

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(назва факультету)

Кафедра технології і обладнання зварювального виробництва
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломного проекту (роботи)

магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: «Обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення зварної підкранової балки 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))

Федчишин І.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Підгурський М.І.

(прізвище та ініціали)

Нормо контроль

(підпис)

Пулька Ч.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Сташків М.Я.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломний проект на тему: "Обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення зварної підкранової балки з моделюванням її напружено-деформівного стану". складається із розрахунково-пояснювальної записки об'ємом 124 аркуш формату А4 і графічної частини об'ємом аркушів формату А1. Розрахунково-пояснювальна записка складається із таких розділів: аналітичний, технологічний, конструкторський, організаційно-економічний, САПР в зварюванні, охорона праці в надзвичайних ситуаціях, екологія.

Для висвітлення питань, які розглядаються в даному дипломному проекті, розрахунково-пояснювальна записка містить 31 рисунки, 26 таблиць, 2 додатків. При написанні розрахунково-пояснювальної записки використано 32 першоджерел.

В даній роботі проведено аналіз питань щодо обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення зварної підкранової балки з моделюванням її напружено – деформівного стану, вибір технологічного процесу та устаткування для виготовлення зварних підкранових балок.

Ключові слова: ПІДКРАНОВА БАЛКА, АВТОМАТИЧНЕ ЗВАРЮВАННЯ, ФЛЮС, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ЗВАРЮВАЛЬНИЙ КАНТУВАЧ, РОЗРАХУНОК І КОНСТРУЮВАННЯ, ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ, САПР, САНІТАРНО-ГІГІЄНИЧНІ УМОВИ, ОСВІТЛЕННЯ, ОХОРОНА ПРАЦІ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ, ЕКОЛОГІЯ, ЗАБРУДНЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ.

ЗМІСТ

| | |
|---|------------|
| ВСТУП..... | 8 |
| 1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ..... | 9 |
| 1.1. Опис конструкції зварювального виробу..... | 9 |
| 1.2. Вимоги до конструкції виробу..... | 12 |
| 1.3. Аналіз існуючих технологій виготовлення | 14 |
| 2. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ..... | 17 |
| 3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ..... | 34 |
| 3.1. Обґрунтування способу зварювання | 34 |
| 3.2. Опис запропонованого технологічного процесу виготовлення виробу..... | 47 |
| 4. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ..... | 61 |
| 4.1. Обґрунтування зварювального пристосуван..... | 61 |
| 4.2. Розрахунок елементів зварювального пристосування | 73 |
| 4.3. Принцип роботи зварювального пристосування | 76 |
| 5. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ | 77 |
| 5.1 Розрахунок елементів зварювального пристосування в програмі MathCAD..... | 77 |
| 6. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ..... | 84 |
| 7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ | 97 |
| 7.1 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях на виробництві..... | 97 |
| 7.2 Охорона праці при автоматичному зварюванні під шаром флюсу.. | 99 |
| 7.3 Розрахунок освітлення складально-зварювальної дільниці..... | 100 |
| 8. ЕКОЛОГІЯ..... | 104 |
| 8.1 Методика дослідження джерел забруднення промислових підприємств..... | 104 |
| 8.2 Забруднення, що виникають у цехах механічної обробки, методи їх знешкодження в результаті технологічного процесу виготовлення підкранової балки..... | 107 |

| | |
|------------------------------|------------|
| ВИСНОВКИ..... | 113 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ..... | 117 |
| ДОДАТКИ..... | 119 |

ВСТУП

Зварювання є одним із найефективніших та високопродуктивних технологічних процесів, який широко використовується в усіх галузях машинобудування та будівництві.

Висока продуктивність зварювального процесу, добра якість зварних з'єднань і економічне використання металу сприяє тому, що зварювання стало ведучим технологічним процесом при виготовленні металевих конструкцій всіх видів.

Металеві конструкції завдяки своїм техніко-економічним показникам застосовуються у всіх галузях народного господарства.

Широке застосування металевих конструкцій в будівництві дозволяє проектувати збірні елементи будівель та споруд порівняно малої маси, організовувати потокове виробництво конструкцій та їх монтаж, прискорювати введення об'єктів в експлуатацію.

Зварна підкранова балка - одна з найбільш точно розрахованих складових металоконструкцій. Вона є конструктивним елементом, що працює головним чином на згин. Стінки складових перерізів (зварної балки) може бути тоншою прокатних, і в той же час міцніше і стійкіша за рахунок введення додаткових ребер жорсткості. На сьогоднішній день технологія виготовлення прокатних балок робить її більш металоємкою, отже, і менш економічною. А оскільки, як правило, перевага віддається тим конструкціям, вага яких є найменшою, то при виборі елементів їх складових перевагу також віддається більш легким з них. І тут зварні балки з високою несучою здатністю, зварені з листового металопрокату, стають просто незамінними, також як і в тих випадках, коли потрібні конструкції, жорсткість яка перевищує можливості прокатних профілів підкранові балки використовуються в спорудах і будівлях, на великому і маому виробництві, також у конструкції мостових кранів.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції зварного виробу

Виробом являється зварна підкранова двотаврова балка, яка виготовляється з трьох вирізаних листів які між собою зварюються, довжина цих листів 12000 мм, ширина 460мм, висота 1330мм, та з товщиною 20 мм (рис. 1.1).

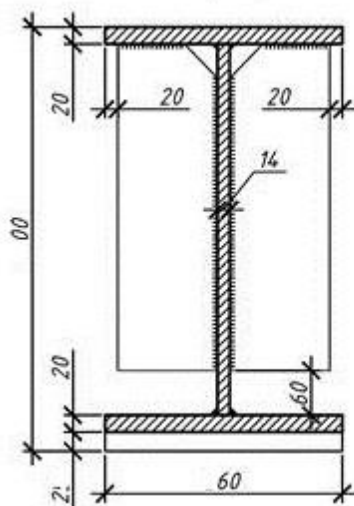
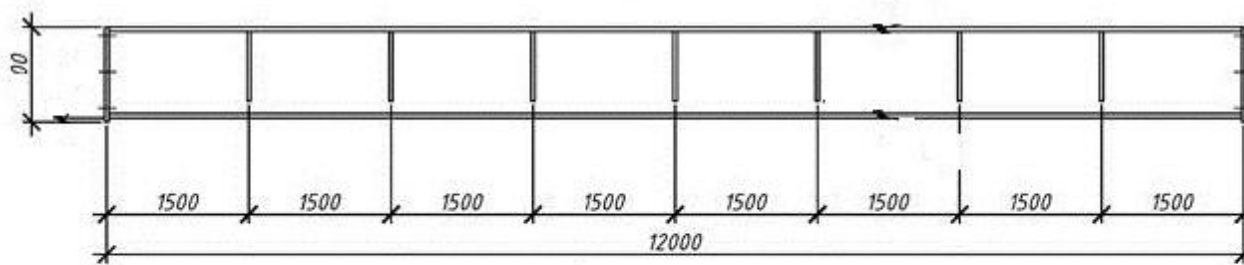


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд підкранової балки

Підкранова балка - це зварна конструкція, яка виготовляється з трьох листів, полос вирізаних в певний розмір і зварених між собою так щоб утворився двотавр.

Використовують підкранові балки в різних сферах. Вони виконують підйомно-транспортні роботи, складальні і підйомно-розгужочні роботи.

Суть виробу в рухомій балці, яка може перемістити вантаж у будь яку точку у межах своєї робочої зони, рухається горизонтально по одній осі за допомогою коліс, які їздять по рейках, вони в свою чергу кріпляться на виробі. Балки підкранові встановлюють на стінах, під стелею, що дозволяє збільшити робочий простір, а коли потрібна для роботи то швидко мати доступ до якої точки приміщення. Такий механізм застосовують на складах, виробництвах і у будівництві.

Найважливішими плюсами зварної балки є те, що вона виготовляється під індивідуальне замовлення, згідно з технічним завданням.

Підкранову балку виготовляю з марки сталі 09Г2С.

Дана сталь є конструкційна, мало вуглецева, низьколегована, якісна.

Її використовують в промисловості тому що це якісний і надійний сортовий прокат. Стабільність і стійкість сталі в температурному діапазоні дозволяє використовувати деталі в діапазоні від -70 до +450 С. Листи з сталі марки 09Г2С використовуються для різноманітних виробів завдяки високій міцності, що дозволяє застосовувати тонші елементи як при роботі з використанням іншої марки сталі.[2]

Вид постачання: сортовий прокат, в тому числі фасонний: ДСТУ 8541:2015. Лист товстий ГОСТ 19282-73, ГОСТ 5520-79, ГОСТ 5521-93, ГОСТ 19903-74. Лист тонкий ГОСТ 17066-94, ГОСТ 19904-90. Смуга ГОСТ 103-2006, ГОСТ 82-70. [2]

Легка зварюваність сталі 09Г2С дозволяє її широко застосовується для зварних конструкцій. Зварювання проводимо без підігріву. Вуглецю в сталі мало, тому зварювання даної сталі не є складним і не потребує додаткових технологічних операцій, сталь не гартується і не перегрівається. Після того як її оброблять на інакшу двофазну структуру має набагато більшу межу витривалості, і в результаті цього ця сталь має в декілька раз більше циклів до руйнації в відділі малої циклової втоми. [3]

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 09Г2С за ДСТУ_7749-2015 [1, с.97]

| C | Si | Mn | Ni | S | P | Cr | N | Cu | As |
|------------|--------------|--------------|-----------|------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-----------|
| до 0.12 | 0.5 - 0.8 | 1.3 - 1.7 | до 0.3 | до 0.04 | до 0.035 | до 0.3 | до 0.008 | до 0.3 | до 0.0 |

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 09Г2С за ДСТУ 8542-2015 [1, с.98]

| Прокат | Розмір | Напр. | σ_b | σ_T | δ_5 | ψ | КСУ | Термообр. |
|----------------------|--------|-------|-------------|-------------|------------|--------|-------------------------|-----------|
| - | Мм | - | МПа | МПа | % | % | кДж / м ² | - |
| Лист, ГОСТ 5520-79 | | | 430- 490 | 265- 345 | 21 | | 590-640 | |
| Труби, ГОСТ 10705-80 | | | 490 | 343 | 20 | | | |

Зварюваність матеріалу 09Г2С оцінюють за вмістом вуглецю, і розраховують за формулою:

$$C_{\text{екв}} = C + \frac{Si}{24} + \frac{Mn}{6} + \frac{Mo+V+Cr}{5} + \frac{Ni+Cu}{15}; \quad (1.1)$$

де C, Mn, Cr, Cu, Mo, P, V, Si – максимальний вміст відповідних елементів в сталі, %:

$$C_{\text{екв}} = 0,12 + \frac{0,5}{24} + \frac{1,3}{6} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,03 + 0,3}{15} = 0,45\%$$

Еквівалентний вміст вуглецю для сталі 09Г2С становить 0,45%, що є допустимого значення $C_{\text{екв}} = 0,45\%$.

Отже 09Г2С має добру зварюваність та не є схильна до утворення холодних тріщин під час виконання зварювання, а сам процес зварки не потребує додаткових технологічних операцій. Тому дана сталь оптимально підходить для виготовлення підкранової балки. [5]

1.2 Вимоги до конструкції виробу

Вимоги до матеріалу виробу напівфабрикату. Для того щоб виріб був якісним потрібно використовувати якісні матеріали. Якість матеріалів та напівфабрикатів встановлюють на основі сертифікатів, або якщо немає відповідних сертифікатів, матеріали використовують тільки після проведення перевірки відповідністю сертифікату. Коли матеріал потрапляє на виробництво його перевіряють на зовнішні дефекти : вм'ятини, деформації, пори, тріщини.

Напівфабрикати повинні зберігатися під накриттям щоб після потрапляння вологи на нього, не прискорювався процес утворення іржі це в свою чергу знижує стійкість металу проти корозії. Матеріали повинні мати сертифікат відповідності який надається з заводу, коли сертифікату немає матеріал не допускають у процес виробництва.

Вимоги до геометрії, розмірів та шорсткості виробу. Під час проведення візуального контролю поставленого матеріалу на виробництво також потрібно звернути увагу на шорсткість і геометрію цього матеріалу. У нашому випадку це листовий прокат до шорсткості поверхні встановлюють вимоги, виходячи з призначення поверхонь деталей і їх конструктивних особливостей. Листи повинні мати відповідні геометричні форми, розміри і шорсткість поверхні виробу до параметрів які задані на кресленні.

Вимоги до зварних з'єднань. Зварні шви не повинні мати дефектів, які не відповідають нормам стандарту. Зварне з'єднання це найосновніший процес при виготовленні зварного виробу. [6]

Тому якість зварювальних швів попереджує надійність конструкції, його довговічність і міцність. Звідси зрозуміло що з'єднання які мають дефекти не допускаються в експлуатацію. Їх появі потрібно наперед запобігати, виявляти і усувати. Відомо про чотири основних типи з'єднання: стикові, внапусток, таврові, кутові. Контроль якості проводиться до зварних швів згідно ДСТУ.

Вимоги до зварних з'єднань:

- метал зварного з'єднання має бути рівно міцним основному металу;
- дотримання форми і розмірів з'єднання у відповідності з технічними умовами, що вказані на кресленнях;
- розміщення зварних з'єднань має бути технологічним;
- відсутність тріщин, пор, та різних дефектів які проявляються у зварному виробі;
- забезпечення міцності і надійності зварних з'єднань;[2]

Вимоги до складання. Складання має забезпечувати точне встановлення зварюваних деталей в відповідності з кресленнями. При складанні підкранової двотаврової балки потрібно виконати складання в пристроях (кондукторах, кантувачах, на стелажах) з використанням прихваток – коротких швів. Забезпечити точне встановлення зварюваних деталей, відповідно до кресленням. Складання виконують за допомогою універсальної складальної машини яка оснащена фіксаторами та пневмо притискачами.

Вимоги до якості. Зварна конструкція і шви повинна відповідати вимогам якості продукції. Від якісного зварного з'єднання залежить довговічність конструкції тому на шви повинні бути максимально якісними і міцними. Тому при виготовленні конструкції спеціально розробляють операції заготовки, складання, зварювання та контролю якості цілої зварної конструкції. Існують такі види контролю якості зварних з'єднань: за допомогою ультра – звукових коливань, магнітним методом контролю, просвічування швів рентгенівським і гамма – випромінюванням.

Після зварювання проводиться візуальний контроль якості в якому мають бути такі вимоги:

- а) зварювальний шов повинен бути однаковий по ширині і висоті по всій його довжині;
- б) перевірку збирально-зварювального, термічного і контрольного устаткування, апаратури, приладів та інструментів;
- в) при зварюванні кутових та стикових швів, їх кінці виводять на технологічні планки;
- г) поверхня швів повинна бути без свищів і шлаку;

1.3 Аналіз існуючих технологій виготовлення виробу

Підкранову двотаврову балку можуть виконати методом гарячого прокатування злитків заготовок або автоматичним зварюванням металевих смуг.

Кожен із способів має свої переваги і використовується в залежності до способу використання готового виробу.

Технологія виконання підкранової сталевий балки методом гарячого прокатування: гаряча прокатка виконується на прокатних станах, який показаний у вигляді довгої установки з великою кількістю коліщат різного діаметру. Використовують в якості сировини товсті злитки які мають суцільний переріз. У процесі прокатування злитки переміщуються по рольгангу і припасовуються до валків, в результаті даної технологічної операції довжина заготовок значно зростає, а поперечний переріз відповідно зменшується і набуває форму двотавра.

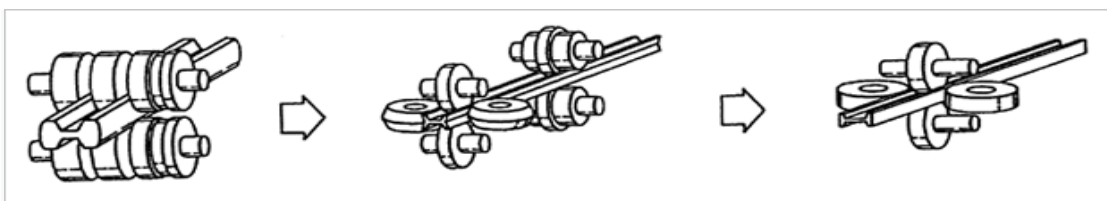


Рисунок 1.2 - Технологія виготовлення двотаврової сталеві балки методом гарячої прокатки з великою кількістю обертових валків різного діаметра.

Метод гарячої прокатки балок має значно високу продуктивність. Але прокатний механізм є дорогим і складним обладнанням, що потягне збільшення ціни готової продукції, тому цей спосіб нам використовувати недоцільно.[8]

Отже вибираємо технологію виготовлення сталеві підкранові балки методом зварювання.

Зварний двотавр виконаний з трьох основних листових деталей: стінки і двох полиць, але може мати вертикальні і горизонтальні ребра жорсткості (рис.1.3).

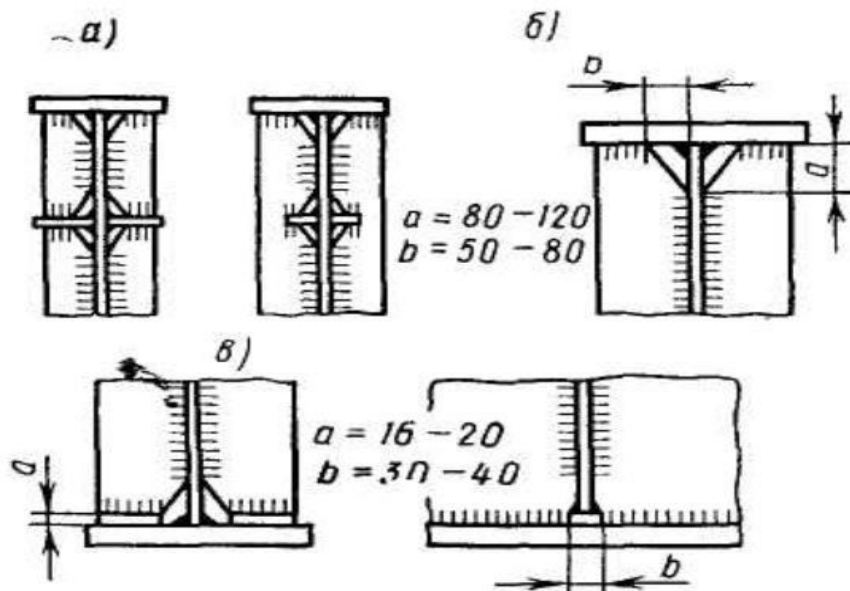


Рисунок 1.3 - Конструктивне оформлення ребер жорсткості двотаврових підкранових балок.

а - перетин вертикальних і горизонтальних ребер жорсткості; б – кріплення вертикальних ребер жорсткості до верхнього поясу; в - кріплення вертикальних ребер жорсткості до нижнього поясу.

Міцність підкранові балки забезпечується вертикальними ребрами жорсткості.

Зварні підкранові балки прольотом 12м і висотою 1330 мм і шириною 460мм виконуються з верхніми поясами під крани

вантажопідйомністю 10-20т без ребер жорсткості і під крани 30-50 т з ребрами жорсткості. Підкранові балки прольотом 12 м і заввишки 1100-1600 мм виготовляють з поясами такої ж ширини і з ребрами жорсткості.

Двотаврові підкранові зварні балки виготовляються на автоматизованих лініях.

В технологічний процес входить різання заготовок, складання двотаврового профілю і зварювання під флюсом. Після закінчення зварювальних робіт профіль проходить додаткову обробку правленням або прокаткою для точності геометрії полиць.

Після виконання прокатки, поверхню профілю очищають і наносять на неї захисне покриття.

Основні переваги використання підкранової зварної балки – це зниження собівартості і термінів складально-монтажних робіт через: зниження ваги конструкції (у порівнянні з г/к балки), за рахунок: можливості підбору складного перерізу у відповідності до прокатного, завдяки чому маса виробу знизиться до 15%; можливість використання в перерізі підкранової балки різноманітних видів сталей для полиць і стінок; можливість виготовлення не однакових перерізів; вищої несучої здатності.[9]

Отже, підкранову двотаврову балку ми будемо виготовляти з марки сталі 09Г2С фасонного прокату. Це будуть листи вирізані методом газового плазмового різання точно по розміру відповідно до креслення, після порізки листи зачищаються і грузяться мостовим краном в портал, де вони фіксуються пневмо затискачами, прихоплюються і в подальшому зварюються на стенді, за допомогою автомата для зварювання під флюсом. Після зварювання, балку знімаємо з стенду і грузимо в станок для правлення зварних таврових конструкцій. Коли балка пройшла процес правлення ми можемо провести контроль якості і відвантажити готову продукцію цех обробки і покраски. Після виконання всіх технологічних операцій відвантажуюємо балку на склад.

2. НАУКОВО ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

РОЗРАХУНОК І КОНСТРУЮВАННЯ ПІДКРАНОВОЇ БАЛКИ

Проліт підкранової балки – 12 м, $Q = 80/20$ т.

Режим роботи кранів – 5К.

Проліт будівлі – 36 м.

Матеріал балки - сталь 09Г2С: розрахунковий опір розтягу, стиску і згину за границею текучості $R_y = 240$ МПа = 24 кН/см² (при $t \leq 20$ мм);

Коефіцієнт надійності за призначенням $\gamma_n = 0,95$.

Розрахунок проводимо а програмному комплексі Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2019.

Визначення розрахункових зусиль

Підкранові балки належать до конструкцій що працюють в складних умовах багато циклового динамічного навантаження. Огляд даних будівельних металоконструкцій в Україні вказує на низьку довговічність зварних складених підкранових балок [10].

Середній термін експлуатації працездатних балок складає 25р. При цьому дефекти і пошкодження зв'язують ще на початковій стадії роботи балок – у терміни три роки експлуатації [10]. Як показують дослідження підкранових балок їх довговічністю визначається втомною довговічністю верхньої зони стінки біля шва. Саме в поянному шві та у верхній зоні стінки з'являються втомні тріщини [10].

[10]. Стан та залишковий ресурс фонду будівельних металевих конструкцій в Україні / А.В. Перельмутер. В.М .Гордеев. Є.В. Горохов /- К:Стаття , 2002.-167с.

Розрахунок підкранової балки виконуємо двома методиками: 1) на основі розрахункової методики описаної в [10], а також за допомогою сучасних програмних комплексів зокрема ROBOT.

Розраховуємо розрізну підкранову прольотом 12 м, під два крани середнього режиму роботи вантажопідйомністю 80/20 т, з роздільним приводом механізму руху ($a = 0,01$).

Таблиця 2.1- Характеристика мостового крана [10].

| Вантажо - підйомність, т | Режим роботи | Проліт крана L_{cr} , мм | Довжина крана C , мм | База крана K , мм | Маса, т | | Тиск колеса F , кН | Тип кранової рейки | Момент інерції рейки I_r , см ⁴ |
|--------------------------|--------------|----------------------------|------------------------|---------------------|-------------|--------------------|----------------------|--------------------|--|
| | | | | | Візка G_c | крана 3 візком G | | | |
| 80/20 | 5К | 34500 | 9100 | 4350 | 32,3 | 127,4 | 420 | КР-100 | 765 |

Граничне розрахункове навантаження від одного колеса крана з урахуванням коефіцієнтів надійності за навантаженням $\gamma_{fm} = 1,1$ (при $T=50$ років), надійності за призначенням $\gamma_n = 0,95$, динамічності $k=1,1$ і сполучення $\psi = 0,85$:

$$F_{max} = \gamma_{fm} \cdot \psi \cdot k \cdot F \cdot \gamma_n = 1,1 \cdot 0,85 \cdot 1,1 \cdot 420 \cdot 0,95 = 410 \text{ кН.}$$

Розрахункові навантаження на балку (від двох зближених кранів).

Максимальний розрахунковий тиск коліс крана при

$$F_1^n = 410 \text{ кН}, \quad F_2^n = 430 \text{ кН:}$$

$$F_{1k} = n_n \cdot \gamma_{fm} \cdot k \cdot F_1^n = 0,95 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 410 = 471,29 \text{ кН;}$$

$$F_{2k} = n_n \cdot \gamma_{fm} \cdot k \cdot F_2^n = 0,95 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 430 = 494,28 \text{ кН,}$$

де $F_1^n = 410 \text{ кН}$, $F_2^n = 430 \text{ кН}$ – нормативні сили вертикального тиску коліс крана на рейку, n_n – коефіцієнт поєднання, що дорівнює 0,95, при двох кранах важкого режиму роботи.

Визначення зусиль у підкрановій балці від двох зближених кранів. Розміщуємо на балці шість коліс кранів і знаходимо відстань від рівнодійної до крайнього лівого колеса, розміщеного на балці:

$$x = \frac{\sum F_i \cdot x_i}{\sum F_i} = \frac{471,29 \cdot 0,9 + 494,28 \cdot (3,85 + 4,75) + 471,29 \cdot (9,1 + 10)}{4 \cdot 471,29 + 2 \cdot 494,28}$$

$$= \frac{424,16 + 4250,8 + 9001,64}{2885,72} = 4,73 \text{ м}$$

Відстань від критичного вантажу до рівнодійної $c=(0,9+2,95+0,9)-4,73=$

$=-0,02$ м. Відстань від лівої опори до критичного вантажу:

$$a = \frac{L}{2} + \frac{c}{2} = \frac{1200}{2} + \frac{2}{2} = 599 \text{ см.}$$

Перевіряємо правильність встановлення вантажів при

$$R_1 + F_{кр} \geq (a/L) \cdot \Sigma F_i:$$

$$471,29 \cdot 2 + 494,28 + 494,28 = 1931,14 > (599/1200) \cdot 2885,72 = 1442,86 \text{ кН;}$$

$$\text{При } R_1 \leq (a/L) \cdot \Sigma F_i:$$

$$471,29 \cdot 2 + 494,28 = 1436,86 > 1442,86 \text{ кН;}$$

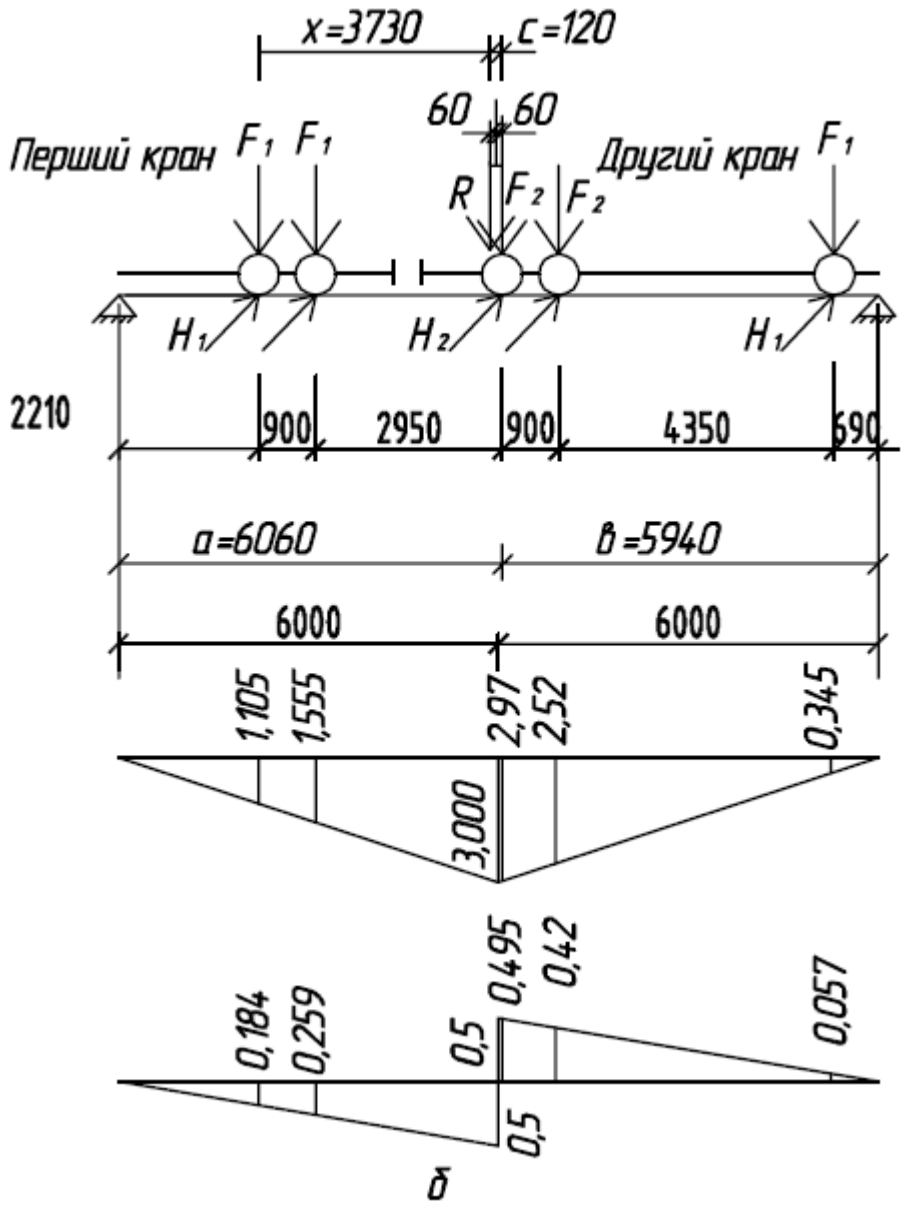
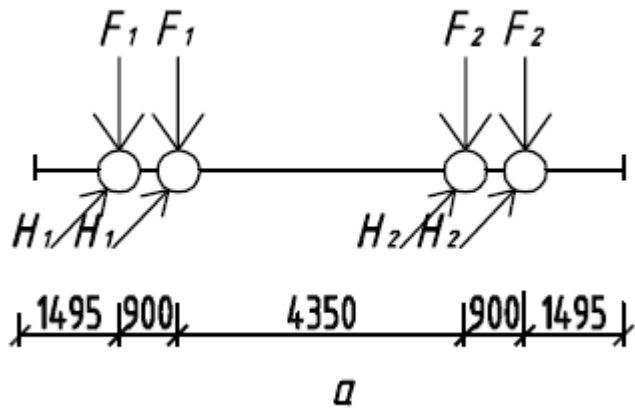
де R_1 - рівнодійна вантажів, розміщених зліва від критичної сили; $F_{кр}$ - критична сила.

Отже прийняте розміщення кранів не є розрахунковим. Переміщуємо розташований до опори вантаж і визначаємо рівнодійну:

$$x = \frac{\Sigma F_i \cdot x_i}{\Sigma F_i} = \frac{471,29 \cdot 0,9 + 494,28 \cdot (3,85 + 4,75) + 471,29 \cdot 9,1}{3 \cdot 471,29 + 2 \cdot 494,28} = \frac{8963,7}{2402,43} = 3,73 \text{ м}$$

$c=(0,9+2,95)-3,73= -0,12$ м. Відстань від лівої опори до критичного вантажу

$$a = \frac{L}{2} + \frac{c}{2} = \frac{1200}{2} + \frac{12}{2} = 606 \text{ см.}$$



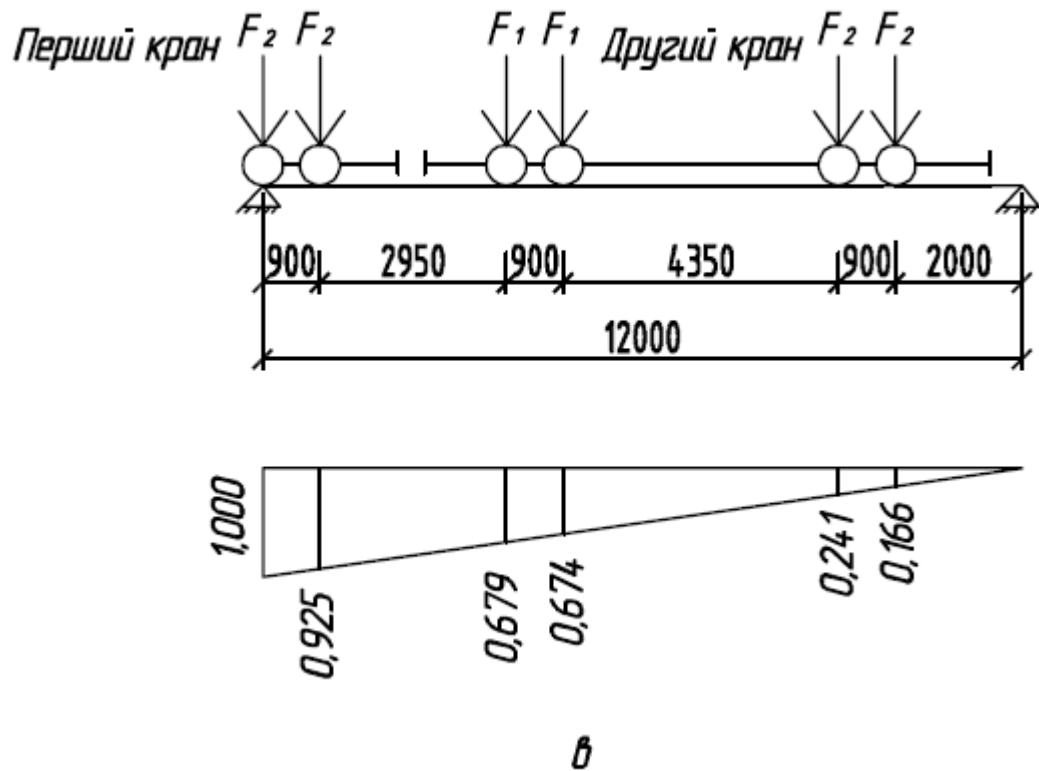


Рисунок 2.1. До розрахунку підкранової балки: а – схема кранового навантаження; б – визначення M_{\max} ; в – визначення Q_{\max} .

Перевіряємо правильність встановлення вантажів:

- 1) $494,28 + 471,29 \cdot 2 = 1436,86 > (606/1200) \cdot 2402,43 = 1213,22 \text{ кН}$;
- 2) $471,29 \cdot 2 = 942,58 < 1213,22 \text{ кН}$;

З перевірки випливає: встановлення кранів є розрахунковим.

Знаходимо максимальний згинальний момент, відповідну поперечну силу за лініями впливу (рисунок 24):

$$M_{\max} = \sum F_i \cdot y_i = 471,29 \cdot (1,105 + 1,555 + 0,345) + 494,28 \cdot (2,97 + 2,52) = 1359,67 + 2713,59 = 4073,26 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$Q_c = \sum F_i \cdot y_i = 494,28 \cdot (0,495 + 0,42) + 471,28 \cdot (0,057 - 0,184 - 0,259) = 452,26 - 172,48 = 279,78 \text{ кН}.$$

Максимальна поперечна сила (рисунок 24):

$$Q_{\max} = \sum F_i \cdot y_i = 494,28 \cdot (1 + 0,925 + 0,241 + 0,166) + 471,29 \cdot (0,679 + 0,674) = 1152,66 + 637,65 = 1790,31 \text{ кН}.$$

Згинальний момент від бічного тиску крана $M_T = 0,1 \cdot M = 407,326 \text{ кН} \cdot \text{м}$.

Розрахункові значення зусиль у підкрановій балці з урахуванням власної маси і тимчасового навантаження:

$$M = \beta_M \cdot M_{\max} = 1,05 \cdot 4073,26 = 4276,92 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$Q_c = \beta_Q \cdot Q_c = 1,05 \cdot 279,78 = 293,77 \text{ кН};$$

$$Q_{\max} = \beta_Q \cdot Q_{\max} = 1,05 \cdot 1790,31 = 1879,82 \text{ кН};$$

$$M_n = 4276,92 / (1,1 \cdot 1,2) = 3240,1 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

де β_M і β_Q коефіцієнти, які враховують власну масу підкранових конструкцій, приймаються рівними 1,05 для балок прольотом 12 м.

Вибір перерізу балки. Матеріал балки - сталь 09Г2С, R_y — 24 кН/см² Балку проектуємо моносиметричного перерізу з гальмівною балкою, до складу якої входить лист рифленої сталі завтовшки 8 мм (6 мм без урахування висоти рифів) із зовнішнім поясом зі швелера №30 ($A = 40,5 \text{ см}^2$; $I_y = 327 \text{ см}^4$; $z_0 = 2,52 \text{ см}$), зміщеним від зовнішньої грані колони на 50 мм (рис. 17.17). Балка встановлюється на колону, ширина підкранової частини якої становить 1250 мм, висота гальмівної балки дорівнює $h_{br} = 1200 \text{ мм}$, а висоту підкранової балки орієнтовно приймаємо $h = \text{---} = 12/10 = 1,2 \text{ м}$. Тоді значення коефіцієнта

$$\beta = 1 + 2 \cdot \frac{M_y \cdot h}{M_x \cdot h_x} = 1 + 2 \cdot \frac{170,51 \cdot 1,2}{4073,26 \cdot 1,2} = 1,08.$$

Опорна реакція:

$$H_1 = \frac{65,71}{12} \cdot (0,69 + 4,35 + 0,9 + 0,06) = \frac{65,71}{12} \cdot 6 = 32,855 \text{ кН}$$

Згинальний момент:

$$M_y = 32,855 \cdot (4,35 + 0,9 - 0,06) = 170,51 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

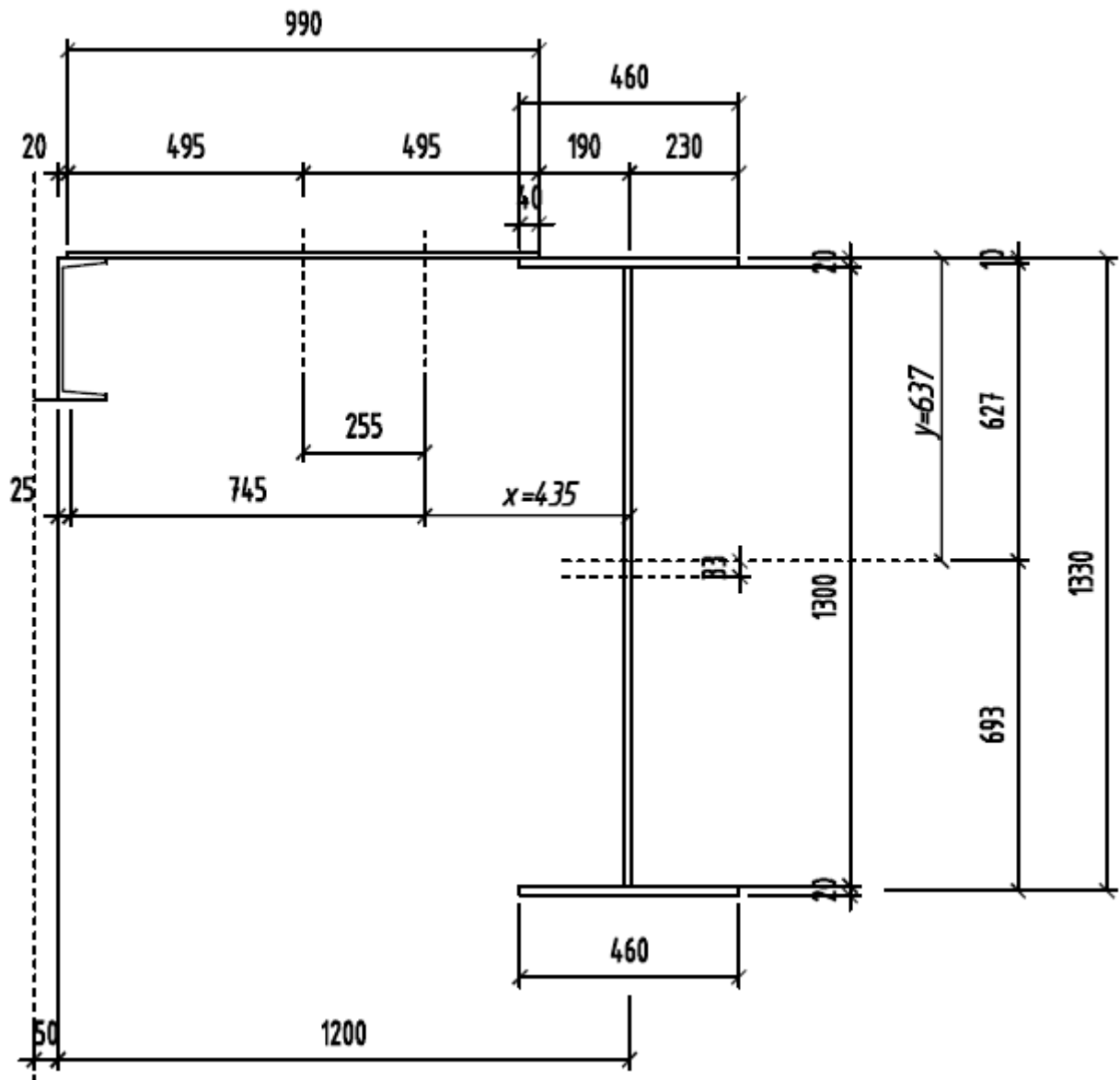


Рисунок 2.2. Підкранова балка.

Потрібний момент опору:

$$W_{cal} = \frac{407326 \cdot 1,08}{24} = 18329,67 \text{ см}^3$$

Оптимальна висота балки при попередньо заданій товщині стінки $t_w=10$ мм:

$$h_{opt} = k \cdot \sqrt{\frac{W_{cal}}{t_w}} = 1,1 \cdot \sqrt{\frac{18329,67}{1}} = 148 \text{ см.}$$

де $k=1,1$ для зварних балок.

Мінімальна висота при граничному відносному прогині $(f/l)=1/400$:

$$h_{min} = \frac{5 \cdot R_y \cdot \gamma_c \cdot l}{24 \cdot \beta \cdot E} \cdot \left(\frac{l}{f}\right) \cdot \frac{M_e}{M} = \frac{5 \cdot 24 \cdot 1 \cdot 1400 \cdot 400}{24 \cdot 1,08 \cdot 2,06 \cdot 10^4 \cdot 1,1} = 98 \text{ см.}$$

Приймаємо висоту стінки $h_w=1300$ мм. Необхідна товщина стінки за з урахуванням $\gamma_{f1}=1,1$ для режиму 5К:

Тому якісні проектування та виготовлення металевих підкранових конструкцій продовжують залишатися важливими завданнями .

$$t_w \geq \frac{m_1 \cdot Q_{max}}{h_w \cdot R_s \cdot \gamma_c} \geq \frac{1,5 \cdot 1790,31}{130 \cdot 0,58 \cdot 24} = 0,85 \text{ см};$$

$$t_w \geq \frac{\gamma_{f1} \cdot F_n}{3,25 \cdot R_s \cdot \gamma_c} \cdot \sqrt{\frac{\gamma_{f1} \cdot F_n}{3,25 \cdot R_s \cdot \gamma_c \cdot I_n}} \geq \frac{1,1 \cdot 420}{3,25 \cdot 0,58 \cdot 24} \cdot \sqrt{\frac{1,1 \cdot 420}{3,25 \cdot 24 \cdot 1 \cdot 765}} =$$

$$= 0,52 \text{ см};$$

$$t_w \geq \frac{h_w}{6} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = \frac{130}{6} \cdot \sqrt{\frac{24}{20600}} = 0,82 \text{ см}.$$

Тут відношення згинальних моментів прийнято за середнім значенням 1,1. Приймаємо товщину стінки 10 мм. Площа стінки $130 \cdot 1 = 130 \text{ см}^2$. Площа поясів:

$$A_f = A_{f,\epsilon} + A_{f,\mu} = \frac{2 \cdot W_{cal}}{h_w} - 0,167 \cdot t_w \cdot h_w = \frac{2 \cdot 18329,67}{130} - 0,167 \cdot 1 \cdot 130 =$$

$$= 151,35 \text{ см}^2;$$

$$A_{f,\epsilon} = \frac{A_f}{1 + \left(\frac{1}{\beta}\right)^2} = \frac{151,35}{1 + \left(\frac{1}{1,08}\right)^2} = \frac{151,35}{1,857} = 81,51 \text{ см}^2;$$

$$A_{f,\mu} = A_f - A_{f,\epsilon} = 151,35 - 81,51 = 69,84 \text{ см}^2$$

Приймаємо верхній пояс із стандартного листа 460x20 (площа $A_{f,\epsilon} = 92 \text{ см}^2$), а нижній - з листа 360x20 ($A_{f,\mu} = 72 \text{ см}^2$), при цьому місцева стійкість полиць забезпечена.

Визначаємо положення центрів ваги підкранової і гальмівної балок, а також геометричні характеристики їхніх перерізів. Відстань від грані верхнього пояса до центральної осі підкранової балки: $y = \frac{S}{A} =$

$$\frac{72 \cdot 133 + 130 \cdot 67 + 92 \cdot 1}{72 + 130 + 92} = \frac{9576 + 8710 + 92}{294} = 63,7 \text{ см};$$

$$I_x = I_{1v} + A_w \cdot 3,3^2 + I_{f,\epsilon} + A_{f,\epsilon} \cdot 64,7^2 + I_{f,\mu} + A_{f,\mu} \cdot 69,3^2 =$$

$$= \frac{1 \cdot 130^3}{12} + 130 \cdot 2^2 + \frac{46^2 \cdot 2^3}{12} + 92 \cdot 64,7^2 + \frac{36 \cdot 2^3}{12} + 72 \cdot 69,3^2$$

$$= 1317535,05 \text{ см}^4;$$

$$W_{x,\epsilon} = \frac{I_x}{63,7} = \frac{1317535,05}{63,7} = 20683,43 \text{ см}^3;$$

$$W_{x,н} = \frac{I_x}{70,3} = \frac{1317535,05}{70,3} = 187416 \text{ см}^3;$$

Відстань від центра ваги перерізу гальмівної балки до вертикальної осі перерізу підкранової балки:

$$x = \frac{40,5 \cdot (125 - 5 - 2,5) + 99 \cdot 0,6 \cdot (47,5 + 19)}{40,5 + 99 \cdot 0,6 + 100} = \frac{4758,75 + 3905,1}{199,9} = 43,5 \text{ см};$$

$$I_y = 327 + 40,5 \cdot 74,5^2 + \frac{0,6 \cdot 99^3}{12} + 99 \cdot 0,6 \cdot 25,5^2 + \frac{2 \cdot 46^3}{12} + 92 \cdot 43^2 = 327 + 224785,12 + 48514,95 + 38624,85 + 16222,66 + 170108 = 498582,58 \text{ см}^4;$$

$$W_{y,в} = \frac{I_x}{68,5} = \frac{498582,58}{68,5} = 7278,57 \text{ см}^3;$$

Перевіряємо нормальні напруження у верхньому поясі підкранової балки:

$$\sigma = \frac{M_x}{W_{x,в}} + \frac{M_y}{W_{y,в}} \leq R_y \cdot \gamma_c;$$

$$\sigma = \frac{427692}{20683,43} + \frac{170,51}{7278,57} = 20,67 + 2,34 = 23,01 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} \leq 24 \text{ кН/см}^2;$$

У нижньому поясі:

$$\sigma = \frac{M_x}{W_{x,н}} \leq R_y \cdot \gamma_c;$$

$$\sigma = \frac{M_x}{W_{x,н}} = \frac{427692}{18741,6} = 22,8224 \text{ кН/см}^2 \leq 24 \text{ кН/см}^2;$$

Таким чином, умова міцності балки за нормальними напруженнями задовольняється.

Перевіряємо місцеві напруження в стінці підкранової балки. Кранова рейка типу КР-100 має момент інерції 765 см^4 закріплена на верхньому поясі підкранової балки болтами. Граничне розрахункове навантаження від колеса крана становить 410 кН . Додатковий коефіцієнт γ_{f1} для груп режимів роботи кранів 5К дорівнює $1,1$ [1].

Сума власних моментів інерції кранової рейки і верхнього пояса:

$$I_{f1} = I_r + \frac{b_f \cdot t_f^3}{12} = 765 + \frac{46 \cdot 2^3}{12} = 765 + 30,66 = 795,66 \text{ см}^4.$$

Довжина умовної ділянки, на якій розподіляється місцевий тиск колеса,

$$l_{ef} = \psi \cdot \sqrt[3]{\frac{I_{1f}}{t_w}} = 3,25 \cdot \sqrt[3]{\frac{795,66}{1}} = 30,09 \text{ см.}$$

де $\psi=3,25$, коефіцієнт що враховує рівень піддатливості з'єднання полиці зі стінкою.

Місцеві напруження:

$$\sigma_{loc,y} = \frac{\gamma_{f1} \cdot F_{max}}{t_w \cdot l_{ef}} \leq R_y \cdot \gamma_c;$$

$$\sigma_{loc,y} = \frac{1,1 \cdot 410}{1 \cdot 30,09} = 14,98 \leq R_y \cdot \gamma_c = 24 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}.$$

Отже міцність забезпечена.

Для початку виберемо тип задачі – проектування плоских і об'ємних задач (рис 2.3).

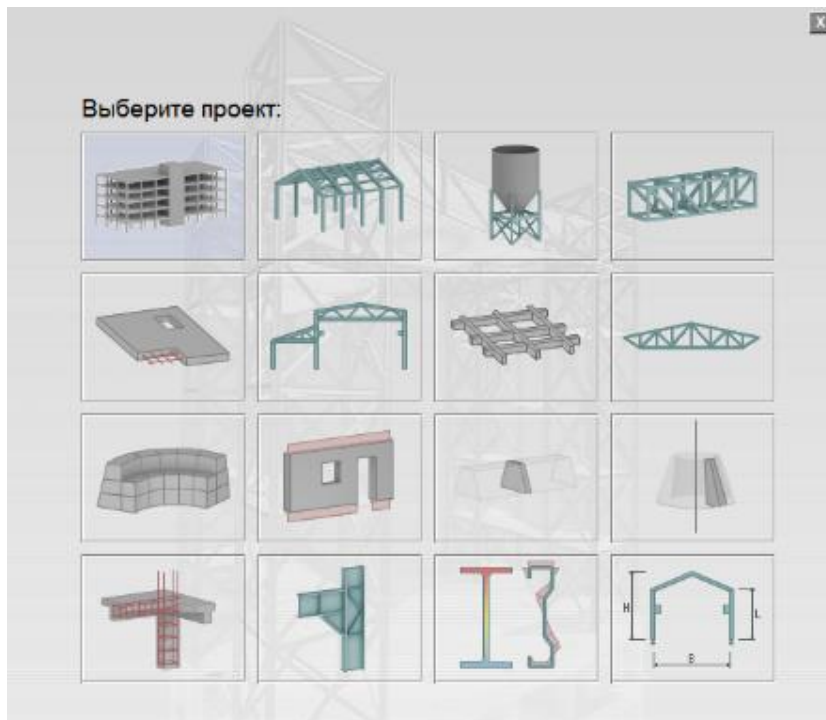


Рисунок 2.3- проектування плоских і об'ємних задач.

Потрапивши в робочий простір програми створюємо тип перерізу балки і задаємо їй параметризацію для того, щоб програма могла зробити підбір складеного сечення балки та задаємо матеріал для створеного сечення (рис. 2.4).

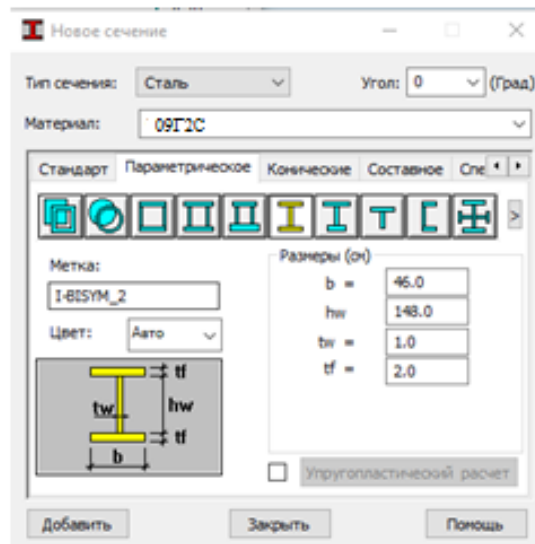


Рисунок 2.4 - задаємо матеріал для створеного сечення.

Після створення типу сечення переходимо в меню стержня і присвоюємо йому тип сечення та тип стержня – балка, де задаються відповідні параметри конструювання і перевірки підкранової балки (рис. 2.5).

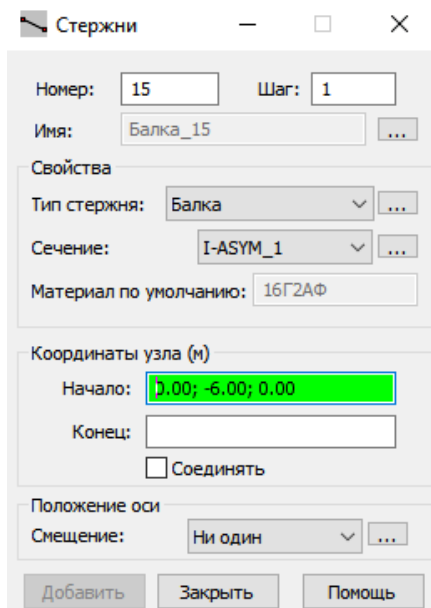
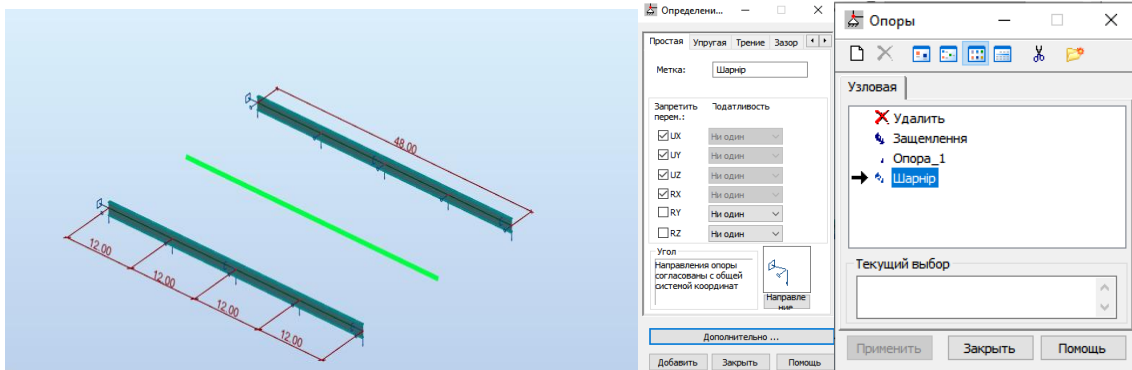
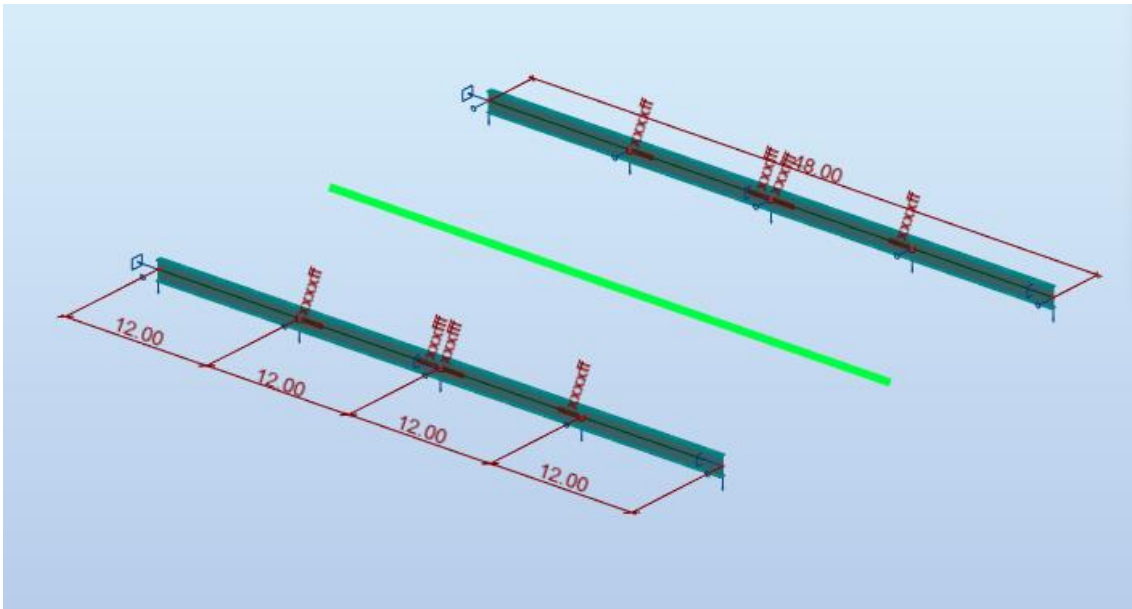


Рисунок 2.5 - Задаються відповідні параметри конструювання і перевірки підкранової балки.

Далі будемо саму балку по відповідних координатах які приймаються згідно вихідних даних. Розбиваєм на 6-ти метрові розрізні балки задаємо опори і створюємо шарніри в кожній з них (рис. 2.6)



а)



б)

Рисунок 2.6 а), б) - Розрізні балки задаємо опори і створюємо шарніри в кожній з них.

Проводимо перший розрахунок і перевіряємо чи правильно побудована схема (під час першого розрахунку власна вага балки задається автоматично).

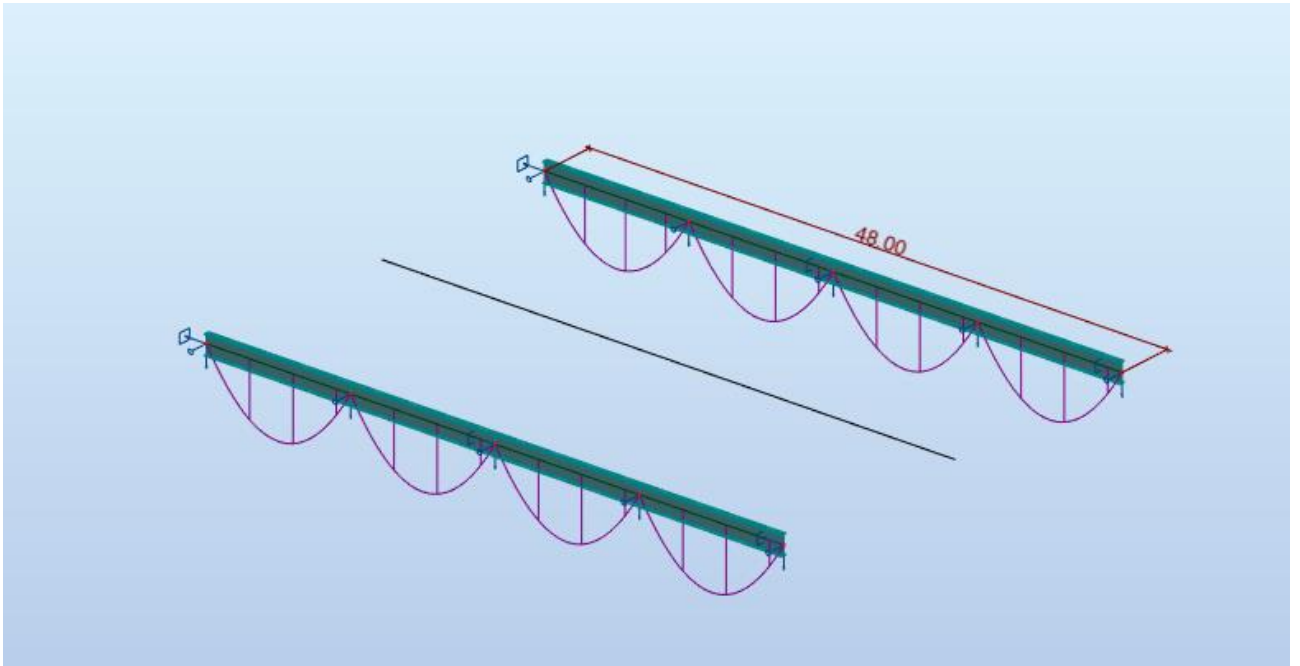


Рисунок 2.7 - Перший розрахунок і перевіряємо чи правильно побудована схема.

Після перевірки створюємо рухоме навантаження, параметри для якого беремо з відповідних довідників для мостових кранів.

Подвижные нагрузки

Выбор транспортного средства
 Нормы (база данных)
 Наименование трансп. средства
 Кран
 Новое Удалить
 Сохранить в базу данных

Симметрич. транспорт Произвольный транспорт

| | Тип нагрузки | | | | | |
|---|----------------------|-------|---------|------|--|--|
| 6 | сосредоточенная сила | F=471 | X=10 | S=34 | | |
| 7 | сосредоточенная сила | F=494 | X=14.35 | S=34 | | |
| 8 | сосредоточенная сила | F=494 | X=15.25 | S=34 | | |
| * | | | | | | |

Габариты транспортного средства
 b = 34 d1 = 0 d2 = 0

Единицы
 длина - (м) сила - (кН)

Добавить Закрыть Помощь

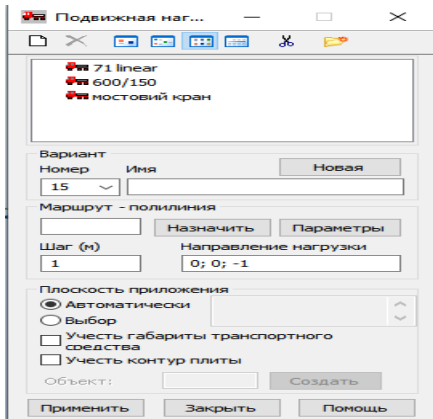


Рисунок 2.8 - Створюємо рухоме навантаження, параметри для якого беремо з відповідних довідників для мостових кранів.

Створивши навантаження прикладаємо до наших балок і виконуємо розрахунок.

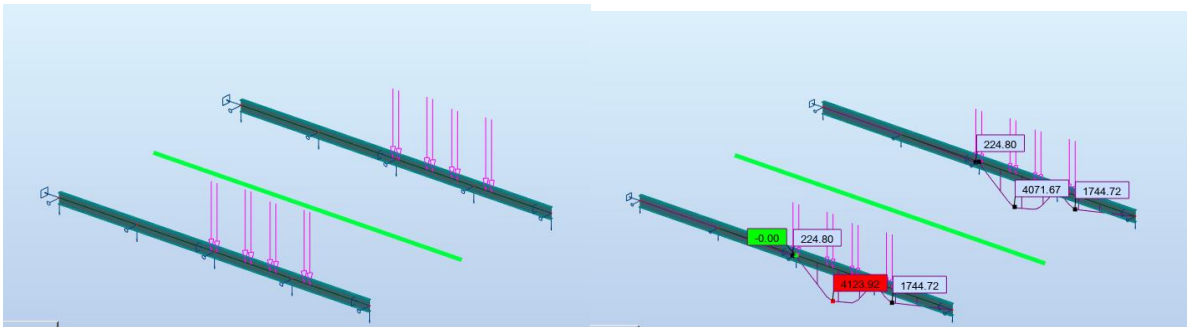


Рисунок 2.9 - Переходимо до конструювання самої балки і перевірки січення.

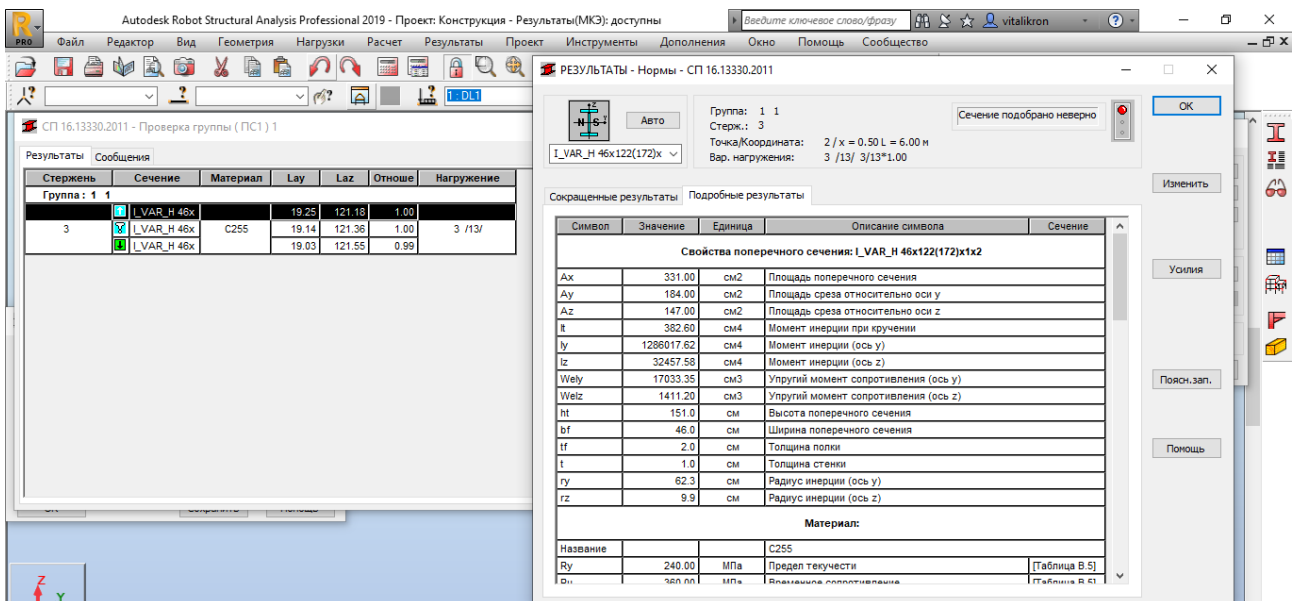


Рисунок 2.10 - Показано яке підбірано січення і всі його геометричні параметри.

Січення підібране:

| | |
|--------------------------------|---------------------------------|
| Головні осі | |
| Кут | alpha = 0.0 град. |
| Момент інерції | Ix = 339.53 см ⁴ |
| | Iy = 1305210.67 см ⁴ |
| | Iz = 32457.67 см ⁴ |
| Радіус інерції | iy = 62.7 см |
| | iz = 9.9 см |
| Площа зрізу | Ay = 160.78 см ² |
| | Az = 149.74 см ² |
| Пружний момент супротиву | Wely = 17173.82 см ³ |
| | Welz = 1411.20 см ³ |
| Коефіцієнт жосткості при зсуві | Wy = 123.02 см ² |
| | Wz = 135.42 см ² |
| Пластичний момент супротиву | wply = 19274.25 см ³ |
| | wplz = 2152.98 см ³ |
| Максимальна відстань | Vy = 23.0 см |
| | Vpy = 23.0 см |
| | Vz = 76.0 см |
| | Vpz = 76.0 см |

Рисунок 2.11 – Підібране січення

ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕРЕРІЗУ

Характеристика перерізу:

I-BISYM_2



H_y=46.0, H_z=152.0 [см]

A_x=332.00 [см²]

I_x=287.73, I_y=1305210.67, I_z=32457.67 [см⁴]

Матеріал=09Г2С

Таблиця 2.2 - Особливості матеріалу[12]

| | Матеріал | E (МПа) | G (МПа) | NI | LX (1/°C) | RO (кН/м3) | Re (МПа) |
|---|----------|-----------|----------|------|--------------|---------------|-------------|
| 1 | 09Г2С | 200000.00 | 80800.00 | 0.30 | 0.00 | 77.01 | 240.00 |

Таблиця 2.3- Стержні

| Стержень | Вузол 1 | Вузол 2 | Переріз | Матеріал | Довжина (м) | Гамма (град.) | Тип | Об'єкт конст- рукції |
|----------|------------|------------|----------------|----------|----------------|------------------|-------|----------------------------|
| 1 | 6 | 7 | I-BISY- M_2 | 09Г2С | 12.00 | 0.0 | Балка | Стерж- ень |
| 2 | 1 | 3 | I-BISY- M_2 | 09Г2С | 12.00 | 0.0 | Балка | Стерж- ень |
| 3 | 3 | 4 | I-BISY- M_2 | 09Г2С | 12.00 | 0.0 | Балка | Стерж- ень |
| 4 | 4 | 5 | I-BISY- M_2 | 09Г2С | 12.00 | 0.0 | Балка | Стерж- ень |
| 5 | 5 | 2 | I-BISY- M_2 | 09Г2С | 12.00 | 0.0 | Балка | Стерж- ень |
| 6 | 7 | 8 | I-BISY- M_2 | 09Г2С | 12.00 | 0.0 | Балка | Стерж- ень |
| 7 | 8 | 9 | I-BISY- M_2 | 09Г2С | 12.00 | 0.0 | Балка | Стерж- ень |
| 8 | 9 | 10 | I-BISY- M_2 | 09Г2С | 12.00 | 0.0 | Балка | Стерж- ень |

Таблиця 2.4 -Розхід

| Тип | Кількість | Довжина(м) | Маса (кг/м) | Вага стержня (кг) | Загальна маса (кг) | Площа окраски (м2) |
|------------|-----------|------------|----------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 09Г2С | | | | | | |
| I-BISYM_2 | 8 | 12.00 | 260.71 | 3128.57 | 25029 | 466.56 |
| Изагальний | | | | | | |
| I-BISYM_2 | 8 | 96.00 | 260.71 | 25028.55 | 25029 | 466.56 |
| Всього | | | | | 25029 | 466.56 |

ЗТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1. Обґрунтування способу зварювання

До основних способів, які досить широко застосовуються у виробництві зварних конструкцій, відносять: ручне дугове зварювання (Е), механізоване та автоматизоване в СО₂ (УП), плавким електродом в інертних газах (ІП), автоматичне під флюсом (Ф), електрошлакове (Ш), газове (Г), та аргонодугове (ІН), плазмовою дугою (П). [13]

Коли визначемо способи зварювання опираємося на фактори, які мають безпосередній вплив на процес зварювання:

- хімічний склад матеріалу;
- товщина;
- положення під час зварювання;
- конфігурація з'єднання та довжина швів;
- програма випуску виробу, тип виробництва, тощо.

Під час виготовлення підкранової балки із сталі 09Г2С можна використовувати любі способи зварювання.

Розглянемо декілька можливих способів зварювання конструкції, елементів балки, після чого ми зможемо вибрати спосіб, який буде максимально ефективним підходити для виготовлення підкранової двотаврової балки.

Процес виготовлення підкранової балки необхідно максимально механізувати і автоматизувати, оскільки способи зварювання, які застосовувалися для виготовлення мають високу трудомісткість, значні затрати часу на проведення зварювальних робіт.

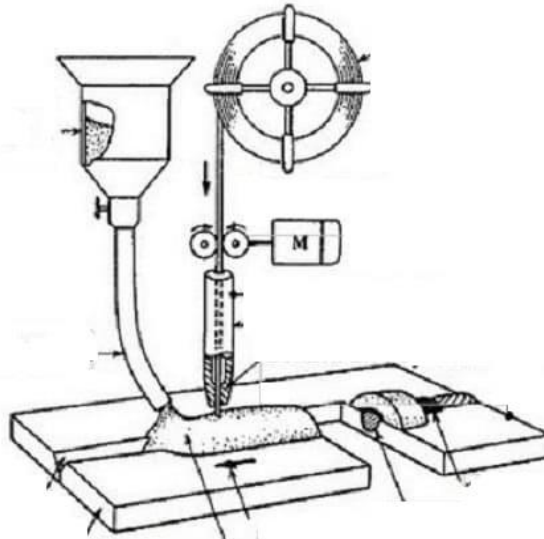
Тому при виготовленні підкранової двотаврової балки можна застосовувати такі способи зварювання:

При ручному дуговому зварюванні отримують непогане за якістю зварне з'єднання. Але під час використання цього способу зварювання потрібно застосувати велику кількість ручної праці на обробки готового виробу. Після проведення ручного дугового зварювання, зварний шов є

рівноцінним за міцністю і якістю до основного металу, тому РДЗ широко застосовують у промисловості і будівництві. Також до плюсів даного способу можна віднести зварювання у різних просторових положеннях і у важкодоступних місцях. Мінуси даного способу невисока продуктивність процесу зварювання.

Напівавтоматичне зварювання в захисних газах є найдешевшим з усіх перерахованих під час використання цього способу зварювання зменшується затрата ручної праці в порівнянні з РДЗ. Але до недоліків цього способу можна віднести розбризкування металу.

При автоматичному зварюванні під шаром флюсу електрична дуга горить під флюсом який захищає собою зварну ванну. (див. рис. 3.1).



1 – зварювальний дрот; 2 – головка; 3 - бункер флюсу; 4 – зона зварювання;
5 – зварювальний шов; 6 – сопло; 7 – деталь;

Рисунок 3.1 - Схема автоматичного електродного зварювання під флюсом

Під дією тепла дуги розплавляються електродний дрот і основний метал, а також частина флюсу. У зоні зварювання утворюється порожнина, заповнена парами металу флюсу й газами. Газова порожнина обмежена у верхній частині оболонкою розплавленого флюсу.[11]

Розплавлений флюс, оточуючи газову порожнину, захищає дугу й розплавлений метал у зоні зварювання від шкідливого впливу навколишнього середовища. У міру видалення зварювальної дуги розплавлений флюс, затвердіває, утворюючи на шві жужільну кірку. Після припинення процесу зварювання й омолодження металу жужільна кірка легко відділяється від металу шва.[11]

Не витрачена частина флюсу спеціальним пневматичним пристроєм збирається у флюсоапарат і використовується надалі при зварюванні.

Переваги способу:

- підвищена продуктивність;
- мінімальні вграти електродного металу (не більше 2%);
- максимально надійний захист зони зварювання;
- мінімальна чутливість до утворення оксидів;
- дрібночешуйчата поверхня металу шва у зв'язку з високою стабільністю процесу горіння дуги;
- не потрібно захисних пристосувань від світлового випромінювання, оскільки дуга горить під шаром флюсу;
- низька швидкість охолодження металу забезпечує високі показники механічних властивостей металу шва;
- малі витрати на підготовку кадрів;
- відсутнє впливу суб'єктивного фактора.

Недоліками способу є:

- трудозатрати з виробництвом, зберіганням і підготовкою зварювальних флюсів;
- труднощі коректування положення дуги щодо крайок виробу, що зварюється;
- несприятливий вплив на оператора;
- ні можливості виконувати зварювання у всіх просторових положеннях без спеціального устаткування.

Області застосування: Зварювання в цехових і монтажних умовах, зварювання всіх металів і сплавів.

При впровадженні механізованих і автоматизованих способів зварювання виникає можливість підвищення продуктивності праці, зменшення трудомісткості, покращення якості шва і зварного з'єднання.[11]

Розглянемо фактори, які визначають спосіб зварювання елементів балки: перший фактор - зварювальний матеріал – сталь 09Г2С.

Для цього матеріалу із запропонованих способів підходять всі способи (матеріал – з гарною зварюваністю). Найбільша перевага віддається таким способам: ручне дугове зварювання (Е), механізоване та автоматизоване в CO₂ (УП), автоматичне під флюсом (Ф), Вони і залишаються для подальшого аналізу.[12]

Другий фактор – товщина матеріалу (Листи S=8-20 мм).

Для цих товщин доцільно використовувати механізоване та автоматизоване зварювання під флюсом та в CO₂ (УП), які забезпечують гарну якість шву та є більш продуктивними порівняно з ручним зварюванням покритим електродом (Е).

Конструкція зварюється в заводських умовах, у зручному нижньому положенні, шви - доступні, по класифікації довжин шви відносяться до коротких та довгих. Під час серійного випуску підкранових двотаврових балок такого типу із способів, що залишилися, можна виключити ручне дугове зварювання покритим електродом (Е), як найбільш непродуктивний та дорогий спосіб.[13]

Із багатьох можливих способів зварювання для виготовлення конструкції оберемо автоматичне зварювання під шаром флюсу оскільки спосіб є найбільш доцільним з технологічних і економічних умов для виготовлення балки.

Отже, враховуючи специфіку різних способів зварювання, довжину зварювальних швів та товщину металу одним із найбільш якісних і раціональних для виготовлення підкранової балки є спосіб автоматичного

дугового зварювання під шаром флюсу.

Такий вибір забезпечить виконання поставлених технологічних умов, і вимог що до міцності і надійності конструкції.

Вибір та обґрунтування зварювальних матеріалів.

У даному випадку, для виготовлення підкранової двотаврової балки, вибираємо такі матеріали для зварювання. При зварюванні, як присадковий матеріал використовується зварювальний дріт. На основі марки сталюго дроту для зварювання розроблено державний стандарт ДСТУ ISO 14171:2008 (ГОСТ 2246-70) .

В більшості випадків при зварюванні низьколегованих сталей шви без пор отримують при застосуванні кремніє - марганцевих електродних матеріалів, що забезпечить малу забрудненість металу шва оксидними включеннями, які в свою чергу суттєво впливають на структуру металу шва, ослаблюючи її. Отже відповідно ДСТУ ISO 14171:2008 до зварювання двотаврової балки зі сталі 09Г2С вибираємо дріт суцільного поперечного перерізу марки Св08Г2С або Св08ГС. Дані марки дроту придатні для зварювання у всіх просторових положеннях, 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 [2]

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 |

При автоматичному зварюванні під флюсом сталі марки 09Г2С зварювальним дротом марки Св08Г2С рекомендується застосовувати флюс ОСЦ-45 за ДСТУ ISO 14171:2008 (ГОСТ9087-69).

Оскільки дана конструкція є відповідальною, то вибираємо для захисту металу зварювальної ванни флюс ОСЦ-45, так як він менш чутливий до відхилення хімічного складу основного металу і електродного дроту. Поєднання дроту Св08Г2С з флюсом ОСЦ-45 дозволяє отримати метал шва з механічними властивостями, які відповідають властивостям основного металу.

Хімічний склад флюсу ОСЦ-45 приведено в таблиці 3.2

Таблиця 3.2 – Хімічний склад флюсу ОСЦ-45 згідно ГОСТ9087-69 [12,с.108]

| Вміст елементів, % | | | | | | | | |
|--------------------|-------|-----|-----|--------------------------------|------------------|--------------------------------|------|------|
| SiO ₂ | MnO | CaO | MgO | Al ₂ O ₃ | CaF ₂ | Fe ₂ O ₃ | S | P |
| 38-44 | 34-41 | 6,5 | 2,5 | 5,0 | 6-9 | 2,0 | 0,15 | 0,15 |

Основними параметрами автоматичного зварювання під флюсом є сила зварювального струму, напруга на дузі, швидкість зварювання, діаметр електродного дроту і швидкість його подачі в зону зварювання.

Розрахунок параметрів режиму зварювання проводимо за типом з'єднання приведеним на рисунку 3.3.

Схема шва при виготовленні двотаврової балки виконуємо згідно ГОСТ8713-79 автоматичним зварюванням під флюсом. Його ескіз показаний на рисунку 3.2.

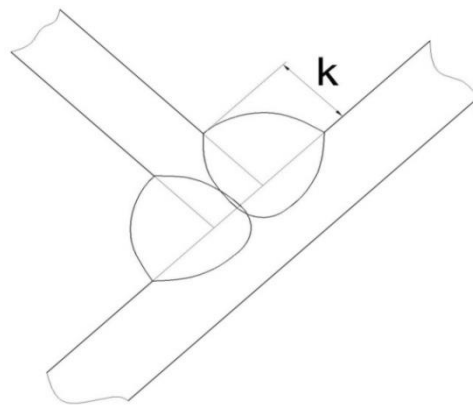


Рисунок 3.2 – Схема таврового з'єднання

Розрахунок починаємо з визначення глибини проплавлення, яку можна одержати під час зварювання з однієї сторони. Глибину провару h знаходимо за формулою:

$$h = K - 0,5b$$

де K – катет зварного шва, рекомендований додатком 2 по ГОСТ 8713-79 для металу з межею плинності до 450 МПа і способом зварювання «в лодочку», $k=16$ мм.

$$h = 16 - 0,5 \cdot 2 = 15 \text{ мм.}$$

1. Розрахункова глибина проплавлення, мм:

$$h_p = S/2 + 1 = 10 + 1 = 11 \text{ мм;}$$

2. Діаметр електродного дроту визначаємо за формулою 3.1:

$$d_e = \sqrt[4]{h_p} \pm 0.05h_p = \sqrt[4]{11} + 0.05 \times 11 = 2.6 \text{ мм} \quad (3.1)$$

3. Силу струму визначаємо за формулою 3.2:

$$I_{зв} = \frac{\pi d_e^2 a}{4} = \frac{3.14 \times 9 \times 110}{4} = 770 \text{ А} \quad (3.2)$$

4. Напругау зварювання визначаємо, підставивши значення у формулу 3.3:

$$U = 15 + 0.037I_{зв} = 15 + 0.037 \cdot 770 = 42 \text{ В;} \quad (3.3)$$

5. Швидкість подачі дроту визначаємо за формулою 3.4:

$$V_e = \frac{4\alpha_p I_{зв}}{\pi d_e^2 \rho} = \frac{4 \times 18 \times 770}{3.14 \times 9 \times 7.85} = 250 \text{ м/год} \quad (3.4)$$

де: α_p – коефіцієнт розплавлення, ρ – густина металу (для сталі приймаємо $\rho = 7.85$ г/см³).

$$\alpha_p = 2 + \sqrt{\frac{I_{зв}}{d_{np}}} = 2 + \sqrt{\frac{770}{3}} = 18 \text{ г/А*год,}$$

6. Швидкість зварювання визначаємо за формулою 3.5:

$$V_{зв} = \frac{A}{I_{зв}} = \frac{20 \cdot 10^3}{770} = 26 \text{ м/год,} \quad (3.5)$$

де A – емпіричний коефіцієнт = $20 \cdot 10^3$,

7. Коефіцієнт провару визначаємо за формулою 3.6:

$$\varphi_{np} = k(19 - 0.01I_{зв}) \frac{d_e \cdot U_{зв}}{I_{зв}} = 0.92(19 - 0.01 \cdot 770) \cdot \frac{3 \cdot 40}{770} = 1.62 \quad (3.6)$$

$$k = 0.92,$$

8 Погонна енергія визначаємо, підставивши значення у формулу 3.7:

$$g_n = \frac{0.24 \cdot I_{зв} \cdot U_{зв} \cdot \vartheta_u}{V_{зв}} = \frac{0.24 \cdot 770 \cdot 40 \cdot 0.75 \cdot 36}{26} = 7676 \text{ кал/см}; \quad (3.7)$$

$$\vartheta_u = 0.75;$$

9. Дійсна глибина проплавлення визначається за формулою 3.8:

$$h = 0.0165 \cdot \sqrt{\frac{g_n}{\varphi_{пр}}} = 0.0165 \cdot \sqrt{\frac{7676}{1.62}} = 1.13 \text{ см}; \quad (3.8)$$

10. Коефіцієнт розплавлення визначається за формулою 3.9, (г/А• год):

$$\alpha_p = 11.7 + 0.0156 \frac{I_{зв}}{d_e} = 11.7 + 0.0156 \frac{770}{3} = 15.7; \quad (3.9)$$

11. Катет шва:

$$K = h / 0,7 = 1.13 / 0,7 = 1.61 \text{ м};$$

Результати розрахунків параметрів режиму зварювання заносимо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Параметри режиму автоматичного зварювання під флюсом кутового шва двотаврової балки

| Діаметр електродного дроту, мм | Сила зварювального струму, А | Напруга на дузі, В | Швидкість зварювання, м/год | Швидкість подачі дроту, м/год |
|--------------------------------|------------------------------|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| 2.6 | 770 | 42 | 26 | 250 |

Зварювальне обладнання.

Зварювання повздожніх швів проводять на спеціальному стенді, який являє собою металоконструкцію яка підтримує виріб таким чином що зварювання проводиться способом «в човник». Для проведення зварювання застосовують апарат шведської фірми ESAB, який рухається по направляючій

над станом. Зварювання здійснюється електродним дротом Св-08Г2С, діаметром 2.6мм, під шаром флюсу ОСЦ-45.

Зварювання чотирьох швів проводиться по черзі. Перекантовка балки проводиться за допомогою кільцевого кантувача. Зварювальний апарат ESAB складається з джерела живлення LAF-1000, та зварювальної головки А2С.

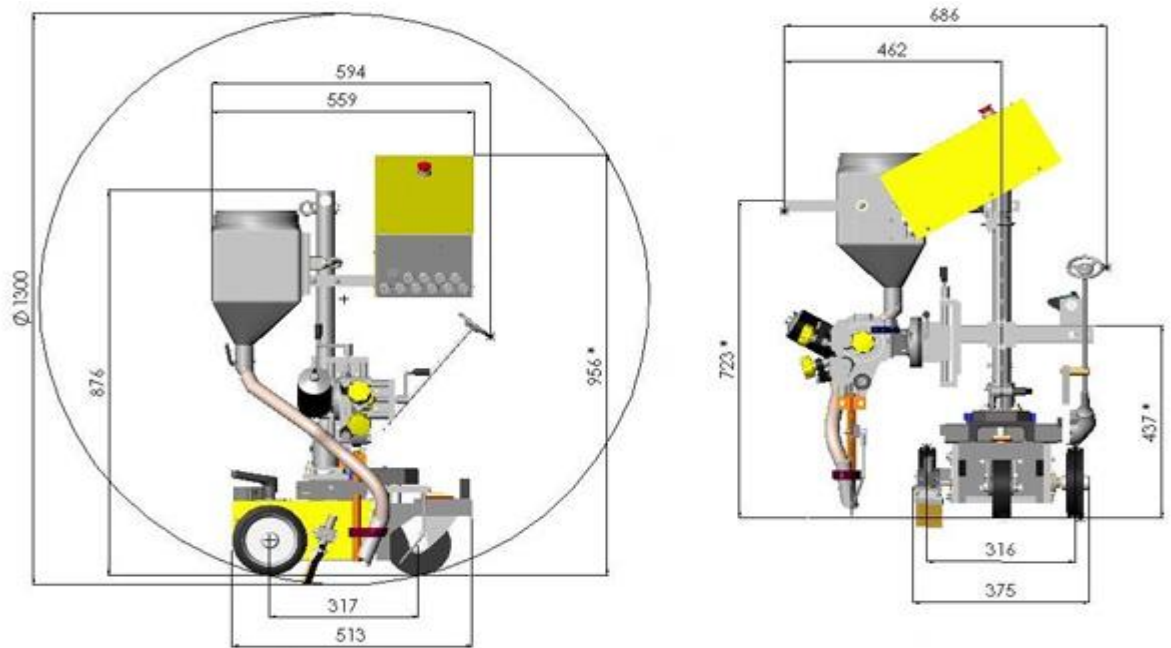


Рисунок 3.3 – Автомат для зварювання під шаром флюсу

А2 TFE1 – автоматичний зварювальний трактор з чотирма привідними колесами, призначений для зварювання під флюсом стикових і кутових з'єднань.

Зварювальний трактор використовується в комбінації з блоком управління ЕСАВ – А2-А6 РЕН. Напряга на блок управління і мотори трактора подається від джерела струму – LAF. Зварювальний трактор має регульований як в горизонтальній так і у вертикальній площині наконечник, який повертається за допомогою хрестового супорту, кут нахилу якого встановлюється поворотом механізму подачі дроту.

Для зварювання під шаром флюсу трактор використовується із струмознімачем, діаметром 20 мм, який допускає навантаження до 800 А при ПВ 100%, або до 1000 А при ПВ 60%. На зварювальну головку можуть

встановлюватись подаючі ролики для зварювання одинарним або подвоєним дротом. При зварюванні порошковим дротом використовуються спеціальні ролики з накаткою, які гарантують постійну подачу без змінання дроту.

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики автомату для зварювання під шаром флюсу:

| Параметр | Значення |
|-----------------------------|--------------|
| Напруга живлення | 42 В |
| Допустиме навантаження 100% | 800 А |
| Діаметр дроту: | |
| -суцільний | 1.6-4 мм |
| - порошковий | 1.6-4 мм |
| -подвоєний | 2*1.2-2.5 мм |
| Швидкість подачі дроту | Макс 9м/хв. |
| Гальмівний момент | 1.5 Н*м |
| Швидкість переміщення | 0.1-2 м/хв. |
| Ємність бункера для в'юсу | 6 л |

Для зварювання тонколистових елементів використовуємо зварювання в захисних газах напівавтоматом MIG-400D «KIND».

Напівавтомат MIG-400D «KIND» призначений для напівавтоматичного зварювання суцільним і порошковим дротом на постійному струмі в середовищі захисних газів (вуглекислота, аргон, суміш газів) виробів з маловуглецевих, середньовуглецевих, низьколегованих і корозійностійких сталей (режим MIG / MAG). А також призначений для ручного дугового зварювання покритими електродами на постійному струмі (режим MMA).

Конструкція напівавтомата виконана в двох корпусах і складається з джерела живлення і окремого механізму, що подає дріт, встановленого на турель.

Напівавтомат призначений для промислового і професійного використання. MIG-400D KIND виготовлений за поліпшеною IGBT-технології і відрізняється високими динамічними властивостями та зварювальними характеристиками.

Основні переваги:

- 1) Сучасна інверторна технологія (на базі IGBT транзисторів).
- 2) Частота перемикачів не входить в діапазон чутності, завдяки чому шумові перешкоди практично, сходять нанівець.
- 3) Чотирьохроликівий металевий механізм подачі дроту.
- 4) Наявність двох режимів зварювання MIG / MAG і MMA на постійному струмі.
- 5) Плавне регулювання швидкості подачі дроту в режимі MIG / MAG.
- 6) Плавне регулювання зварювального струму в режимі MMA-DC.
- 7) Плавне регулювання зварювальної напруги.
- 8) Плавне регулювання індуктивності.
- 9) Цифрова індикація зварювального струму і напруги.
- 10) Роздільне виконання джерела і подаючого механізму, можливість видалення подаючого механізму від джерела на відстань до 15 метрів.
- 11) Наявність режимів «довгі шви» (4-х тактний режим) і «короткі шви» (2-х тактний режим).
- 12) Наявність режиму для ручного дугового зварювання покритими електродами на постійному струмі (режим MMA-DC).
- 13) Наявність режиму заправки дроту.
- 14) Мале енергоспоживання, наявність інверторного джерела дозволяє економити споживану енергію, здійснює управління системою зворотного зв'язку, забезпечує сталість значення робочої напруги і компенсує перепади напруги в діапазоні + / - 15%

15) Забезпечує стабільність горіння дуги, низький рівень розбризкування металу, прекрасну форму шва, високу ефективність зварювання.

16) Наявність термозахисту від перевантаження.

17) Можливість установки касет зі зварювальним дротом діаметром D300 (15 кг) і D200 (5 кг).

18) Наявність пластикового кожуха для захисту зварювального дроту від пилу, бруду і т.п.

19) Значне зменшення втрат металу помітно збільшує ефективність зварювання і зменшує витрати енергії.

20) Універсальний євророз'єм KZ-2 для під'єднання зварювального пальника.

21) Комплектується німецьким пальником фірми «BINZEL».

22) Безпечні струмові роз'єми.

23) Для зручності переміщення встановлений на колеса.

24) Дозволяє використовувати дріт діаметром в діапазоні від 1,0 до 1,6 мм.

25) Сучасний дизайн і ергономіка.

26) Мала вага і габаритні розміри.

Передня панель джерела MIG-400D KIND показана на рисунку 3.5.



1-Цифровий індикатор зварювального струму - «А»; 2-Цифровий індикатор зварювальної напруги; 3 – ручка регулювання зварювальної напруги; 4 -Ручка регулювання зварювального струму; 5- Ручка регулювання «Індуктивності». За допомогою цієї ручки підбирають необхідну індуктивність, при якій змінюється стабільність зварювання, пробивна здатність і розмір крапель; 6 - Перемикач вибору режимів «довгі шви» (4-х тактний режим) і «короткі шви»; 7 - Перемикач режимів зварювання MIG / ММА MIG; 8- Перемикач для тестової перевірки подачі газу в пальник; 9-Швидкороз'ємний струмовий роз'єм «-» для підключення кабелю з Клем «Земля» до зварюваної деталі; 10 - Швидкороз'ємний струмовий роз'єм «+» для підключення силового зварювального кабелю від механізму, що подає; 11- Роз'єм для підключення кабелю управління від подаючого механізму; 12- Індикатор теплового захисту

Рисунок 3.4- Панель управління напівавтомата

Таблиця 3.5 - Технічні характеристики зварювального напівавтомата:

| Назва параметру | Значення |
|---|---------------|
| Напруга мережі, В | 3x380 |
| Частота мережі, Гц | 50 |
| Номінальний зварювальний струм, А | 400 |
| Діапазано регулювання зварювального струму, А | 60-400 |
| Напруга холостого ходу, В | 65 |
| Діаметр зварювального дроту, мм | 1,0; 1,2; 1,6 |
| ККД, % | 85 |
| Габаритні розміри, мм | 576x297x574 |
| Маса джерела, кг | 42 |
| Маса подаючого механізму, кг | 16 |

Під час складання та зварювання балки підкранової прийняті наступні стандартні зварні з'єднання це кутові шви які мають довжину 12000 мм з товщиною металу 20 мм. Його слід виконувати автоматизованим зварюванням.

Під час автоматизованого зварювання під флюсом неможливо отримати шов з заданою глибиною провару 20 мм. Для товщини 20 мм ГОСТ 8713-79 рекомендує з'єднання Т3 під час зварювання з двох сторін, або з'єднання Т6 з розробкою крайок. Оскільки є можливість зварювати балку з двох сторін, то обираємо з'єднання Т3. [20]

Умови використання конструкції дозволяють виконувати зварний шов Т3 по ГОСТ 8713-79 (рисунок 3.5).

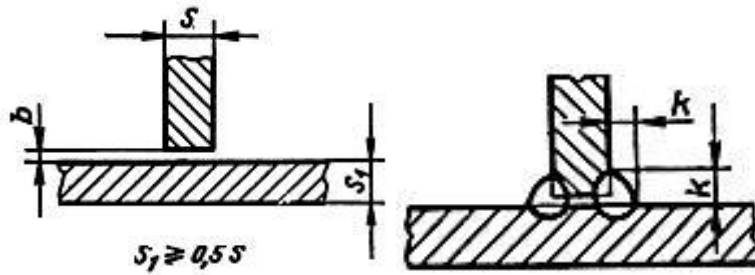


Рисунок 3.5 -Таврове з'єднання ТЗ із сталі 09Г2С. Спосіб зварювання - АФ відповідно ГОСТ 8713-79.

$S=20$ мм ; $S_1= 20$ мм; $b = 0+1,5$ мм, $k=16,0$ мм

Контроль якості. При зварюванні підкранової двотаврової балки доцільно використовувати технологію радіографічного контролю з використанням рентгенівських апаратів і джерел радіоактивного випромінювання

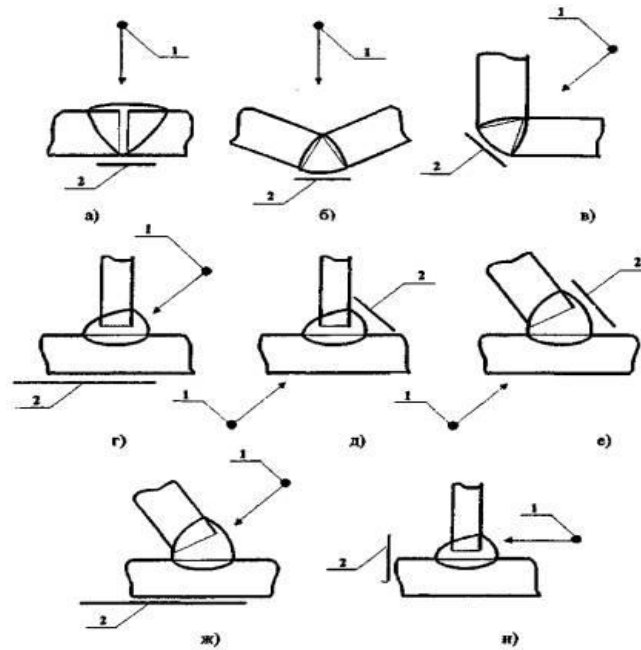
Параметри і режими радіографічного контролю слід вибирати залежно від енергії випромінювання, матеріалу і товщини просвічування зварного з'єднання, схеми просвічування і типу радіографічної плівки. [31]

При контролі зварних з'єднань для вибору джерел іонізуючого випромінювання потрібно керуватися даними таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Товщини просвічуваних деталей для деяких джерел іонізуючого випромінювання

| Джерело випромінювання | Товщина просвічуваного металу, мм | | |
|------------------------|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| | Сплави на основі заліза, міді | Сплави на основі титану | Сплави на основі алюмінію |
| Тулій-170 | 1-20 | 2-40 | 3-70 |
| Селен-75 | 5-30 | 7-50 | 20-200 |
| Іридій-192 | 5-80 | 10-120 | 40-350 |
| Цезій-137 | 10-120 | 70-150 | 50-350 |
| Кобальт-60 | 30-200 | 60-300 | 200-500 |

Схеми просвічування стикових, напусткових, кутових і таврових з'єднань представлені на рисунку 3.6.



1 - джерело випромінювання; 2 - касета з плівкою

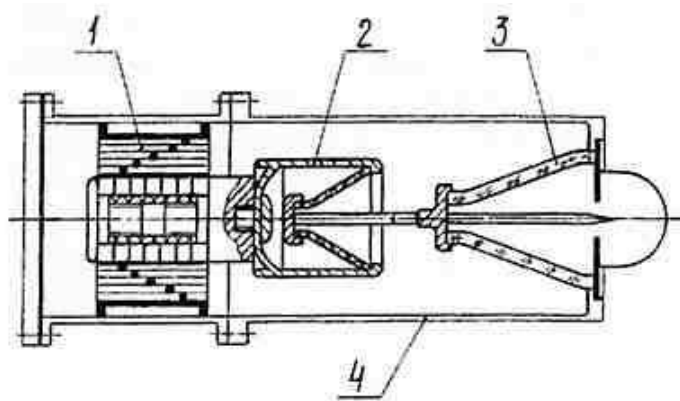
Рисунок 3.6- Схема просвічування стикових (а), кутових (б,в) і таврових (г,д,е, ж,и) з'єднань

Для просвічування підкранової двотаврової балки вибираємо імпульсний рентген-апарат типу АРИНА.[31]



Рисунок 3.7 – Імпульсний рентген-апарат АРИНА

Імпульсні апарати відзначаються меншими габаритними розмірами та масою, а також меншою потужністю. Тому їх використовують переважно в польових та монтажних умовах для просвічування невеликих товщин (до 30 мм). Основним елементом імпульсного випромінювача є розрядник-обостритель, який перетворює мікросекундного імпульс високої напруги з виходу імпульсного трансформатора в наносекундний імпульс, що подається на електроди рентгенівської трубки. Під дією такого короткого імпульсу відбувається розігрів, а потім вибух частини мікроострій катода трубки. Створена внаслідок цього хмара плазми є джерелом електронів, що бомбардують анод трубки і викликають спалах рентгенівського випромінювання. [31]



1 - імпульсний трансформатор, 2 - розрядник-загострювач
3 - рентгенівська трубка, 4 – корпус

Рисунок 3.8 - Конструкція високовольтного блоку

В апараті використовується острофокусная рентгенівська трубка ІМА5-320Д, що забезпечує як панорамне, так і спрямоване просвічування контрольованих виробів.

Апарат АРИНА-3, який має частоту проходження рентгенівських імпульсів близько 6-8 Гц найбільш ефективно використовувати на максимальних товщинах 30 + 50 мм (таблиця 3.7).

Просвічування зазначених товщин стали досягається при використанні високочутливої плівки, наприклад, STRUCTURIX F8 в комбінації з флуоресцентними підсилюють екранами, наприклад, RCF фірми AGFA.

Таблиця 3.7 – Технічні характеристики рентгенапарату АРИНА

| Параметр | Значення |
|--|-------------|
| Робоча напруга на рентгенівській трубці, кВ | 200 |
| Струм через рентгенівську трубку, мА | 0,1 |
| Товщина просвічуємої сталі із застосування свинцевих екранів і висококонтрасної плівки, мм | 20 |
| Товщина сталі із застосування флуоресцентних екранів і високочутливої плівки, мм | 50 |
| Розміри фокучної плями, мм | 1x1 |
| Доза рентгенівського випромінювання на відстані 1м від випромінювача за 1 хв, мР | 150-200 |
| Споживча потужність, Вт | 250 |
| Маса рентгенівського апарату, кг | 6 |
| Габаритні розміри , мм | 110x220x460 |

Нормування технологічного процесу виготовлення зварного виробу, витрати матеріалів та електроенергії.

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 підкранової двотаврової балки проводять для кутових швів.

Витрати зварювального дроту для виконання зварних швів визначимо за формулою [24,с.76]:

$$H_b = M \cdot k_b, \quad (3.10)$$

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]:

$$M = F_n \cdot \rho \cdot L, \quad (3.11)$$

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, $L=48,0 м$.

$$M = 18 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 \cdot 40.0 = 5.616 \text{ кг};$$

$$H_b = 5.616 \cdot 1,1 = 6.178 \text{ кг}.$$

Визначимо витрату флюсу ОСЦ-45 для зварювання за формулою [9,с.75]:

$$Q_\phi = H_b \cdot K_\phi, \quad (3.12)$$

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

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

$$Q_\phi = 6.178 \cdot 1,7 = 10.503 \text{ кг}.$$

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

$$Q_e = \frac{U_\delta}{\alpha_n \cdot n \cdot R_u}, \quad (3.13)$$

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

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

U_δ – напруга на дузі (беремо з розрахунку);

α_n – коефіцієнт наплавлення (беремо з розрахунку);

$$Q_e = \frac{35}{13.3 \cdot 0,75 \cdot 0,2} = 17.544 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

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

$$t_o = \frac{H_b}{I_{зв} \cdot \alpha_n}, \quad (3.14)$$

$$t_o = \frac{6.178}{630 \cdot 13.3 \cdot 10^{-3}} = 0.737 \text{ год} = 44.22 \text{ хв}.$$

3.2 Опис запропонованого технологічного процесу виготовлення виробу

Технологічний процес виготовлення зварної підкранової двотаврової балки складається з наступних етапів:

- Розкрій сталевого листа на смуги потрібної довжини і ширини за допомогою станка ЧПУ плазмового різання.
- Механічна обробка торців штрипсів на торцефрезерному або кромкостругальному верстаті. В результаті виходять чисті і рівні кромки, що дозволяє поліпшити якість подальшого зварювання.

- Збірка зварної конструкції з трьох підготовлених сталевих елементів на верстаті за допомогою кранів. Прихватки ставляться з одного боку, забезпечуючи міцність і жорсткість балки при її перенесенні до місця зварювання.
- Зварювання прямолінійних стикових, поздовжніх, кутових і кільцевих швів під рівним шаром флюсу. Основні шви повністю проварюються.
- Прогонка полиць зварної балки через спеціальну систему роликів, в результаті чого відновлюється їх геометрія і зникає «грибоподібність».[15]
Балку двотаврового перерізу складають та зварюють із листових заготовок. Конструкція має довжину 1200 мм. і ширину 460 мм.

Прямолінійність балки забезпечують компенсацією деформацій вигину від зварювання поздовжніх швів шляхом створення попереднього зворотного прогину, який забезпечують складальні пристрої, та фіксацією встановленням прихваток.

Складання балки проводять на спеціальному пристрої. В пристрій послідовно встановлюють всі елементи балки. Загальне складання балки, яка вже складена на прихватках, виконують на ланцюговому кантувачі.

Технологічний процес виготовлення конструкції балки двотаврового перерізу складається з підготовчих, складально-зварювальних операцій та контрольних операцій.

Підготовчі операції. Під час виготовлення даної конструкції до підготовчих операцій відносять правку, різку та очистку.

Правка необхідна для виправлення прокату до його обробки і проводиться шляхом пластинчатого вигину або розтягуванням матеріалу.

Для правки листового прокату використовують правку шляхом проходження металу між двома рядами роликів, які обертаються. Під час проходження між вальцями кожна ділянка листа отримує багаторазовий вигин в протилежні сторони і таким чином виправляється.[15]

Очищення застосовують для видалення з поверхні металу засобів консервації, забруднень, іржі, окалини, задирок, грата і шлаку, що

утрудняють процес зварювання та викликають дефекти зварних швів і перешкоджають нанесенню захисних покриттів.

Для очищення прокату, деталей і зварних вузлів застосовують дробеструминний метод. До хімічних методів відноситься знежирення і травлення, виконувани ванним чи струминним способами.[11]

Дробеструминний спосіб застосовують для очищення листового і профільного прокату і зварених вузлів від окалини, іржі і забруднень у разі товщині металу 3 мм і більш.

Під час дробеструминного способу очищення дріб викидається з великою швидкістю на поверхню, що очищається, вдаряючись об метал, видаляє наявні на ньому забруднення, іржу й окалину.

Різка. Конструкція балки складається з плоских частин, тому раціональним є використання плазмового різачка.

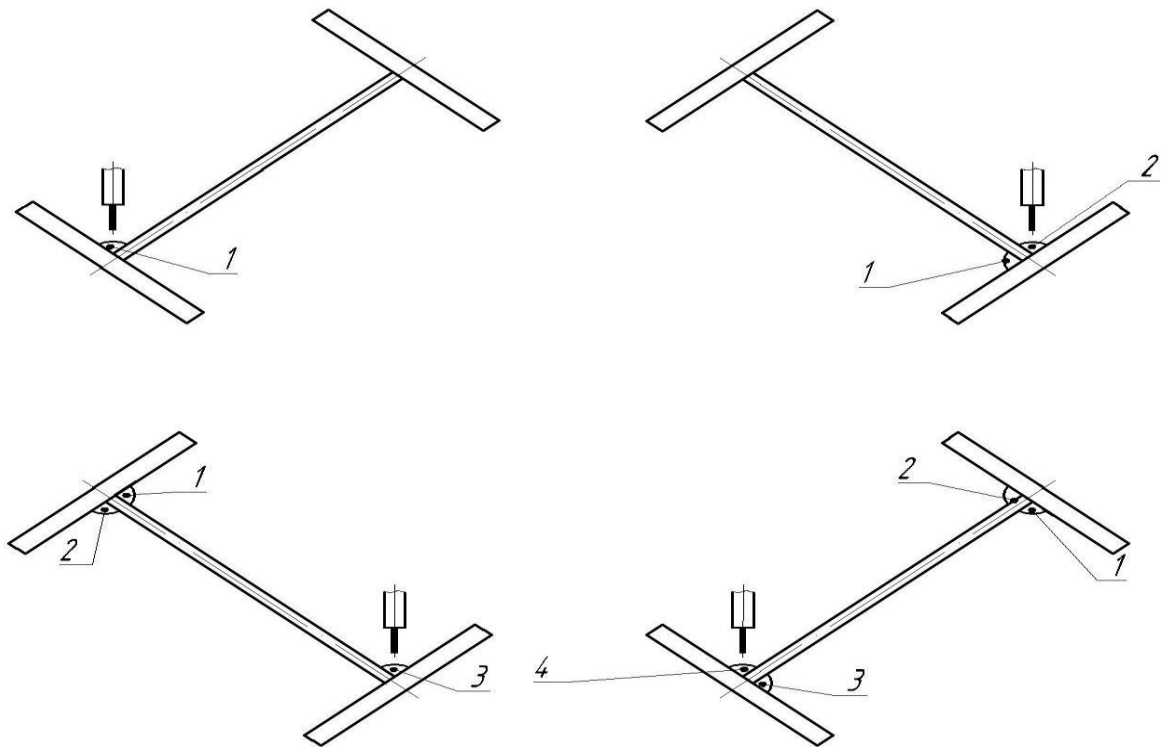
Після підготовчих операції виконуються складально-зварювальні операції.

Перед зварюванням візуально перевіряємо відповідність деталей виробу вимогам креслень і технологічного процесу. При складанні виробу забезпечуємо таке взаємне розміщення деталей, в якому вони повинні знаходитись в готовому виробі. Для виконання операції використовуємо складально-зварювальне пристосування, там затискаються, та складаються з окремих частин цілі виробу.

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.[16]

При зварюванні швів підкранової двотаврової балки необхідно строго дотримуватися послідовності їх виконання.

Інакше балка сильно деформується. Послідовність виконання швів балки показано на рисунку 3.12.



1,2,3,4 – нумерація швів

Рисунок 3.12 – Схема виконання званих швів при виготовленні двотаврової балки

Послідовність операцій під час виготовлення конструкції підкранової балки приведена в таблиці 3.11.[15]

Таблиця 3.8-Послідовність виконання операцій при виготовленні балки[15]

| № | Операція | Опис операції | Обладнання, режим |
|--|--|--|--|
| Перше робоче місце – виготовлення балки (складання та прихоплення) | | | |
| 005 | Транспортна | Подати складальні одиниці на дільницю очищення | Мостовий кран |
| 010 | Слюсарна | Очистити складальні одиниці від іржі, мастила та інших забруднень | Кутова шліфмашина, молоток, зубило, щітка |
| 015 | Транспортна | Перемістити складальні одиниці на дільницю складання підкранової балки | Мостовий кран |
| 020 | Складальна | Встановити складальні одиниці в складальний пристрій. Зафіксувати складальні одиниці в складальному пристрої за допомогою притискача. Надати необхідне зусилля зворотного вигину за допомогою гідравлічного притискувача. прихвати заготовки, починаючи з середини, утворюючи підкранову балку. | Складальний стенд, пневматичний притискувач, зварювальний напіваавтомат. |
| 025 | Зачищувальна | Зачистити зварні шви від крапель металу | Кутова шліф машина |
| 030 | Контрольна | Виконати ВК зварних з'єднань | Набір ВК |
| 035 | Транспортна | Перемістити деталі на друге робоче місце для зварювання підкранової балки | Мостовий кран |
| Друге робоче місце – зварювання підкранової балки | | | |
| 940 | Транспортна | Подати підкранову балку на дільницю очищення | Мостовий кран |
| 045 | Слюсарна | Очистити підкранову балку в місцях зварювання від іржі, мастила та інших забруднень | Кутова шліфмашина, молоток, зубило, щітка |
| 050 | Транспортна | Перемістити деталі на дільницю складання | Мостовий кран |
| 055 | Складально-зварювальна. Кантувальна | Встановити деталь на складальному стенді. Зняти прижимні струбцини. Виконати зварювання деталей одна до одної кутовими та тавровими швами Зняти балку з складального стенду. Перевернути деталь. Проварити шви, що залишились. | Складальний стенд, струбцини, зварювальна колона, напіваавтомат, Мостовий кран |

| | | | |
|--|------------------------|---|---|
| 060 | Слюсарна | Зачистити зони зварювання від бризок. | Кутова шліфмашина, молоток, зубило, щітка |
| 065 | Контрольна | Виконати ВК зварних з'єднань | Набір ВК |
| 070 | Транспортна | Перемістити деталі на третє робоче місце для приварювання ребер жорсткості. | Мостовий кран |
| Третє робоче місце – приварювання пластин (листових деталей) | | | |
| 075 | Транспортна | Подати деталі на третє робоче місце для складання і прихоплювання ребер жорсткості | Мостовий кран |
| 080 | Слюсарна | Очистити деталі в місцях зварювання від іржі, мастила та інших забруднень | Кутова шліфмашина, молоток, зубило, щітка |
| 085 | Складально-зварювальна | Покласти заготовки на балку та притиснути струбцинами. Приварити ребра жорсткості до балки по контуру. Перевернути деталь за допомогою мостовий кран. Приварити ребра жорсткості до балки з протилежного боку. | |
| 090 | Зачищувальна | Зачистити виріб від крапель металу | Кутова шліф машина |
| 095 | Контрольна | Виконати ВК зварних з'єднань та розмірів виробу | Набір ВК, лінійка, кутник. |
| 100 | Транспортна | Перемістити готову балку в цех готової продукції. | Кран-балка. |

Згідно технологічного процесу виготовлення виробу в першу чергу проводиться розмічування і різання листів з застосуванням газового різачка. Однією з перших зварювальних операцій на даному етапі є прихоплювання кромки стиків при складанні.

Після прихоплення балки з допомогою цехового крана встановлюють у спеціальну складальну машину. Останній добре підходить для зварювання двотаврових балок.

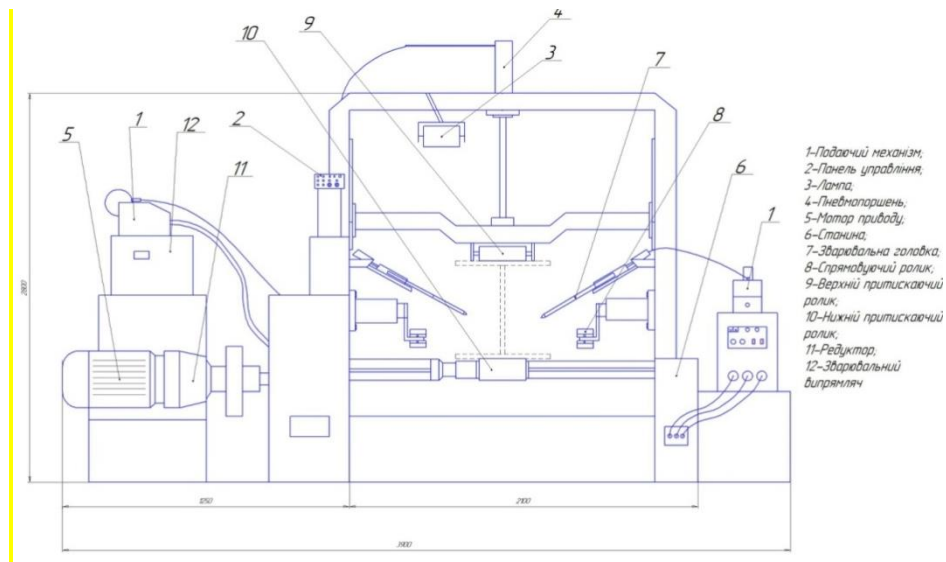


Рисунок 3.13- Загальний вигляд порталної установки для зварювання

Наступним з пристосувань використовують порталну установку(3.13) для зварювання.

На установці заздалегідь встановлений і налагоджений зварювальний автомат ESAB . В проміжку між стійками встановлений ланцюговий кантувач на якому встановлена заздалегідь очищена з прихоплюваннями двотаврова балка. Зварювання проводиться при поступальному переміщенні 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.

Балка зварюється повздовжніми кутовими швами утворюючи балку двотаврового перерізу . Під час складання полос для виготовлення балки слід забезпечити симетрію та взаємний притул їх один до одного з подальшим закріпленням прихваченням. Для цієї цілі використовують складальний стенд з відповідним розміщенням баз та прижимів по всій довжині балки. Перед складанням балки виконується попередній прогин для запобігання розвитку залишкових напружень та деформацій випучування.[12]

Прихвачення виконують з середини балки, після встановлення прихваток знімають прижими та балку переміщують на зварювальний пристрій, де виконується закріплення та поворот балки в зручне для зварювання положення. Прямолінійність балки забезпечують компенсацією деформацій вигину від зварювання повздовжних швів шляхом створення попереднього зворотного прогину, який забезпечують складальні пристрої, та фіксацією встановленням прихваток. Для цього гідродомкрати, які підводять до кінців балки, нажимають на низ балки та вигинають її.

Після складання та прихваток виконується зварювання. Під час зварювання балку встановлюють в зручне для зварювання положення. Далі балка проходить ще ряд складальних та зварювальних операцій, які виконуються на різних робочих місцях. Для транспортування подібних крупно габаритних виробів використовують мостовий кран. Передбачену геометрію конструкції балки забезпечує система упорів, фіксаторів та пневмоприжимів. Складання балки виконують складальники, які обслуговують цю лінію.

4 Конструкторський розділ

4.1 Вибір зварювальних пристосувань та опис принципу їх роботи

Вибір та розроблення пристосувань - один із етапів технологічного підготовки 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;[18]

- 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 [19].

При технічному обґрунтуванні слід порівнювати і аналізувати: прогресивність пристосування (продуктивність, механізацію, раціональність апаратури і обладнання, можливість забезпечення якості, трудомісткість, 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 [19].

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 автоматизовану, механізовану зварювальну ділянку.



Рисунок 4.1 - Загальний вигляд автоматизованої, механізованої зварювальної дільниці.

Розмітка і різання листового прокату проводиться на газорізальній машині «Комета» із застосуванням газокисневої суміші з програмним забезпеченням. Газорізальна машина має в наявності п'ять різаків, які проводять різку одночасно, тим самим забезпечують невелику деформацію в деталях, яка виникає під час проведення різки. Після проведення газорізальних робіт всі смуги проходять механічне очищення від шлаків і бризг, які появились під час різання. В разі необхідності і смуги проходять правку. Після проведення всіх замірів смуга готова і направляється за допомогою мостового крана на установку для автоматичного збирання.

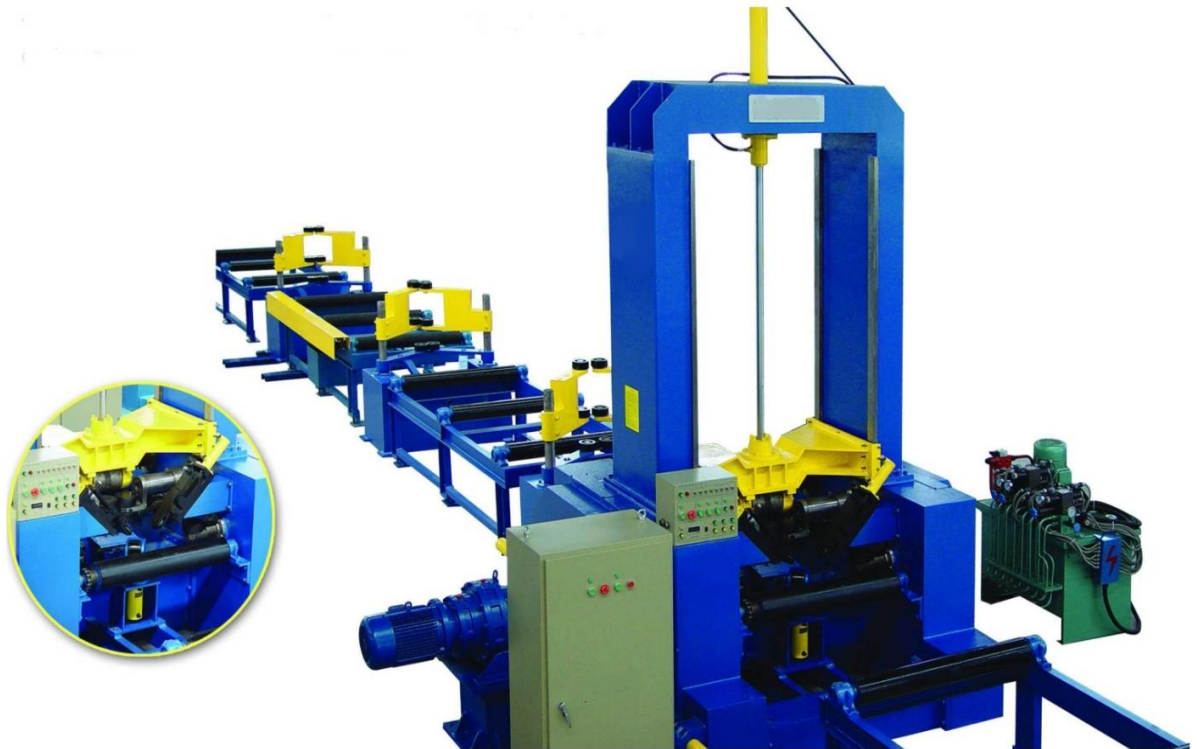
Таблиця 4.1 – Технічні характеристики газорізальної машини «Комета»

| Параметр | Величина |
|--|-------------------------|
| Габарити листа який ріжуть, мм | |
| -довжина | 2000 |
| -ширина | 6000 |
| Ширина колії направляючих рельсового шляху, мм | 2700 |
| Діапазон розрізаючих товщин плазмовим різакром, мм | 1-30 |
| Діапазон розрізаючих товщин газокисневим різакром, мм | 5-200 |
| Найбільша швидкість переміщення різакром, мм\хв | 12000 |
| Число супортів для фігурного розрізу | 1 |
| Точність відтворення контуру по ГОСТ 5614-74, мм | 0.2 |
| Стабілізація відстані між різакром і листом | Автоматична |
| Споживча потужність машини, кВт | 2 |
| Горючі гази | Природній, пропан-бутан |



Рисунок 4.2 – Газорізальна машина «Комета»

Складання металокопструкції проводять на автоматичній машині HZJ-15, яку



показано на рисунку 4.2.

Рисунок 4.3 – Автоматична машина для складання та прихоплення балок двотаврового січення

Машина моделі HZJ15 призначена для складання та з'єднання короткими зварними швами таврових та двотаврових конструкцій. Простота конструкції та керування дає можливість виготовляти таврові металеві конструкції стандартних та нестандартних розмірів з високою якістю та продуктивністю.[19]

Металокопструкція може мати різноманітні розміри та форми. Зазвичай, центральна плита знаходиться всередині конструкції, а дві бокові плити мають однакову ширину та симетричні. Крім цього, існують інші несиметричні різновиди, що потребують змін відповідно до своєї структури.

Підготовлені заготовки (смуги) укладаються за допомогою крана на вхідний конвеєр складального стану, розташовуються і фіксуються за

допомогою трьох комплектів затисків складального стану. Початок і зупинка процесу складання металевої конструкції контролюються з пульта управління. З'єднування сталевих полос здійснюється напівавтоматичним зварюванням в середі вуглекислого газу, шляхом проставляння невеликих швів заданої протяжності із заданим кроком.

Слід зазначити, що заготовки сталевих полос повинні бути рівними і без вигинів. Для усунення дефектів заготовок – існує додаткове технологічне обладнання.

Таблиця 4.2 – Технічні параметри машини

| Параметри | Величина |
|--|--------------------|
| Ширина пластини гребню, мм | 200-800 |
| Товщина пластини гребню, мм | 6-40 |
| Висота вертикальної пластини, мм | 200-1500 |
| Товщина вертикальної пластини, мм | 6-32 |
| Довжина конструкції, мм | 4000 – 15000 |
| Швидкість складання, м/хв. | 0,5-6 |
| Потужність: | |
| Гідравлічний насос, кВт | 4 |
| Головний механізм передачі, кВт | 5,5 |
| Тяговий ролик, кВт | 1.1 × 2 |
| Зварювальні напівавтомати CO ₂ (ZKR-350 - 2 шт) | 10 |
| Мережа, 50 Гц, В | 3x380 |
| Номінальний тиск гідросистеми, МПа | 6-8 |
| Максимальний тиск гідросистеми, МПа | 10 |
| Загальний розмір, L×W×H, мм | 30 000×3 320×3 600 |

Головна частина складається з семи компонентів:

- рамковий вузол,

- система витягування стрижня,
- головний тяговий пристрій,
- пристрій входу ролика,
- пристрій виходу ролика,
- гідравлічна система,
- електричний блок контролю.

Головні частини даного апарату мають зварну конструкцію високої надійності, легку вагу та високу стійкість до викривлення.

Позиціонування та центрування при складанні металевої конструкції даного апарату управляється гідравлічною системою. Початкове позиціонування та центрування спершу здійснюється системою транспортування поперечної пластини, а потім точно центрується та затискається у рамковому вузлі. Весь процес контролюється електричною панеллю контролю та є простим, зручним та точним. Швидкість та сила затискання центрування та позиціонування можуть бути налаштовані відповідно до специфіки сталі та уміння керування. Швидкість складання та з'єднання напівавтоматичним зварюванням - пристосовується до специфіки сталі та її товщини і сягає 0.5-6 м/хв.

Машина для зняття напружень та деформацій

Залишкові зварювальні стискаючі напруження можуть бути причиною втрати стійкості зварних листових конструкцій. Втрата стійкості елементів або конструкції у цілому може мати місце навіть при відсутності робочих напружень, якщо рівень залишкових напружень перевищить критичний. Залишкова деформація вузлів і елементів великої конструкції ускладнює складання або робить її неможливою без підгонки, підрублювання, правки. Це ускладнює технологію і збільшує трудомісткість виготовлення конструкції. Виникаючі в процесі зварювання деформації заготовки вимагають призначення підвищених припусків на механічну обробку. Дуже небезпечно спотворення геометричних перерізів елементів і конструкції в цілому в результаті зварювальних деформацій. Це явище може призвести до

появи неврахованих напружень при експлуатації конструкції та виходу її з ладу. Спотворення форми може істотно змінити експлуатаційні характеристики зварного виробу. І, нарешті, залишкові деформації погіршують зовнішній вигляд виробу. Це в основному відноситься до листових конструкцій.[19]

Методи усунення зварювальних напружень. Зняття залишкових зварювальних напружень з метою підвищення міцності та довговічності зварних конструкцій повинно підтверджуватися дійсною необхідністю операції, так як у багатьох випадках залишкові зварювальні напруження не впливають на міцність зварних конструкцій. Розроблені наступні методи усунення залишкових зварювальних напружень. Загальний високий відпуск в термічних печах. Конструкцію нагрівають до 600 -650 С і витримують при цій температурі при товщині елементів до 20 мм 3 год; 20-36 мм 4 год. Після витримки - охолодження на повітрі. Місцевий високий відпуск застосовують для зниження рівня залишкових напружень в окремих ділянках або елементах зварних конструкцій, а також для підвищення пластичних властивостей. Елементи нагрівають у переносних термічних печах (ТВЧ). Слід враховувати, що нерівномірний нагрів при місцевому відпуску викликає свої залишкові напруги, які можуть досягати значної величини. Механічний відпуск полягає у впливі на конструкцію напруг, рівномірно розподілених по перерізу і досягають межі плинності. Цей спосіб викликає побічні явища: наклеп, зниження пластичних властивостей. Спосіб скрутний для виконання, так як вимагає прикладання до конструкції значних зусиль. Термопластичний відпуск полягає в нагріванні суміжних, паралельних шву зон, в яких діють залишкові напруги стиску. Подовження нагрітих зон викликає у шві напруги розтягування і пластичну деформацію, яка знімає залишкові напруги. Методом обкатки усувають одночасно залишкові напруження і залишкові деформації тонкостінних зварних виробів із пластичних матеріалів.

Метод обробки полягає в пропусканні виробу між роликами або валиками з певним зусиллям обтиснення. Обкатуванню піддають шов і

околошовную зону або весь виріб. Цей метод є розвитком методу проковки. Метод проковування швів також одночасно усуває залишкові напруження і деформації. Більш ефективно проковування швів в гарячому стані. Виникнення залишкових зварювальних напружень можна запобігти зниженням ступеня нерівномірності нагрівання виробу при зварюванні. Тому прагнуть вибрати режим, що забезпечує найбільш рівномірний нагрів виробу по поперечному перерізу, а також застосовують супутній підігрів.

Правка проходить на спеціальному стенді з гідравлічними направляючими для вирівнювання полук і проводиться до тих пір поки не буде відповідати нормам.

Правку проводять на машині JZJ-800 (рисунок 4.3). Даний апарат є невід'ємною частиною лінії з виготовлення таврових сталевих конструкцій. Станок типу JZJ-800 призначений для виправлення деформації що виникли в процесі зварювання сталевих пласти внаслідок розігрівання та охолодження що призводить до деформації. Правильний станок типу JZJ-800 призначений для виправлення такої деформації. Цей спеціальний станок може виконувати правку тільки конструкцій виготовлені зварним способом що мають форму тавра. Він має високу швидкість, ефективність та широко застосовується у великомасштабному будівництві, мостовому будівництві та металургії, в галузях що використовують металеві конструкції.



Рисунок 4.4 – Машина для правлення таврових металоконструкцій

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики машини для правлення

| Параметр | Значення |
|---------------------------------|------------------------|
| Швидкість вирівнювання: | 18М/хв. |
| Загальна потужність обладнання: | 22KW + 1.1KW x 2 |
| Загальний розмір обладнання: | 3500 x 1100 x 1700 мм. |
| Загальна вага обладнання: | 9000 кг. |
| Матеріал виробу: | Q235 – А |

Вирівнювальний пресувальний вал та вал приводу утворюють підтримуючу точку та тиснучу точку важеля, і утворюють пружну деформацію. Коли край листа Н-подібної сталевий плити пропускається через цей пристрій, нерівності краю листа будуть виправлені під тиском вирівнювального вала. Після цієї пружної деформації, необхідна вирівнювальна форма буди відновлена.

Дана технологія зварювання дає можливість забезпечити вищий рівень якості виконання робіт, що дозволяє якісніше і швидше контролювати і регулювати параметри технологічного процесу та дає змогу зменшити собівартість продукції, збільшити прибуток.

Важільно – книжковий кантувач призначений для обертання в потрібне для зварювання положення деталей, у нашому випадку підкранової двотаврової балки. Тобто після того як порізали порізали листовий прокат на деталі заданої довжини і ширини, листи грузяться в складальну машину машину для складання та прихоплення двотаврових балок, машина моделі Mach Trac 2500 (рис. 4.5).



Рисунок 4.5 Автоматична машина для складання та прихоплення двотаврових балок, машина моделі Mach Trac 2500.

Після того як, полоси заданих розмірів встановлюють в машину для складання підкранових балок двотаврового перерізу де вони фіксуються за допомогою пневмо притискачів так щоб утворилася підкранова балка двотаврового перерізу, і в подальшому виконують короткі шви (прихоплення) з двох сторін даної балки. Схема універсальної машини для складання підкранових двотаврових балок зображена на рисунку 4.7.





Рисунок 4.7 - Рольган і автоматично зварювальни машина під шаром флюсу.

Процес виконується за допомогою автоматичного зварювання під шаром флюсу з усіх сторін підкранової балки. Після проведення зварювання з одної сторони балку кантують (перекидають) на іншу сторону за допомогою книжкового кантувача (рис. 4.7). В даному випадку найдоцільніше буде використання важільно книжкового кантувача, тому що виріб собою являє підкранову двотаврову балку довжиною 12 м і товщиною 20мм. Звідси можна зрозуміти що виріб є досить габаритним і важким, а процес зварювання найдоцільніше виконувати в човник. Тому для обертання, кантування виробів з такою масою і об'ємом використовують важільно книжковий кантувач. Його принцип роботи заключається в тому що він закріплений нерухомо стойки кантувача і важелі-обертачі повторюються по всій довжині механізованої лінії. Важелі обертачі зеднуються між собою попарно для надійності механізму і приводиться в рух електродвигунами через редуктор.



Рисунок 4.8 - Книжковий кантувач

По завершенню зварювання готовий виріб по рольгану подають в машину для правки підкранових двотаврових балок (рис. 4.8).



Рисунок 4.9 - Машина для правлення підкранових двотаврових балок (рис. 4.9).

Отже після проведення всіх технологічних операцій за потреби до підкранової балки доварюють ребра жорсткості вони підсилюють конструкцію двотаврової балки надають їй міцності. Ребра жорсткості вирізають на газо плазмовому різачу. Цей метод вирізання ребер жорсткості

дає високу точність і швидкість при виготовленні ребер жорсткості до двотаврових підкранових балок.

4.2 Розрахунок важільно-книжкового кантувача

Важільно – книжковий кантувач використовується для обертання і повороту в зручне для зварювання положення зварних виробів, в нашому випадку це підкранова двотаврова балка. Для забезпечення одночасного обертання важелів кожна пара важелів між собою з'єднується за допомогою вала, який жорстко з'єднує два важелі.

Розрахунок важільно-книжкового кантувача

Вихідними даними для розрахунку є навантаження кантувача у вигляді ваги виробу та положення його центра ваги, а також кінематична схема приводного важільного механізму. Виходячи з розрахункової схеми (рис.8.18), визначають: силу P на шатуні кривошипно-повзунного механізму; силу P_2 на повзуні; силу P_1 на штоці гідроциліндра; силу, яка діє на вісь головного шарніра поворотних важелів. Розрахунковими будуть найбільші з можливих значень сил та моментів. У зв'язку з тим, що кантувач має два двоажільних механізми, то розрахунок доречно вести для одного механізму, виходячи з половинного навантаження кантувача G . У цьому випадку механізм кантувача працює як одноажільний кривошипно-повзунний механізм. Силу на шатуні та його шарнірах можна визначити з рівняння моментів відносно осі головного шарніра:

$$GH := Ph$$

Підставивши в рівняння моментів $H = R \cos \alpha$, одержимо $GR \cos \alpha = Ph$, звідки визначаємо силу на шатуні

$$P := \frac{G \cdot R}{h} \cdot \cos(\alpha) = -1358,1936$$

де h та $\cos \alpha$ – змінні величини.
Поперечна сила, яка діє на повзун

$$P_2 := \frac{G \cdot R}{h} \cdot \cos(\alpha) \cdot \sin(\varphi) = -1142,8805 \text{ Н}$$

Сила на штоці гідроциліндра без урахування сил тертя

$$P_1 := \frac{G \cdot R}{h} \cdot \cos(\alpha) \cdot \cos(\varphi) = -733,8351 \text{ Н}$$

$$G := 25029 \text{ Н}$$

$$R := 0,400$$

$$h := 1,33$$

$$\alpha := 96^\circ$$

$$\varphi := 1$$

$$f := 0,1$$

Повна сила на штоці з урахуванням сили тертя повзуна

$$Q := \frac{G \cdot R}{h} \cdot \cos(\alpha) \cdot (\cos(\varphi) + f \cdot \sin(\varphi)) = -848,123 \text{ Н}$$

де f - коефіцієнт тертя повзуна по напрямним (приймається $f = 0,1$).
Сила Q є розрахунковою вантажопідйомністю гідроциліндра кантувача.
За допомогою приведених формул та графічної побудови кінематики механізму в різних його положеннях, визначають усі діючі сили при різних кутах повороту кантувача α .

Розрахунок осі шарніра шатуна 13 виконують на згинання та питомий тиск.

Напруження від дії згинального моменту

$L := 1200$

$d := 50$

$$\sigma := \frac{P \cdot L}{4 \cdot 0,1 \cdot d^3} = -32,5966 \quad \blacksquare \leq |\sigma|$$

де L - відстань між опорами осі, м;

d - діаметр осі шатуна, м;

$[\sigma]$ - допускні напруження, МПа.

$l := 0,05$

Питомий тиск в шарнірі

$$\sigma := \frac{P}{d \cdot l} = -543,2774 \quad \blacksquare \leq |\sigma|$$

де l - ширина головки шатуна, м;
 $[q]$ - допускний питомий тиск, МПа (для сталі приймають 5 МПа);
 d - діаметр осі, м;
 P - сила на шатуні, Н.

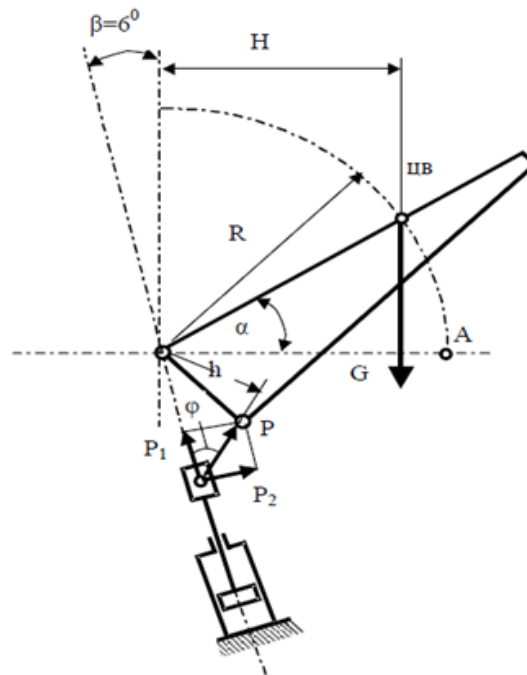


Рис.8.18. Розрахункова схема важільно-книжкового кантувача
 Для розрахуну важелів та осі головного шарніра розглянемо
 розрахункову схему кантувача, показану на рис.8.19.
 Найбільша сила S , яка діє на вісь головного шарніра важелів,
 визначається з умови рівноваги сил при $\alpha = 0^\circ$.
 Вертикальна складова цієї сили

$\beta := 6$

$$S_1 := P_1 \cdot \cos(\beta) - G = -25733,6067 \text{ Н}$$

Горизонтальна складова

$$S_2 := P_2 \cdot \cos(\beta) = -1097,3599 \text{ Н}$$

Підсумкова сила, яка діє на шарнір

$$S := \sqrt{S_1^2 + S_2^2} = 25756,9935 \text{ Н}$$

Центральна вісь кантувача, яка з'єднує важелі 2 та 10 (рис. 8.17)
 працює на згинання з найбільшим напруженням в початковий момент
 підйому вантажу.

Умова міцності осі кантувача

$$\sigma_1 := \frac{S \cdot a}{0,1 \cdot d^3} = 197,8137$$

де a – плече згинання, м (визначається як відстань від важеля 7 або 12 до найближчого підшипника 11). $l_1 := 1200$
 Важелі книжкового кантувача (рис.8.19) розраховують з урахуванням згинального моменту

$$M := G \cdot l_1 = 3,0035 \cdot 10^7 \text{ НМ}$$

де l_1 – плече дії сили, м.

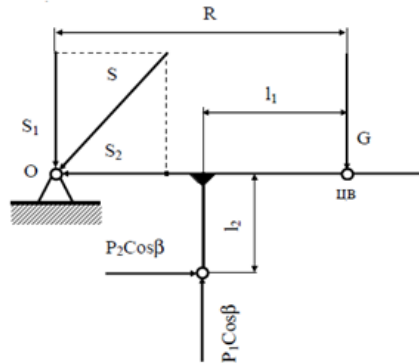


Рис. 8.19. Розрахункова схема важеля книжкового кантувача

Умова міцності важеля

$$\bar{W} := \frac{M}{\sigma} = -9,2141 \cdot 10^5$$

$$\sigma_2 := \frac{G \cdot l_1}{W} = -32,5966$$

де \bar{W} – момент опору поперечного перерізу важеля, м³

;

;

$[\sigma]$ – допускні напруження матеріалу важелів, МПа.

Виходячи з умови міцності, визначають момент опору згинанню та конструюється поперечний переріз важеля кантувача.

При розрахунках на міцність та жорсткість станини кантувача враховують величину сили P_2 .

[24].

4.3 До принципу роботи важільно – книжкового кантувача відносимо процес його роботи в зварювальній механізованвй лінії для зварювання підкранових двотаврових балок. Це пристосування призначення для обертання бали і утримування її в певному положині (в човник), для проведення зварювання автоматичним методом під шаром флюсу. Дане пристосування найкраще підходить для виготовлення зварних підкранових двотаврових балок. [19].

5. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

Розрахунок елементів зварювального пристосування в програмі MathCAD.

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 [24].

Розрахунок модля прямозубої зубчастої передачі [24, с.129-163]

Вихідні данні

Крутний момент на шестерні

$$T1 := 14 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Допустимі контактні напруження

$$\sigma := 600 \text{ МПа}$$

Число зубців шестерні

$$z1 := 21$$

Число зубців колеса

$$z2 := 84$$

Кількість обертів шестерні

$$n := 3000 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Ступінь точності зубчастої передачі

$$st := 7$$

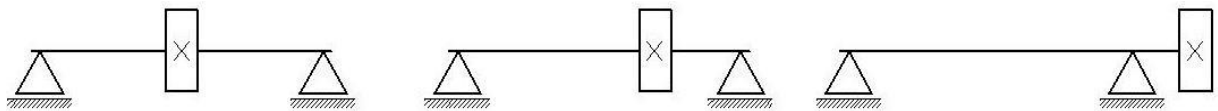
Коефіцієнт який враховує форму спряжених поверхонь зубів

$$zn := 1.76$$

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

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

Коефіцієнт, що враховує розміщення зубчастої передачі відносно опор



Kod=1

Kod=2

Kod=3

$$kod := 3$$

Розрахунок

Коефіцієнт торцевого перекриття

Коефіцієнт, котрий враховує сумарну довжину контактних ліній

$$z\varepsilon := \sqrt{\frac{4 - \varepsilon\alpha}{3}}$$

Визначимо передаточне число прямозубої передачі

$$ur := \frac{z1}{z2}$$

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

$$un := u + 1,$$

$$u = 1$$

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

$$Kh\beta1 := 0.915 + 0.0588 \cdot \psi bd + 0.799 \cdot \psi bd^2 - 0.554 \cdot \psi bd^3 + 0.17 \cdot kod$$

$$Kh\beta2 := 0.283 \cdot \psi bd \cdot kod^2 + 0.0933 \cdot \psi bd^2 \cdot kod - 0.0474 \cdot kod^2 - 0.684 \cdot \psi bd \cdot kod$$

$$Kh\beta := Kh\beta1 + Kh\beta2$$

Дослідження відповідності призначуваного коефіцієнта динамічності розрахунковому

Присвоюємо змінній K початкове значення коефіцієнта динамічності

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

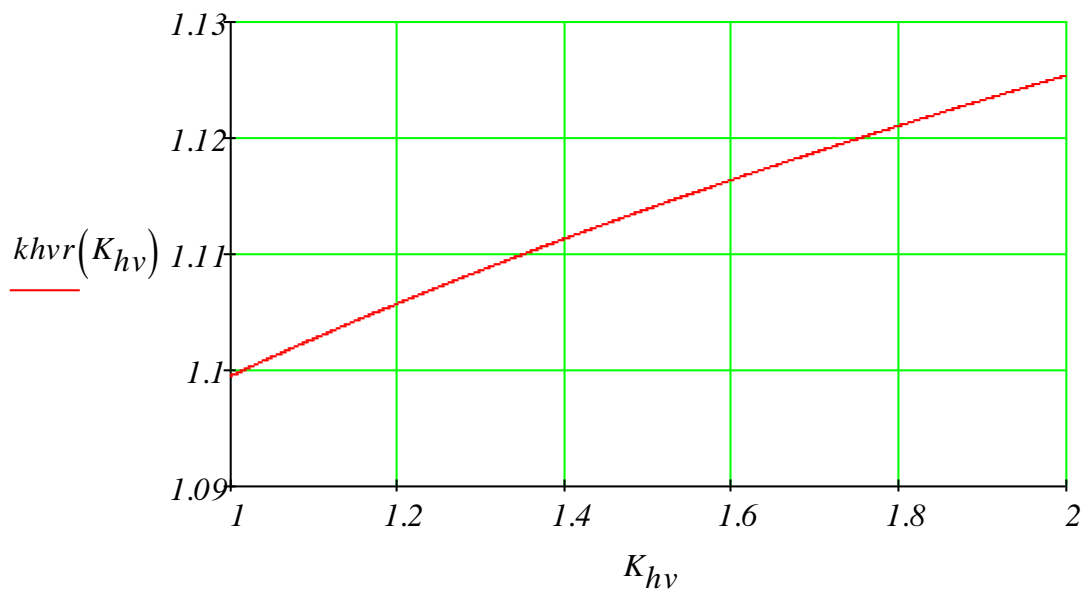
$$K_{hv} := K, K + 0.001 .. K + 1$$

$$dwl(K_{hv}) := \sqrt[3]{\frac{12270^2 \cdot zn^2 \cdot z\varepsilon^2 \cdot T1 \cdot un \cdot K_{hv} \cdot Kh\beta}{\psi bd \cdot u \cdot \sigma^2}}$$

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

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

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

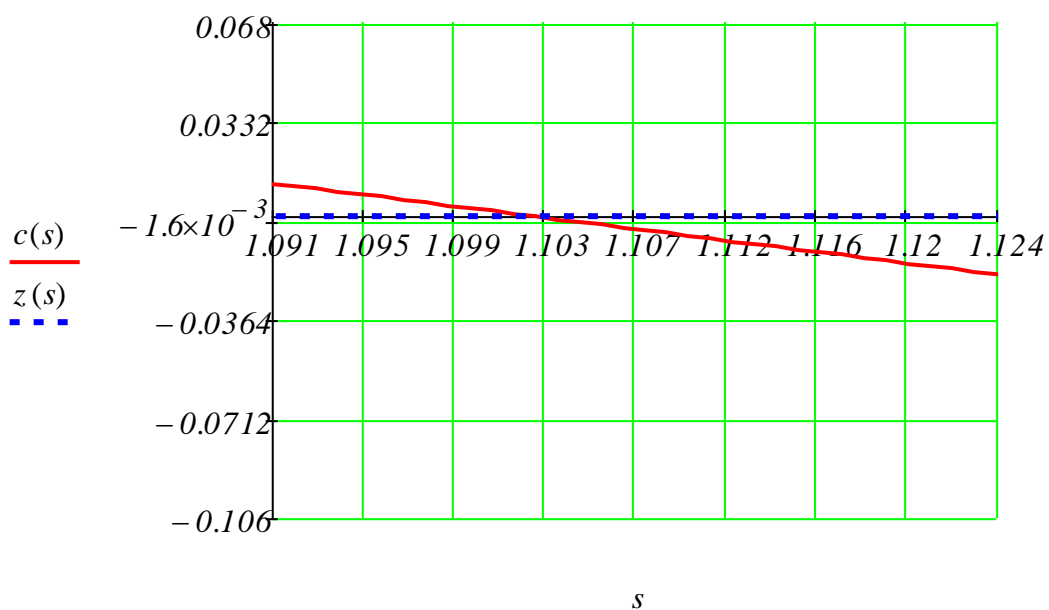


$$sp := 1,$$

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

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

$$z(s) := 0$$



$$s := sp$$

$$Khv := root(c(s), s),$$

$$Khv = 1.103$$

$$e(b) := khvr(b) - Khv,$$

$$e(Khv) = 1.259 \times 10^{-13}$$

Проведені вище розрахунки дозволили нам визначити те значення коефіцієнта динамічності ($Khv = 1.103$), що із найбільшою точністю характеризує досліджуване прямозубе зачеплення.

Діаметр шестерні по умові контактної міцності

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

Максимально допустимий модуль по контактним напруженням

$$mhr := \frac{dw1}{z1} = 2.052 .$$

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

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

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

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

$$Kf\beta := Kf\beta1 + Kf\beta2 = 1.399 .$$

Коефіцієнт, що враховує форму зуба шестерні

$$Yf := 3.518 + \frac{6.0}{z1 - 10} - \frac{0.11}{z1 - 16} + (z1 - 60) \cdot 0.00034$$

Допустимі напруження згину

$$\sigma f := 200 \quad \text{МПа}$$

Мінімально допустимий модуль по напруженнях згину

$$mf := km \sqrt{\frac{T1 \cdot Kf\beta \cdot Yf}{z1^2 \cdot \psi bd \cdot \sigma f}} = 0.764$$

$$mf = 0.764 ,$$

$$mhr = 2.052$$

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

$$q := 1..5,$$

$$qq := 6..8, \quad r := 9,$$

$$j := 1..14$$

$$m_q :=$$

| |
|------|
| 1 |
| 1.25 |
| 1.75 |
| 2 |
| 2.5 |

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

$$qqq := r..14$$

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

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

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

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

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

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

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

Прийемо значення модуля 4 мм.

6 Організаційно економічний розділ

6.1 Розрахунок кількості обладнання

Розрахунок економічної ефективності запропонованих рішень проводиться в програмі Excel. Всі вихідні дані, необхідні для розрахунку наведені в таблицях 6.1 і 6.2.

Таблиця 6.1 - Характеристика рами

| Показник | Одиниці виміру | Кількісна чи вартісна оцінка | |
|--|----------------|------------------------------|---------------|
| | | Фактичні дані | Проектні дані |
| Норма витрат по видах та марках основних матеріалів: | Кг | | |
| прокат (сталь 09Г2С) | | 1110 | |
| зварювальний дріт (Св 08Г2С) | | 11,2 | |
| Норма витрат по марках допоміжних матеріалів на виріб: | Кг | | |
| Флюс | | 17 | 14 |
| кисень (О2) | | - | - |
| Розмір поворотних відходів на виріб | Кг | 55,5 | |
| Ціна придбання матеріалу: | Грн. | 22658 | |
| прокат (09Г2С). | | | |
| зварювальний дріт (Св 08Г2С) | | 627 | |
| вуглекислий газ (СО2) | | - | |
| кисень (О2) | | - | |
| флюс (ОСЦ-45) | | 550 | |
| Ціна реалізації поворотних відходів | Грн. | 277,5 | |
| Габаритні розміри виробу | мм | ??? | |

Таблиця 6.2 - 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 рами | З | Кондуктор | 55000 | - | молоток | 56 | III | 9,5 |
| | П | | 60000 | | | | III | 7,1 |
| Зварювання балки | З | | 76000 | - | - | - | IV | 7,8 |
| | П | ESAB | 80000 | | | | | |
| Зачищення виробу | З | - | - | - | Молоток | 49 | III | 5 |
| | П | G244A | 3200 | | Зубило | 56 | | |
| Контроль якості виробу | З | | | | - | - | IV | 4,8 |
| | П | АРИНА | 53500 | | | | | |
| Транспортування | З | Кранбалка | 55000 | 1,5 | Стропа | 3600 | IV | 4 |
| | П | | | | | | | |

Для виготовлення підкранової двотаврової 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 [22, с.8]:

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

де $D_{роб}$ ~ кількість робочих днів в році, $D_{роб} = 251$ дні;

S - кількість робочих змін в добу;

g - тривалість зміни, год;

K_p - нормативний коефіцієнт простою устаткування в ремонті,

обумовлений конструктивними та виробничими характеристиками, $K_p = 0,03 \dots 0,1$.

$\Phi_{ус} = 4292,1$ 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 [22, с.9]:

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

де $T_{шт}$ - штучний час на операції, що виконуються на однотипному устаткуванні, нормованих в машино-год. (таблиця 6.2).

Кількість устаткування (робочих місць) для виготовлення рами:

$$n = 5,78582367$$

Кількість робочих місць для зачищення виробу:

$$n = 1,94155133$$

Кількість робочих місць для контролю якості виробу:

$$n = 1.86388471$$

Кількість транспортних засобів рейкового типу (мостових, козлових, порталних кранів) визначається за формулою [22, с.13]:

$$n = \frac{\sum_1^m B_{тр} \cdot N_{кр} \cdot t_{кр}}{\Phi_n \cdot K_{кр}},$$

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

$K_{кр} = 0,6 \dots 0,7$.

$$n = 3,469387755 \text{ шт.}$$

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

6.2 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 [22,с.13]:

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

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

B - об'єм випуску продукції на рік, приймаємо $B_{пр} = 1500$ 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:

$$r_{oi} = 8,558589559 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = 6,396396036 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість зварювальників (за двома варіантами):

$$r_{oi} = 7,027027027 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість зачищувальників (за двома варіантами):

$$r_{oi} = 4,504504505 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

$$r_{oi} = 4,324324324 \text{ чол}$$

Виходячи з кількості транспортних засобів (пункт 6.1.) приймаємо необхідну кількість транспортувальників $r_{oi} = 2$ чол.

Результати розрахунків приведено у таблиці 6.3

Таблиця 6.3 - Зведена відомість промислово-виробничого персоналу

| Категорія | Кількість | | Середній розряд | |
|----------------------|-----------|----|-----------------|-----|
| | З | П | З | П |
| Основні робітники: | | | | |
| Складальники | 6 | 4 | IV | IV |
| Зварювальники | 2 | 2 | III | III |
| Зачищувальники | 4 | 4 | III | III |
| Контролери | 4 | 4 | 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 | X | x |
| Разом | 25 | 23 | X | x |

6.3 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 преїскурантної ціни) та ціни реалізації відходів, обсяг випуску продукції. Результати розрахунків подано у таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 - Зведена відомість витрат на матеріальні ресурси

| Варіант | Ресурсів | Одиниця виміру | За одиницю грн./кг | Натуральних | |
|---------|-------------|----------------|--------------------|---------------|-------------|
| | | | | На один виріб | На програму |
| З | Сталь 09Г2С | кг | 26,03603604 | 28900 | 57800000 |

| | | | | | |
|-------|------------|----|----|-------|----------|
| П | | | | | |
| З | Зв.Дріт Св | кг | 56 | 627 | 1254400 |
| П | 08Г2С | | | | |
| Разом | Х | х | х | 23246 | 59054400 |

продовження таблиці 6.4

| 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 | 1445 | 30345 | 6069000 | 138,75 | 277500,00 |
| П | | | | | | |
| З | 5 | 31,5 | 658,56 | 1317120 | | |
| П | | | | | | |
| Разом | Х | 146,36 | 31003,56 | 62007120 | 138,75 | 277500,00 |

6.4 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 [22,с.16]:

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

де у - 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) [22, с.16].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [22, с.16]:

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

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 [22, с.17]:

$$Z_{no} = Z_{oo} \cdot P,$$

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

Для визначення річного фонду оплати праці основних робітників результати розрахунків за формулами (6.5), (6.6) та (6.7) множаться на кількість виробів (B).

Затрати по оплаті праці складальників:

Заводський варіант:

$$Z_{oo} = 90,915 \quad \text{Грн.}$$

$$Z_{до} = 31,82025 \quad \text{Грн.}$$

$$Z_{по} = 36,366 \quad \text{Грн.}$$

Проектний варіант:

$$Z_{oo} = 67,947 \quad \text{грн..}$$

$$Z_{до} = 23,78145 \quad \text{Грн.}$$

$$Z_{по} = 27,1788 \quad \text{Грн.}$$

Затрати по оплаті праці зварникам за двома варіантами:

$$З_{оо} = 110,448 \quad \text{Грн.}$$

$$З_{до} = 38,6568 \quad \text{Грн.}$$

$$З_{по} = 44,1792 \quad \text{Грн.}$$

Затрати по оплаті праці зачищальникам за двома варіантами:

$$З_{оо} = 47,85 \quad \text{Грн.}$$

$$З_{до} = 16,7475 \quad \text{Грн.}$$

$$З_{по} = 44,1792 \quad \text{Грн.}$$

Затрати по оплаті праці контролерам за двома варіантами

$$З_{оо} = 67,608 \quad \text{Грн.}$$

$$З_{до} = 23,6629 \quad \text{Грн.}$$

$$З_{по} = 27,0432 \quad \text{Грн.}$$

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою[22,с.16]:

$$З_{од} = r_{д} \cdot C_{р} \cdot \Phi_{ef},$$

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

$r_{д}$ - чисельність допоміжних робітників даної категорії;

$C_{р}$ - 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 6.6, 6.7).

Затрати по оплаті праці ІТР:

$$З_{оп} = 48000 \quad \text{Грн.}$$

$$З_{дп} = 16800 \quad \text{Грн.}$$

$$З_{пп} = 19200 \quad \text{Грн.}$$

Затрати по оплаті праці МОП:

Зоп = 12480 Грн.

Здо = 3244,8 Грн.

Зпо = 4992 Грн.

Результати розрахунків затрат по оплаті праці основних, допоміжних, інженерно-технічних робітників та молодшого обслуговуючого персоналу приведені в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 - 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 | 181830 | 135894 | 63640,5 | 47562,9 | 72732 | 54357,6 |
| Зварювальники | 220896 | | 77313,6 | | 88358,4 | |
| Зачищувальники | 95700 | | 33495 | | 38280 | |
| Контролери | 135216 | | 47325,6 | | 54086,48 | |
| Допоміжні робітники: | | | | | | |
| Налагоджувальники | 46620 | | 11655 | | 18648 | |
| Ремонтники | 21922,5 | | 5480,625 | | 8769 | |
| Електрики | 22200 | | 5994 | | 8880 | |
| Транспортне | 41625 | | 10406,25 | | 16650 | |
| ІТП: | 48000 | | 16800 | | 19200 | |
| МОП: | 1248 | | 3244,8 | | 4992 | |
| Разом | 826489,5 | 780553,5 | 275355,375 | 259277,775 | 330595,8 | 312221,4 |

6.5 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 6.6 - Калькуляція собівартості виробу

| Статті калькуляції | Сума затрат, грн. |
|--------------------|-------------------|
|--------------------|-------------------|

| | З | П |
|--|-------------|------------|
| Основні матеріали: | | |
| сталь 09Г2С | | 28900 |
| дріт Св-08Г2С | | 5627,2 |
| Покупні вироби та напівфабрикати | 400 | 352 |
| Основна заробітна плата основних робітників | 316,821 | 293,853 |
| Додаткова заробітна плата основних робітників | 110,88735 | 102,84855 |
| Премії та надбавки основних робітників | 126,7284 | 117,5412 |
| Всього цехова собівартість | 30481,63675 | 30393,4428 |

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

Необхідні визначення проектної суми капітальних витрат подано у таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 зведена відомість капітальних витрат

| Види капітальних затрат | Кількість натуральних одиницях | | Вартість одиниці, грн. | | Затрати на перевезення та монтаж, грн | |
|----------------------------|-----------------------------------|---|------------------------|-------|---|---------|
| | З | П | З | П | З | П |
| Будови та споруди | | | | | | |
| Устаткування | | | | | | |
| Складально-зварювальне | 6 | 4 | 55000 | 60000 | 1300 | 1230,80 |
| Зварювальне | 2 | 2 | 76000 | 80000 | 2700 | 900 |
| Слюсарне | 4 | 4 | 3200 | 3200 | 115 | 75 |
| Контрольне | 4 | 4 | 53500 | 53500 | 260 | 170 |
| транспортувальне | 2 | 2 | 55000 | 55000 | 1200 | 1200 |

| | | | | | | |
|--------------|----|---|----|----|------|------|
| Інструменти: | | | | | | |
| Молоток | 10 | 4 | 56 | 56 | 10 | 10 |
| Шаблони | 4 | 3 | 68 | 68 | 3,53 | 3,53 |
| Шаблон | 1 | 1 | 60 | 60 | 6,11 | 6,11 |
| Лінійка | 2 | 1 | 53 | 53 | 1 | 1 |
| Зубило | 4 | 2 | 42 | 42 | 2 | 2 |
| Разом | X | x | X | X | X | X |

продовження таблиці 6.7

| Види капітальних затрат | Загальна вартість, грн. | | Норма амортиз. відрах, % | Річна сума амортиз. відрах., грн. | |
|----------------------------|----------------------------|---------|--------------------------------|--------------------------------------|------------|
| | З | П | | З | П |
| Будови та споруди | 1685520 | 1701411 | 5 | 84276 | 85070,55 |
| Устаткування | | | | | |
| Складально- зварювальне | 330000 | 240000 | 21,8 | 71940 | 52320 |
| Зварювальне | 152000 | 160000 | 17,4 | 26448 | 27840 |
| Слюсарне | 12800 | 12850 | 9,4 | 1203,2 | 1203,2 |
| Контрольне | 188000 | 214000 | 11,7 | 25038 | 25038 |
| Транспортувальне | 4472 | 110000 | 8,4 | 9240 | 9240 |
| Інструменти: | | | | | |
| Молоток | 560 | 224 | | 99,12 | 39,648 |
| Шаблони | 272 | 204 | | 48,144 | 36,108 |
| Шаблон | 60 | 60 | 17,7 | 10,62 | 10,62 |
| Лінійка | 106 | 53 | | 18,762 | 9,381 |
| Зубило | 168 | 84 | | 29,736 | 14,868 |
| Разом | 2505486 | 2438836 | | 218351,582 | 200822,375 |

6.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [22,с.26]:

$$E_{\phi} = ((C_{nz} + E_n \cdot \Phi_{mz}) - (C_{mn} + E_n \cdot \Phi_{mn})) \cdot B, \quad (4.10)$$

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

C_{mn} - 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, ($E_n=0,15$).

$$E_{\phi} = 186385,5$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою

$$T_{ок} = \frac{\Phi_{осн} - \Phi_{осз}}{E_{ур}},$$

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

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

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

$$E_{ур} = B \cdot (C_{nz} - C_{mn}),$$

$$E_{ур} = 132857$$

$$T_{ок} = 1.3860197$$

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників розробленого технологічного процесу за заводським і проектним варіантах показано у таблиці 6.8.

Таблиця 6.8 - Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

| Показники | Одиниця виміру | Величина | |
|----------------------------------|----------------|----------|------|
| | | З | П |
| Річна програма випуску продукції | шт | 2000 | 2000 |

| | | | |
|---|---------|----------|-----------|
| Кількість робочих місць | шт | 25 | 24 |
| Кількість технологічного устаткування | шт | 8 | 6 |
| Собівартість товарної продукції | грн | | |
| Чисельність промислово-виробничого персоналу: | | | |
| - Всього | чол | 25 | 23 |
| - основних робітників | чол | 16 | 14 |
| Фондомісткість продукції | грн./шт | 1252,743 | 1219,418 |
| Умовна річна економія | грн. | - | 176388 |
| Річний економічний ефект | грн. | - | 186385,5 |
| Термін окупності капітальних вкладень | роки | - | 1.3860197 |

7 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

7.1 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях на виробництві

Особливості реагування на надзвичайні ситуації на малих підприємствах.

Як свідчить аналіз надзвичайних ситуацій за останні 5–8 років, значна кількість різноманітних надзвичайних ситуацій виникає на об'єктовому рівні. До нього належать і невеликі (малі) підприємства, установи, організації, заклади (*далі* — підприємства) з чисельністю працівників 50 осіб і менше у сфері виробництва, логістики, торгівлі, освіти та науки, медицини, розважальної індустрії тощо.

Від ефективності розроблення та впровадження в життя заходів із запобігання та ліквідації надзвичайної ситуації в разі її виникнення залежатиме життя та здоров'я персоналу та відвідувачів цих підприємств і розміри заподіяної шкоди.

Відповідно до Кодексу цивільного захисту України, підготовка персоналу на підприємствах незалежно від форм власності до дій у надзвичайних ситуаціях здійснюється за спеціально розробленою схемою заходів захисту населення та територій.

Для великих і малих підприємств система заходів захисту від надзвичайних ситуацій включає:

- планування та здійснення необхідних заходів для захисту своїх працівників, об'єктів господарювання;
- розроблення планів локалізації та ліквідації аварій з подальшим погодженням з Державною службою України з надзвичайних ситуацій;
- підтримання у готовності до застосування сил і засобів із запобігання виникненню та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій;

- створення та підтримання матеріальних резервів для попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій;
- забезпечення своєчасного оповіщення своїх працівників про загрозу виникнення або при виникненні надзвичайної ситуації.[28]

Наведені вище заходи мають загальний характер, вони не повністю враховують специфіку діяльності конкретного підприємства, чисельність працівників, обсяг і вид виробництва тощо.

Основною особливістю дій малих підприємств при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій є в першу чергу захист персоналу та відвідувачів.

Виходячи з цього, ст.130 Кодексу цивільного захисту України передбачає, що на підприємствах з чисельністю персоналу 50 осіб і менше розробляються та затверджуються інструкції щодо дій при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій.

Крім того, у сфері промислового виробництва до малих підприємств можуть бути віднесені і такі, де чисельність працівників перевищує 50 осіб. Інструкції для таких підприємств розробляються за рішенням відповідного територіального органу Держслужби України з надзвичайних ситуацій.

Розроблена інструкція не повинна суперечити положенням та вимогам Кодексу цивільного захисту України.

Інструкція розробляється та підписується посадовою особою підприємства з питань цивільного захисту, затверджується керівником підприємства та доводиться до всіх працівників під підпис.

Крім Інструкції, на малому підприємстві розробляється План евакуації при пожежі або загрозі вибуху. Особливо це важливо для тих об'єктів, на території яких може знаходитись значна кількість відвідувачів.

Деякі конкретні заходи, не відображені в нормативних документах підприємства, потребують внесення до посадових інструкцій працівників. Крім того, на малому підприємстві необхідно розробляти й доводити до всіх працівників Порядок цілодобового оповіщення керівництва та працівників у випадку загрози або виникнення надзвичайної ситуації.[28].

Всі працівники підприємства повинні бути навчені діям, чітко знати свої обов'язки та неухильно їх виконувати. Це також стосується адміністрації малого підприємства, яка в екстремальній обстановці не може приймати помилкові рішення або віддавати необґрунтовані розпорядження.

Уникнути цього дозволить якісно розроблена Інструкція щодо дій персоналу малого підприємства при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій.

7.2 Охорона праці при автоматичному зварюванні під шаром флюсу

Автоматичний спосіб зварювання під флюсом - прогресивний процес не тільки за технічними, а й за гігієнічними характеристиками. При цьому процесі зварювальна дуга закрита шаром флюсу, внаслідок чого усувається шкідливий вплив випромінювання дуги, відсутність іскри та бризки розплавленого металу, рівень шуму дуги незначний на 1...2 порядки нижче, ніж при зварюванні покритими електродами і в захисних газах. Джерелами утворення ЗА є, переважно, сам флюс, а також електродний дріт. Разом з тим шар флюсу виконує роль фільтра, при проходженні через який основний потік ЗА осаджується і лише незначна частина розсіюється в навколишню атмосферу. Рівень виділень ЗА визначається потужністю зварювальної дуги, тобто залежить від діаметру зварювального дроту, що використовується, і, відповідно, режиму зварювання. Хімічний склад ЗА визначається складом флюсу та електродного дроту. Обов'язковими компонентами ЗА, що утворюється при зварюванні під флюсом, є сполуки марганцю (9...12 %), кремнію

(3...9 %), заліза (30...70 %), а також розчинні і нерозчинні фториди. Крім того, при зварюванні під флюсом в повітря надходять фтористий водень та тетрафтористий кремній, а також незначна кількість оксидів азоту і монооксиду вуглецю.[27].

При зварюванні під плавленими флюсами концентрація ЗА і пилу флюсу в зоні дихання зварника може досягати 3...50 мг/м³, а при використанні керамічних флюсів - 50...170 мг/м³. При застосуванні керамічних флюсів концентрація розчинних фторидів в повітрі така ж сама, як і при зварюванні під плавленими флюсами, а вміст монооксиду вуглецю досягає (для флюсів К-2п, К-5) 400...500 мг/м³. Причиною цього є наявність в керамічних флюсах карбонатів кальцію та магнію, які розкладаючись, призводять до утворення великих кількостей діоксиду і монооксиду вуглецю. Крім того, технологія виготовлення керамічних флюсів дозволяє вводити в них легуючі сплави (феромарганець, ферохром тощо), що призводить до підвищеного вмісту в ЗА токсичних сполук марганцю, хрому та інших.[27].

7.3 Розрахунок освітлення складально-зварювальної дільниці

Розраховуємо внутрішнє, штучне, комбіноване освітлення з світильниками, для складально зварювального цеху 42x18x13. Виділяється пил $C=5$ мг/м³. Характеристика зорової роботи відноситься до IV – VIII, висота світильників $h_{св}= 10$ м

1) Мінімальна необхідна освітленість для даного розряду роботи при комбінованому освітленні $E_{min}=200$ лк.

2) По виділенню пилу визначають кількість запасу $k=1,5$. Період чистки світильників 4 рази на рік.

3) Підбір типу світильника найвигідніше визначати відношенням віддалі між світильниками до висоти підвіски світильника:

$$\lambda = \frac{L_{CB}}{\lambda_{CB}} \quad (7.1)$$

Для люмінесцентних ламп $\lambda=1,3-1,5$. Приймаємо 1,3.

4) З відношення визначаємо:

$$L_{CB} = \lambda \cdot H_{CB} = 1,3 \cdot 10 = 13;$$

5) При наявності біля стін робочих місць, визначаємо віддаль від крайнього ряду до стіни:

$$L_1 = 0,3L_{CB} = 0,3 \cdot 13 = 3,9\text{ м}; \quad (7.2)$$

6) Визначаємо віддаль між крайніми рядами по цеху:

$$L_2 = b - 2L_1 \quad (7.3)$$

Підставивши вихідні дані отримаємо:

$$L_2 = 18 - 2 \cdot 3,9 = 10,2 \text{ м};$$

7) Визначаємо кількість рядів, які можуть бути розміщені між крайніми рядами світильників по ширині:

$$n_{CB.ш} = \frac{L_2}{L_{CB}} - 1; \quad (7.4)$$

Підставивши вихідні дані, отримаємо:

$$n_{CB.ш} = \frac{10,2}{13} - 1 = 0;$$

8) Загальна кількість рядів світильників складає:

$$n_{CB.заг} = n_{CB.ш} + 2; \quad (7.5)$$

Визначаємо кількість рядів:

$$n_{CB.заг} = 0 + 2 = 2 \text{ ряди};$$

9) Визначаємо віддаль між крайніми рядами світильників по довжині:

$$L_3 = a - 2L_1; \quad (7.6)$$

$$L_3 = 42 - 2 \cdot 3,9 = 34,2 \text{ м};$$

10) Визначаємо кількість рядів світильників, які можна розмістити між крайніми рядами світильників по довжині:

$$n_{CB.довж.} = \frac{L_3}{L_{CB}} - 1; \quad (7.7)$$

Підставивши вихідні дані, отримаємо:

$$n_{св.довж.} = \frac{34,2}{13} - 1 = 2 \text{ ряди};$$

11) Визначаємо загальну кількість рядів світильників по довжині:

$$n_{св.заг.довж} = n_{св.довж} + 2; \quad (7.8)$$

Підставивши вихідні дані, отримаємо:

$$n_{св.заг.довж} = 2 + 2 = 4; \quad (7.9)$$

12) Визначаємо кількість світильників, які необхідно встановити в цеху:

$$n_{св.заг.} = n_{св.заг.довж} \cdot n_{св.заг.} = 2 \cdot 4 = 8; \quad (7.10)$$

13) По ширині b , довжині a , висоті $h_{св}$, визначаємо індекс приміщення:

$$i = \frac{a \cdot b}{(a+b) \cdot h_{св}}; \quad (7.11)$$

Підставивши вихідні дані, отримаємо:

$$i = \frac{42 \cdot 18}{(42 + 18) \cdot 10} = 1,3;$$

14) Із таблиці СНиП 11-4-72. Визначаємо із індексу приміщення кількість використання світлового приміщення $\eta=0,62$.

15) Коефіцієнт нерівномірного освітлення $Z=1,1$.

16) Визначаємо світловий потік однієї лампи:

$$\Phi_{л} = \frac{E_{min} \cdot k \cdot Z \cdot S_n}{n_{св.заг.} \cdot \eta}; \quad (7.12)$$

Підставивши вихідні дані, отримаємо:

$$\Phi_{л} = \frac{200 \cdot 1,8 \cdot 1,1 \cdot 756}{8 \cdot 0,62} = 60358 \text{ лм};$$

17) Визначаємо дійсну освітлюваність:

$$E_{дійсне} = \frac{\Phi \cdot n_{св.заг.}}{k \cdot Z \cdot S_n}; \quad (7.13)$$

Підставивши вихідні дані, отримаємо:

$$E_{дійсне} = \frac{6000 \cdot 8}{1,8 \cdot 1,1 \cdot 756} = 320 \text{ лк}$$

18) Визначаємо потужність освітлювальної установки:

$$W_{с.у} = n_{св.заг.} \cdot W_{л}; \quad (7.14)$$

Підставивши дані, отримаємо:

$$W_{c.y} = 8 \cdot 700 = 5600 \text{Вт};$$

19) По потужності освітлювальної установки визначаємо силу струму на яку повинна бути розрахована запобіжна вставка:

$$I_{заз} = 1,2 \cdot \frac{W_{c.y}}{v}; \quad (7.15)$$

Підставивши вихідні дані, отримаємо:

$$I_{заз} = 1,2 \cdot \frac{5600}{380} = 17,7 \text{ А};$$

8 ЕКОЛОГІЯ

8.1 Методика дослідження джерел забруднення промислових підприємств

Промислові підприємства є основними джерелами забруднення довкілля. Існують такі методи дослідження і усунення джерел забруднення які пов'язанні з шкідливими викидами на промислових підприємствах: хімічні, фізичні, фізико-хімічні і біологічні.

Методи оцінки забруднення водного середовища, ґрунтів і рослинності.

Для оцінки рівня забруднення водного середовища використовуються традиційні прилади фізико-хімічного аналізу, а також хроматографи. Контролюється каламутність, колір, запах, твердість, питома електрична провідність, коефіцієнт світлопропускання, редокс-потенціал, активність водневих іонів (рН), рівень насичення киснем, активність і концентрація іонів різних речовин, що надходять у воду у вигляді забруднень, і інші параметри (температура, тиск, швидкість потоку). Хімічний аналіз води здійснюється за допомогою лабораторних комплектів аналізу води. У ці комплекти входять хімічні розчини, порцеляновий і скляний посуд, допоміжне обладнання, необхідне для збору і обробки проб, виконання хімічного аналізу. Фізикохімічні властивості води визначаються з використанням фотоколориметрія, атомноабсорбційних, інфрачервоних, калориметричних спектрометрів, іонометрії, комплексних аналізаторів якості води. Для контролю стану поверхні земель, якісного і кількісного складу ґрунтів і ґрунтів, оцінки рівня і складу забруднень використовуються прилади та обладнання, наведені вище, а також ряд спеціальних приладів, призначених для визначення щільності, властивостей ґрунтів (твердомір, глибинний гаммащільномір, зсувне прилад, вимірник об'ємної вологості), параметрів снігового покриву. [29].

Наземні частини рослин акумулюють атмосферні забруднення, і їх хімічний склад може бути індикатором для виділення територій з високим рівнем впливу транспортних засобів. Вимірювані параметри: - Фізіологічний стан рослин; - Елементний склад тканин рослини. Візуальна оцінка забруднення - прояв надмірного вмісту різних речовин в зеленій масі будується на ідентифікації явно виражених змін виду рослин. Визначення концентрації токсичних елементів у тканинах рослин здійснюється по водній витяжці в лабораторних умовах. Методи оцінки забруднення ґрунтів

Ґрунтовий покрив Землі являє собою найважливіший компонент біосфери. Саме ґрунтова оболонка визначає багато процесів, що відбуваються в біосфері. Найважливіше значення ґрунтів складається в акумулюванні органічної речовини, різних хімічних елементів, а також енергії. Ґрунтовий покрив виконує функції біологічного поглинача, руйнівника і нейтралізатора різних забруднень, а так само ґрунті відведена найважливіша роль в житті суспільства, тому що вона являє собою джерело продовольства, що забезпечує майже всі продовольчі ресурси для населення планети. Якщо ця ланка біосфери буде зруйнована, то сформоване функціонування біосфери безповоротно порушиться. Надзвичайно важливим є вивчення глобального біохімічного значення ґрунтового покриву, його сучасного стану й зміни під впливом антропогенної діяльності, так як ефективний захист навколишнього середовища від небезпечних хімічних реагентів неможлива без достовірної інформації про ступінь забруднення ґрунтів. Оцінку здатності ґрунту виконувати функції, що забезпечують стабільність окремих біоценозів і біосфери в цілому отримують за допомогою спеціальних методів дослідження забруднених ґрунтів. Розглянемо деякі з них.[29].

Оцінка небезпеки забруднення ґрунтів

Перш ніж розглянути методи оцінки забруднення ґрунтів необхідно познайомитися з деякими показниками і положеннями, що визначають ступінь небезпеки забруднюючих речовин, а також дають оцінку небезпеки забруднення ґрунтів. Принцип нормування хімічних речовин у ґрунті значно

відрізняється від принципів, покладених в основу нормування їх у водоймах, атмосферному повітрі, харчових продуктах. Потрапили в ґрунт хімічні речовини надходять в організм людини головним чином через контактуючі з ґрунтом середовища: воду, повітря і рослини (в останньому випадку за біологічного ланцюга ґрунт - людина). Тому при нормуванні хімічних речовин у ґрунті враховується не тільки та небезпека, яку представляє ґрунт при безпосередньому контакті з нею, але й наслідки вторинного забруднення контактуючих з ґрунтом середовищ.

Деякі недоліки контактних методів (фізичні, фізико-хімічні та хімічні) і переваги біологічних Контактні методи (фізико-хімічні ...) вимагають досить складного і дорогого обладнання, спеціальних лабораторій і добре навченого персоналу. В країнах із слаборозвиненою матеріально-технічною базою ці аналізи часто доволі тривалі по часу, матеріало- і трудовитратні. Інтерпретація результатів не завжди адекватна екологічній ситуації. Крім того, користуючись інструментальними методами дослідження, можна визначити ті чи інші характеристики об'єкту дослідження (проби повітря, води, ґрунту, біоматеріалу тощо) лише на момент відбору проб. Лишайники нагромаджують газоподібні й тверді речовини з атмосфери практично постійно і необмежено. Тому, відстежуючи процеси їх накопичення або відсутність, можна оцінити рівень забруднення середовища. Під впливом забруднень довкілля змінюються еколого-фізіологічні ознаки: пігментація, забарвлення рослин. Їх спричиняє надлишок токсичних солей у ґрунті або нестача поживних речовин. Наприклад, галофіти при помірному підвищенні засолення мають насичений зелений колір; за значної кількості солей у ґрунті – сіро-синюватий; при засоленні за умов недостатнього зволоження – оранжево-червоний.

Таким чином, перевагами методів біоіндикації є те, що вони: · підсумовують біологічно важливі дані щодо навколишнього середовища; · здатні реагувати на короточасні й залпові викиди токсикантів; · реагують на швидкість змін, що відбуваються в довкіллі; · вказують на місця накопичення

забруднювачів та шляхи їх міграції; · дають змогу розробляти оцінки шкідливого впливу токсикантів на людину й живу природу на ранніх стадіях та нормувати допустиме навантаження на екосистеми.

Отже, біоіндикація має певні переваги як метод отримання безпосередньої інформації про зміни стану біоти в конкретних умовах забруднення, але він повинен поєднуватись з хімічними й геофізичними дослідженнями для отримання не лише якісних, а й кількісних показників.[29].

8.2 Забруднення, що виникають у цехах механічної обробки, методи їх знешкодження в результаті технологічного процесу виготовлення підкранової балки

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 статеві 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 [29, с.147].

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, масло продукти, 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 [29, с.163].

Тверді відходи утворюються в процесі виробництва продукції у вигляді амортизаційного лома (модернізація обладнання, оснастки, інструмента), стружки і опилок (металів, пластмас) шлаків і золи, шламів, 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%. [29, с.264]

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 відділені з нього [29, с.102].

ВИСНОВОК

В дипломному проекті розглянули можливі способи виготовлення підкранових балок. Вибрано спосіб автоматичного зварювання під шаром флюсу на автоматизованій – механізованій зварювальній лінії. Обґрунтовано параметри технологічного процесу виготовлення зварної підкранової балки з моделюванням її напружено-деформівного стану.

За допомогою механізованої зварювальної лінії ми спростили і пришвидшили процес виготовлення підкранових двотаврових балок.

У роботі рекомендується проведення заходів для зменшення впливу шкідливих факторів, які діють у спроектованій ділянці на здоров'я працюючих, що дає змогу підвищити безпеку праці, попередити виробничий травматизм та професійні захворювання.

При проектуванні обладнання зварювального виробництва застосовувалися САПР-системи, що містить технічні засоби, математичне, програмне, інформаційне забезпечення.

Внаслідок використання автоматизованої –механізованої зварювальної ділянки для складання і зварювання підкранових балок в нас:

- знизити собівартість виробу ;
- підвищити продуктивність праці;
- рівень механізації і автоматизації ;
- значно підвищилась якість продукції за рахунок застосування

більш точних пристосувань з пневматичними затискачами.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. Теория сварочных процессов / Под ред. В.В.Фролова. – М.: Высшая школа, 1988. – 559 с.
2. Марочник сталей и сплавов / Под ред. В.Г.Сорокина. –М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
- 3 . Акулов А.И. Технология и оборудование сварки плавлением./ Акулов А.И., Белогук Г.А., Денянецвич В.П. – М.: Машиностроение, 1977. – 432с.
4. Думов С.И. Технология электрической сварки плавлением./ Думов С.И. – М.: Машиностроение, 1987. – 461 с.
5. Справочник сварщика / Под ред. В.В.Степанова. – М.: Машиностроение, 1983. – 560 с.
6. Биковський О.Г. Довідник зварника/Биковський О.Г., Пінковський І.В. – К.: Техніка, 2002. -336 с.
- 7.Александров А.Г. Эксплуатация сварочного оборудования / Александров А.Г. и другие. Справочник рабочего – К.: Будивельник, 1990. – 224 с.
8. Алексеев Е.К. Сварка в промышленном строительстве / Е.К. Алексеев, В.И. Мельник – М.: Стройиздат, 1977. - 343с.
9. Гитлевич А.Ш. Альбом механического оборудования сварочного производства / А.Ш. Галевич, А.А. Животницкий –М.: Высшая школа, 1977.- 159с.
10. Пермяков В.О, Нілов О.О. , Шиманковський О.В. , Білов І.Д., Лавріненко Л.І. , Володимировський В.О., Металеві конструкції.- К.: Видавництво Сталь 2008.-812с.
11. Гитлевич Д.Д. Механизация и автоматизация сварочного производства / Д.Д. Гитлевич, Л.А. Этингоф - М.: Машиностроение, 1980.- 320с.
- 12.Головкин С.Я. Справочная книжка сварщика / С.Я. Головкин - М.:

Машгиз, 1961. – с. 93.

13. Грабин В.Ф. Металловедение сварки / В.Ф Грабин. - К.: Наукова думка,1982.-416с

14. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві: навчальний посібник / А.С. Карпенко. - К.: Арістей, 2005. – 268с.

14. Стан та залишковий ресурс фонду будівельних металевих конструкцій в Україні / А.В. Перельмутер. В.М .Гордеев. Є.В. Горохов /- К:Стаття , 2002.-167с.

15. Риморов Е.В. Новые сварочные приспособления/ Риморов Е.В. – Л.: Стройиздат, 1988. -125 с.

16. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві / Карпенко А.С. - К.: Арістей, 2005. -268 с.

17. Касаткин Б.С. Напряжения и деформации при сварке / Б.С. Касаткин, В.М. Прохоренко, И.М. Чертов –К.: - Высшая школа,1987.-246с.

18. Куркин С.А. Сварные конструкции. Технология изготовления, механизация, автоматизация и контроль качества в сварочном производстве / С.А Куркин, Г.А. Николаев: - Учеб. – М.: Высшая школа, 1990. -446с.

19. Прох Л.Ц. Справочник по сварочному оборудованию / Л.Ц. Прох, Б.М. Шпаков, Н.М. Яворская - К: Техника 1983.- 152с.

20. Степанова В.В. Справочник сварщика / В.В. Степанов. – М.: Машиностроение, 1982. – 552с.

21. Чертов І.М. Зварні конструкції: підручник / І. М. Чертов Підручник. –К.: Арістей, 2006. –376с.

22. 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. Шалушак – Тернопіль, 1993 – 39 с.

23. Г.О. Юхименко Автокад 14 – вибір професіоналів/Г.О.Юхименко, О.М.Шаблій – Тернопіль.: ЛПЛЕЯ, 1999. – 418 с.
24. Шанайда,В.В. Пакет MathCAD в інженерних розрахунках [Текст] / В.В.Шанайда. – Тернопіль: Видавництво ТДТУ, 2001.–163с
- 25 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.
26. Левченко О.Г. Гігієна праці та виробнича санітарія у зварювальному виробництві/ Левченко О.Г.; -К.: Основа, 2004. -98 с.
27. Охорона праці. Лабораторний практикум / М.П. Купчик, М.П. Гандзюк, І.Ф. Степанець. - К.: Основа, 1998. - 224 с.
28. Губський А.І. Цивільна оборона / Губський А.І. - К.:Міністерство освіти, 1995. -216 с.
29. Білявський Г. О. Основи загальної екології: Підручник / Г. О. Білявський, М. М. Падун, Р. С Фурдуй. - 2-е вид., зі змінами. К.: Либідь, 1995. - 368 с.
30. Охрана окружающей среды / Под ред. С.В. Белова. – М.: Высшая школа, 1983. – 264 с.
31. Троицкий В.А. Краткое пособие по контролю качества сварных соединений.: Метод. реком. / В.А.Троицкий. - К.: ИЭС им.Е.О.Патона, 1997. - 224с
32. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці / В.Ц. Жидецький , В.С. Джигерей, О.В. Мельников. – Львів.: Афіша – 2001. – 145 с.

Додатки

