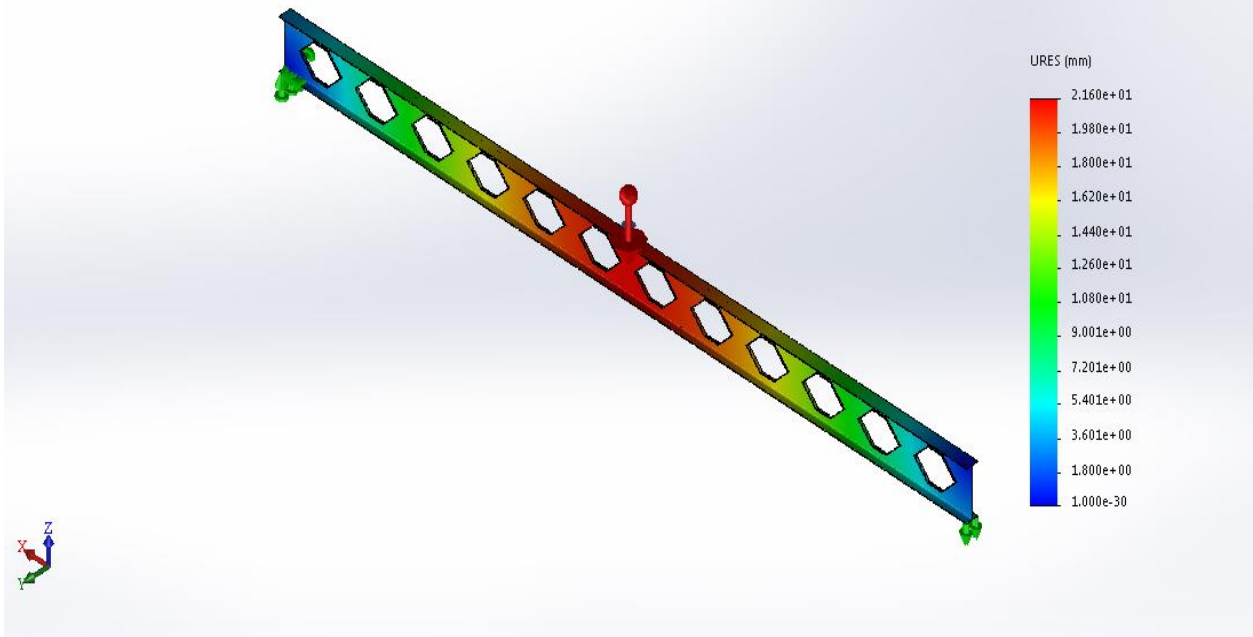


Рис.2.5 Результати визначення величини прогину балки при товщині підсилених елементів отворів 9 мм

Имя модели: 12.12.2021 балка з шестикутними отворами з підсиленням 11мм
Назва дослідження: Статичкий 1 (Default)
Тип зображення: Статичне осове переміщення. Переміщення1

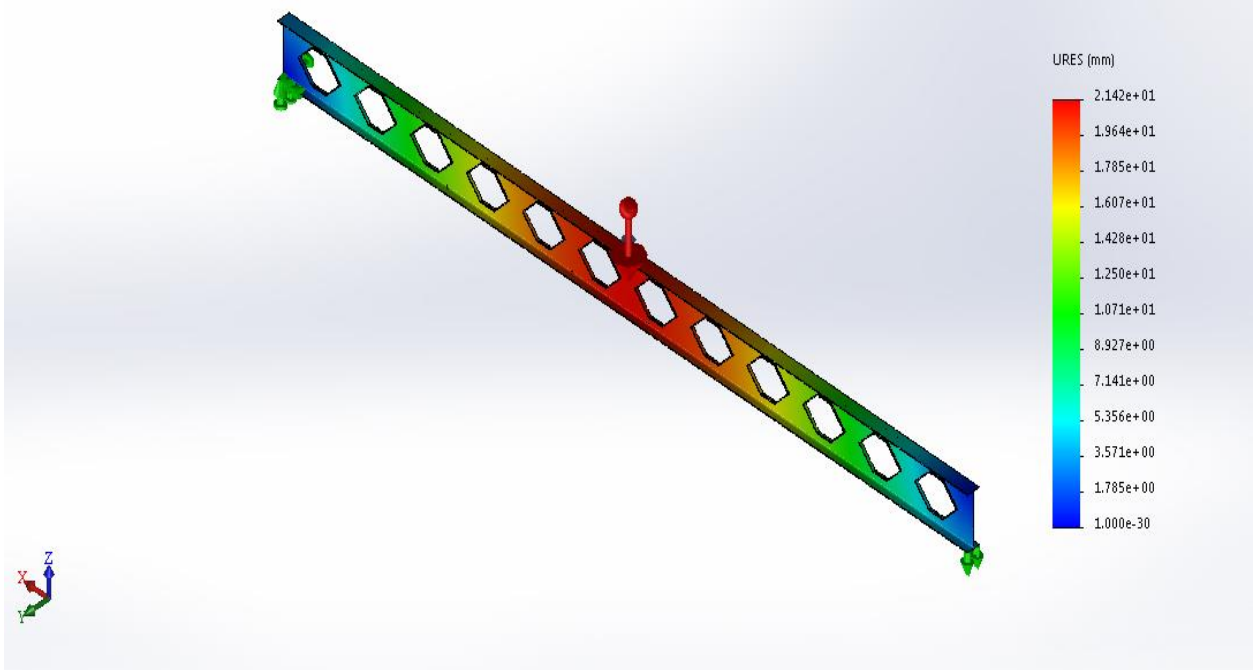


Рис.2.5 Результати визначення величини прогину балки при товщині підсилених елементів отворів 11 мм

Приведемо результати проведених розрахунків прогину балки графічно (рис. 2.10). Із отриманого графіку видно що прогини балки теж мають лінійну залежність.

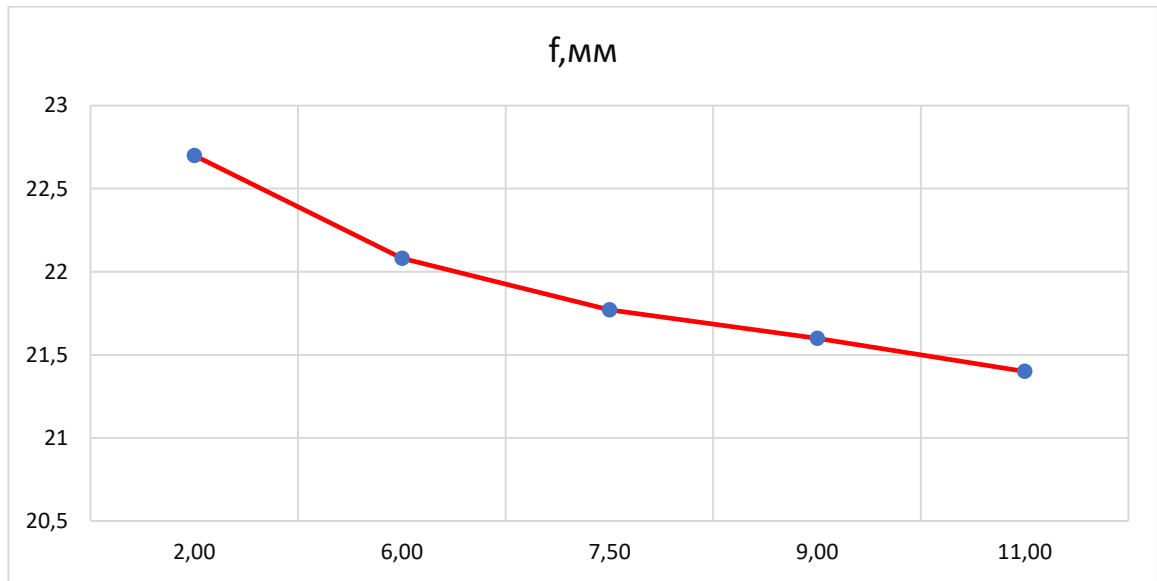


Рис. 2.10 Зміна прогину перфорованої балки від товщини підсилюючих елементів

На рис. 2.11 – 2.15 приведено дослідження деформації балки в залежності від товщини підсилюючих елементів отворів.

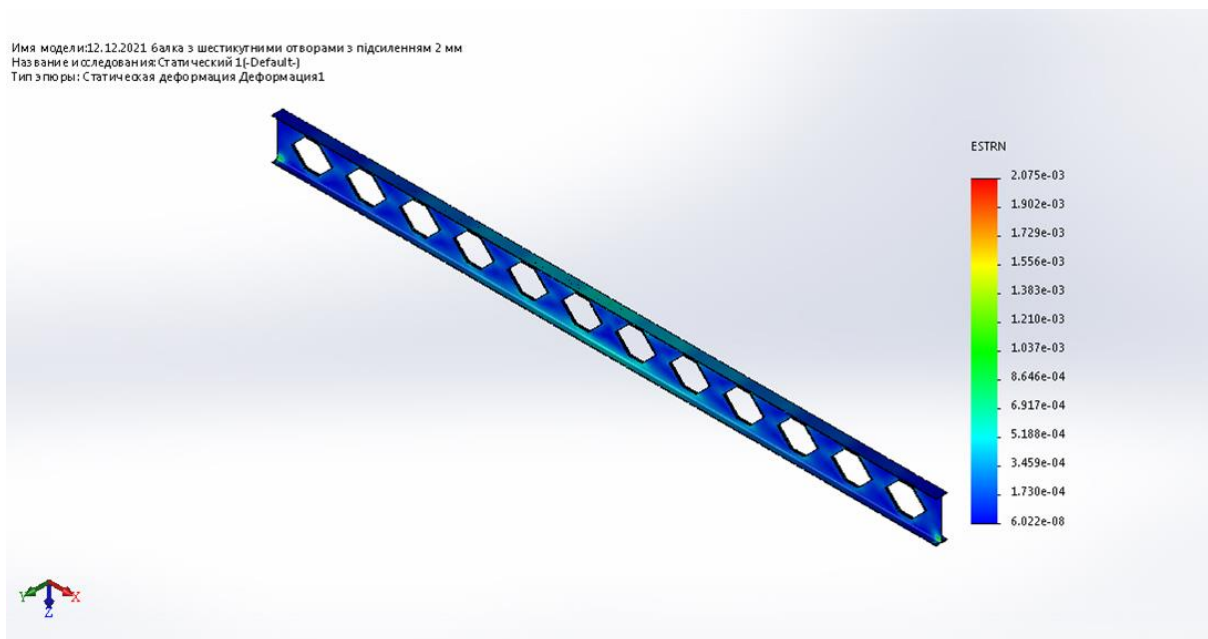


Рис.2.11 Зміна деформації балки в залежності від товщини підсилюючих елементів отворів 2 мм

Имя модели: 12.12.2021 балка з шестикутними отворами з підсиленням 6 мм
Назва вивчення: Статический 1(-Default-)
Тип з'яву: Статическая деформація Деформація1

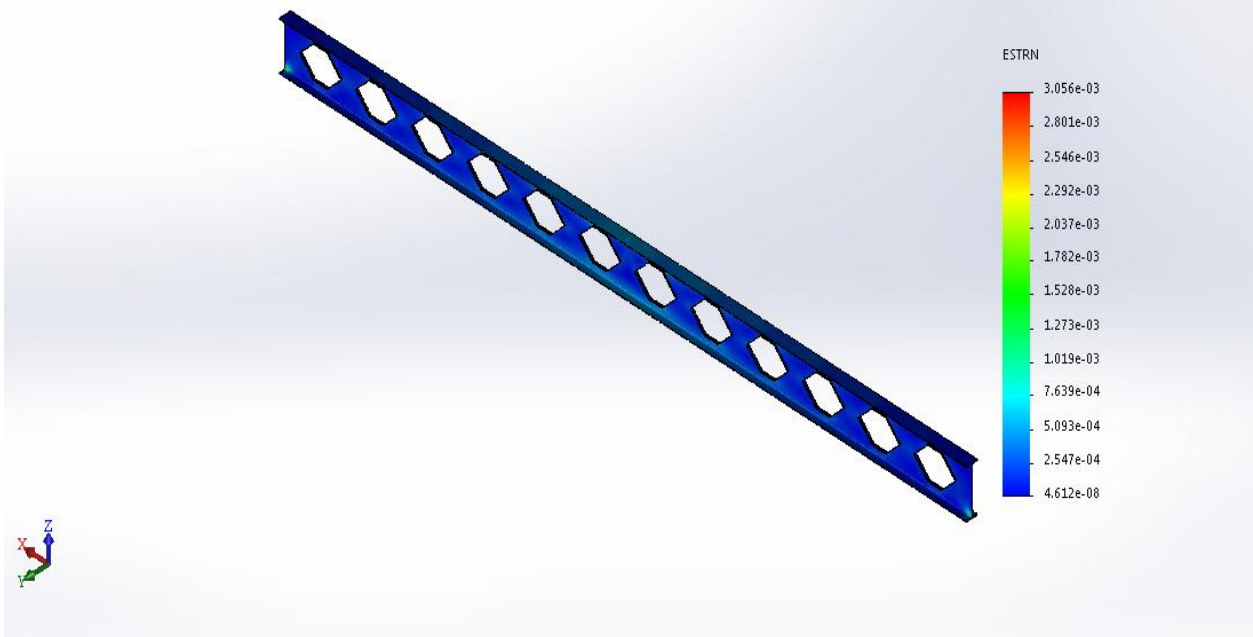


Рис.2.11 Зміна деформації балки в залежності від товщини підсилюючих елементів отворів 6 мм

Имя модели: 12.12.2021 балка з шестикутними отворами з підсиленням 7.5 мм
Назва вивчення: Статический 1(-Default-)
Тип з'яву: Статическая деформація Деформація1

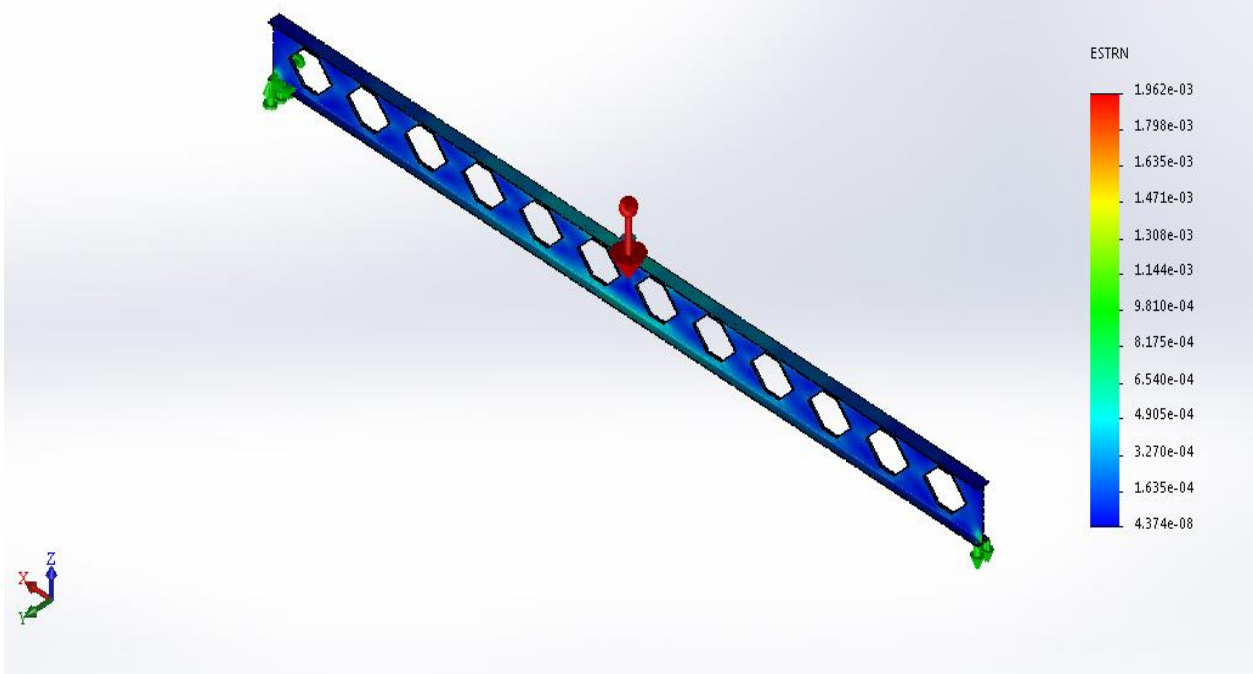


Рис.2.11 Зміна деформації балки в залежності від товщини підсилюючих елементів отворів 7.5 мм

Имя модели: 12.12.2021 балка з шестикутними отворами з підсиленням 9 мм
Назва вивчення: Статический 1[-Default-]
Тип зображення: Статическая деформация Деформация1

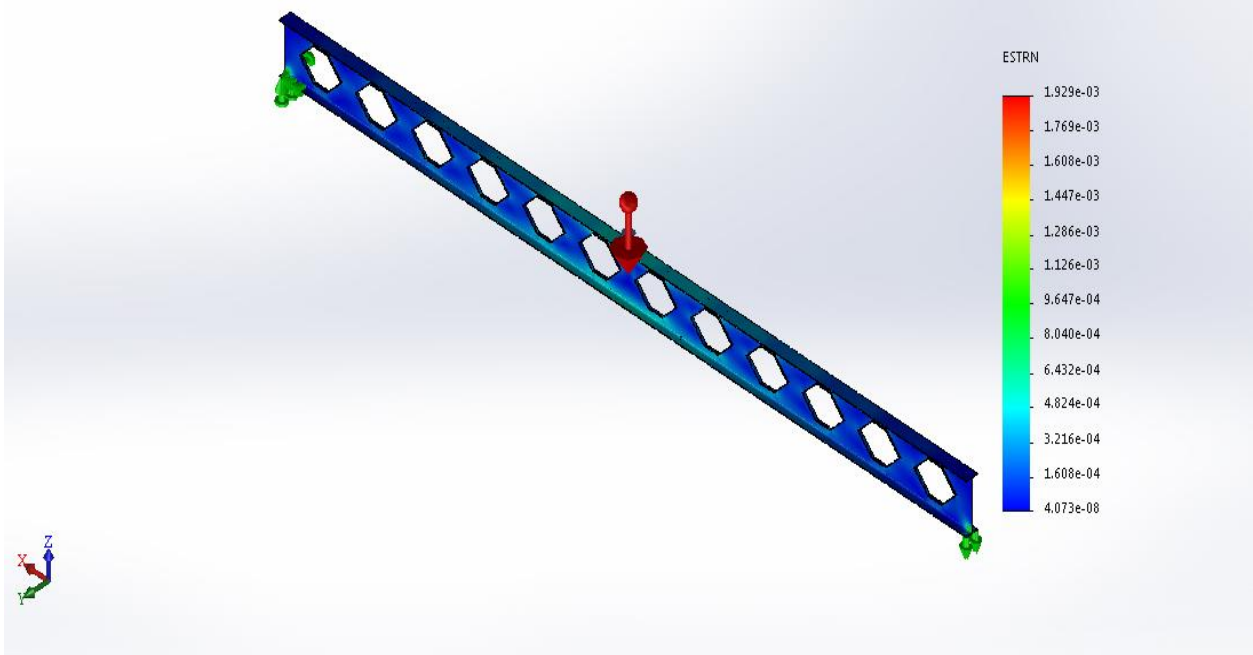


Рис.2.11 Зміна деформації балки в залежності від товщини підсилюючих елементів отворів 9 мм

Имя модели: В2 12.12.2021 балка з шестикутними отворами з підсиленням 11мм
Назва вивчення: Статический 1[-Default-]
Тип зображення: Статическая деформация Деформация1

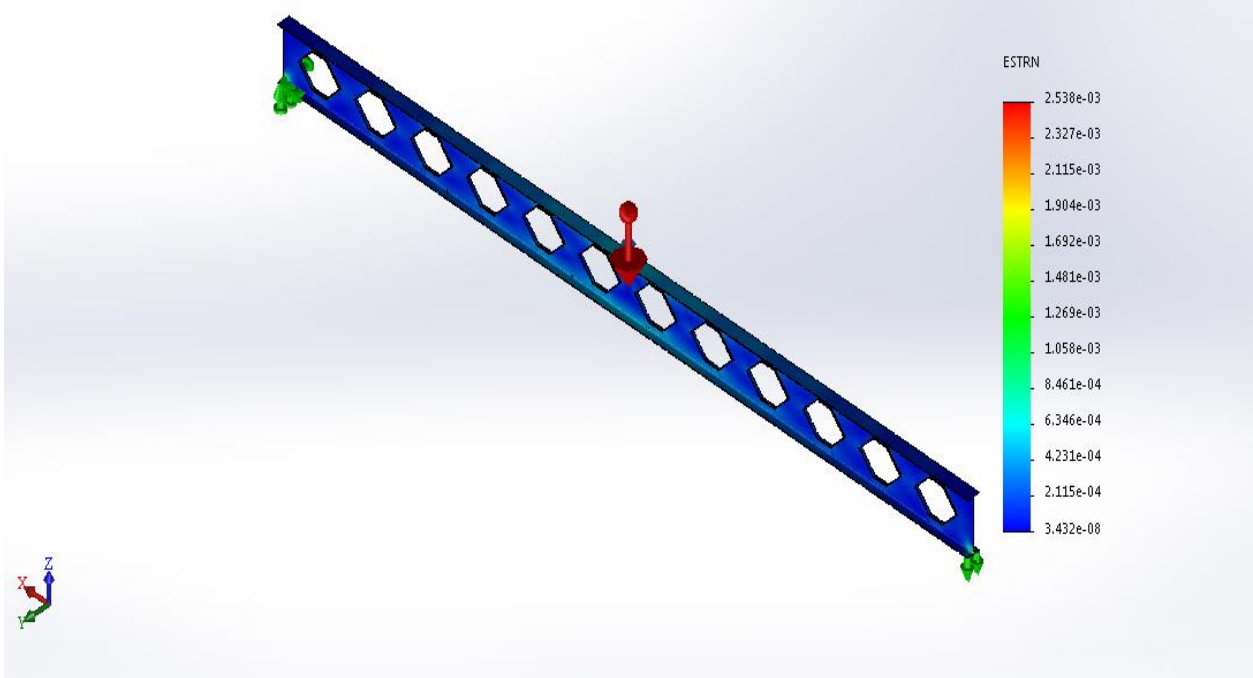


Рис.2.11 Зміна деформації балки в залежності від товщини підсилюючих елементів отворів 11 мм

Результати зміни величини деформацій приведено на рис. 2.12.

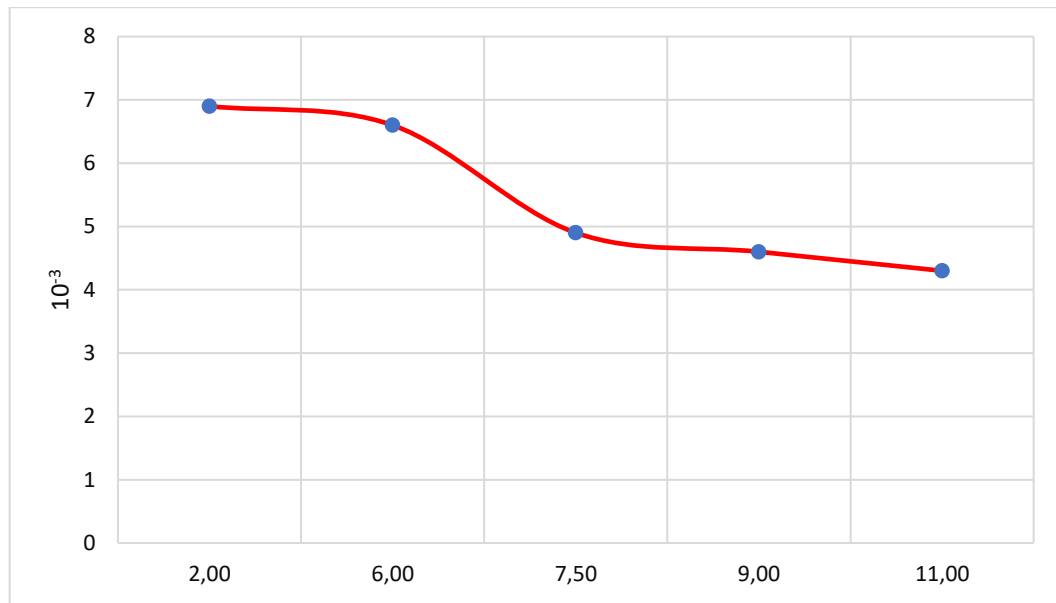


Рис. 2.12 Зміна величини деформацій перфорованої балки з підсиленими отворами в залежності від товщини підсилень

За результатами проведених досліджень можна сказати те, що напруження які виникають при прикладанні сили по центру перфорованої балки 10кН, змінюються лінійно і на 40 % менші у балки з підсиленими отворами товщиною 11 мм ніж у балки без підсиленних отворів. Величина прогину балки теж носить лінійний характер із зменшуються із збільшенням товщини підсиленних вставних елементів приблизно на 10% без підсилень.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Обґрунтування способу зварювання.

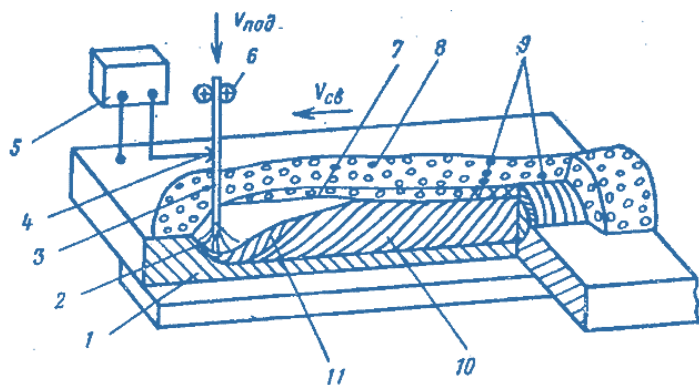
Виходячи з конструкції зварної балки (рис. 1.1) та умов виробництва для її зварюванні найбільш доцільно використовувати механізовані та автоматизовані способи зварювання. З механізованих способів можна розглянути зварювання у захисному газі та під шаром флюсу.

Зварювання під шаром флюсу (рис. 3.1) характеризується вищою продуктивністю при виконанні 1 – 2-х прохідних швів [11]. Багатопохідні зварні шви вимагають додаткових трудових витрат і зачищення зварного шва від шлаку. Спосіб зварювання під флюсом, за рахунок надійного захисту зони зварювання та стабільності процесу, забезпечує отримання зварного шва із високою якістю [12]. Широке застосування цього способу в промисловості при виробництві конструкцій зі сталі та сплавів пояснюється:

- високою продуктивністю процесу;
- якістю та стабільністю властивостей зварного з'єднання;
- меншою витратою зварювальних матеріалів.

Даний спосіб можна застосовувати лише при зварюванні нижньому положенні.

При даному способі необхідно проводити додаткові операції такі, як видалення не використаного флюсу та шлакової кірки, встановлення вивідних планок та механічне оброблення торців виробу після зварювання. Не потрібно додаткової обробки швів на зачисних машинах через відсутність бризок розплавленого металу та лускатості на поверхні шва.



- $V_{под}$, $V_{зв}$ – швидкості подачі і зварювання;
1 – метал, що зварюється; 2 – дуга;
3 – ел. дріт; 4 – струмопідвід;
5 – джерело струму; 6 – подаючий ролик;
7 – розплавлений шлак; 8 – флюс;
9 – шлакова корочка; 10 – метал шва;
11 – метал зварювальної ванни

Рис. 3.1 – Спосіб зварювання під шаром флюсом

При зварюванні дуга занурена в шар флюсу товщиною 30-50 мм і горить під оболонкою з розплавленого в'язкопластичного шлаку, у парогазовому куполі, що утворюється парами та газами, що безперервно створюються зварювальною дугою. Шар флюсу усуває дестабілізуючу механічну дію дуги на рідкий метал зварювальної ванни зменшуючи розбризкування рідкого металу та порушення формування зварного шва при великих значеннях зварювального струму. Горіння дуги під шаром флюсу за рахунок гідростатичного тиску в газовому куполі дозволило збільшити значення зварювальних струмів в середньому до 1000-2000А, а в окремих випадках 3000-4000А. Зварювання під флюсом дає можливість підвищити зварювальний струм у 6-8 разів порівняно з відкритою дугою із збереженням високої якості зварювання та відмінного формування шва [12]. Використання значних величин зварювального струму дозволяє отримати потужну закриту шаром флюсу дугу, яка здатна більш глибоко проплавити основний метал, що дозволяє виконувати зварювання без обробки кромки (до 20 мм), або зменшити величину скосу кромки під зварювання, в результаті знижується частка участі присаджувального металу в металі зварного шва. До недоліків зварювання під флюсом можна віднести невидимість місця зварювання, закритого товстим шаром флюсу, і досить значні витрати та вартість флюсу. Невидимість місця зварювання підвищує вимоги до точності підготовки та збирання виробу під зварювання, ускладнює зварювання швів складної конфігурації. Витрата флюсу за вагою в середньому дорівнює вазі витраченого дроту, і вартість його істотно впливає на загальну вартість зварювання.

Напівавтоматичне та автоматичне зварювання у захисних газах (рис. 3.2) застосовується при виконанні швів у всіх просторових положеннях. Для реалізації процесу використовують електродний зварювальний дріт діаметром 0,8-2 мм. Марки дроту вибирається в залежності від марки основного металу і повинна бути наближена за хімічним складом та механічними властивостями. Для захисту повітря використовують аргон, гелій, вуглекислий газ. Застосування того чи іншого захисного газу залежить від вимог до зварюваного вузла, а також економічних показників [12].

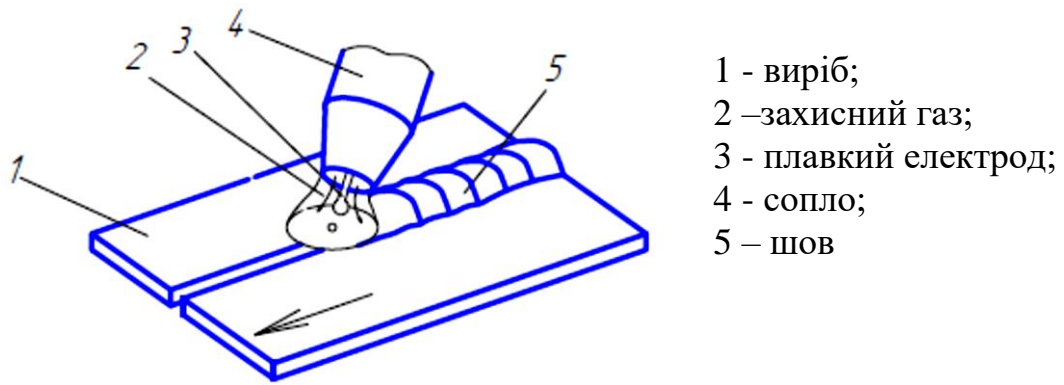


Рис. 3.2 Зварювання в захисних газах:

В даний час у всіх галузях промисловості знаходить все більше застосування. Вуглекислий газ забезпечує задовільний захист нагрітого і рідкого металу від дії повітря. При зварюванні у вуглекислоті частково окислюються легуючі елементи такі, як хром, титан, кремній, марганець та ін. Окислення хрому та титану може призвести до зниження стійкості швів проти міжкристалічної корозії. Для запобігання цього застосовують зварювальний дріт з підвищеним вмістом легуючих елементів. При зварюванні окисляються і шкідливі домішки (сірка, фосфор та водень), що сприяють підвищенню стійкості зварних швів проти утворення гарячих тріщин і пор. Підвищенню такої стійкості сприяє також науглецювання зварного шва.

Незважаючи на невеликий ступінь окислення легуючих елементів та домішок, на поверхні шва утворюється окисна плівка. Плівка міцно пов'язана з металом шва і видалити її важко, особливо якщо в сталі великий вміст хрому. Зварювання у вуглекислому газі внаслідок технологічних переваг та дешевизни захисного газу знайшов широке застосування. Даний спосіб без обмежень піддається механізації та автоматизації.

Автоматичне зварювання в захисних газах знайшла застосування під час серійного виготовлення вузлів. Характерна особливість цього способу зварювання - висока продуктивність, особливо при виконанні багатовалкових швів. Наявність газового захисту замість флюсового зменшує затрати часу на зачищення зварного шва від шлаку.

При зварюванні в захисних газах можливі три варіанта протікання процесу: струменевий, крупнокрапельний та короткими замикання. Розрізняються ці процеси характером перенесення металу електрода, що розплавляється, в зварювальну ванну. При струменевому процесі досягається велика теплова потужність в дуговому проміжку завдяки великим значенням струму і напруги на дузі. Цей процес можливий лише в одноатомних газах: аргоні та гелії. У багатоатомних газах, таких як вуглекислий газ та азот, струминний процес не виникає. Тільки аргон і гелій підтримують відділення дрібних крапель від розплавленого кінця дроту і прискореному їхньому руху через дуговий проміжок у ванну. Багатоатомні гази вимагають великих теплових витрат на їх термічну дисоціацію та отримання стовпа дуги конічної форми, необхідної для струминного перенесення. Тому струменевий процес у багатоатомних газах виникає при занадто високих струмах (в азоті).

Із врахуванням характеристик способів зварювання та довжини зварних швів, найбільш доцільним буде застосування способу зварювання в захисних газах.

Для зварювання сталі С345 найчастіше застосовують суміш Corgon 18, яка містить 82% аргону та 18% вуглекислоти. Впровадження у виробництво зварювальних сумішей на основі аргону замість чистої вуглекислоти дозволило суттєво підвищити якість зварювання на існуючому обладнанні без зміни технології. Застосування сумішшю Corgon 18 зменшує розбрикування розплавленого металу за рахунок збільшення стабільності горіння дуги на малих густинах струму та за рахунок струменевого перенесення розплавленого електродного металу. При вмісті у суміші більше 20% вуглекислого газу режим струменевого перенесення стає нестійким [13].

Таблиця 3.1 - Технологічна характеристика захисного газу Corgon 18 [13].

Захисний газ	$I_{зв}$, А	U_d , В	Q, кг/ч	Y, %
82% Ar + 18% CO ₂	200-210	24-25	3	3,8
	300-310	30-31	5,3	2,9

В якості зварювального дроту для зварювання даної сталі застосовуємо дріт марки Св08Г2С.

Таблиця 3.2 – Хімічний склад дроту Св08Г2С згідно ГОСТ2246 – 70

Вміст елементів, %						
C	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

Усі зварювальні матеріали, що надходять на ділянку складання та зварювання балок, повинні бути упаковані згідно з вимогами відповідних стандартів та мати сертифікати заводу – виробника, що засвідчують їхню якість. Зварювальний дріт перед надходження у виробництво необхідно очистити від іржі, забруднень, мастил. Дріт піддається обробці на верстаті очищення і перемотування дроту шляхом протягування її через барабан, що обертається, заповнений очищаючими компонентами з волокнистими фільтрами. Дріт, намотаний у касети, не повинен мати різких перегинів. Намотування дроту в касети проводять із розрахунком норму на змінну.

При розроблені технології зварювання будь-якої конструкції, крім вибору способу та зварювальних матеріалів, є правильний підбір та розрахунок параметрів режиму зварювання. Із врахуванням того, що з'єднання перфорованої балки є стиковими, а приварювання підсилень отворів здійснюється кутовими швами то проведемо розрахунок режиму для кутового та стикового зварних швів.

Розрахунок проводимо згідно методики запропонованої в літературі [11,12]:

$$F_n = \frac{k^2}{2} \quad (3.1)$$

$$F_n = \frac{2^2}{2} = 2 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо згідно ДСТУ 2246-70 $d_{\text{еп}} = 1,6$ мм, густина струму для даного діаметра становить $j = 50$ А/мм².

$$I_{зв} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot j \quad (3.2)$$

$$I_{зв} = \frac{\pi \cdot 1.6^2}{4} \cdot 50 = 100.48 \text{ A.}$$

Приймаємо $I_{зв} = 100 \text{ A}$.

Дійсний коефіцієнт наплавлення рівний:

$$\alpha_n = A + B \frac{I_{зв}}{d_{ел}}, \quad (3.3)$$

де $A=7.0$; $B=0.04$.

$$\alpha_n = 7 + 0.04 \frac{100}{1.6} = 9.5 \text{ г / A} \cdot \text{год}.$$

Швидкість переміщення зварювальної дуги:

$$V_{зв} = \alpha_n \cdot I_{зв} \frac{1}{F_n \cdot \rho}, \quad (3.4)$$

$$V_{зв} = 9.5 \cdot 100 \frac{1}{2 \cdot 7800} = 6 \text{ мм / с} = 21 \text{ м / год}.$$

Напругу на дузі:

$$U_{\delta} = 20 + I_{зв} \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_{ел}}} \pm 1, \quad (3.5)$$

$$U_{\delta} = 20 + 100 \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1.6}} \pm 1 = 24 \pm 1 \text{ В}.$$

Приймаємо $U_{\delta} = 24 \text{ В}$.

Коефіцієнт форми провару:

$$\psi = k'(19 - 0.01 \cdot I_{зв}) \frac{d_{ел} \cdot U_{\delta}}{I_{зв}} \quad (3.6)$$

$$\text{де } k'=1. \quad \psi = 1(19 - 0.01 \cdot 100) \frac{1.6 \cdot 24}{100} = 7.$$

Глибину проплавлення:

$$h = 0.076 \sqrt{q_n \frac{1}{\psi \cdot V_{зв}}} \quad (3.7)$$

де
$$q_n = I_{3\phi} \cdot U_{\partial} \cdot \frac{\eta}{V_{3\phi}} \quad (3.8)$$

коефіцієнт корисної дії дуги приймаєм $\eta = 0,85$.

$$q_n = 100 \cdot 24 \cdot \frac{0,85}{21} = 971,42 \quad \frac{\text{Дж}}{\text{см}}$$

$$h = 0,076 \sqrt{\frac{971,42}{7 \cdot 21}} = 0,2 \quad \text{мм.}$$

Ширина шва:

$$e = \psi \cdot h = 7 \cdot 0,2 = 1,4 \quad \text{мм} \quad (3.9)$$

Висота випуклості шва:

$$q = (1,35 \dots 1,4) \frac{F_n}{e} \quad (3.10)$$

$$q = 1,4 \cdot \frac{2}{1,4} = 2 \quad \text{мм.}$$

Загальна висота шва:

$$H = h + q = 2 + 0,2 = 2,2 \quad \text{мм} \quad (3.11)$$

Швидкість подачі електродного дроту

$$V_{n.д.} = \frac{4 \cdot \alpha_n \cdot I_{3\phi}}{\pi \cdot d_{el}^2 \cdot \gamma}, \quad (3.12)$$

де $\gamma = 7800 \text{ кг/м}^3$;

$$V_{n.д.} = \frac{4 \cdot 9,5 \cdot 100}{3,14 \cdot 1,6^2 \cdot 7800} \approx 60 \quad \text{м/год.}$$

Розрахунок режиму зварювання стикового з'єднання.

глибина проплавлення:

$$h_p = S - 0,5 b = 9 - 0,5 \cdot 2 = 9 - 1 = 8 \quad \text{мм} \quad (3.13)$$

Діаметр дроту:

$$d_{el} = \sqrt[4]{h_p} \pm 0,05 h_p = \sqrt[4]{12} \pm 0,05 \cdot 12 = 1,6 \pm 0,6 = 2 \quad \text{мм.} \quad (3.14)$$

Сила струму, А:

$$I_{3\phi} = (140 \times d_{\partial}^{1,5} \pm 35) = 140 \times 2^{1,5} \pm 35 = 430 \text{ А} \quad (3.15)$$

Напруга дуги:

$$U_d = 0,05 \cdot I_{зв} = 0,05 \cdot 430 = 21,5 \text{ В} \quad (3.16)$$

Швидкість подачі дроту:

$$V_{n.d}^{\pm} = 1,9 \frac{I_{зв}}{d_o^2} + 2,5 \cdot 10^{-3} \frac{I_{зв}^2}{d_o^3} = 1,9 \frac{430}{2^2} + 2,5 \cdot 10^{-3} \frac{430^2}{2^3} = 261 \text{ м/год} \quad (3.17)$$

Швидкість зварювання:

$$V_{зв} = \frac{300}{0,7 \cdot h_p} = \frac{300}{0,7 \cdot 8} = 53,5 \text{ м/год} \cdot \quad (3.18)$$

Розраховані параметри зварювання зводимо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3. Параметри режимів зварювання хребтової балки

Тип шва	Діаметр електродного дроту, мм	Сила зварювального струму, А	Напруга на дузі, В	Швидкість зварювання, м/год	Швидкість подачі дроту, м/год
кутовий	1,6	100	24	21	60
стиківий	2	430	21,5	53	261

З врахуванням технологічних особливостей виробництва перфорованих двотаврових балок із застосуванням підсилення отворів та режимів зварювання вибираємо зварювальне устаткування. Враховуючи те, що процес виготовлення в нашому випадку складається із двох складально-зварювальних операцій то для їх забезпечення будемо застосовувати подаючі механізми та зварювальні головки, які можуть монтуватися на зварювальні роботизовані комплекси.

Для забезпечення необхідних параметрів режиму зварювання в якості джерела живлення вибираємо зварювальний інвертор типу KempArc Syn 500 (рис. 3.3) [14]. KempArc SYN 500 призначений для виконання зварювальних робіт у важких умовах. Система забезпечує струм зварювання 430 А при робочому циклі 100%. Технічні характеристики приведені в таблиці 3.4. Дане джерело живлення укомплектовується механізм подачі дроту типу DT400 (рис. 3.3). Даний механізм призначений автоматичного та напіваавтоматичного зварювання з надійною чотирьох роликовою конструкцією подаючого механізму і суцільнометалевими падаючими роликами. Механізм DT400 встановлюється на задній частині маніпулятора робота або з іншою автоматизованою системою зварювання. Технічна характеристика подаючого механізму приведена в таблиці 3.5.



Рис. 3.3 Інвертор KempArc Syn500 та подаючого механізму DT400 [14]

Таблиця 3.4 Технічна характеристика KempArc Syn 500 [14]

Мережа живлення, 50/60 Гц	400 В -15...+20 %
Межі зварювальної напруги	10 ... 42 В
Напруга холостого ходу	50 В
Номінальна потужність при ПВ 60 %	26,1 кВА
Номінальна потужність при ПВ 100 %	20,3 кВА
Коефіцієнт потужності	0,9
Напруга живлення периферійних пристроїв	50 В
Напруга живлення блоку охолодження	1 фаза 400 В змінного струму /250 ВА
Макс. Зварювальний струм	500 А (60 %)
Габаритні розміри, ДхШхВ	590 × 230 × 500 мм
Маса (без додаткового обладнання)	37 кг
Клас захисту	IP23C

Таблиця 3.5 Технічна характеристика DT400 [14]

Номінальна потужність	100 W
Діаметр електродного дроту	0,8...1,6 мм
Швидкість подачі	0...25 m/min
Робоча напруга	50 VDC
Клас захисту	n IP23S
Габаритні розміри	269 x 175 x 169 mm
Маса	4.5 kg
Максимальне навантаження	40°C 100%ED 500 A
Роз'єм зварювального пальника	Euro

3.2 Опис технологічного процесу

Технологічний процес виготовлення перфорованих двотаврових балок з підсиленням отворів складається із операцій правлення заготовок, різання, складально-зварювальних та контрольних.

Оскільки в більшості випадків балки даного типу виготовляють із стандартних рівнополюх двотаврів методом розрізання. Перед процесом різання даний тип двотаврів проходить операцію виправлення вертикальної стінки і полиць. Цей процес реалізують за допомогою спеціальних прокатних станів. В даному випадку для правлення застосовуємо верстат для виправлення двотаврових балок типу УТJ-60В (рис. 3.4). Технічна характеристика приведена в таблиці 3.6. [15].



Рис. 3.4 Верстат для виправлення двотаврових балок типу УТJ-60В [15]

Таблиця 3.6 Технічні характеристики верстату для виправлення двотаврових балок типу УТJ-60В [15]

Тип/ Модель	Гідравлічний/ УТJ-60В
Товщина фланця	≤ 60 мм
Міцність на розтяг фланця	≤ 600 МПа
Розмір фланця Ширина	200-800 мм
Розмір висоти полотна	≥ 350 мм
Швидкість правки	6,4 м / хв
Потужність машини	37 кВт
Вага	25000 кг

Після виправлення, заготовка для балки подається на операцію різання. Для різання перфорованих балок з шестикутними отворами застосовують так звану «безвідходну» технологія за допомогою газового різання [16], хоча застосовуються і технології різання за допомогою лазера, плазми, піскоструминна та ін.

Суть цієї «безвідходної» технології в тому, що стінка прокатного двотавра розрізається будь-яким видом різання металу, наприклад, газового, лазерного або плазмового (рис. 3.5). Спочатку вихідний двотавр розрізається по лінії. Потім розрізані частини, що з'єднуються у місцях примикання виступів за допомогою зварювання, утворюючи суцільні перемички.

Дана технологія дозволяє отримати балку збільшеної висоти і при цьому раціональніше перерозподілити матеріал перерізу. Вагові параметри балки зберігаються і навіть трохи зменшуються через видалення відходів різання. У той же час істотно підвищується момент інерції і момент опору перерізу, а отже, і несуча здатність балки, при тій же металоємності. Для виготовлення балок із симетричним розташуванням вирізів використовують типову потокову лінію, що дозволяє здійснити одночасне автоматичне розрізання двох – чотирьох прокатних двотаврів. На рис. 3.6 показаний процес різання вихідних двотаврових балок на чотирьох-розрізному автоматі, що дозволяє значно підвищити продуктивність виробництва. Характеристика машини приведена в таблиці 3.7, а її вигляд представлено на рисунку 3.6.



Рис. 3.5 Розрізання прокатного двотавра



Рис. 3.5 Розрізання чотирьох прокатних двотаврів на машині термічного різання з ЧПУ типу CNCMS

Таблиця 3.6 Характеристики машини термічного різання типу CNCMS [15]

Модель	CNCMS-6000
Загальна ширина, мм	6000
Ширина робочої зони, мм	5200
Загальна довжина, мм	5000-14000
Довжина робочої зони, мм	3000-12000
Система ЧПУ	Aural (Китай)
Тип різання	Газ (пропан-кисень)
Кількість різаків	1-20
Тип приводу	Двосторонній кроковий двигун
Швидкість різання	50-750 мм/хв
Товщина різання	5-300 мм

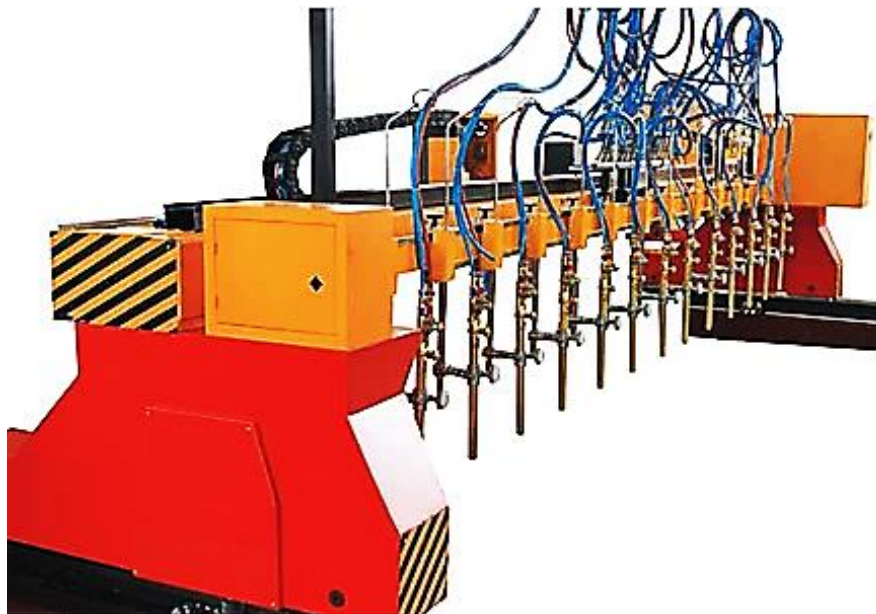


Рис. 3.6 Машина термічного різання з ЧПУ типу CNCMS [15]

Після виконання різальних операцій проводять механічне зачищення отриманих отворів, з метою видалення окалини і отримання рівної поверхні зварних кромки.

Підготовленні напівбалки з операції зачищення поступають на операцію складання та зварювання. Цей процес реалізують в спеціальній універсальній автоматичній лінії.

Складання перфорованої балки здійснюють наступним чином:

- встановити в кондуктор напівбалку та зафіксувати за допомогою притискачів;
- встановити другу напівбалку в кондуктор, щоб вершини співпадали;
- встановити необхідний зазор між з'єднувальними кромками та зафіксувати;
- за необхідності виконати прихоплення у відповідних місцях.

Після проведення складальних операцій виконати зварювання.

Зварену перфоровану балку переміщують в інший кондуктор, в якому проводять складання та приварювання вставних елементів в отвори балки.

При виготовленні зварної перфорованої двотаврової балки у відповідності до технічних умов, обов'язковим є перевірка якості вихідних матеріалів таких,

як: основного металу, зварювального дроту та захисних газів. Встановлюють відповідність сертифікатних даних необхідним згідно з технологічним процесом зварювання. Потім оглядають матеріали та додатково перевіряють їх якість відповідно до нормативної документації [17].

Перевірка вихідних матеріалів на зварюваність повинна передувати ухваленню рішення про використання тих чи інших матеріалів зварної конструкції.

Друга перевірка пов'язана з можливими відхиленнями розмірів основного металу та дроту від сертифікатних значень. Ці відхилення можуть різко погіршити зварюваність. При забезпеченні необхідних властивостей та високої якості вихідних матеріалів вирішальними будуть якість та надійність системи обладнання. Технічний рівень та стан обладнання слід підтримувати в заданих межах, дотримуючись графіку технічного обслуговування та вимог відповідних інструкцій. У зварювальних машинах та апаратах перевіряють справність регулюючих механізмів, наявність приладів, якість і довжину струмопідвідних проводів, стан електричних контактів та струмопідвідних мундштуків. При зварюванні в захисних газах перевіряють справність газових редукторів, витратомірів, шлангів, сопел на пальниках та газозахисних пристроїв.

Контроль технології включає усі етапи виготовлення зварних виробів. Режими зварювання контролюють в першу чергу з метою дотримання параметрів процесу візуальним спостереженням по приладах та за зовнішнім виглядом зварного шва. Спостереження за процесом зварювання дозволяє вчасно запобігти появі дефектів. Візуально контролюють режим зварювання, газовий захист дуги, правильність положення валиків тощо.

Кваліфікацію операторів слід перевіряти на всіх етапах технологічного процесу. Для цього слід вести періодичну атестацію та паспортизацію збирачів, зварювальників та дефектоскопістів.

Зовнішнім оглядом перевіряють якість: підготовки та складання заготовок під зварювання, виконання швів у процесі зварювання та готових зварних швів. Зазвичай зовнішнім оглядом контролюють усі зварні вироби незалежно від

інших видів контролю. Зовнішній огляд у багатьох випадках є досить інформативним. Це найдешевший і оперативний метод контролю. Даним методом перевіряють наявність тріщин, подрізів, пропалів, напливів, непроварів кореня шва та зварних кромки. Визначають дефекти форми швів, розподіл лускатості, характер розподілу металу у підсиленні шва, величину проплаву тощо. Зовнішній вигляд поверхні шва характерний кожного способу зварювання, щодо його просторового становища, марки металу та інших умов. Тому часто зварні шви приймають на вигляд у порівнянні з еталонами. Геометричні параметри заготовок та швів вимірюють за допомогою шаблонів або вимірювальних інструментів. Тільки після зовнішнього огляду виробу чи з'єднання піддають методам контролю для визначення внутрішніх дефектів. Для контролю якості зварних з'єднань рекомендовано застосовувати шаблони які приведені на рисунках 3.7-3.9. Їх технічні характеристики наведені в таблицях 3.7-3.9 відповідно.

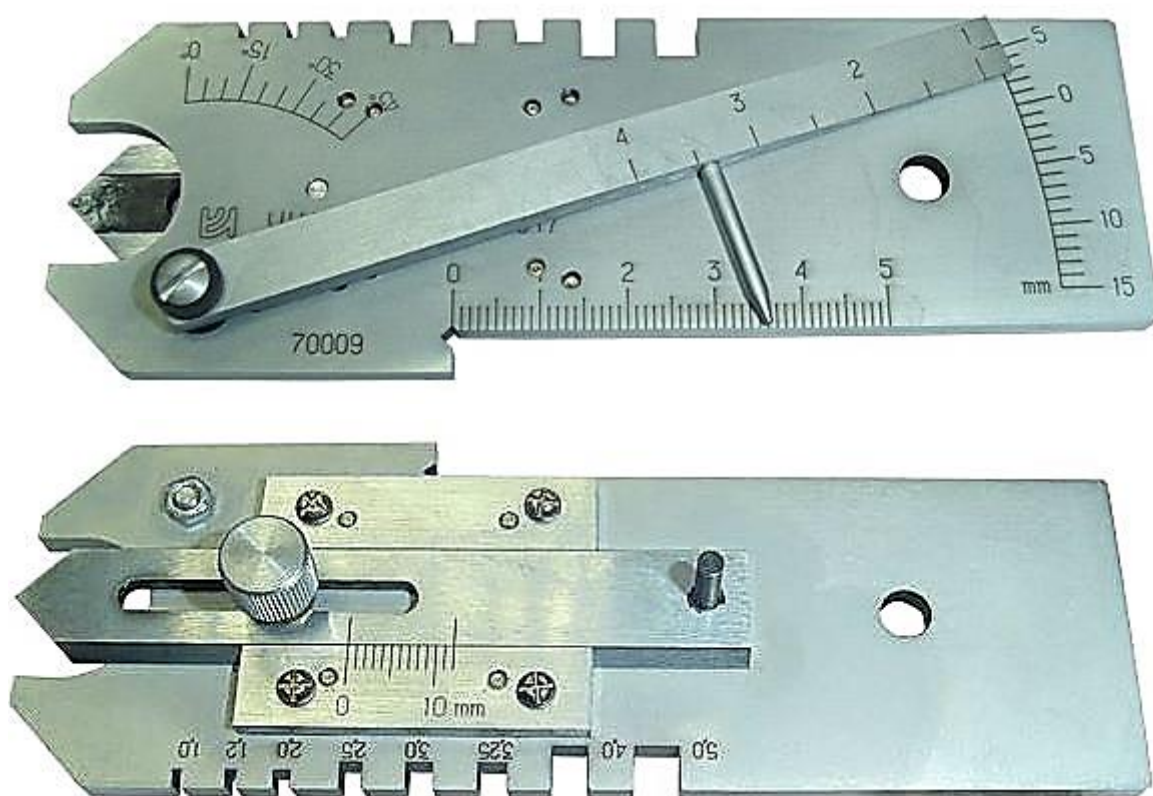


Рис. 3.7 Універсальний шаблон зварювальника УШС-4 [18]

Таблиця 3.7 Технічні характеристики і похибка шаблону УШС-4 [18]

Контрольований параметр	Діапазон вимірювання, мм	Ціна поділки, мм	Похибка, мм
глибина дефектів (вм'ятин, забоїн)	0-15	1	± 0,5
глибина оброблення шва до кореневого шару	0-15	1	± 0,5
перевищення кромки	0-15	1	± 0,5
висота посилення шва	0-5	1	± 0,5
висота валика посилення	0-10	1	± 0,5
величина притуплення шва	0-50	1	± 0,5
ширина шва	0-50	1	± 0,5
величина зазору між зварюються деталями	0,5-4	0,5	± 0,25
кут скосу кромки	0° -45°	5°	± 2,5°
висота катета кутового шва	0-10	1	± 0,5
опуклість кореня шва стикового з'єднання	0-10	1	± 0,5

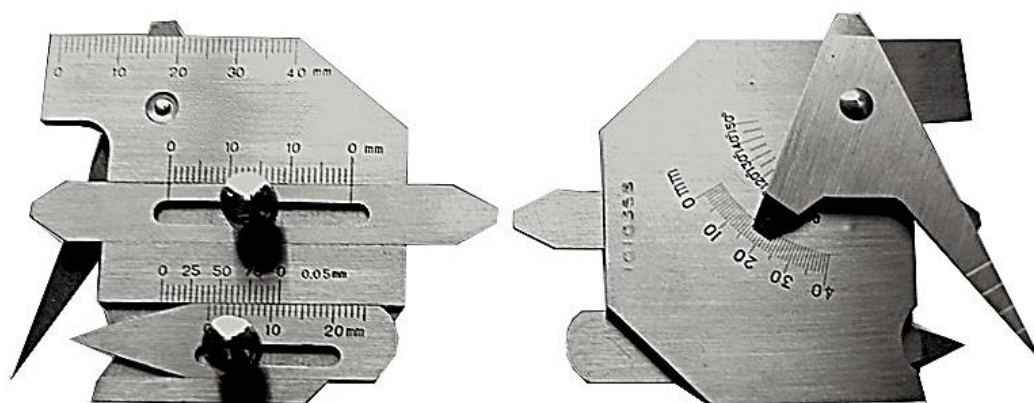


Рис. 3.8 Шаблон зварювальника WG-2 [18]

Таблиця 3.8 Характеристики шаблону з WG-2 [18]

Функція	Діапазон	Похибка
Використання як лінійки	0-40 мм	±0,1 мм
Вимірювання зсуву	0-15 мм	±0,2 мм
Вимірювання кута кромки	80-160°	±30'
Вимірювання величини зазору	0-6 мм	±0,1 мм
Вимірювання висоти стикового шва	0-15 мм	±0,2 мм
Вимірювання кутового шва	0-15 мм	±0,2 мм
Вимірювання висоти кутового шва (катет)	0-15 мм	±0,1 мм
Вимірювання ширини шва	0-60 мм	±0,1 мм

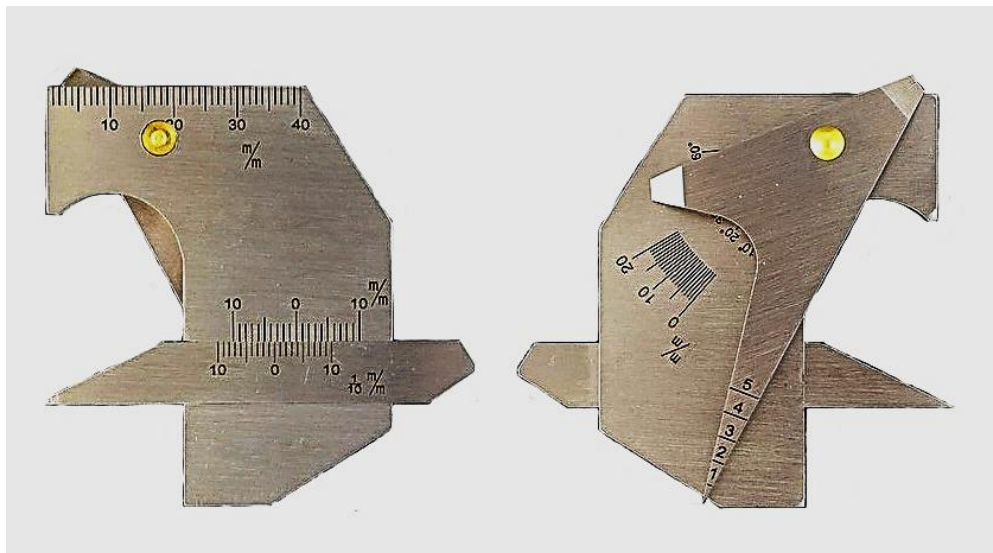


Рис. 3. 9 Шаблон зварника WG-1М [18]

Таблиця 3.9 Характеристика шаблон зварника WG-1М [18]

Призначення	Діапазон, мм	Похибка, мм
Висота шва		
-багатофункц. показчик	0-20	± 0,3
-повзунок	0-10-0	± 0,2
Товщина зварених кромки	0-40	± 0,2
Проміжок	1-3	± 0,2
Розмір кутового шва	0°-90°	30'

Для визначення внутрішніх дефектів застосовують ультразвукову дефектоскопію. Даний метод контролю відрізняється різноманіттям методів, типів хвиль, що застосовуються, широким діапазоном частот. Із існуючих методів УЗ-контролю найбільше застосування для перевірки металів знаходить ехо-метод. Його застосовують для перевірки > 80% металопродукції. Схема контролю повинна забезпечити виявлення різно-орієнтованих дефектів, особливо дефектів, що сильно впливають на безпеку експлуатації виробів [17].

Для ручного контролю крім дефектоскопа та перетворювачів необхідно мати зразки для налаштування та перевірки апаратури, контактну рідину та пристосування для її нанесення, ганчір'я для обтирання, масштабну лінійку,

олівець та папір для запису результатів, крейда, швидковисихаючу фарбу або керн для розмітки поверхні.

Перед проведенням контролю необхідно підготувати поверхню досліджень. Оптимальна шорсткість поверхні для контролю контактним способом прямим перетворювачем 10...20 мкм, а похилим перетворювачем 20...40 мкм. Вироби з грубою поверхнею краще контролювати на знижених частотах, застосовувати в цьому випадку як контактну рідину густіші олії або гліцерин. В даному випадку контроль зварних з'єднань проводимо за допомогою ультразвукового дефектоскопа А1214 ЕКСПЕРТ (рис. 3.10)[19]



Рис. 3.10 Загальний вигляд дефектоскопа типу А1214 ЕКСПЕРТ [19]

4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1 Розрахунок сил притискання балки в кондукторі

Визначення необхідних зусиль притискання перфорованої балки в кондукторі проводимо згідно літератури [20].

Вихідними даними для розрахунку сил притискання полиць балки в кондукторі є: довжина $L=12$ м; ширина $B=0,365$ м; товщина $\delta=10$ мм; модуль пружності $E=2,1 \times 10^5$ МПа; межа текучості $\sigma_T=250$ МПа; $r=200$ мм та прогином $f=0,5$ см.

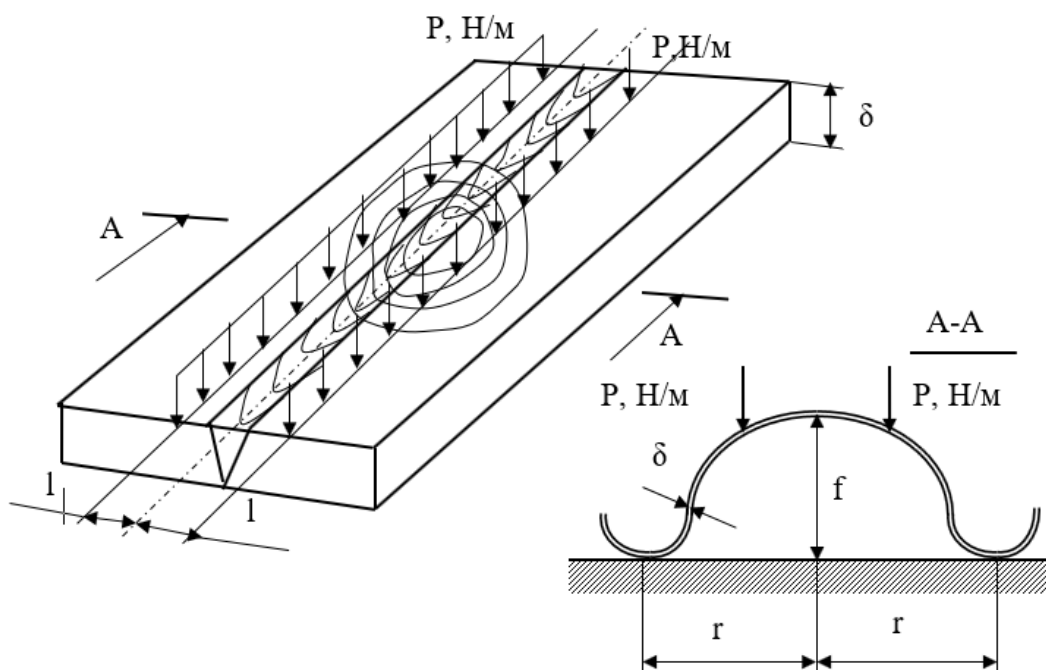


Рис. 4.1 Схематичне зображення притискання деталей в кондукторі

Для притискання стінки перфорованої балки в кондукторі визначимо відстань від притискача до осі зварного шва $l=5 \dots 10\delta$.

Із врахуванням товщини з'єднаних деталей 10 мм встановлюємо притискачі з двох сторін осі зварного шва на відстані 100 мм.

В такому випадку величина згинальних напружень буде рівна:

$$\sigma = 2,8 \frac{fE\delta}{r^2}. \quad (4.1)$$

$$\sigma = 2,8 \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{(45 \cdot 10^{-2})^2} = 240 \text{ МПа}$$

Погонна силу притиску кромки буде рівна

$$p = 4,5 f E \left(\frac{\delta}{r} \right)^3 \quad (4.2)$$

$$p = 4,5 \cdot 0,005 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \left(\frac{0,01}{0,45} \right)^3 = 51\,851 \text{ Н/м.}$$

Прикладена сила на обидві кромки

$$Q = 2p = 2 \times 51\,851 = 103\,702 \text{ Н/м.}$$

4.2 Розраховуємо розпірних сил в кондукторі

При зварюванні стикового шва при виготовленні перфорованої двотаврової балки, в результаті нерівномірного нагрівання виникають розпірні сили в складально-зварювальному кондукторі. З метою їх попередження проведемо розрахунок згідно літератури [].

Необхідними вихідними даними для розрахунку є : $L=73,8$ см, $B=50$ см, $\delta=1,0$ см, $E=2,1 \times 10^6$ кгс/см², $\sigma_T=2500$ кгс/см²; режим зварювання: $I=430$ А, $U_d=22$ В, $V_{зв}=1,4$ см/с, $\eta=0,9$; $\alpha=12 \times 10^{-6}$ 1/°С, $C\gamma=5,2$ Дж/см³°С.

Теплова потужність дуги рівна

$$q = IU_d \eta = 430 \cdot 22 \cdot 0,9 = 8514 \text{ Дж/с.} \quad (4.3)$$

Ширина зони втрати пружних властивостей сталі при $\delta_o=2\delta=2$ см

$$b_1 = \frac{0,484 \cdot q}{V_{36} \cdot \delta_0 \cdot C\gamma \cdot 600^{\circ}C} = \frac{0,484 \cdot 8514}{1,4 \cdot 2 \cdot 5,2 \cdot 600} = 0,5 \text{ см.} \quad (4.4)$$

Ширина зони в якій температура досягла кімнатних значень $20^{\circ}C$

$$Y_{\kappa} = \frac{0,484 \cdot q}{V_{36} \cdot \delta_0 \cdot C\gamma \cdot 20^{\circ}C} = \frac{0,484 \cdot 8514}{1,4 \cdot 2 \cdot 5,2 \cdot 20} = 14 \text{ см.} \quad (4.5)$$

Температурне подовження при нерівномірному нагріванні

$$\Delta L = 2 \frac{0,484 \cdot q \cdot \alpha}{V_{36} \delta_0 C\gamma} \ln \frac{Y_{\kappa}}{b_1} = 2 \frac{0,484 \cdot 8514 \cdot 12 \cdot 10^{-6}}{1,4 \cdot 2 \cdot 5,2} \ln \frac{14}{0,5} = 0,02 \text{ см.} \quad (4.6)$$

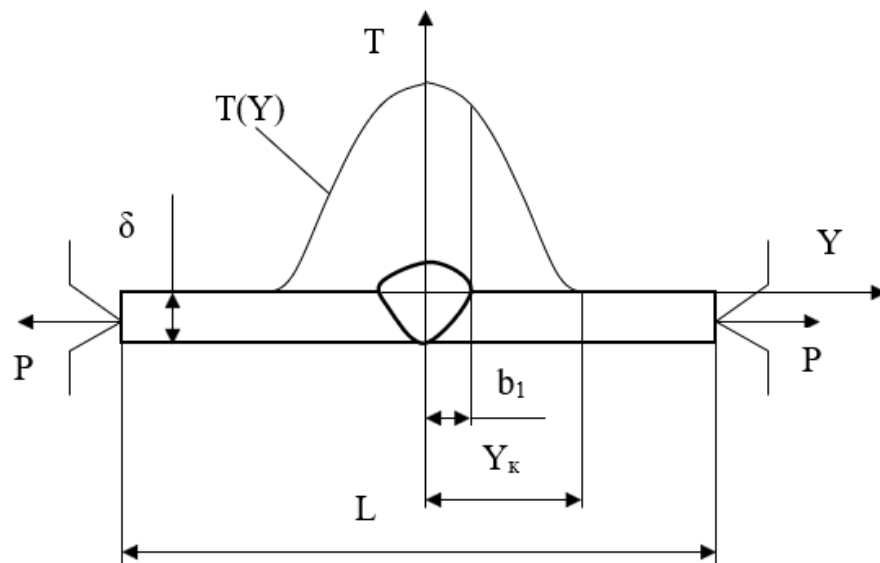


Рис.4.2. Розрахункова схема визначення розпирних сил

Величина розпирної сили при зварюванні в затискачах.

Реальне подовження зварного з'єднання буде залежати від величини зазору між упором та заготовкою $\Delta L' = \Delta L - \Delta$. Прийнемо $\Delta = 0,5$ мм, тоді

$$\Delta L' = 0,079 - 0,05 = 0,029 \text{ см.}$$

Площа поздовжнього перерізу зварного з'єднання

$$F = B \cdot \delta = 50 \cdot 1,0 = 50 \text{ см}^2. \quad (4.7)$$

Величина розпірної сили, що діє на упор

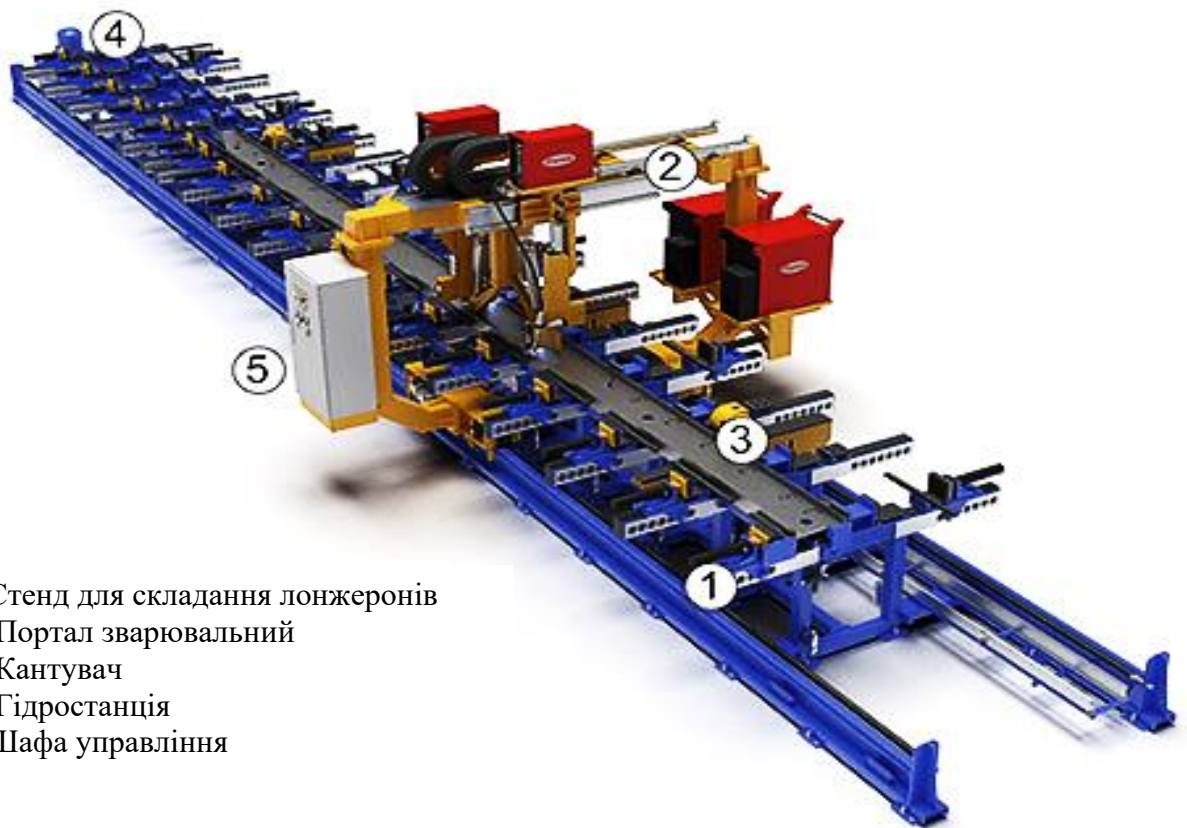
$$P = \frac{\Delta L'}{L} E \cdot F = \frac{0,029 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 50}{73,5} = 41\,428 \text{ кгс}. \quad (4.8)$$

4.3 Опис конструкції пристосувань та їх роботи.

Для автоматизованого зварювання перфорованої двотаврової балки із шестикутними отворами будемо застосовувати автоматичну лінію (рис. 4.3). Дана лінія є універсальною. Вона оснащена гідравлічними притискачами та змінними упорами. На даній лінії можна здійснювати складально-зварювальні операції різної конфігурації. Технічна характеристика лінії приведена в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 Технічна характеристика автоматичної лінії [21]

Габаритні розміри і вага деталей, що складаються	
довжина шах, мм	14200
ширина шах, мм	220
висота шах, мм	700
маса шах, кг	1000
Принцип фіксування деталей	гідравлічний
Кількість гідроциліндрів, шт	31
Принцип переналагоджування	механічний, ручний
Портал для автоматичного зварювання	
Швидкість зварювання, м/хв	0,5...0,6
Маршева швидкість, м/час	15
Принцип регулювання швидкості	частотний
Принцип слідкування за стиком шва	механічний
Привід переміщення портала	електромеханічний
Принцип притискання деталей	пневматичний
Кількість зварювальних напівавтоматів, шт	2
Габаритні розміри лінії, мм	18300x4156x2988
Маса, кг	12000



1. Стенд для складання лонжеронів
2. Портал зварювальний
3. Кантувач
4. Гідростанція
5. Шафа управління

Рис. 4.3 Загальний вигляд автоматичної лінії [21]

Установка працює наступним чином. В установку до упору вкладається одна напівбалка і фіксується за допомогою притискачів. Після фіксування першої напівбалки встановлюється друга. Перед фіксацією другої напівбалки, за допомогою щупів, виставляють необхідний зазор між з'єднувальними кромками. Встановленні щупи задирають із місця шва поступово в процесі зварювання. Також можливе виконання прихоплень перед початком виконання зварювальних операцій. Після встановлення і фіксації двох половин перфорованої балки, проводять зварювання стикового шва. Зварювання виконують за допомогою порталу, який входить в склад лінії. На порталі розташований подаючий механізм та джерело живлення. Зварювання здійснюють в даному випадку короткими швами в захисному газі.

Після виконання зварювальних операцій в автоматичній лінії, зварна балка поступає на наступну операцію – встановлення та зварювання підсилюючих елементів отворів. Їх встановлення та зварювання здійснюють в кондукторі кантувачі напівавтоматичним зварюванням.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Охорона праці

5.1.1 Характеристика системи вентиляції

Основним завданням вентиляції є забезпечення чистоти повітря і заданих метеорологічних умов у виробничих приміщеннях.

Вентиляцією забезпечується видалення із повітря забруднень і зниження температури нагрітого повітря, та забезпечення подачі свіжого повіря.

В залежності від того, для чого служить система вентиляції, - для подачі чи видалення повітря з приміщення чи для того і дял іншого одночасно, вона може називатися приточною, витяжною, та приточно-витяжною.

Повітрообмін при природній вентиляції відбувається внаслідок різниці температур повітря в приміщенні і повітря ззовні, а також внаслідок дії вітру.

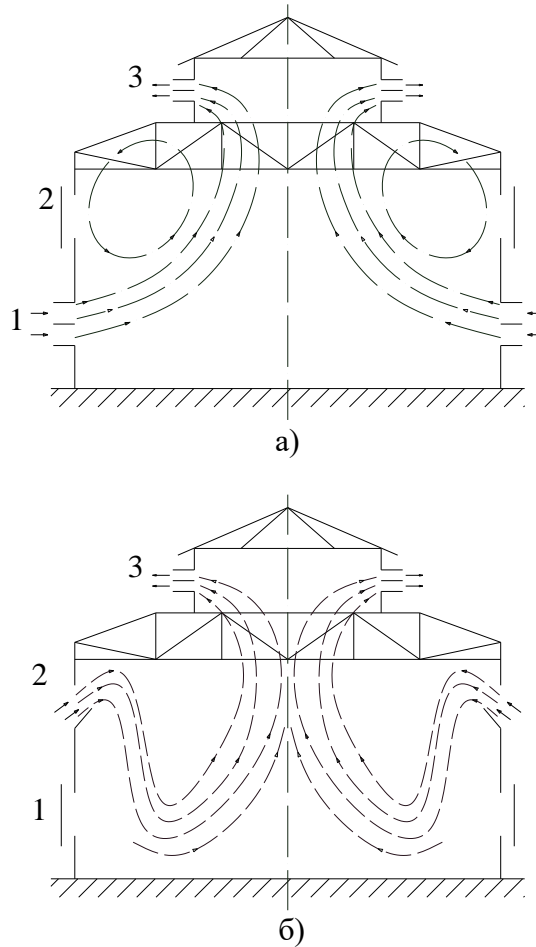
Різниця температур повітря всередині і ззовні приміщення, викликають поступання холодного повітря в приміщення і витіснення теплого повітря з приміщення. При дії вітру з вітряної сторони приміщення створюється пониження тиску, внаслідок чого проходить витяжка теплого чи забрудненого повітря з приміщення; з протилежного боку споруди створюється залишковий тиск повітря і свіже повітря поступає в приміщення на зміну повітря яке витягується. Робота деяких витяжних вентиляційних пристроїв в вагомій мірі залежить від цих факторів.

Природня вентиляція виробничих приміщень може бути організованою і неорганізованою.

Організовано вентиляція виробничих приміщень здійснюється аероцією і дефлекторами.

Аероція здійснюється наступним чином. В приміщення цеху, обладнаного трьома рядами отворів (1,2,3) з кватирками в літній період відкривають кватирки отворів 1 і 3 (рисунок 5.1а). Свіже повітря поступає в приміщення через нижні отвори 1, які розміщені на невеликій висоті від підлоги(1-1,5м), а виходить через отвори 3 в верхній частині приміщення.

Поступання зовнішнього повітря в зимовий час здійснюється через отвори 3, розміщені на висоті 4,7 м від підлоги(рисунок 5.1б). Дана висота приймається з таким розрахунком, щоб холодне повітря, опускалося до робочої зони, встигало достатньо прогрітися за рахунок перемішування з теплим повітрям приміщення [22]. Міняючи розміщення кватирок, можна регулювати повітрообмін приміщення. При роботі витяжної системи вентиляції чисте повітря поступає в приміщення через нещільності в конструкції приміщення.



1, 2, 3 – вентиляційні отвори;
а, б – відкриті вентиляційні отвори в теплу і холодну пору року

Рисунок 5.1 – Система вентиляції приміщення

Місце розміщення приточної і витяжної вентиляції і повітрепроводів, отворів і насадок, а також кількість повітря яке подається і відсмоктується в однаковій мірі згідно вимог. Місце для відбирання свіжого повітря відбирається з урахуванням напрямку вітру, з безвітряної сторони по відношенню до отворів

втяжної вентиляції, і не ближче чим 3 м від них, подалі від місць забруднень[22].

5.1.2 Захисне заземлення

Захисним заземленням називають заздалегіть зеднані з землею металічні частини устаткування, які не знаходяться під напругою в звичайних умовах, на які можуть опинитися під напругою внаслідок порушення ізоляції електроустановки.

Основним призначенням захисного заземлення є ліквідація небезпеки ураження людей електричним струмом при наявності напруги на конструктивних частинах електроустаткування тобто при «замиканні на корпус».

Принцип дії захисного заземлення – зниження до безпечних значень напруги доторкання і крок, обумовлений замиканням на корпус. Це досягається зниженням потенціалу заземленого устаткування, а також вирівнювання потенціалів за рахунок піднімання потенціалів основи на якій стоїть людина, до потенціалу, близького за величиною до потенціалу заземленого устаткування.

Заземлячим пристроєм називається сукупність заземлювача – металевих провідників, які знаходяться в безпосередньому контакті з землею, і заземлюючих провідників, які зеднують заземлюючі частини електроустаткування з заземлювачами. Розрізняють два типи заземлюючих пристроїв: виносні (чи концентровані) і контурні (чи розсіяні).

Виносні заземлюючі пристрої характеризуються тим, що заземлювач його винесений за межі площадки, на якій розміщене устаткування яке заземлюють, чи зосереджене на деякій частині цієї площадки.

Недоліком виносного заземлення є віддаленість заземлювача від устаткування, внаслідок чого коефіцієнт дотику $\alpha=1$. Тому цей тип заземлення застосовується при малих величинах напруги замикання на землю.

Перевагою такого типу заземлення є можливість вибору місця розміщення електродів з найменшим опором ґрунту.

Контурне заземлення характеризується тим, що його заземлювачі розміщуються по контуру площадки на якій знаходиться заземлювальний пристрій, чи розприділюється по всій площадці по можливості рівномірно.

Безпека при контурному заземленні забезпечується вирівнюванням потенціалу на території до такої величини, щоб максимальні значення напруги дотику і крок неперевисували допустимих це досягається шляхом відповідного розміщення одиночних заземлювачів.

Всередині приміщення вирівнювання потенціалу відбувається звичайним чином через металоконструкцію, трубопровід, кабелі і подібні їм провідні предмети, звязвні з розгалуженою мережею заземлень.

Розрізняють заземлювачі штучні і призначені виключно для мети заземлення і природні, які знаходяться в землі металічні предмети іншого призначення.

Для штучного заземлення застосовують звичайно вертикальні і горизонтальні електроди.

В якості вертикальних електродів використовують сталі труби діаметром 3 – 5 см, і кутник розміром 40 x 40 до 60 x 60 мм довжиною 2,5 – 3 м. В останні роки знаходять застосування сталі прутки діаметром 10 – 12 мм і довжиною до 10 м.

Для звязку вертикальних електродів і в якості самостійного горизонтального електрода використовують полосову сталь перерізом неменше як 4 x 12 мм чи сталь круглого перерізу діаметром неменше 6 мм.

Для встановлення вертикальних заземлювачів попередньо викопують траншею глибиною 0,7 - 0,8 м, після чого з допомогою механізмів забивають трубу чи кутник.

В якості природніх заземлювачів можна використовувати: прокладені в землі водопровідні труби, і інші металеві предмети, завинятком трубопроводів з мастилом чи пальним.

Природні заземлення як правило володіють низьким опором розтікання струму і тому використовуються з метою економії коштів на встановлення спеціального заземлення.

Захисному заземленню підлягають захисні і робочі металеві частини конструкцій і устаткування які не повинні знаходитися під напругою.

В приміщеннях і цехах з підвищеною небезпекою заземлення є обов'язковим при нормальній напрузі в 86 В, чи 110 В. А в приміщеннях без підвищеної небезпеки при напрузі 500 В.

5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Зростання кількості атомних електростанцій, хімічно небезпечних і вибухонебезпечних підприємств та інших об'єктів, які порушують екологію зовнішнього середовища, а також зброї масового ураження вимагають від керівництва підприємства створювати умови для захисту працюючих на підприємстві людей у надзвичайних ситуаціях. В цих умовах терміни проведення захисних заходів можуть бути обмеженими. На першому місці має бути переховування працюючих у захисних спорудах у місці їх перебування - на робочих місцях.

Захисні споруди в залежності від захисних якостей поділяються на сховища, протирадіаційні укриття і найпростіші укриття - щілини [23].

Проведемо розрахунок потреби в захисних спорудах при наступних вихідних даних: підприємство розміщене в районі з помірним кліматом, температура повітря 20 ... 25 °С; розмір території підприємства 2500 × 2500 м; відстань від підприємства до ймовірного центру вибуху $R_{\Gamma} = 4,9 \cdot 10^3$ м; очікувана потужність ядерного боєприпаси $q = 0,5$ Мт; ймовірне максимальне відхилення центру вибуху від точки прицілювання $r_{\text{від}} = 0,9 \cdot 10^3$ м; переважаюча швидкість середнього вітру в районі розміщення підприємства - 50 км/год; число робітників і службовців в найбільшій зміні - 1800 чол.

Розраховуємо необхідну міцність захисних споруд - граничний надлишковий тиск ударної хвилі $\Delta P_{\text{ф.необх.}}$. Для цього знаходимо мінімальну відстань до ймовірного центру вибуху [23]:

$$R_x = R_z - r_{\text{від}} \quad (5.1)$$

де R_z - відстань від об'єкту до ймовірного центру вибуху;

$r_{\text{від}}$ - ймовірне максимальне відхилення центру вибуху від точки прицілювання, м.

$$R_x = 4,9 \cdot 10^3 - 0,9 \cdot 10^3 = 4 \cdot 10^3 \text{ м}$$

Максимальне значення надлишкового тиску, що очікується на підприємстві, при $R_x = 4 \cdot 10^3$ м і $q=0,5$ Мт становить $\Delta P_{\text{ф.необх}} = 35 \text{ кПа}$

Необхідний коефіцієнт послаблення радіації захисними спорудами від радіоактивного зараження визначається із формули [23]:

$$D = D_{\text{відкр}} / K_{\text{носл}} \quad (5.2)$$

де D – допустима доза опромінення для працюючої зміни, Р,

$$D = 50 \text{ Р} [23];$$

$D_{\text{відкр}}$ - доза радіації, яку можуть отримати люди на відкритій місцевості,

$$D_{\text{відкр}} = 5 \cdot P_1 (t_H^{-0,2} - t_K^{-0,2}), \quad (5.3)$$

де P_1 - рівень радіації на 1 годину після вибуху, Р/год. при $R_x = 4 \cdot 10^3$ мі $V_{\text{с.в.}} = 5 \cdot 10^3$ м/год, рівень радіації дорівнює $P_1 = 17000 \text{ Р/год}$;

t_H - час початку роботи в умовах зараження від моменту вибуху, год.

$$t_H = \frac{R_x}{V_{\text{с.в.}}} + t_{\text{вун}} \quad (5.4)$$

t_H - час випадання радіоактивних опадів, год, $t_{\text{вун}} = 1$ год.

$$t_H = \frac{4 \cdot 10^3}{50 \cdot 10^3} + 1 \approx 1,008 \text{ год}$$

t_K - час закінчення роботи в умовах зараження від моменту вибуху, год.:

$$t_K = t_H + t_p \quad (5.5)$$

де t_p - тривалість зміни, год, $t_p = 12$ год:

$$t_K = 1 + 12 = 13 \text{ год.}$$

$K_{\text{посл}}$ - коефіцієнт послаблення дози радіації захисною спорудою.

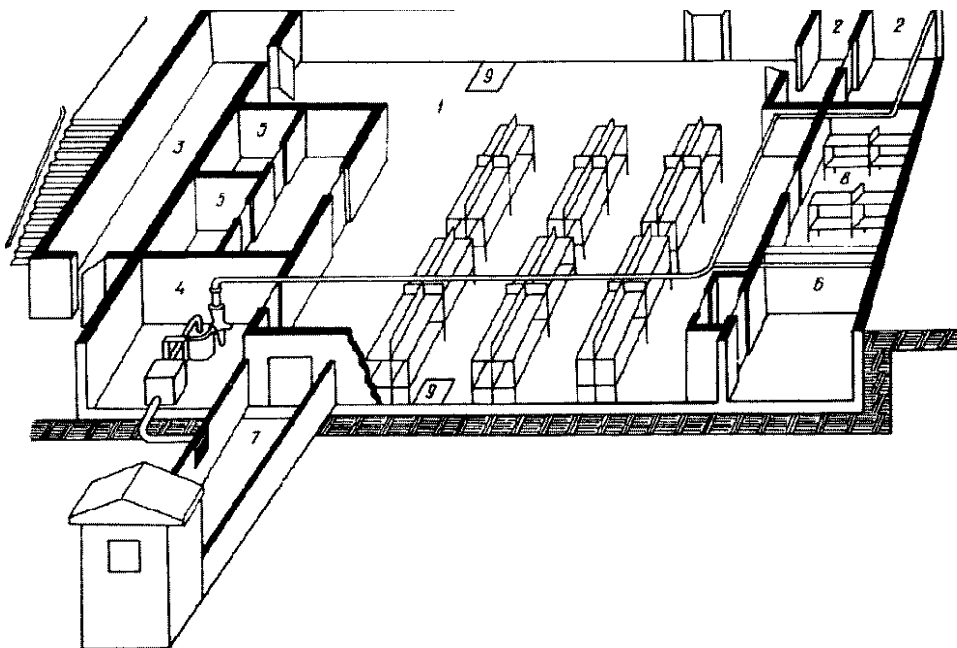
Коефіцієнт послаблення дози радіації захисною спорудою:

$$K_{\text{посл}} = \frac{5 \cdot 17000 \cdot (1^{-0,2} - 13^{-0,2})}{50} = 683$$

Таким чином, захисні споруди на підприємстві повинні витримувати надлишковий тиск, як мінімум 35 кПа та послаблювати дози радіації від радіоактивного забруднення не менше ніж у 683 рази.

Схема сховища приведена на рисунку 5.2.

Тип захисних споруд для конкретного об'єкту повинен задовольняти вимоги забезпечення надійного захисту виробничого персоналу та економії засобів. Вибір типу захисних споруд для об'єкту зводиться до визначення зони можливих руйнувань, в яких може знаходитись об'єкт [23].



- 1-приміщення для тих, хто укривається; 2-пункт керування; 3-тамбур-шлюз; 4-фільтровентиляційне приміщення; 5-санвузли; 6-дизель- електростанція; 7-аварійний вихід; 8-медпункт; 9-санпости.

Рисунок 5.2 - Схема сховища

Висновки. Для забезпечення надійного захисту виробничого персоналу працюючої зміни підприємство повинно побудувати чотири сховища місткістю

на 450 чоловік кожне з захисними властивостями; в кожному сховищі обладнати приміщення для людей площею 225 м².

Висоту приміщення встановити з врахуванням вимог використання сховищ в мирний час та уніфікації будівельних конструкцій однаково для всіх сховищ - 2,3 м; пункт керування промислового підприємства обладнати в сховищі №4 площею 20 м²; систему повітропостачання сховищ виконати на базі ФВК - 2 по три комплекти на кожне з додатковим встановленням трьох вентиляторів типу ЗРВ-72-2; передбачити використання сховищ в мирний час в господарських цілях: сховища № 1 і № 2 - під склад інструментів; сховище № 3 для побутових приміщень; сховище № 4 - для учбових класів для навчань з цивільної оборони.

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі запропоновано технологію виготовлення підсилених перфорованих двотаврових балок.

Для розроблення запропоновано технології було проведено дослідження напружено-деформівного стану підсилених перфорованих балок. Результати досліджень показали, що застосування підсиленень отворів, при центральному навантаженні балки 10кН, зменшення напружень. Напруження зменшуються лінійно із збільшенням товщини підсилюючих вставок. При застосуванні вставок з товщиною стінки 11 мм напруження зменшуються приблизно на 14 % у порівнянні з балками без підсиленень. Це саме можна побачити і при зміні величини прогину балки.

За результатами досліджень запропоновано застосовувати підсилення отворів і на основі цього запропоновано технологію та обладнання для виготовлення такого типу балок, а саме автоматичну лінію складання та зварювання перфорованих балок. Застосування такого рішення при проектуванні і виробництві перфорованих балок дозволить розширити їх технологічні можливості.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1 Арончик, А.Б. Экспериментальное исследование устойчивости стенок перфорированных балок / А.Б. Арончик, В.А. Селезнева // Исследование легких металлических конструкций производственных зданий. – Красноярск, 1984. – С. 4-15.
- 2 Кривов Г.О. Виробництво зварних конструкцій: підручник для студентів вищих навчальних закладів / Кривов, Г.О., Зворикін, К.О. – К.:КВІЦ, 2012. – 896 с.
- 3 Василенко В. Б. Напружено-деформований стан перфорованих прогонів з подібного профілю в умовах косоного згину / Дисерт. канд. техн. наук. Рівне : Національний університет водного господарства та природокористування - 2015 – 207с.
- 4 <https://metinvestholding.com/ua/products/steel-grades/s345>.
- 5 Теория сварочных процессов. Под ред. В.В.Фролова. – М: Высшая школа, 1988. – 559с.
- 6 ДБН В.2.3-26:2010 Споруди транспорту. МОСТИ І ТРУБИ. СТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ. Правила проектування /Київ. Мінрегіонбуд України – 266с.
- 7 В.М. Василев, Ю.І. Дозоренко Бездеформаційний розпуск горячекатаних балок з перфорованою стінкою / МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ N2, ТОМ 15 (2009) 141-145. ISSN 1993-3517 online.
- 8 Митчин, Р.Б. Местная устойчивость стенки и оптимизация стальной перфорированной балки: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Митчин Роман Борисович – Липецк, 2003. – 25с.
- 9 Підгурський М.І. Методика дослідження напружено-деформівного стану в зонах конструктивних концентраторів напружень зварних конструкцій / М. Підгурський, І. Зубченко, В. Поліщук, В. Ляхов, В. Хом'як // Збірник тез доповідей XV наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, 14-15 грудня 2011 року — Т. : ТНТУ, 2011 — С. 137.

- 10 Підгурський М.І. Оцінка напружено-деформівного стану в зонах зварних з'єднань тонкостінних елементів конструкцій / М. Підгурський, М. Грещук, І. Тихий, В. Хом'як // Збірник тез доповідей XV наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, 14-15 грудня 2011 року — Т. : ТНТУ, 2011 — С. 138.
- 11 Думов С.И. Технологияэлектрической сварки плавлением: учеб. / С.И. Думов. – Л.: Машиностроения, 1987. – 640 с.
- 12 Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением: учеб./ А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич. – М.: Машиностроение, 1977.– 432с.
- 13Сварочные материалы для дуговой сварки. Т2. Сварочная проволока и электроды: справочное пособие / под общей редакцией Н.Н. Потапова. – М.: Машиностроение, 1993. – 768 с.
- 14 https://kempfi.in.ua/catalog/svarochnoe_oborudovanie_robotov
- 15 <https://svartech.com.ua/>
- 16 Притыкин, А.И. Технология изготовления однорядно и многорядно перфорированных балок /А.И. Притыкин // Вестник МГСУ. – 2009. – №2 – С. 22-26.
- 17 Неразрушающий контроль качества сварных конструкций. В.А.Троцкий, В.П.Редько, В.Г. Демидко и др. Под ред. В.А.Троцкого. – К.: Техника, 1986. -519с.
- 18 <http://standart-m.com.ua/izmeritelnyj-instrument/>
- 19 <http://intron-set.com.ua/product/ultrazvukovoj-defektoskop-a1214-expert>
- 20 Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві: Навч. посібник / А.С. Карпенко. - К.: Арістей, 2005. - 268 с.
- 21 <https://tvagonm.com.ua/>
- 22 Левченко О. Г. Охорона праці у зварювальному виробництві Навчальний посібник. / О.Г. Левченко – К.: Основа, 2010. – 240 с.
- 23 Стеблюк М.І. С79 Цивільна оборона. Підручник. – К.: Знання, 2006 – 487 с.

ДОДАТКИ