

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Кораблебудівний навчально-науковий інститут

Кафедра зварювального виробництва

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри

проф. Квасницький В.Ф.

« ____ » _____ 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

**на тему: Розробка технології складання та зварювання підкранової балки
зі сталі СтЗсп**

Виконав: студент 2127ст групи

_____ **Гайдук Р.І.**

(підпис)

Керівник роботи:

к.т.н., професор НУК

(посада, науковий ступень, вчене звання)

_____ **Костін О.М.**

(підпис)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Кораблебудівний навчально-науковий інститут

Кафедра зварювального виробництва
Спеціальність 131 «Прикладна механіка»
Освітня програма Бакалавр

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Гарант освітньої програми

(підпис)
« ____ » _____ 2021 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РАБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Студенту Гайдук Руслану Івановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка технології складання та зварювання підкранової балки зі сталі СтЗсп

Керіник роботи Костін Олександр Михалович к.т.н., професор НУК
(прізвище, ім'я, по батькові, наукова ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора № _____ від « ____ » _____ 2021 року

2. Термін подання роботи: _____

3. Вихідні дані по роботі: Креслення виробу, матеріал СтЗсп.

4. Перелік питань, що належить до розробки (найменування розділів) Загальна характеристика конструкції, характеристика основного металу, типові характеристики складання і зварювання; призначення типів і розмірів зварних з'єднань, обґрунтування вибору способів зварювання, розрахунок режимів зварювання, розрахунок термічного циклу, принципова послідовність складання і зварювання, методи контролю та випробувань; аналіз небезпечних і шкідливих факторів при складанні і зварюванні конструкції.

5. Перелік презентаційних матеріалів (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Складальне креслення. Порядок складання і зварювання підкранової балки. Розрахунок параметрів режимів зварювання. Параметри режимів зварювання. Розрахунок термічного циклу. Аналіз очікуваної структури і деформацій. Етапи виготовлення двотавра. Економічна частина. Розрахунок собівартості продукції.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Костін О.М., к.т.н., професор НУК		
2	Костін О.М., к.т.н., професор НУК		
3	Костін О.М., к.т.н., професор НУК		
4	Костін О.М., к.т.н., професор НУК		
5	Костін О.М., к.т.н., професор НУК		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз особливостей конструкції, матеріалу і можливих варіантів технології виготовлення		
2	Аналіз структури і властивостей зварних з'єднань		
3	Технологічний процес складання та зварювання конструкції		
4	Охорона праці		
5	Економічний розділ		

Студент _____
(підпис)

Гайдук Р.І.
(ПІБ)

Керівник роботи _____
(підпис)

Костін О.М.
(ПІБ)

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. Аналіз особливостей конструкції, матеріалу і можливих варіантів технології виготовлення	8
1.1. Загальна характеристика конструкції	9
1.2. Характеристика основного металу	10
1.3. Типові технології складання і зварювання балки	12
Висновки, мета та завдання дипломного проекту	17
2. Розрахунки технології зварювання	18
2.1. Призначення типів і розмірів зварних з'єднань конструкції	19
2.2. Обґрунтування способів зварювання	21
2.3. Розрахунок режимів зварювання	23
2.4. Розрахунок термічного циклу зварювання балки	31
2.5 Аналіз очікуємої структури	36
Висновки	44
3. Технологічний процес складання і зварювання	45
3.1. Принципова послідовність складання та зварювання	46
3.2. Обґрунтування вибору зварювальних матеріалів	48
3.3. Обґрунтування вибору зварювального обладнання	52
3.4 Методи контролю та іспиту	61
Висновки	63
4. Охорона праці	64
4.1 Розрахунок захисного заземлення для зварювального випрямляча	70
4.2 Основні заходи безпеки при різних видах зварювання	74
Висновки	77
5. Розрахунок собівартості продукції	78
Висновки	91
Загальні висновки	92
Література	95
Перелік графічної частини	97
Додатки	

					ДП.6.131.2127ст.04.05	Арк
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

Анотація

Дана кваліфікаційна робота висвітлює проблему розробки технології складання та зварювання підкранової балки.

Метою дослідження є розробка технології складання і зварювання, яка передбачає підвищення продуктивності праці, скорочення собівартості і підвищення якості продукції.

Кваліфікаційна робота складається з вступу, п'яти розділів основної частини, висновків та списку використаної літератури.

Розрахунково-пояснювальна записка містить 97 аркушів, графічна частина - 9 аркушів.

Результатами виконаної роботи є:

- здійснення аналізу існуючої технології виготовлення конструкції та способів її зварювання;
- визначення очікуваної структури зварного з'єднання та його механічних властивостей;
- розрахунок собівартості складально-зварювальних робіт;
- вирішення питань охорони праці та техніки безпеки.

					ДП.6.131.2127ст.04.05	Арк
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Annotation

This qualification work covers the problem of developing the technology of assembly and welding of the crane beam.

The purpose of the study is to develop a technology of assembly and welding, which involves increasing productivity, reducing costs and improving product quality.

Qualification work consists of an introduction, five sections of the main part, conclusions and a list of references.

The settlement and explanatory note contains 97 sheets, the graphic part - 9 sheets.

The results of the work performed are:

- analysis of the existing technology of manufacturing the structure and methods of its welding;
- determination of the expected structure of the welded joint and its mechanical properties;
- calculation of the cost of assembly and welding works;
- solving issues of labor protection and safety.

					ДП.6.131.2127ст.04.05	Арк
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ВСТУП

Збільшення об'єму механізованого автоматичного та напівавтоматичного зварювання, поява нових конструкційних матеріалів та нових процесів зварювання, а також ускладнення експлуатаційних умов для зварних конструкцій, обумовлює швидкий розвиток науки і техніки зварювання, як основи розвитку зварювальної технології. Очевидно, що підвищувати економічність, довговічність та надійність зварних конструкцій та споруд, знайти прості конструктивні технічні рішення, які дозволяють зменшити витрати праці й матеріалів, можна тільки при порівняльному та всебічному прорахунку впливу технології виготовлення зварних з'єднань.

З цією метою створюються нові зварювальні автомати, роботизовано комплекси й дільниці, модернізується та розроблюється нове складально-зварювальне обладнання.

В даній кваліфікаційній роботі розроблена технологія складання та зварювання підкранової балки.

					ДП.6.131.2127ст.04.05	Арк
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

					ДП.6.131.2127ст.04.05.01.ПЗ			
Змн	Арк	№ документа	Підпис	Дата				
Студент		Гайдук Р.І.			Аналіз особливостей конструкції, матеріалу і можливих варіантів технології виготовлення	Літ	Арк.	Аркушів
Керівник		Костін О.М.					8	
Консульт						НУК ім. адм. Макарова		
Зав. кафедр.		Квасницький						

1. Аналіз особливостей конструкції, матеріалу і можливих варіантів технології виготовлення

1.1 Загальна характеристика конструкції

В даному дипломному проекті представлена підкранова балка, яка являє собою двотаврову балку з ребрами жорсткості. Габаритні розміри балки: довжина 22000 мм, ширина 280 мм, висота 750 мм. Маса усієї конструкції складає 2950 кг. Для виготовлення цієї конструкції використовували прокат «листи», товщини яких складають: поясok 16 мм, стінка 10 мм, ребра 5 мм.

Розташування зварних з'єднань в конструкції: стики (монтажні), приварка поясків до стінки, приварка ребер жорсткості. Умови праці конструкції:

- Середовище: нормальне, у закритому приміщенні
- Температура: нормальна
- Характер : динамічний.

Балками називаються елементи конструкцій, що працюють в основному на поперечний вигин. Вони є основними елементами:

- рамних конструкцій машинобудівних виробів (тепловозів, тракторів, вагонів, літаків, сільгоспмашин, автомобілів, екскаваторів і ін.);
- споруд будівельних конструкцій (мостів, кранів, перекриттів і ін.).

У всіх випадках службове призначення балок полягає в тому, щоб прийнявши навантаження від інших елементів конструкції, передати її на опори (тобто на ті частини конструкції, які, в свою чергу, підтримують балки).

Для балок найбільш раціональною формою поперечного перерізу є двотавр. При цьому вдається найбільш повноцінно використовувати матеріал, маючи в своєму розпорядженні значну його частину в найбільш віддалених від нейтральної осі ділянках перетину, і поряд з цим забезпечити виконання вимог, встановлених щодо жорсткості і стійкості балок.

Основні переваги двотаврових зварних балок:

- перекривають великі прольоти зі значним навантаженням;

					ДП.6.131.2127ст.04.05.01ПЗ	Арк
						9
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

- перерозподіляють горизонтальні і вертикальні навантаження;
- працюють на вигин завдяки жорсткості профілю балки;
- стійкі до біологічних впливів;
- дуже добре підходять для будівництва конструкції швидкокомонтованих будівель.

1.2 Характеристика основного металу

Конструкційну вуглецеву сталь звичайної якості Ст3сп застосовують для виготовлення елементів зварних і незварних конструкцій, а також деталей, що працюють при позитивних температурах.

Сталь Ст3сп містить: вуглецю - 0,14-0,22%, кремнію - 0,05-0,17%, марганцю - 0,4-0,65%, нікелю, міді, хрому - до 0,3%, миш'яку до 0,08%, сірки і фосфору - до 0,05 і 0,04% відповідно.

Технологічні властивості сталі марки Ст3сп.

Сталь Ст3сп не схильна до відпускнуї крихкості. Зварюваність без обмежень.

Якість конструкційної сталі визначається корозійною стійкістю, механічними властивостями і здатністю до зварювання. За своїми механічними характеристиками сталі поділяють на групи: сталь звичайної, підвищеної і високої міцності.

Основні властивості стали безпосередньо залежать від хімічних елементів, що входять до складу сплаву і технологічних особливостей виробництва.

Основою структури сталі є ферит. Він є дуже міцним і пластичним, цементит навпаки, крихкий і твердий, а перліт володіє проміжними властивостями. Властивості фериту не дозволяють застосовувати його в будівельних конструкціях в чистому вигляді. Для підвищення міцності фериту сталь насичують вуглецем (сталі звичайною міцності, маловуглецеві), легують добавками хрому, нікелю, кремнію, марганцю та інших елементів (низьколеговані сталі з високим коефіцієнтом міцності) і легують з додатковим термічним зміцненням (високоміцні сталі).

					ДП.6.131.2127ст.04.05.01ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		10

До шкідливих домішок належать фосфор і сірка. Фосфор утворює розчин з ферритом, таким чином знижує пластичність металу при високих температурах і підвищує крихкість при низьких. Утворення сірчистого заліза при надлишку сірки призводить до красноломкості металу. У складі сталі Ст3 допускається не більше 0,05% сірки і 0,04% фосфору.

При температурах, недостатніх для утворення феритної структури можливе виділення вуглецю і його скупчення між зернами і біля дефектів кристалічної решітки. Такі зміни в структурі сталі знижують опір крихкому руйнуванню, підвищують межу текучості і тимчасового опору. Це явище називають старінням, в зв'язку з тривалістю процесу структурних змін. Старіння прискорюється при наявності коливань температури і механічних впливах. Насичені газами і забруднені сталі схильні до старіння найбільшою мірою.

За ступенем розкислення розрізняють спокійні, напівспокійні і киплячі сталі. Киплячі сталі – сталі що не розкислюють. При розливанні в виливниці вони киплять і насичуються газами. Для підвищення якості маловуглецевих сталей використовують розкислювачі - добавки кремнію (0,12 - 0,3%) або алюмінію (до 0,1%). Розкислювачі пов'язують вільний кисень, а утворюються при цьому алюмінати і силікати, які збільшують кількість вогнищ кристалізації, сприяючи утворенню дрібнозернистої структури. Розкислені сталі називають спокійними, тому що вони не киплять при розливанні. Спокійні сталі більш однорідні, менш тендітні, краще зварюються і добре протистоять динамічним навантаженням. Їх застосовують при виготовленні відповідальних конструкцій. Обмежує застосування спокійної сталі висока вартість і з техніко-економічних міркувань найбільш поширеним конструкційним матеріалом є напівспокійна сталь. Для розкислення напівспокійної сталі використовується менша кількість раскислителя, переважно кремнію. За якістю і ціною напівспокійну стали займають проміжне положення між киплячими і спокійними.

З групи маловуглецевих сталей звичайної міцності (ГОСТ 380-71) для будівельних конструкцій застосовують сталь марок Ст3 і Ст3Гпс.

Твердість матеріалу Ст3: $HV 10^{-1} = 131 \text{ МПа}$

					ДП.6.131.2127ст.04.05.01ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		11

Зварюваність Ст3: без обмежень

Флокеночутливість сталі Ст3: не чутлива

Схильність до відпускнуї крихкості: не схильна

Попередню оцінку зварюваності можна надати за хімічним складом сталі. Чутливість зварного з'єднання до утворення холодних тріщин оцінюють еквівалентним вмістом вуглецю. Еквівалент вуглецю Секв, %, визначають за емпіричними формулами, одна з яких має наступний вигляд:

$$Секв = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + V + Mo}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}, \% \quad (1.1)$$

$$Секв_{\max} = 0,22 + \frac{0,65}{6} + \frac{0,30 + 0,30}{15} = 0,36, \%$$

$$Секв_{\min} = 0,14 + \frac{0,40}{6} = 0,20, \%$$

Якщо Секв $\leq 0,45\%$, вважаються не схильними до утворення холодних тріщин при зварюванні. При Секв $> 0,45\%$ сталі стають схильними до тріщин.

Сталь ВСт3сп не схильна до утворення холодних тріщин.

1.3 Типові технології складання й зварювання балки

Балки - це конструктивні елементи, працюючі в основному на поперечний прогин. Типи поперечних перерізів та розміри зварних балок всілякі. Якщо навантаження прикладене у вертикальній, найчастіше використовують балки двотаврового перерізу. При додатку навантаження у вертикальній і горизонтальній, а також при дії моменту, доцільніше використання балок коробчастого перерізу. Найбільш широке вживання мають двотаврові балки з поясними швами, що сполучають стінку.

Зазвичай такі балки з трьох листових елементів. Потрібно забезпечити симетрію

					ДП.6.131.2127ст.04.05.01ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		12

і взаємну перпендикулярність полиць і стінки, притиснення їх один до одного і подальші закріплення. Для цієї мети використовують складальні кондуктори з розташуванням без притисків по всій довжині балки.

На установках з самохідним порталом (рис.1.1) затиск здійснює послідовно від початку до кінця. Для цього портал балки 1 підводять до місця (звичайно це середина балки), включають 2 і горизонталью 3 пневмоприжими.

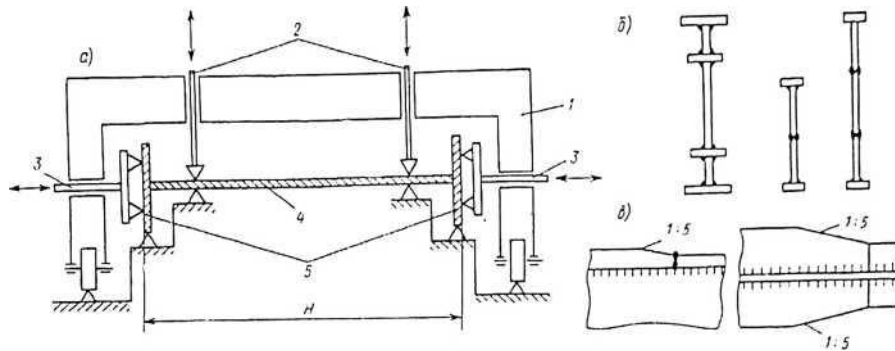


Рисунок 1.1 Схема самохідного порталу для складання двотаврових балок та конструктивне оформлення двотаврових балок великих розмірів

Вони притискають стінку 4 до стелажу, а пояси 5 - до стінки балки. Вертикальні притиски 2 дозволяють збирати балки значної висоти Н, не викликаючи втрати стійкості стінки від зусиль горизонтальних притисків. При великих розмірах двотаврової балки і пояс, і стінки можуть бути складеними (рис. 1.2 б, в).

При виготовленні двотаврових балок поясні шви зазвичай зварюють автоматами під шаром флюсу. Прийоми і послідовність накладення швів можуть бути різними. Нахиленим електродом (рис. 1.2 а, б) можна одночасно зварювати два шви, проте є небезпека виникнення підрізу стінки або полиць.

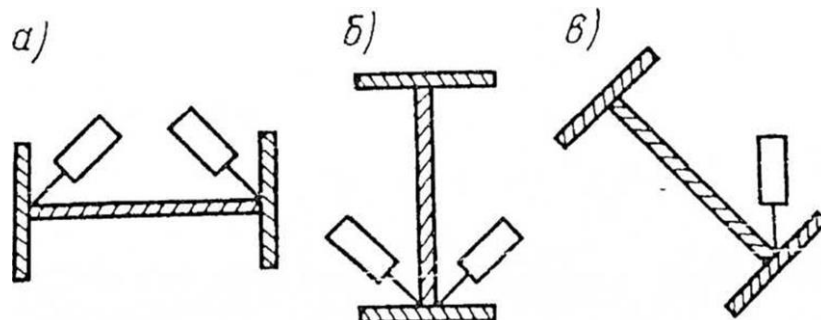


Рисунок 1.2 Способи укладання швів при зварюванні балок

					ДП.6.131.2127ст.04.05.01ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		13

Виконання швів «в човник» (рис. 1.2 в) забезпечує сприятливіші умови їх формування і проплавлення, проте доводиться перекантовувати виріб після зварювання кожного шва. Для повороту використовують позиціонери-кантувачі.

У складальному стані елементи балки приймаються системою роликів, розташованих, як в живильнику (рис. 1.3 а). Рух здійснюється обертанням першої пари притискних роликів 2. Положення елементів при складанні задається системою опорних баз і притисків. При опусканні роликів 1 стінка балки 6 лягає на магнітний стіл 4 (рис. 1.3 б), тяжіння якого фіксує її положення і усуває хвилястість. Під'ємник 5 підводять полиці над роликами 3, розташувачи їх симетрично відносно стінки. Складання завершується затиском елементів по всій довжині гідроциліндра притискних роликів 2 і постановкою прихваток [8].

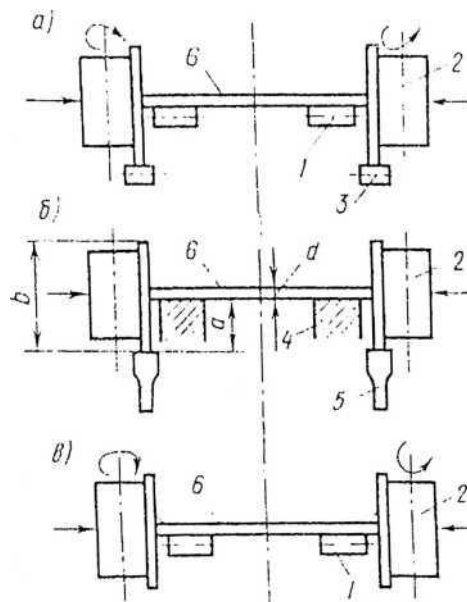


Рисунок 1.3 Схеми розташування опорних баз та прижимів складального стану
а - при прийомі елементів; б- при складанні; в - при видачі складеної балки

Після виключення магнітного столу і відходу притискних роликів 2 ролики 1 підводять балку і вона видається із стану вмиканням натиснення і обертання крайньої пари роликів 2 (рис. 1.3, в).

					ДП.6.131.2127ст.04.05.01ПЗ	Арк
						14
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Із складального стану двотавр поступав на рольганг зварювальної ділянки, де до нього приварюють вивідні планки у вигляді тавриків. Оскільки в цій потоковій лінії поясні шви виконують в положенні «в човник» і перший з них укладають з боку, де немає прихваток (позначені зачорненими крапками), то на зварювальній ділянці балку доводиться послідовно встановлювати в положення, позначені римськими цифрами (рис. 1.4). Арабськими цифрами 1...4 позначена послідовність виконання поясних швів.

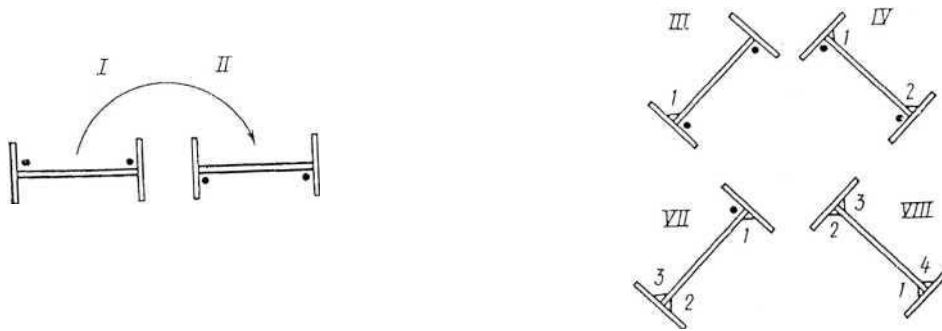


Рисунок 1.4 Положення балки на зварювальному участку

Кантувач 11 (рис. 1.4) перекладає балку з рольганга 10 на рольганг 2 з поворотом на 180, подаючи її спочатку до зварювальної установки 1, а потім до установки 9 до упору 8. Потім шлеперним пристроєм 3 без кантовки балку передають на рольганг 4, звідки кантувачем 5 з поворотом на 180 повертають на рольганг 2 до зварювальної установки 7 з подальшою подачею до установки 6.

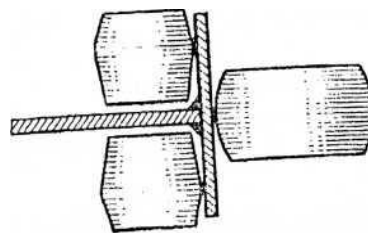


Рисунок 1.5 Схема правки грибовидності полук

					ДП.6.131.2127ст.04.05.01ПЗ	Арк
						15
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Після зварювальної ділянки балка потрапляє на ділянку обробки, де послідовно приходить спочатку через дві машини для правки грибовидності полиць, а потім через два фрезерні верстати.

Для високопродуктивного виготовлення зварних балок в безперервних автоматичних лініях може застосовуватися зварювання струмами високої частоти, що забезпечує швидкість в межах 10...60 м/хв, тобто на порядок вище, ніж при складанні під шаром флюсу.

При використанні сталі в рулонах, заготовки для стінки і полиць двотавра подають до зварювального агрегату з трьох розмотувачів. Гибочний пристрій забезпечує подачу полиць в зону зварювання під кутом 4...7 до кромки стінки (рис. 1.5).

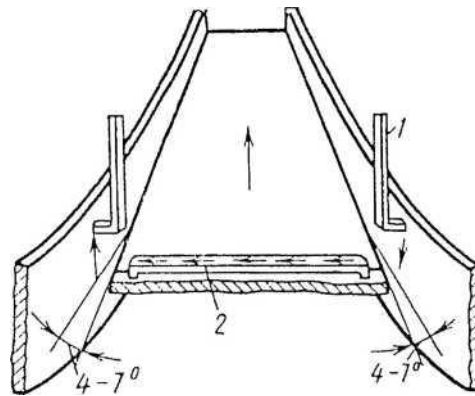


Рисунок 1.6 Схема підводу тока у зону зварювання

Ковзаючі контакти 1, 2 підводять струм до однієї з полиць і відводять від іншої - зварювальний струм протікає по поверхні елементів, що стикаються, і через зону їх контакту під обтискними роликами. Розігрів полиці відбувається на малу глибину, при цьому ступінь усадки невелика [7].

					ДП.6.131.2127ст.04.05.01ПЗ	Арк
						16
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки, мета та завдання дипломного проекту

СтЗсп зварюється будь-якими способами без застосування особливих прийомів (підігрів, термічна обробка).

Метою даного дипломного проекту є розробка технології складання і зварювання підкранової балки, яка забезпечила би підвищення продуктивності праці, скорочення собівартості і підвищення якості продукції. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Вибрати раціональну послідовність і оптимальні способи зварювання, розрахувати режими зварювання.
2. Виконати аналіз структури і властивостей одержуваних зварних з'єднань.
3. Вибрати зварювальні матеріали і обладнання.
4. Розробити технологію механізованого складання і зварювання балки.
5. Розробити заходи з охорони праці при виконанні зварювальних робіт.

					ДП.6.131.2127ст.04.05.01ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		17

					ДП.6.131.2127ст.04.05.02.ПЗ			
Змн	Арк	№ документа	Підпис	Дата	Розрахунок технології зварювання			
Студент		Гайдук Р.І.						
Керівник		Костін О.М.						
Консульт								
Зав. кафедр.		Квасницький						
					Літ Арк Аркушів НУК ім. Адм. Макарова			

2 Розрахунки технології зварювання

2.1 Призначення типів і розмірів зварних з'єднань конструкції

Першим етапом проектування технології зварювання є призначення типів і розмірів з'єднань виробів.

Для стиків поясків товщиною 16 мм зварні з'єднання яких при монтажі розташовуються горизонтально вибираємо V-подібне оброблення, тобто з однобічним скосом 2-х кромek. Це забезпечить можливість зварювання більшої частини шва в нижньому положенні, а в стельовому виконувати тільки підварювальний шов.

Для стику стінки товщиною 10 мм, розташованої при монтажі вертикально, що забезпечує вільний доступ при зварюванні з двох боків, призначаємо Х-подібне оброблення, тобто двобічний скіс 2-х кромek. Це зменшить обсяг наплавленого металу і кутовий злам стінки з її площини у порівнянні з V-подібним обробленням.

Стикові з'єднання - ці з'єднання практично завжди несуть такі ж навантаження, як і основний метал, тому до них ставиться вимога рівномірності. Перевіряємо міцність монтажного стику при завантаженні зосередженою силою посередині прольоту з урахуванням допустимих напружень, знижених на 20 % в порівнянні з основним металом.

Згинальний момент у перерізі монтажного стику визначаємо з урахуванням його розташування по довжині балки. Максимальний момент $M_{\max}$ виникає в середньому перерізі балки (11 м) і лінійно зменшується до опор. Тоді в стику, розташованому на відстані 5 м від найближчої опори, величина згинального моменту складе $5/11 M_{\max}$ ($0,45 M_{\max}$), тобто менше максимального. Отже, умова міцності монтажного стику, яка може бути записана у вигляді $M_{\text{СТ}} \leq 0,8 M_{\max}$ ($0,45 M_{\max} \leq 0,8 M_{\max}$), виконується.

Таврові з'єднання. Ці з'єднання можуть виконуватися як з обробленням (скосом) кромek, так і без них. До першого типу з'єднання відноситься все сказане

					ДП.6.131.2127ст.04.05.02.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		19

вище для стикових з'єднань, тому що до них також ставиться вимога рівномірності з основним металом.

З'єднання без оброблення (скоса) кромки (зазвичай це з'єднання типу ТЗ) за ступенем відповідальності (завантаженості) можна розділити на три групи:

1. Дуже завантажені (наприклад, з'єднання обухів з конструкціями, балок зі стояками в рамах чи каркасах і т. ін.);
2. Середньо завантажені (наприклад, поясні шви в зварних балках);
3. Слабо завантажені або практично не завантажені (наприклад, шви, що приварюють ребра жорсткості, пояски до книць тощо).

У відповідності зі ступенем завантаженості призначається і величина катета k , рекомендована величина якого для з'єднання одних і тих же товщин може змінюватися в кілька разів. Для забезпечення достатньої надійності з'єднання, з одного боку, і економічності - з іншого, величина катета повинна призначатися з урахуванням ступеня його завантаженості.

До дуже завантажених з'єднань ставиться вимога рівномірності з основним металом, тому що вони мають забезпечувати передачу таких самих зусиль - осьове навантаження, згинальний і крутний моменти, поперечна (перерізує) сила - як і основна конструкція.

Для таврового з'єднання стінки і полиць обираємо катет 5 мм, а для приєднання ребер жорсткості катет 4 мм.

Середньо завантажені з'єднання повинні виконуватися з катетом, що забезпечує їх достатню міцність, тому що занижений катет не гарантуватиме необхідну несучу здатність, а завищений потребує невиправданого збільшення витрат, оскільки всі витрати (електроенергії, зварювальних матеріалів, трудомісткості і т. п.) збільшуються пропорційно квадрату катета. Для обґрунтування необхідного катета використовуються відповідні рівняння і на їх основі знаходимо необхідний катет. Після округлення його, при необхідності, збільшують до рекомендованого мінімального значення.

					ДП.6.131.2127ст.04.05.02.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		20

Слабо навантажені і ненавантажені з'єднання. У цих з'єднаннях доцільно призначати мінімальні катети, при цьому слід керуватися рекомендаціями нормативних документів, які встановлюють їх величини з міркувань обмеження швидкості охолодження ЗТВ при зварюванні і запобігання утворення крихких гартівних структур. Враховуючи, що останнє визначається не тільки погонною енергією при зварюванні (кількістю наплавленого металу), а й хімічним складом сталі (діаграмою термодинамічного перетворення аустеніту) і температурою попереднього підігріву, мінімальний катет можна призначати нижче рекомендованих значень, але при цьому необхідно виконати розрахунок термічного циклу з метою оцінки очікуваної структури і твердості і при необхідності призначити температуру попереднього підігріву [11].

2.2 Обґрунтування вибору способів зварювання

Ручне дугове зварювання металевими електродами з покриттям (ММА- Manual Metal Arc (Welding)) у даний час залишається одним з найпоширеніших методів, що застосовуються при виготовленні зварних конструкцій. Ручне дугове зварювання забезпечує механічні властивості зварних швів, не нижчі за властивості основного металу, тому його широко застосовують при виготовленні найважливіших конструкцій і виробів у різних галузях промисловості і в будівництві. До переваг ручного зварювання належить також можливість виконання зварних швів у різних просторових положеннях і у важкодоступних місцях.

Недоліком цього способу зварювання є різна якість зварного шва, яка до того ще й залежить від кваліфікації зварювальника, і відносно невисока продуктивність процесу зварювання та шкідливі умови процесу зварювання.

Широкий діапазон вживаних захисних газів обумовлює велике розповсюдження цього способу (Metal inert gas welding) як відносно зварюваних металів, так і їх товщини (від 0,1 мм до десятків міліметрів).

					ДП.6.131.2127ст.04.05.02.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		21

Основними перевагами даного засобу зварювання є наступні:

-висока якість зварних з'єднань у різноманітних металах і їх сплавах різної товщини, особливо при зварюванні в інертних газах із-за малого чаду легуючих елементів;

- можливість зварювання в різних просторових положеннях;

- відсутність операцій по засипці і прибиранню флюсу і видаленню шлаку;

- можливість спостереження за якістю шва, що особливо важливе при механізованому зварюванні;

- висока продуктивність і легкість механізації і автоматизації процесу;

- низька вартість при використанні активних захисних газів.

До недоліків засобу належать: необхідність застосування захисних заходів проти світлової і теплової радіації дуги; можливість порушення газового захисту при здуванні струменя газу рухом повітря або при забризкуванні сопла; втрати металу на розбризкування, при якому бризки міцно з'єднуються з поверхнями шва і виробу; наявність газової апаратури і в деяких випадках необхідність водяного охолодження пальників [1,2]. Також при зварюванні в захисних газах можуть виникнути ряд дефектів, які істотно знижують якість зварного з'єднання. Це такі дефекти як груба лускатість, пори, не провари, напливи, пропалення, оксидні плівки, підвищене розбризкування, металеві включення, холодні і гарячі тріщини [2].

Автоматичне зварювання під флюсом (Submerged arc welding of steels) порівняно з ручним дуговим має такі переваги: в 10... 15 разів підвищується продуктивність зварювання, досягається однорідність шва і підвищується якість наплавленого металу; економиться зварювальний дріт у зв'язку зі зменшенням втрат металу на вигар та розбризкування і відсутністю недогарків; полегшується праця робітника [12].

Продуктивність зварювання під флюсом підвищується переважно за рахунок застосування більших зварювальних струмів і безперервності процесу. Під час зварювання відкритою дугою максимально допустимі струми 500...600 А. Більші струми спричиняють підвищене розбризкування металу і порушують формування шва. Занурення дуги у флюс дає змогу збільшувати силу струму до 3000...4000 А

					ДП.6.131.2127ст.04.05.02.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		22

без погіршення якості шва і значних втрат на вигар та розбризкування. Звичайно ці втрати при зварюванні під флюсом не перевищують 1,5...2 %, тоді як при зварюванні відкритою дугою вони досягають 20...30 %.

Щоб при використанні великих густин струму зварювальний дріт занадто не нагрівався, під час автоматичного зварювання струм підводять до дроту в безпосередній близькості від дуги (30...70 мм), внаслідок чого автомат працює ніби коротким, безперервно поновлюваним електродом.

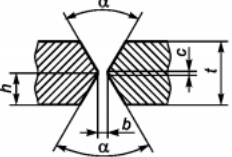
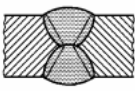
Недоліки способу зварювання під флюсом такі: місце зварювання закрито флюсом завтовшки 50...60 мм, тому підвищуються вимоги до точності підготовки і складання виробів для зварювання; важко виконувати шви невеликої довжини і складної конфігурації, а особливо такі, які розміщені в різних просторових положеннях.

2.3 Розрахунок режимів зварювання

Стикові з'єднання

1. Стикове з'єднання стінок балки ручним дуговим зварюванням згідно з 2.5.1

ISO 9692-1:2013

2.5.1	> 10	С двусторон- ним V-образним скосом крайок	X		$\alpha \approx 60^\circ$ $40^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$1 \leq b \leq 3$	≤ 2	$\approx t/2$	111 141 13		-
-------	------	--	---	---	---	-------------------	----------	---------------	----------------------	---	---

Геометричні розміри підготовки крайок для товщини металу $S=10\text{мм}$ наступні: $e=10\text{мм}$, $g=1,5\text{мм}$, $b=2\text{мм}$, $c=1\text{мм}$.

Повну площу наплавленого металу розрахуємо за формулою 2.1:

$$F_{\text{н}} = \frac{S \times b}{2} + \frac{(S - c)^2}{4} \times \text{tg} \alpha / 2 + 0.75 \times e \times g \quad (2.1)$$

					ДП.6.131.2127ст.04.05.02.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		23

$$F_H = \frac{10 \times 2}{2} + \frac{(10-1)^2}{4} \times \operatorname{tg} 30 + 0.75 \times 10 \times 1.5 = 34 \text{ мм}^2$$

Для першого проходу $d_e = 3$ мм, для наступних - $d_e = 4$ мм.

Сила зварювального струму розраховуємо за формулою(2.2):

$$I_{зв} = \frac{\pi d_e^2}{4} j$$

На практиці використовують просту емпіричну формулу(2.3):

$$I_{зв} = d_e (20 + 6d_e) \quad (2.3)$$

$$I_{зв} = d_e (20 + 6d_e) = 3(20 + 6 \times 3) = 114 \text{ А} - \text{ для першого проходу}$$

$$I_{зв} = 4(20 + 6 \times 4) = 176 \text{ А}$$

Для вертикальних швів силу струму треба зменшити на 10-15%

Приймаємо $I_{зв} = 100 \text{ А}$ та $I_{зв} = 160 \text{ А}$

Напругу на дузі U_d приймаємо $U_d = 24 \text{ В}$, $U_d = 23 \text{ В}$ – для першого проходу.

Розрахуємо кількість проходів, необхідних для утворення з'єднання за формулою 2.4:

$$n = \frac{F_H - F_1}{F_i} + 1 \quad (2.4)$$

Площа наплавленого металу за один прохід:

$$F_1 = (6 \div 8) d_e = (18 \div 24) \text{ мм}^2 \quad (2.5)$$

Площа наплавленого металу за наступний прохід:

$$F_i = (8 \div 12) d_e = (32 \div 48) \text{ мм}^2 \quad (2.6)$$

$$n = \frac{34 - 24}{48} + 1 = 1,2$$

Повна площа металу яка має бути наплавлена отримується за два проходи .

Швидкість зварювання розрахуємо за формулою 2.7:

$$v_{зв} = \frac{\alpha_H I_{зв}}{\rho^* F_H} \quad (2.7)$$

де $\alpha_H = 11 \text{ г / А} \times \text{год}$ - коефіцієнт наплавлення

					ДП.6.131.2127ст.04.05.02.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		24

$$V_{зв} = \frac{11 \times 160}{3600 \times 7,8 \times 0,34} = 0,19 \text{ см/с} = 6,8 \text{ м/год}$$

Ефективну теплову потужність знайдемо за формулою 2.8:

$$Q_{эф} = I_{зв} \times U_d \times \eta = 160 \times 24 \times 0,7 = 2688 \text{ ВА} \quad (2.8)$$

Продуктивність наплавлення знайдемо за формулою 2.9:

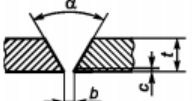
$$G_n = I_{зв} \times \alpha_n \times 10^{-3} = 160 \times 11 \times 10^{-3} = 1,8 \text{ кг/год} \quad (2.9)$$

Погонну енергію q_n знайдемо за формулою 2.10:

$$q_n = \frac{I_{зв} U_d \eta}{V_{зв}} = \frac{160 \times 24 \times 0,7}{0,19} = 14147 \text{ Дж/см} \quad (2.10)$$

де η - ККД процесу нагріву ($\eta = 0,7 \div 0,75$ - для ручного зварювання).

2. Стикове з'єднання полиць балки ручним дуговим зварюванням згідно з 2.2
ISO 9692-1:2013

2.2	$3 \leq t \leq 40$	С V-образным скосом крайок			$\alpha \approx 60^\circ$ $40^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	≤ 3	≤ 2	-	111 141 13		С выполне- нием подва- рочного шва
-----	--------------------	-------------------------------------	---	---	---	----------	----------	---	------------------	---	--

Геометричні розміри підготовки крайок для товщини металу $S=16\text{мм}$
наступні: $e=20\text{мм}$, $g=2\text{мм}$, $b=2\text{мм}$, $c=1\text{мм}$.

Повну площу наплавленого металу знайдемо за формулою 2.11:

$$F_H = S \times b + (S - c)^2 \times \tan \alpha / 2 + 0,75 \times e \times g \quad (2.11)$$

$$F_H = 16 \times 2 + (16 - 2)^2 \times \tan 25 + 0,75 \times 20 \times 2 = 153 \text{ мм}^2$$

Для підварювального шву $d_e = 3 \text{ мм}$, для наступних - $d_e = 4 \text{ мм}$.

Сила зварювального струму знайдемо за формулою 2.3:

$$I_{зв} = d_e (20 + 6d_e) = 3(20 + 6 \times 3) = 114 \text{ А} - \text{ для першого проходу}$$

$$I_{зв} = d_e (20 + 6d_e) = 4(20 + 6 \times 4) = 176 \text{ А}$$

Приймаємо $I_{зв} = 180 \text{ А}$

Напругу на дузі U_d приймаємо $U_d = 24 \text{ В}$, $U_d = 23 \text{ В}$ – для першого проходу.

					ДП.6.131.2127ст.04.05.02.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		25

Площа наплавленого металу за один прохід:

$$F_1=(6\div 8)d_e=(24\div 32)\text{ мм}^2$$

Площа наплавленого металу за наступний прохід:

$$F_i=(8\div 12)d_e=(32\div 48)\text{ мм}^2$$

Розрахуємо кількість проходів, необхідних для утворення з'єднання за формулою 2.4:

$$n = \frac{153 - 24}{48} + 1 = 3,7$$

Повна площа металу яка має бути наплавлена отримується за чотири проходи .

Швидкість зварювання розрахуємо за формулою 2.7:

$$v_{зв} = \frac{\alpha_n I_{зв}}{\rho * F_n} = \frac{11 \times 180}{3600 \times 7,8 \times 0,48} = 0,15 \text{ см/с} = 5,5 \text{ м/год}$$

$\alpha_n = 11 \text{ г/А} \times \text{год}$ - коефіцієнт наплавлення

Ефективну теплову потужність знайдемо за формулою 2.8:

$$q_{эф} = I_{зв} \times U_d \times \eta = 180 \times 24 \times 0,7 = 3024 \text{ ВА} = 3,02 \text{ кВт}$$

Продуктивність наплавлення знайдемо за формулою 2.9:

$$G_n = I_{зв} \times \alpha_n \times 10^{-3} = 180 \times 11 \times 10^{-3} = 2,0 \text{ кг/год}$$

Погонну енергію q_n знайдемо за формулою 2.10:

$$q_n = \frac{I_{зв} U_d \eta}{v_{зв}} = \frac{180 * 24 * 0,7}{0,15} = 20160 \text{ Дж/см}$$

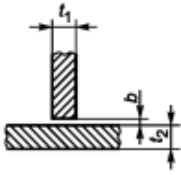
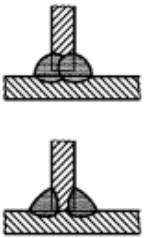
η - ККД процесу нагріву ($\eta=0,7 \div 0,75$ -для ручного зварювання).

Таврові з'єднання

1. Таврове з'єднання стінки і полиць автоматичним зварюванням під флюсом згідно з 4.1.3 ISO 9692-1:2013

					ДП.6.131.2127ст.04.05.02.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		26

Конструктивні елементи підготовки крайок і розміри швів: $S=10$ мм, $S_1=16$ мм, $b=1,5$ мм, $k=5$ мм [5].

Тип подготовки	Обозначение в соответствии с [1]]	Поперечное сечение	Размеры		Рекомендуемый сварочный процесс ^a (№ в соответствии с [2])	Изображение сварного шва
			Угол α	Зазор b , мм		
Без скоса кромок			-	≤ 2	3 111 13 141	
				-		

Діаметр електроду обираємо в залежності від товщини елементів що зварюються: $d_e=3$ мм

Довжина вильоту дроту прийmemo 30 мм.

Сила зварювального струму знайдемо за формулою 2.12:

$$I_{зв} = \frac{\pi d_e^2}{4} j \quad (2.12)$$

де $j=50$ А/мм²-густина струму

$$I_{зв} = \frac{\pi d_e^2}{4} j = \frac{3,14 * 3^2}{4} * 50 = 350 \text{ А}$$

Приймаємо $I_{зв}=350$ А

Напругу на дузі U_d знайдемо за формулою 2.3:

$$U_d = 20 + \frac{50 \times 10^{-3}}{\sqrt{d_o}} \times I_{зв} \pm 1B = 20 + \frac{50 \times 10^{-3}}{\sqrt{2}} \times 350 \pm 1B = 30B \pm 1B$$

Напруга на дузі $U_d=30$ В

Швидкість подачі електродного дроту знайдемо за формулою 2.13:

$$V_n = \frac{4\alpha_p I_{зв}}{\pi * d_o^2 * \rho} \quad (2.13)$$

					ДП.6.131.2127ст.04.05.02.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		27

де ρ - щільність металу електродного дроту, $\rho=7,8 \text{ г/см}^3$, α_p - коефіцієнт розплавлення дроту для постійного струму прямої полярності, $\text{г/А} \times \text{с}$

$$V_n = \frac{4 \cdot 15 \cdot 350}{3,14 \cdot 3^2 \cdot 7,8} = 101 \text{ м/год} = 2,8 \text{ см/с}$$

Коефіцієнт розплавлення дроту для постійного струму прямої полярності знайдемо за формулою 2.14:

$$\alpha_p = 2 + \sqrt{\frac{I_{36}}{d_o}} = 2 + \sqrt{\frac{350}{2}} = 15 \text{ г/А} \times \text{год} \quad (2.14)$$

Площа поперечного перерізу наплавленого металу знайдемо за формулою 2.15:

$$F_n = \frac{k^2}{2} + 1,05 \times g \times k + \frac{b \times S}{2} = \frac{5^2}{2} + 1,05 \times 1 \times 5 + \frac{1,5 \times 10}{2} = 27 \text{ мм}^2 \quad (2.15)$$

Площа наплавленого металу за прохід прийемо $F_i=30 \text{ мм}^2$

Необхідна площа наплавленого металу отримується за один прохід.

Швидкість зварювання розрахуємо за формулою 2.7:

$$V_{36} = \frac{\alpha_n I_{36}}{\rho \cdot F_n} = \frac{15 \cdot 350}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,3} = 0,6 \text{ см/с} = 21,6 \text{ м/год}$$

α_n - коефіцієнт навлення, $\text{г/А} \times \text{с}$

$$\alpha_n = \alpha_p (1 - \varphi) = 15(1 - 0,02) = 15 \text{ г/А} \times \text{год}$$

φ - коефіцієнт втрат металу на угар та розбризкування ($\varphi=0,02-0,03$)

Ефективну теплову потужність знайдемо за формулою 2.8:

$$q_{ef} = I_{36} \times U_o \times \eta = 350 \times 30 \times 0,8 = 8400 \text{ ВА} = 8,4 \text{ кВт}$$

Продуктивність наплавлення знайдемо за формулою 2.9:

					ДП.6.131.2127ст.04.05.02.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		28

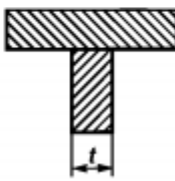
$$G_n = I_{36} \times \alpha_n \times 10^{-3} = 350 \times 15 \times 10^{-3} = 5,3 \text{ кг / год}$$

Погонну енергію q_n знайдемо за формулою 2.10:

$$q_n = \frac{I_{36} U_o \eta}{V_{36}} = \frac{350 * 30 * 0,8}{0,6} = 14000 \text{ Дж / см}$$

де η - ККД процесу нагріву для зварювання під флюом ($\eta=0,8-0,9$).

2. Таврове з'єднання стінки і ребер жорсткості, полиць і ребер жорсткості зварюванням в суміші газів згідно з 2.12 ISO 9692-1:2013

№ п/п	Толщина материала t , мм	Тип подготовки	Обозначение (в соответствии с [1])	Поперечное сечение	Размеры			
					Угол α, β	Зазор b , мм	Размер притупления c , мм	Глубина обработки кромки h , мм
2.12	≤ 25	Без скоса кромок	_d		-	-	-	-
	≤ 170							

Конструктивні елементи підготовки крайок і розміри швів: $S=5$ мм, $S_1=10$ мм, $k=4$ мм [5].

Конструктивні елементи підготовки крайок і розміри швів: $S=5$ мм, $S_1=16$ мм, $k=4$ мм

Діаметр електродного дроту обираємо відповідно до таблиці 2.1 в залежності від товщини елементів що зварюються: $d_d=1,2$ мм

Таблиця 2.1 Діаметр електродного дроту

Товщина листа, мм	1-2	3-6	6-24 та більше
Діаметр електродного дроту, мм	0,8-1,0	1,2-1,6	2,0

Довжина вильоту дроту:

$$l_{\partial} = 10 \times d_{\partial} = 10 \times 1,2 = 12 \text{ мм}$$

Для зварювання в суміші газів сила струму залежить від діаметру електродного дроту та щільності струму.

Силу зварювального струму знайдемо за формулою 2.12:

$$I_{зв} = \frac{\pi d_{\partial}^2}{4} j = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 130 = 147 \text{ А}$$

де $j = 110 \div 150 \text{ А/мм}^2$ - густина струму

Приймаємо $I_{зв} = 150 \text{ А}$

Напругу на дузі U_d знайдемо за формулою 2.3:

$$U_d = 20 + \frac{50 \times 10^{-3}}{\sqrt{d_{\partial}}} \times I_{зв} \pm 1B = 20 + \frac{50 \times 10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \times 150 \pm 1B = 27B \pm 1B$$

Напруга на дузі $U_d = 27B$

Швидкість подачі електродного дроту знайдемо за формулою 2.13:

$$V_n = \frac{4\alpha_p I_{зв}}{\pi \cdot d_{\partial}^2 \cdot \rho} = \frac{4 \cdot 13 \cdot 150}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 7,8} = 220 \text{ м/год} = 6,1 \text{ см/с}$$

де ρ - щільність металу електродного дроту, $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$, α_p - коефіцієнт розплавлення дроту, $г/А \times \text{год}$

Коефіцієнт розплавлення дроту знайдемо за формулою 2.16:

$$\alpha_p = (3,0 + 0,08 \frac{I_{зв}}{d_{\partial}}) \times 10^{-4} = (3,0 + 0,08 \frac{150}{1,2}) \times 10^{-4} = 13 \text{ г/А} \times \text{год} \quad (2.16)$$

Площу поперечного перерізу наплавленого металу знайдемо за формулою 2.17:

$$F_n = \frac{k^2}{2} + 1,05 \times g \times k = \frac{4^2}{2} + 1,05 \times 1 \times 4 = 12,2 \text{ мм}^2 \quad (2.17)$$

					ДП.6.131.2127ст.04.05.02.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		30

Площа наплавленого металу за прохід прийемо $F_i=30 \text{ мм}^2$

Необхідна площа наплавленого металу отримується за один прохід .

Швидкість зварювання розрахуємо за формулою 2.7:

$$V_{зв} = \frac{\alpha_n I_{зв}}{\rho * F_n} = \frac{11 * 150}{3600 * 7,8 * 0,12} = 0,5 \text{ см/с} = 18 \text{ м/год}$$

де α_n - коефіцієнт наплавлення, $\text{г/А} \times \text{с}$

$$\alpha_n = \alpha_p (1 - \varphi) = 13(1 - 0,1) = 11 \text{ г/А} \times \text{год}$$

де φ - коефіцієнт втрат металу на угар та розбризкування ($\varphi=0,1-0,15$)

Ефективну теплову потужність знайдемо за формулою 2.8:

$$q_{ef} = I_{зв} \times U_o \times \eta = 150 \times 27 \times 0,75 = 3037 \text{ ВА} = 3,04 \text{ кВт}$$

Продуктивність наплавлення знайдемо за формулою 2.9:

$$G_n = I_{зв} \times \alpha_n \times 10^{-3} = 150 \times 13 \times 10^{-3} = 1,95 \text{ кг/год}$$

Погонну енергію q_n знайдемо за формулою 2.10:

$$q_n = \frac{I_{зв} U_o \eta}{V_{зв}} = \frac{150 * 27 * 0,75}{0,5} = 8600 \text{ Дж/см}$$

η - ККД процесу нагріву ($\eta=0,7-0,75$).

2.4 Розрахунок термічного циклу зварювання

Від температурного стану металу в зварному шві і розподілу температур в конструкції, що зварюється, в певній мірі залежить якість зварного з'єднання, а саме його властивості: міцність, пластичність, ударна в'язкість металу шва та прилеглих до нього ділянок. Виходячи з цього можна стверджувати, що від правильності вибору режимів зварювання залежить якість зварного з'єднання.

					ДП.6.131.2127ст.04.05.02.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		31

Для оцінки впливу термічного циклу зварювання на зварне з'єднання визначають розміри зони, у якій температура перевищує температуру фазових перетворень. Розрахунки, виконані з використанням теорії розповсюдження теплоти при зварюванні, дозволяють встановити залежність розмірів такої зони від параметрів процесу зварювання і теплофізичних властивостей основного металу.

Для стикового з'єднання полиць ручним дуговим зварюванням згідно з ISO 4063:2011 розрахунок термічного циклу ведемо за схемою наплавлення на масивний виріб.

Відстань від осі шву до точки з максимальною температурою $T_{\max}$, вважаючи, що $T_{\max}=1350^{\circ}\text{C}$, знаходимо за формулою (2.18):

$$r_0 = \sqrt{\frac{0.368q_{\text{эф}}}{\frac{\pi}{2} * V_{\text{з}} * c_{\gamma} * T_{\max}}} \quad (2.18)$$

де $q_{\text{эф}}$ - ефективна теплова потужність джерела, Вт; $V_{\text{зв}}$ – швидкість зварювання, см/с; c_{γ} - об'ємна теплоємність, для сталей $c_{\gamma}=5 \text{ Дж/см}^3\text{К}$

Так як стикове з'єднання зварюється за чотири проходи, то тіло розглядаємо як масивний виріб [11].

Розрахунок термічного циклу в точці z_0 виконується за формулою (2.19):

$$T(r^0, t) = \frac{q}{2\pi * \lambda * V_{\text{зв}} * t} * \exp\left(\frac{-r_0^2}{4at}\right) \quad (2.19)$$

де $q_{\text{эф}}$ - ефективна теплова потужність джерела, Вт; λ – коефіцієнт теплопровідності, $\lambda=0,4 \text{ Вт/см}^*\text{с}*\text{К}$; $V_{\text{зв}}$ – швидкість переміщення джерела, см/с; t – поточний час, с; a – коефіцієнт температуропроводності, $a=0,08\text{см}^2/\text{с}$;
 $r^0 = \sqrt{y_0^2, z_0^2}$ - відстань від обраної точки до вісі переміщень джерела у площині, що розглядається [10].

За отриманими даними будуємо графік термічного циклу точки ЗТВ, що нагрівається до 1350°C . Розрахункову криву охолодження (починаючи з температури $A_{\text{с}3}$) наносимо на діаграму термокінетичного розпаду аустеніту сталі Ст3.

					ДП.6.131.2127ст.04.05.02.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		32

Для таврового з'єднання стінок і полиць під флюсом згідно з ISO 4063:2011 розрахунок термічного циклу ведемо за схемою наплавлення на масивний виріб.

Відстань від осі шву до точки з максимальною температурою $T_{\max}$, вважаючи, що $T_{\max} = 1350^{\circ}\text{C}$, знаходимо за формулою (2.18):

$$r_0 = \sqrt{\frac{0.368q_{\text{эф}}}{\frac{\pi}{2} * V_{\text{з}} * c_{\gamma} * T_{\max}}}$$

де $q_{\text{эф}}$ - ефективна теплова потужність джерела, Вт; $V_{\text{зв}}$ – швидкість зварювання, см/с; c_{γ} - об'ємна теплоємність, для сталей $c_{\gamma} = 5 \text{ Дж/см}^3\text{К}$

Розрахунок термічного циклу в точці z_0 виконується за формулою (2.19):

$$T(r^0, t) = \frac{q}{2\pi * \lambda * V_{\text{зв}} * t} * \exp\left(\frac{-r_0^2}{4at}\right)$$

де $q_{\text{эф}}$ - ефективна теплова потужність джерела, Вт; λ – коефіцієнт теплопровідності, $\lambda = 0,4 \text{ Вт/см}^2\text{с}^{\circ}\text{К}$; $V_{\text{зв}}$ – швидкість переміщення джерела, см/с; t – поточний час, с; a – коефіцієнт температуропроводності, $a = 0,08 \text{ см}^2\text{/с}$;

$r^0 = \sqrt{y_0^2 + z_0^2}$ - відстань від обраної точки до вісі переміщень джерела у площині, що розглядається.

За отриманими даними будуємо графік термічного циклу точки ЗТВ, що нагрівається до 1350°C . Розрахункову криву охолодження (починаючи з температури $A_{\text{с3}}$) наносимо на діаграму термокінетичного розпаду аустеніту сталі Ст3.

Дані розрахунку наведені в табличній формі (табл. 2.2)

					ДП.6.131.2127ст.04.05.02.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		33

Таблиця 2.2 Термічний цикл у ЗТВ

ТВ	Т
1	739
1,5	1145
2	1310
2,5	1349
3	1331
3,5	1287
4	1233
4,5	1176
5	1119
6	1015
7	924
8	846
9	779
10	721
15	523
20	409
25	336
30	284
40	218



Для таврового з'єднання стінок і ребер жорсткості зварюванням в суміші газів згідно з ISO 4063:2011 розрахунок термічного циклу ведемо за схемою наплавлення на масивний виріб.

Відстань від осі шву до точки з максимальною температурою $T_{\max}$, вважаючи, що $T_{\max} = 1350^{\circ}\text{C}$, знаходимо за формулою (2.18):

$$r_0 = \sqrt{\frac{0.368q_{\text{ef}}}{\frac{\pi}{2} * V_{\text{з}} * c_{\gamma} * T_{\max}}}$$

де q_{ef} - ефективна теплова потужність джерела, Вт; $V_{\text{зв}}$ – швидкість зварювання, см/с; c_{γ} - об'ємна теплоємність, для сталей $c_{\gamma} = 5 \text{ Дж/см}^3\text{К}$

					ДП.6.131.2127ст.04.05.02.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		34

Розрахунок термічного циклу в точці z_0 виконується за формулою (2.19):

$$T(r^0, t) = \frac{q}{2\pi * \lambda * V_{зв} * t} * \exp\left(\frac{-r_0^2}{4at}\right)$$

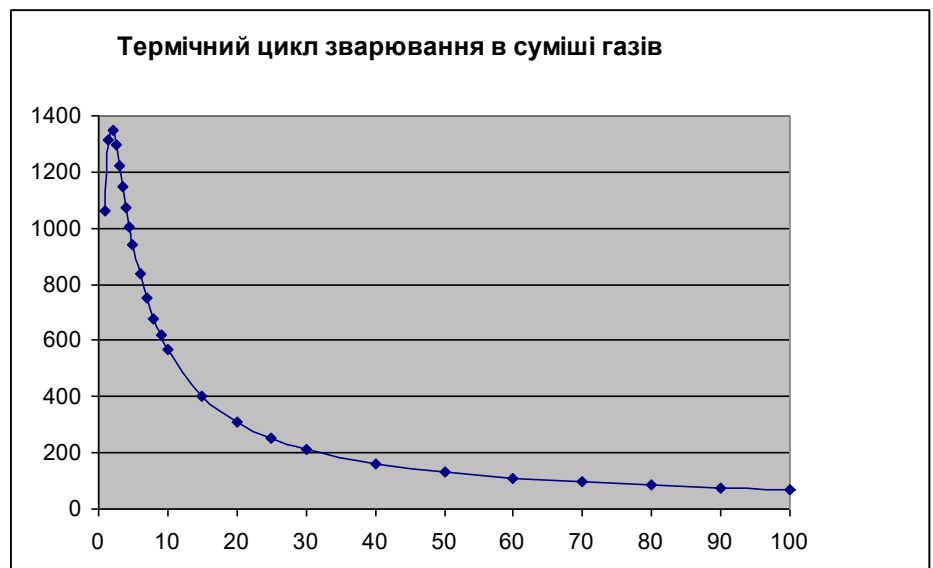
де $q_{\text{еф}}$ - ефективна теплова потужність джерела, Вт; λ – коефіцієнт теплопровідності, $\lambda=0,4$ Вт/см*с*К; $V_{зв}$ – швидкість переміщення джерела, см/с; t – поточний час, с; a – коефіцієнт температуропроводності, $a=0,08$ см²/с; $r^0 = \sqrt{y_0^2, z_0^2}$ - відстань від обраної точки до вісі переміщень джерела у площині, що розглядається.

За отриманими даними будуємо графік термічного циклу точки ЗТВ, що нагрівається до 1350⁰С. Розрахункову криву охолодження (починаючи з температури $A_{с3}$) наносимо на діаграму термокінетичного розпаду аустеніту сталі Ст3.

Дані розрахунку наведені в табличній формі (табл. 2.3)

Таблиця 2.3 Термічний цикл у ЗТВ

ТВ	T
1	1059
1,5	1315
2	1346
2,5	1298
3	1225
3,5	1147
4	1073
4,5	1005
5	943
6	836
7	749
8	678
9	618
10	568
15	403
20	312
25	254
30	214
40	163



2.5 Аналіз очікуваної структури

Оцінка структурних змін таврового з'єднання при автоматичному зварюванні під флюсом.

Хімічний склад сталі Ст3сп

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
не більше								
0,14 - 0,22	0,40 – 0,65	0,12 – 0,30	0,04	0,05	0,30	0,30	0,30	0,08

Визначення фазового складу ЗТВ сталі Ст3сп:

Кількість мартенситу знаходиться за формулою:

$$M(\tau) = 100[1 - \Phi(z)]$$

$$\Phi(z) = \frac{\ln \tau - \ln \tau_m}{\ln S_m}$$

де $\Phi(z)$ – інтегральна функція нормального розподілу;

τ – час охолодження від 850 °C до 500 °C;

τ_m – тривалість охолодження, яка відповідає виникненню структури металу з 50% -м складом мартенситу;

S_m – константа, що характеризує крупну структуру утворень кривої вмісту мартенситу по мірі збільшення тривалості τ .

$$\ln \tau_m = -2,1 + 15,5C + 0,96Mn + 0,84Si + 0,65Cr + 0,74Mo + 0,55Ni + 0,3V + 4Al + 0,5W + 0,5Cu - 0,25Nb - 13,5C^2 - 0,8Si^2$$

$$\ln \tau_m = -2,1 + 15,5 \cdot 0,14 + 0,96 \cdot 0,40 + 0,84 \cdot 0,12 + 0,65 \cdot 0,30 + 0,55 \cdot 0,30 - 13,5 \cdot 0,14^2 - 0,8 \cdot 0,12^2 = 0,81$$

$$\ln S_m = 0,56 + 0,41C + 0,1Mn + 0,14Cr - 0,3Mo + 2,7Ti - 1,1Nb + 0,5Cu + 1,7(CxMo)$$

$$\ln S_m = 0,56 + 0,41 \cdot 0,14 + 0,1 \cdot 0,40 + 0,14 \cdot 0,30 + 0,5 \cdot 0,30 = 0,85$$

$$\ln \tau = \ln 10 = 2,3$$

					ДП.6.131.2127ст.04.05.02.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$M(\tau) = 100 \left[1 - \left(\frac{2,3 - 0,81}{0,85} \right) \right] = 7$$

Сумарна кількість фериту і перліту

$$[\Phi + \Pi](\tau) = 100 \times \Phi \left(\frac{\ln \tau - \ln_{\Phi+\Pi}}{\ln S_{\Phi+\Pi}} \right)$$

$$\ln_{\Phi+\Pi} = 0,34 + 0,52C + 1,8Mn + 0,53Si + 0,33Cr + 0,86M + 2,9Mo + 1,5W + 1Cu - 5,1C^2 + 0,7Si^2;$$

$$\ln_{\Phi+\Pi} = 0,34 + 0,52 \cdot 0,14 + 1,8 \cdot 0,40 + 0,53 \cdot 0,12 + 0,33 \cdot 0,30 + 1 \cdot 0,30 - 5,1 \cdot 0,0196 + 0,7 \cdot 0,0144 = 1,505;$$

$$[\Phi + \Pi](\tau) = 100 \times \left(\frac{2,3 - 1,505}{0,983} \right) = 75$$

Кількість бейніту.

$$B(\tau) = 100 - M(\tau) - [\Phi + \Pi](\tau) = 100 - 7 - 75 = 18$$

Приймаємо:

Мартенсит-7%

Бейніт – 18%

Ферит+перліт – 75%

Отримана структура - феритно-перлітна.

Експериментально встановлено, що холодні тріщини не виникають при зварюванні сталей, коли в ЗТВ утворюється менше 50% мартенситу, тому попередній підігрів не потрібний.

					ДП.6.131.2127ст.04.05.02.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		37

Визначимо очікувані загальні деформації після зварювання двотавра під флюсом.

Погонна енергію приварювання стінки до полиць $q_{\text{п}} = 8600 \text{ Дж/см}$.

Спочатку визначимо деформації від першого поясного двостороннього шва (зварювання тавра).

Деформації від приварювання стінки до нижньої полиці одночасним зварюванням двостороннього шва подвоюються (коефіцієнт збільшення $m_{1,2}=2$)

$$V_{1,2} = -2 \cdot 1,08 \cdot 10^{-6} \cdot q_{\text{п}} \cdot l_{\text{шв}} = -2 \cdot 1,08 \cdot 10^{-6} \cdot 8600 \cdot 1600 = -29,6 \text{ см}^3.$$

Укорочення по нейтральній осі таврової балки:

$$\Delta L1 = \frac{V_{12}}{F} = \frac{-29,6}{113,2} = -0,26 \text{ см}$$

де F -площа поперченого перерізу тавра, см^2

Елемент	Розміри, см	Площа, см^2	Відстань від осі порівняння, см	Статичний момент, см^3	Момент інерції	Власний момент інерції
					см^4	
1	2	3	4	5	6	7
Стінка	1,0 x 68,8	68,8	36	2477	89172	27138
Полиця	28x1,6	44	0,8	35,2	28	9,6
Сума	-	113,2	-	2512	89200	27147

Відстань ЦВ балки від осі порівняння розраховується за формулою

$$z_0 = 2512 / 113,2 = 22,2 \text{ см};$$

Власний момент інерції перерізу тавра

$$I_y = 27147 + 89200 - 113,2 \cdot 22,2^2 = 60557 \text{ см}^4$$

Кут повороту кінцевих перерізів таврової балки (з урахуванням відстані осі шва від осі балки $z1 = 22,2 - 1,6 = 20,6 \text{ см}$)

$$\varphi = \frac{Vz}{I_y} = \frac{-29,6 \cdot 20,6}{60557} = -0,01$$

Стрілка прогину таврової балки (тут знак мінус відповідає вигину опуклістю вгору)

$$f = \frac{\varphi L}{8} = -0,01 \cdot 1600 / 8 = -2,01 \text{ см}$$

					ДП.6.131.2127ст.04.05.02.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		38

Тепер визначимо деформації від другого поясного двостороннього шва (зварювання двотавра).

Переріз тавра змінився на двотавр, тому змінилась площа поперечного перерізу: $F_{дв}=156\text{см}^2$

$$\Delta L_2 = \frac{V_{12}}{F} = \frac{-29.6}{156} = -0,19\text{см}$$

Елемент	Розміри, см	Площа, см^2	Відстань від осі порівняння, см	Статичний момент, см^3	Момент інерції	Власний момент інерції
					см^4	
1	2	3	4	5	6	7
Полиця	28x1,6	44	0,8	35,2	28	9,6
Стінка	1,0 x 68,8	68,8	36	2477	88128	27138
Полиця	28x1,6	44	71,2	3132	222998	9,6
Сума	-	156	-	5615	311154	27157

Відстань ЦВ балки від осі порівняння розраховується за формулою

$$z_0=5615/156/113,2=36\text{см}$$

Власний момент інерції перерізу двотавра

$$I_y = 311154+27157-156 \cdot 36^2 = 136135 \text{ см}^4$$

Кут повороту кінцевих перерізів двотаврової балки (з урахуванням відстані осі шва від осі балки $z_1 = 1,6-36 = -34,4 \text{ см}$)

$$\varphi = \frac{Vz}{I_y} = \frac{-29,6 \cdot (-34,4)}{136135} = 0,008$$

Стрілка прогину двотаврової балки (тут знак мінус відповідає вигину опуклістю вгору)

$$f = \frac{\varphi L}{8} = 0.008 \cdot 1600/8 = 1,564\text{см}$$

В даному технологічному процесі зварювання чергується зі складанням, що змінює переріз конструкції після виконання першого шву.

					ДП.6.131.2127ст.04.05.02.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		39

Кут повороту кінцевих перерізів від усіх швів

$$\varphi = \sum \varphi = -0,010 + 0,008 = -0,002$$

Стрілка прогину

$$f = \sum f = -2,010 + 1,564 = -0,446 \text{ см}$$

Для підсумовування знайдені укорочення треба привести до осі, що проходить через центр ваги перерізу після закінчення всіх операцій

$$\Delta L_1^! = \Delta L_1 + \varphi y = -0,26 - 0,01 \cdot (36 - 22,2) = -0,398 \text{ см}$$

$$\Delta L = \Delta L_1^! + \Delta L_2 = -0,398 - 0,19 = -0,59 \text{ см}$$

					ДП.6.131.2127ст.04.05.02.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		40

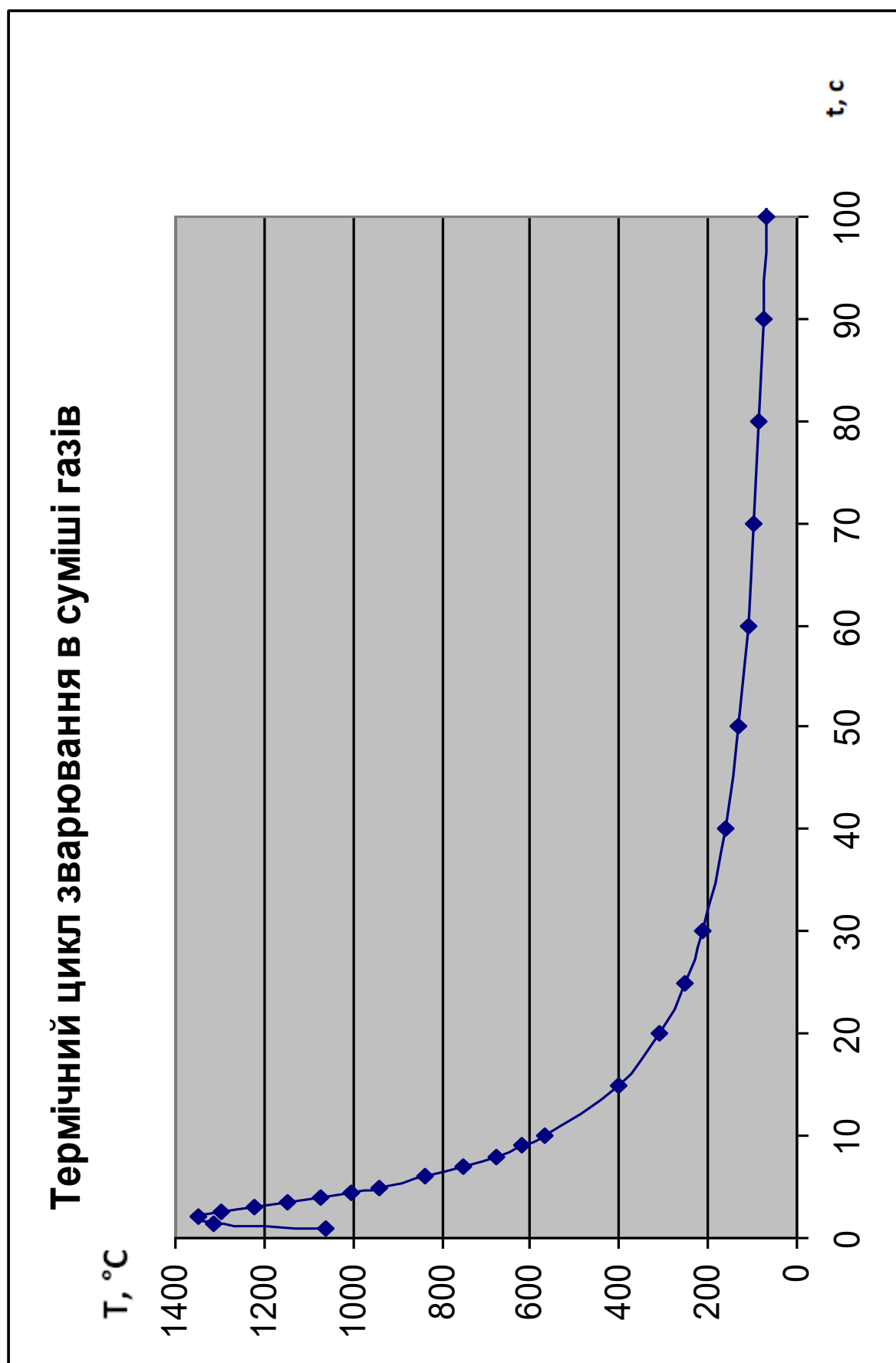


Рисунок 2.1 Термічний цикл зварювання в суміші газів

					ДП.6.131.2127ст.04.05.02.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		41

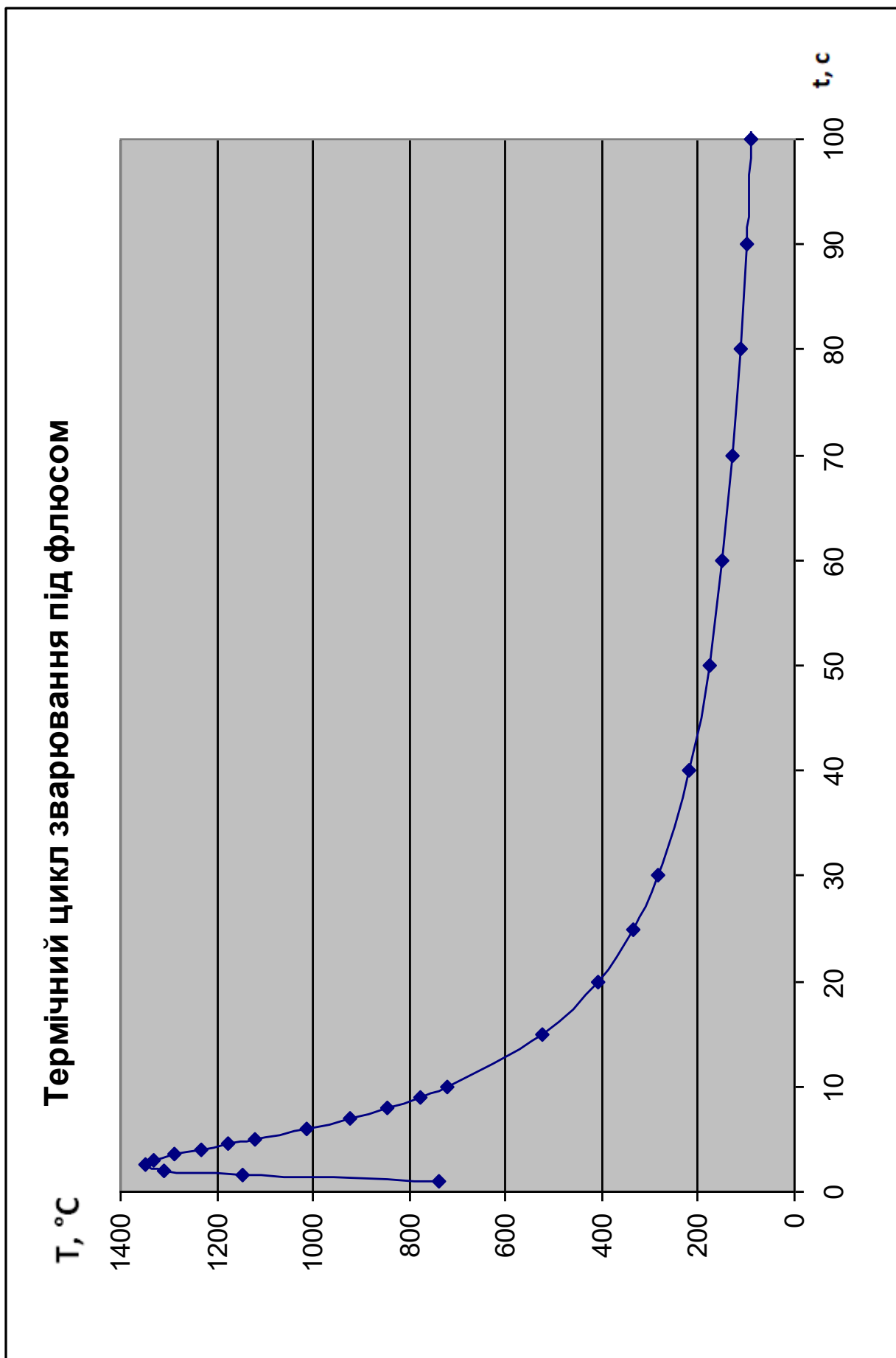


Рисунок 2.2 Термічний цикл зварювання під флюсом

					ДП.6.131.2127ст.04.05.02.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		42

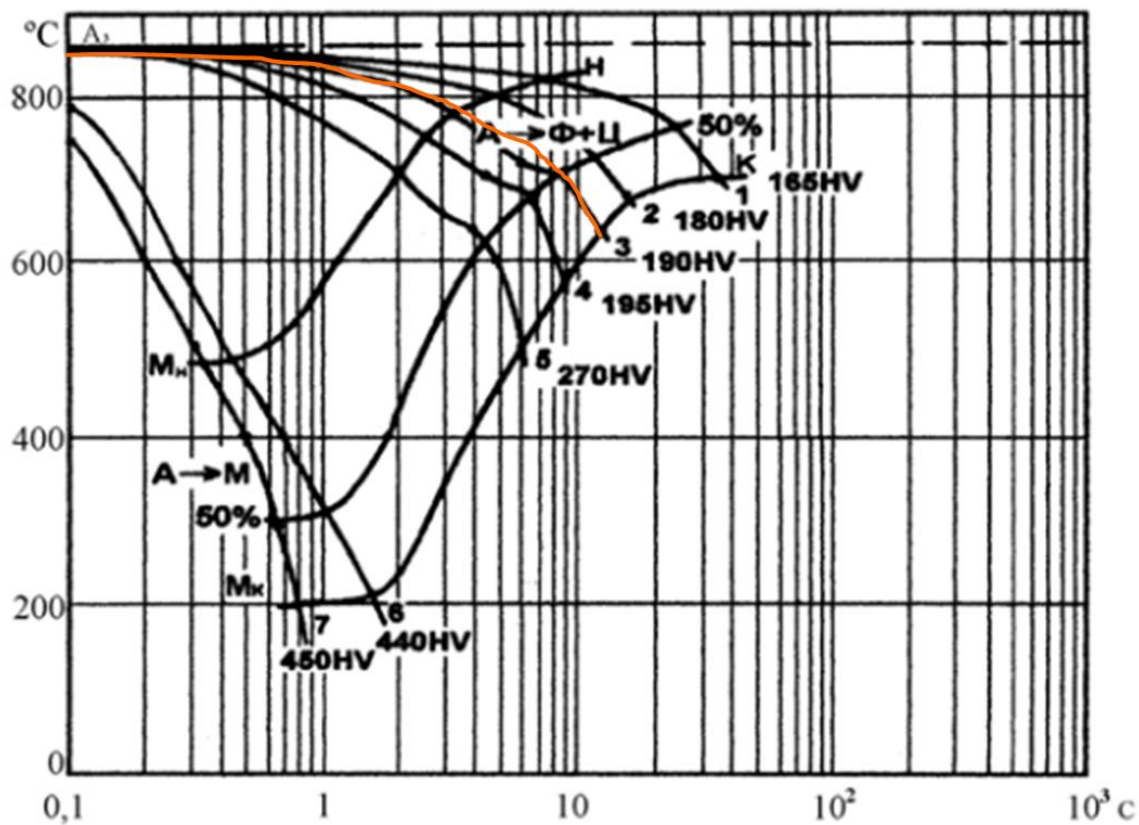


Рисунок 2. 3 Крива охолодження зварювання в суміші газів на діаграмі термокінетичного перетворення аустеніту СтЗсп

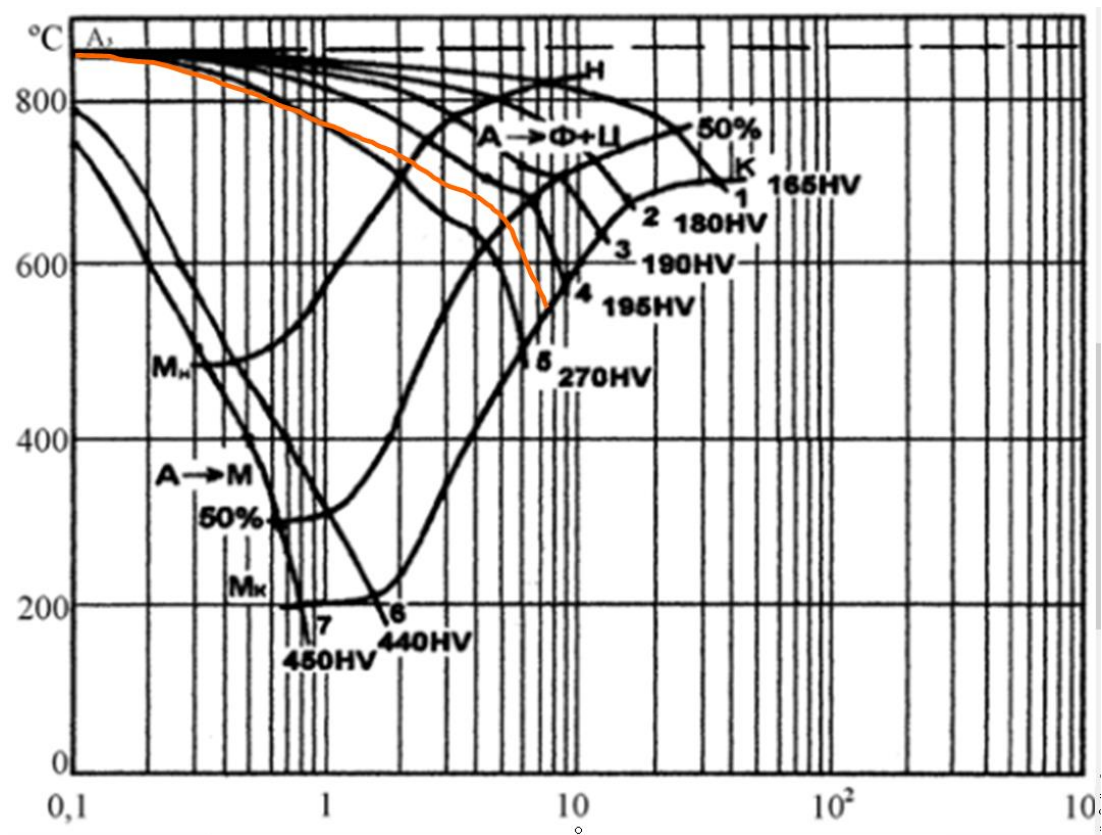


Рисунок 2.4 Крива охолодження зварювання під флюсом на діаграмі термокінетичного перетворення аустеніту СтЗсп

Висновок:

При виготовленні даної конструкції виходячи з продуктивності і технічної можливості використовується автоматичне зварювання під флюсом, механізоване зварювання в суміші газів та ручне дугове зварювання.

Параметри режимів зварювання

Спосіб зварювання	Діаметр електроду, мм	Сила струму, А	Напруга, В	Швидкість зварювання, см/с	Швидкість подачі електроду, см/с	Погонна енергія, Дж/см
111 по ISO 4063:2011	4	180	24	0,15	-	20160
111 по ISO 4063:2011	4	160	24	0,19	-	14147
121 по ISO 4063:2011	3,0	350	30	0,6	2,8	14000
135 по ISO 4063:2011	1,2	150	27	0,5	6,1	8600

Розрахунок і побудова показали, що отримано феритно-перлітну структуру та твердість таврових зварних з'єднань під флюсом і в суміші газів складає 190 HV та 220 HV відповідно, що не перевищує допустимого значення 350 HV.

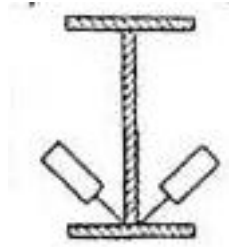
					ДП.6.131.2127ст.04.05.02.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		44

					ДП.6.131.2127ст.04.05.03.ПЗ								
Змн	Арк	№ документа	Підпис	Дата									
Студент		Гайдук Р.І.			Технологічний процес складання і зварювання				Літ		Арк	Аркушів	
Керівник		Костін О.М.										45	
Консульт									НУК ім. Адм. Макарова				
Зав. кафедр.		Квасницький											

3 Технологічний процес складання та зварювання конструкції

3.1 Принципова послідовність складання та зварювання балки

Прийоми зварювання нахиленим електродом дозволяють одночасно виконувати два шви.



При виготовленні двотаврових балок операції складання та зварювання можливо сумістити в часі.



Рисунок 3.1 Устаткування для виготовлення двотаврової балки

					ДП.6.131.2127ст.04.05.03.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		46

Етапи виготовлення двотавру :

1. На вхідний рольганговий шлях укладається перша полка і фіксується механізмом попереднього складання.
2. На полку встановлюється стінка в вертикальному положенні і фіксується механізмом попереднього складання стінки.
3. Проводиться подача тавра в механізм центрування складання і зварювання балки основної станини.
4. Проводиться настройка зварювальних пальників.
5. Проводиться настройка валків для редагування грибовидності.
6. Включається режим зварювання і виконується складання і зварювання тавра (рис.3.1).
7. На вхідний рольганговий шлях укладається друга полка і фіксується механізмом попереднього складання.
8. Готовий тавр знімається з вихідного рольганга, кантується і встановлюється на другу полицю і фіксується механізмом попереднього складання стінки.
9. Проводиться подача двотаврової заготовки в механізм центрування складання і зварювання балки основної станини, вмикається режим зварювання і виконується складання і зварювання балки.

Дві частини готового двотавра довжиною 16000мм та 6000мм за допомогою крану встановлюються на стенд для подальшого складання ребер жорсткості та зварювання в суміші газів.

Виконується стикове з'єднання ручним дуговим зварюванням двох частин конструкції. Спочатку виконується зварювання у вертикальному положенні стінок, потім стикове з'єднання полиць (підварювальні шви виконуються у вертикальному та горизонтальному положеннях).

Після зварювання – контроль якості швів і контроль ВТК.

					ДП.6.131.2127ст.04.05.03.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		47

3.2 Обґрунтування вибору зварювальних матеріалів

На механічні і фізико-хімічні властивості металу шва неабиякий вплив має його хімічний склад. Тому, для отримання властивостей, які задовільняють вимогам надійності і якості конструкції дуже важливим є правильний вибір зварювальних матеріалів.

Першою умовою при виборі зварювальних матеріалів для зварювання низьковуглецевих і низьколегованих сталей є одержання цільних безпористих швів. Основною причиною виникнення пор є насичення металу шва воднем, азотом і гальмування реакції окислення вуглецю в період кристалізації зварювальної ванни.

Іншою умовою, при виборі зварювальних матеріалів є одержання металу шва, який володіє високою технологічною міцністю, тобто, стійкістю до утворення гарячих тріщин.

Третьою умовою є – отримання металу шва з вимогами щодо експлуатації міцності.

Четверта умова - низька вартість і доступність зварювальних матеріалів.

Для виготовлення двотаврової балки використовується сталь нормальної міцності категорії Д.

Для зварювання сталі цієї категорії можуть застосовуватися такі категорії зварювальних матеріалів які вказані у таблиці 3.1 [6].

Таблиця 3.1 Категорії зварювальних матеріалів

Категорія зварювальних матеріалів					Суднобудівна сталь											
					Нормальної міцності				Підвищеної міцності							
A	B	D	E	A32, A36	D32, D36	E32, E36	F32, F36	A40	D40	E40	F40					
1, 1S, 1T, 1M, 1TM, 1V					+	–	–	–	–	–	–	–	–			
1YS, 1YT, 1YM, 1YTM, 1YV					+	–	–	–	+ ¹	–	–	–	–			
2, 2S, 2T, 2M, 2TM, 2V					+	+	+	–	–	–	–	–	–			

					ДП.6.131.2127ст.04.05.03.ПЗ							Арк
												48
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата								

Категорія зварювальних матеріалів	Суднобудівна сталь											
	Нормальної міцності				Підвищеної міцності							
	A	B	D	E	A32, A36	D32, D36	E32, E36	F32, F36	A40	D40	E40	F40
2Y, 2YS, 2YT, 2YM, 2YTM, 2YV	+	+	+	—	+	+	—	—	—	—	—	—
2Y40, 2Y40S, 2Y40T, 2Y40M, 2Y40TM, 2Y40V	2				+	+	—	—	+	+	—	—
3, 3S, 3T, 3M, 3TM, 3V	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—
3Y, 3YS, 3YT, 3YM, 3YTM, 3YV	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—
3Y40, 3Y40S, 3Y40T, 3Y40M, 3Y40TM, 3Y40V	2				+	+	+	—	+	+	+	—
4Y, 4YS, 4YT, 4YM, 4YTM, 4YV	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—
4Y40, 4Y40S, 4Y40T, 4Y40M, 4Y40TM, 4YV	2				+	+	+	+	+	+	+	+

Таблиця 3.2 Марки електродів для конструкцій корпусів суден

Категорія зварювальних	Найменування, марка зварювальних матеріалів		
	СНД	Німеччина	Швеція
2YHH	УОНИ -13/45P	FOX MSU	Filarc 48
	УОНИ -13/55	FOX HL 160Ti	

Таблиця 3.3 Комбінації «зварювальний дріт - флюс» для конструкцій корпусів суден

Категорія зварювальних матеріалів	Найменування, марка зварювальних матеріалів		
	СНД	Німеччина	Швеція

					ДП.6.131.2127ст.04.05.03.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		49

2TM/2YTM	CB-08A+OCЦ45	OE-S1+OP181 OE-S1+OP180S	OKAutrod 12.Ю+OK Flux 10.80
	CB-08A+AH348		
	CB-08A+AH-42		OK Autrod 12.10+OK Flux 10.81
	CB-08ГА+АН-42		
	CB-08ГА+АН-47		
3YM	CB-10ГН+АН-42А CB-10ГН+ФИМС-20П	OE-SD3+OP41TT	OK Autrod 12.34+OK Flux 10.71
		OE-SD3+OP121TT	
		A105+Fluxcord 35.32-2D/OP122	OK Autrod 13.27+OK Flux 10.62
		VDGS2+OP180S	OK Autrod 12.10+OK Flux 10.70
		Hoesch WHS2+OP180S	OK Autrod 12.20+OK Flux 10.70

Таблиця 3.4 Комбінації «зварювальний дріт - захисний газ» для конструкцій корпусів суден

Категорія зварювальних матеріалів	Найменування, марка зварювальних матеріалів		
	СНД	Голандія	Швеція
2YMS	CB-08Г2С+С1 CB-08Г2С-0+С1	-	-
3Y40MS	CB-08ГСНТ+С1 CB-08ГСМТ+С1 CB-08ГСНТА+С1 48ПП-8Н+С1	PZ6111+M21(НН) PZ6113+С1(НН) PZ6113+M21(НН) PZ6113S+С1(НН) PZ6111HS+С1(НН)	OK Autrod 12.50+M21 OK Autrod 21.51+С1 OK Autrod 12.64+С1 Elgasore:DWA50+M21(ННН) Elgasore:DWA55E+С1(ННН) Elgasore:MXA100+M21(ННН) Elgasore:MX100T50+С1(ННН) Elgasore:100+С1

Виходячи із зазначених вище умов вибору зварювальних матеріалів і вибраних засобів зварювання застосовують наступні зварювальні матеріали [6]:

-для ручного дугового зварювання – електрод ø4,0мм Filarc 48;

					ДП.6.131.2127ст.04.05.03.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		50

-для зварювання в газовій суміші типу M21 (82% Ar + 18% CO₂) - дріт ø1,2 мм
OK Autrod 12.50;

-для автоматичного зварювання під флюсом OK Flux 10.81 - дріт ø3,0 мм OK
Autrod 12.10.

Флюс OK Flux 10.81 - є кислим, керамічним, що відновлює Si і Mn флюсом
алюмінатно-рутилового типу. Має високі зварювально-технологічні характеристики
і був спеціально розроблений для зварювання на підвищених швидкостях кутових і
стикових з'єднань. OK Flux 10.81 підходить для зварювання більшості вуглецевих
сталей в поєднанні з вуглецевими дротами, такими як OK Autrod 12.10 і OK Autrod
12.20 в разі, коли до зварних з'єднань немає підвищених вимог по ударній в'язкості.

Відновлюючи в шві значну кількість Mn і Si, він найбільш підходить для
випадків, коли розплавлення основного металу велике, наприклад, при зварюванні
стикових і кутових з'єднань малих і середніх товщин з малою кількістю проходів.

Об'ємна маса - ~ 1,2 кг / дм³

Коефіцієнт основності - 0,6

Типовий хімічний склад флюсу в таблиці 3.5

Таблиця 3.5 Хімічний склад флюсу, %

OK Flux 10.81/OK	C	Si	Mn
12.10	0.07	0.7	1.2
12.20	0.08	0.7	1.4

Таблиця 3.6 Властивості наплавленого металу

OK Flux 10.81/OK Autrod	Межа плинності Н/мм ²	Межа міцності Н/мм ²	Ударна в'язкість за Шарпі (V) за Т °С
12.10	450	540	30Дж/см ² 0
12.20	510	610	40Дж/см ² -18

					ДП.6.131.2127ст.04.05.03.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		51

Таблиця 3.7 Сертифікація

Сертифікація OK Flux/OK Autrod	ABS	LR	DnV	BV	GL	Vd T u U	Controlas
12.10	1T2M1YT, 2YM	1T2M1YT, 2YM	1YM 11YM	A1YT A2YM	1YT 2YM	04059	CS- P1TM

3.3 Обґрунтування вибору зварювального обладнання

Для ручного дугового зварювання застосовуємо випрямлювач ВДУ-506С , електродотримач DE 2300 Abicor Binzel та блок баластних реостатів ББР-1202 У2.

Технічні характеристики зварювальних випрямлячів серії ВДУ з жорсткою та падаючою зовнішніми характеристиками представлені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5. Технічні характеристики зварювальних випрямлячів серії ВДУ

Параметри	ВДУ-305	ВДУ-506С	ВДУ-1201	ВДУ-1601
Кліматичне виконання	У3	У3.Т3	У3.Т3	У3
Нижня температура навколишнього середовища для виконання У, °С	-40	-40	-30	-30
Режим роботи, %	60	60	Тривалий	Тривалий
Тривалість циклу зварювання, хв	10	10	-	-
Номінальний зварювальний струм, А	315	500	1250	1600

					ДП.6.131.2127ст.04.05.03.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		52

Межа регулювання зварювального струму, А: -Жорстка -Спадна	50-315 20-315	100-500 70-500	300-1250 300-1250	500-1600 600-1600
Межа регулювання робочої напруги: -Жорстка -Спадна	16-38 21-33	18-50 22-46	24-66 26-60	26-66 30-66
Напруга холостого ходу, В не більше	70	80	100	100
Напруга мережі, В	220, 380	220, 380	380	380
Первинна потужність, кВт	23	40	120	155
ККД, % не менше	70	82	83	84
Габаритні розміри (довжина-висота-ширина), мм	634*975*760	830*1080*620	1400*850*1250	1150*900*1850
Маса, кг, не більша	240	380	850	950

Падаюча зовнішня характеристика використовується в апаратах ручного зварювання, де необхідно забезпечити стійкість дуги та мале змінення зварювального струму при зміні довжини дуги. Зміна напруги внаслідок зміни довжини дуги на величину ΔU (рис. 1) призводить до незначної зміни зварювального струму на ΔI [15].

Падаюча зовнішня характеристика забезпечує невелику кратність струму короткого замикання, яка не повинна перевищувати 1,4.

					ДП.6.131.2127ст.04.05.03.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		53

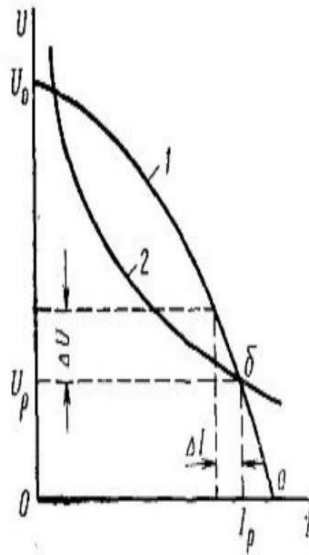


Рисунок 3.1 Поєднані зовнішня характеристика джерела живлення (1) та вольт-амперна характеристика дуги(2)

Електродотримачі DE 2300 Abicor Binzel призначені для ручного зварювання з струмовим навантаженням до 300 А (Рис.2). Використовуються для штучних електродів.



Рисунок 3.2 Електродотримач DE 2300 Abicor Binzel

Технічні особливості:

- фіксація електрода - жорстка, кількість робочих положень для електрода - 4;
- простота заміни електрода;
- високоякісні ізоляційні матеріали;

					ДП.6.131.2127ст.04.05.03.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		54

- висока якість збірки аксесуара і надійне кріплення зварювального кабелю;
- струмопровідні частини виготовлені з латуні;
- має високий ступінь захисту від ураження електричним струмом;
- ергономічна, теплоізолююча ручка з високоміцної термостійкої пластмаси;
- ізолюючі накладки - матеріал керапол;
- використовуються для роботи з будь-якими джерелами зварювального струму і для всіх видів ручного дугового зварювання і наплавлення;
- Made in KURT HAUFE;
- сертифікат відповідності вимогам ГОСТ 12.2.007.8-75; ГОСТ 14651-78 .



Рисунок 3.3 Конвертор зварювальний КСУ-320

Конвертор зварювальний КСУ-320 (ММА з функцією БСН) призначений для дугового зварювання виробів з вуглецевих і легованих сталей (ММА), а також для механізованого зварювання в середовищі захисних газів (MAG). КСУ-320 має вбудований блок зниження напруги холостого ходу (БСН), що підвищує безпеку при проведенні зварювальних робіт в режимі ММА. Використовується для створення падаючої характеристики на зварювальному посту та регулювання зварювального струму і напруги.

					ДП.6.131.2127ст.04.05.03.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		55

Технічні характеристики КСУ-320

Тип	конвертор	Зварювальний струм, А	320
Діапазон регулювання зварювального струму, А	30-320	Діапазон регулювання напруги, В	14-32
Ступінь захисту	IP23	клас ізоляції	Н
Тривалість навантаження (ПН),%	60	Мах струм короткого замикання, А	400
Крутизна нахилу ВАХ, В / А	0.004	Габарити, мм	480x190x260

Конвертор КСУ-320 має перевагу порівняно з баластними реостатами ББР-1202 У2 в тому, що він більш економічний за рахунок відсутності втрат на нагрівання активних опорів в ланцюзі зварювального струму [16].

Для зварювання в суміші газів використовуємо випрямляч зварювальний ВС-632, напівавтомат зварювальний «Граніт 3У3»



Рисунок 3.4 Випрямляч зварювальний ВС-632

					ДП.6.131.2127ст.04.05.03.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		56

Випрямляч призначений для живлення одного поста механізованого дугового зварювання і наплавлення порошковим дротом і дротом суцільного перетину в середовищі захисних газів і під флюсом на постійному струмі.

Випрямляч має пологопадаючу зовнішню вольт-амперну характеристику.

Технічні характеристики випрямляча зварювального ВС-632:

- напруга мережі живлення, В 3х380
- номінальний зварювальний струм, А 630 (ПВ = 60%)
- номінальна робоча напруга, В 34
- діапазон зварювального струму, А 100-700
- межі регулювання робочої напруги, В 20-50
- напруга холостого ходу, В, не більше 75
- номінальна первинна потужність, кВА 46
- тривалість циклу зварювання, хв 10
- кількість ступенів регулювання робочої напруги 27
- габаритні розміри, мм (LxBxH) 750x880x1200
- маса, кг 380

Випрямляч зручний і простий в роботі. Випрямляч забезпечує ступінчасте регулювання напруги (27 ступенів) шляхом секціонування первинної обмотки силового трансформатору з дискретністю напруги холостого ходу від одного до двох вольт. Для виконання вертикальних швів «зверху-вниз» використовується спеціальна схема з баластними реостатом і діодом. При цьому максимальне значення напруги холостого ходу складе 70 В, а максимальне значення зварювального струму 210 А.

Особливості випрямляча:

Випрямляч забезпечений пускозахисною апаратурою і примусовою вентиляцією.

Напівавтомат зварювальний «Граніт 3УЗ» Рис.3.5 складається з:

- блоку управління, на передній панелі якого розташовані вимірювальні прилади для контролю зварювального процесу;
- механізму подачі електродного дроту, що складається з редуктора з електродвигуном постійного струму, касети, гальмівного пристрою і клапана;

					ДП.6.131.2127ст.04.05.03.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		57

-зварювального пальника ГС-250 призначеного для роботи $I \leq 250$ А електродним дротом діаметром 1,0; 1,2 мм

Електрична схема напівавтомата забезпечує:

- початок і припинення зварювання за допомогою пускової кнопки;
- можливість плавного регулювання швидкості подачі електродного дроту;
- подачу захисного газу в зону зварювання при натисканні пускової кнопки на пальнику і відключення його через 2-5 секунд після закінчення зварювання;
- контроль величини зварювального струму і напруги на джерелі живлення.



Рисунок 3.5 Напівавтомат зварювальний «Граніт 3УЗ»



Рисунок 3.6 Редуктор регулятор витрати аргону / вуглекислоти АР-40 / У30ДМ

					ДП.6.131.2127ст.04.05.03.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		58



Рисунок 3.6 Універсальний стан для виготовлення двотаврової балки

Універсальний стан для складання та зварювання двотаврової балки є економічно вигідний, інтегрований і універсальний комплекс, як в плані його ціни, так і в плані його функціональних можливостей при невеликих виробничих площах. Автоматичний стан для виробництва зварної двотаврової балки високо зарекомендував себе серед великої кількості заводів металоконструкцій. Автоматичний стан для виробництва зварних двотаврових балок здійснює повний цикл виробництва зварної двотаврової балки - складання, автоматичне зварювання під шаром флюсу поясних швів двотаврової балки, виправлення деформацій після зварювання поясних швів.

Стан призначений для виготовлення зварних двотаврових і таврових балок. Стан одночасно виконує наступні операції: попереднє і остаточне складання балки, зварювання поясних швів балки під шаром флюсу, правку зварювальних деформацій полиць «грибовидності» і подачу готових балок на вихідний рольганг. Одне з головних переваг автоматичного стану для виробництва зварних двотаврових балок його суттєва економія коштів. Адже з його допомогою можна виготовити балку таких розмірів, які необхідні саме для конкретного проекту. Плюс автоматичного стану для виробництва зварних двотаврових балок його можливість повного або часткового провару шва з оптимальним формуванням

					ДП.6.131.2127ст.04.05.03.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		59

валика шва, на відміну від шва, виконаного зварюванням в середовищі захисних газів. Автоматичний стан для виробництва зварних двотаврових балок оснащений сучасною системою рециркуляції зварювального флюсу, що дозволяє зменшити його витрати. Процес складання і зварювання двотаврових балок відбувається в автоматичному режимі. Під час виробництва можна регулювати швидкість руху балки за допомогою програмованого логічного контролера, тим самим контролювати якість зварного шва.

Технічні характеристики:

Параметри / Модель KD-PHJ-0820

Висота балки, мм 200 ~ 1500

Товщина стінки, мм 6 ~ 32

Ширина полиці, мм 200 ~ 800

Товщина полки, мм 8 ~ 40

Довжина балки, мм 4000 ~ 16000

Система налаштування типорозмірів роздільна, механічна.

Зварювальне обладнання:

2 комплекти для механізованого дугового зварювання під флюсом виробництва Lincoln Electric® USA, модель Idealarc® DC-1000, система автоматичного зварювання Lincoln.

Споживана потужність зварювального обладнання: кВт 2 × 65

Вид зварювання: автоматизоване дугове зварювання під флюсом

Швидкість зварювання, мм / хв: 350 ~ 1000

Тип регулювання швидкості зварювання: плавна

Кут регулювання зварювальної головки: ± 45 °

Тиск в гідравлічній системі, МПа: ≤10

Система автоматичної рециркуляції зварювального флюсу: 2 комплекти виробництва Yuansheng® Wuxi, China, модель YS-100 2 × 100

Загальна потужність, кВт: 24 (без урахування зварювальних джерел).

Габаритні розміри, (Д × Ш × В), мм: 29330 × 3300 × 4892

Electric® USA, модель NA-3S зі зварювальною голівкою

					ДП.6.131.2127ст.04.05.03.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		60

3.4 Методи контролю та іспиту

Виробничий контроль поділяється на вихідний, поопераційний, приймальний.

Вхідний контроль включає в себе контроль вихідних матеріалів, заготовок і пристроїв, контроль обладнання, енергоносіїв, контроль кадрів.

Основний метал у листового прокату перевіряють на наявність пор, усадочних раковин і тріщин.

Електроди перевіряють на рівномірність товщини покриття на наявність в ньому тріщин та інших механічних ушкоджень, а також вологість. Електроди повинні зберігатися у приміщенні з вологістю 10-20%. Якщо електроди відсиріли то їх необхідно прокалювати в печі при $T=100-250^{\circ}\text{C}$. Перед використанням виконують пробне зварювання з метою установлення характеру плавлення електродного стрижня і покриття, легкості відділення шлакової корки і якість формування зварного шва.

Флюси перевіряють на величину та рівномірність грануляції часток та на наявність бруду та сторонніх включень.

Захисні гази перевіряють на наявність шкідливих домішок та вологи.

Контроль обладнання. Обладнання повинне забезпечувати необхідні параметри, режими та якісне формування зварних з'єднань, тому треба проводити регулярне технічне обслуговування та ремонт.

Поопераційний контроль включає поточний обмір швів, зовнішній огляд, контроль послідовності технологічного процесу. Контроль технологічного процесу включає контроль за підготовкою заготовок, складання вузлів, справністю обладнання, станом зварювальних матеріалів.

Приймальний контроль включає контроль якості зварних швів.

Контроль якості зварних швів здійснюються наступними методами: зовнішнім оглядом й вимірами, кольоровою дефектоскопією, проникним випромінюванням, випробування металу шва на щільність та міцність.

Контролю зовнішнім оглядом й вимірами належать усі без виключення зварні шви по всій їх довжині, з метою виявлення та виправлення дефектів.

Контролю кольоровою дефектоскопією підлягають зварні шви або окремі

					ДП.6.131.2127ст.04.05.03.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		61

ділянки для виявлення та виправлення дефектів, що виходять на поверхню: тріщини, свищи, поверхові раковини та інші глибинні дефекти.

Контролю проникним випромінюванням підлягають зварні шви, виконані на повну товщину кромок з повним їх проплавленням.

Контролю випробуванням на міцність (рідиною під тиском) та щільність (тиском повітря на мильну піну) металу шва підлягають готові зварні з'єднання непроникних зварних конструкцій.

Для зовнішнього огляду та обміру у масовому виробництві використовують спеціалізований інструмент: шаблони для перевірки складання та зварювання, шаблони для перевірки відповідності розміру шва вимогам, універсальні шаблони (ГОСТ 3242-79). Оцінка якості по двобальній системі «Придатний», «Непридатний».

Радіографія зварних з'єднань:

Необхідне обладнання, інструменти та матеріали:

Зразки зварних з'єднань відомої марки основного металу.

Рентген або гама - дефектоскоп.

Рентгеноплівки і реактиви для їх обробки.

Негатоскоп, НС-2М,НО.

ГОСТ або ДСТУ на відповідний вид зварювання шва, що контролюється.

Лупа і лінійка вимірювальна.

Операції просвічування іонізуючим випромінюванням і фото обробки плівок треба проводити у спеціальній рентгенівській лабораторії. До виконання цих операцій допускаються тільки особи, які мають відповідну підготовку та медичний дозвіл для проведення радіаційного контролю.

Схема просвічування обирається таким чином, щоб все випромінювання проходило вздовж площини або максимального розміру найбільш небезпечного дефекту.

Випробування «гасу на крейду»: крейдою змащують лицьову сторону шва, а з іншої сторони змочують гасом і витримують 15-60 хвилин. Таким методом можна виявляти нещільності з мінімальним діаметром $(15-20) \cdot 10^{-5}$ мм. Дефекти виявляються на пофарбованій стороні у вигляді іржавих полос та плям.

					ДП.6.131.2127ст.04.05.03.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		62

Висновок:

В цьому розділі була розглянута технологія складання та зварювання балки, обрані зварювальні матеріали та зварювальне обладнання.

Для зварювання під флюсом таврового з'єднання стінки і полиці обраний флюс OK Flux 10.81 по ISO 14174: S A AR 1 DC H5 та електродний дріт OK Autrod12.10 по EN ISO 14171: S1. Зварювання виконується на універсальному стані для виготовлення двотаврової балки модель PHJ-0820. Автоматичний стан для виробництва зварних двотаврових балок оснащений сучасною системою рециркуляції зварювального флюсу, що дозволяє зменшити його витрати. Процес складання і зварювання двотаврових балок відбувається в автоматичному режимі.

Для зварювання в суміші газів використовуємо випрямляч зварювальний ВС - 632, напівавтомат зварювальний «Граніт 3У3». Випрямляч зручний і простий в роботі. Суміш газів Ar-82%, CO₂-18% по ISO 14175: M21-ArC-18 та електродний дріт OK Autrod12.50 по EN ISO 14341-A: G 42 4 M21 3 Si1.

Для ручного дугового зварювання застосовуємо випрямлювач ВДУ-506С, електродотримач DE 2300 Abicor Binzel та конвертор КСУ-320.

Був обраний електрод Filarc 48 по ISO 14172: E 7015-G.

Приведені матеріали, які використовують для зварювання балки задовольняють всім необхідним параметрам та вимогам для зварних з'єднань таким як суцільність швів (відсутність пор, шлакових включень, холодних та гарячих тріщин); достатня технологічна міцність; необхідна експлуатаційна міцність (достатній рівень механічних властивостей металу шва та зварного з'єднання); отримання комплексу спеціальних властивостей металу шва (корозійна стійкість та інше); необхідна технологічність (універсальність, продуктивність праці та ін.); задовільні санітарно-гігієнічні характеристики.

Розглянуті такі методи дослідження, оцінки та контролю якості зварних з'єднань для забезпечення необхідних параметрів зварних з'єднань, які пред'явлені вище: зовнішнім оглядом й вимірами, кольоровою дефектоскопією, проникним випромінюванням, випробування металу шва на щільність та міцність.

					ДП.6.131.2127ст.04.05.03.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		63

					ДП.6.131.2127ст.04.05.04.ПЗ			
Змн	Арк	№ документа	Підпис	Дата	Охорона праці			
Студент		Гайдук Р.І.						
Керівник		Костін О.М.						
Консульт								
Зав. кафедр.		Квасницький						
					Літ Арк Аркушів 64 НУК ім. Адм. Макарова			

4 Охорона праці

Розвиток економіки нашої країни передбачає постійне прискорення темпів розвитку промисловості, що вимагає широкої механізації і автоматизації виробничих процесів, впровадження нової техніки і технологій. При цьому питанням охорони праці приділяється значна увага, оскільки від цього залежить економічна ефективність промислового виробництва і соціальна стабільність суспільства.

Охорона праці – це система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці, що є частиною трудового законодавства. Повністю безпечних і нешкідливих виробництв не існує.

Завдання охорони праці – звести до мінімальної ймовірності ураження або захворювання працюючого з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці. Реальні виробничі умови характеризуються, як правило, наявністю деяких небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Однією з умов здорової праці є забезпечення чистоти повітря і нормальних метеорологічних умов в робочій зоні приміщення. Усунення впливу шкідливих і небезпечних промислових чинників, створення здорової повітряної атмосфери в робочій зоні є важливим завданням поряд з вирішенням основних питань виробництва.

Частиною трудового законодавства є система законодавчих актів, основний трудовий закон України – «Закон України про Охорону праці» від 14 жовтня 1992 року. Закон визначає основні положення по реалізації конституційного права громадян на охорону їхнього життя та здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює при участі державних органів відносини між власниками підприємства та працівником із питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці на Україні. До небезпечних факторів відносять відкриті струмоведучі частини устаткування, деталі машин і

					ДП.6.131.2127ст.04.05.04.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		65

механізмів, що рухаються, розпечені тіла, можливість падіння з висоти самого працюючого або деталей і предметів, наявністю балонів, цистерн зі стислими або шкідливими речовинами і т.п. До шкідливих факторів відносять шкідливі домішки в повітрі, несприятливі метеорологічні умови, промениста теплота, недостатнє освітлення, вібрація, шум, ультразвук і інфразвук, іонізуюче і лазерне випромінювання, електромагнітні поля, напруженість і тяжка праця, наявність шкідливих мікроорганізмів і т.п.

Між небезпечними і шкідливими факторами часто не можна провести чіткої границі. Один або інший фактор може привести до нещасного випадку.

Вплив на людину шкідливого виробничого фактору може призвести до професійного захворювання.

Застосування засобів колективного та індивідуального захисту є однією з найпоширеніших заходів попередження несприятливого впливу на працюючих небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Засоби колективного захисту призначені для одночасного захисту двох і більше працюючих, засоби індивідуального захисту – для захисту одного працюючого. Вони можуть ставитися як до техніки безпеки (наприклад, каска, що захищає від травм), так і виробничої санітарії (респіратори або навушники, що захищають від шкідливих виробничих факторів).

Зварювальні матеріали та обладнання, яке використовується при складально-зварювальних операціях, повинні забезпечувати добру якість зварного з'єднання, а також високу продуктивність праці. В той же час все більш високі вимоги ставляться до чистоти повітря в робочому приміщенні. Деякі можливості для мінімізації виділень зварювальних аерозолів (ЗА) та їх токсичності можна реалізувати технологічними способами. Вони заключаються у виборі оптимальної технології зварювання: спосіб зварювання, видів та марки зварювальних матеріалів, обладнання та режимів зварювання, які забезпечують мінімальну емісію ЗА.

Дугове зварювання, за винятком зварювання під флюсом, супроводжується оптичним випромінюванням в ультрафіолетових, видимих і інфрачервоних діапазонах, що багаторазово перевищує фізіологічно стерпну оком людини

					ДП.6.131.2127ст.04.05.04.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		66

величину. Інтенсивність оптичного випромінювання зварювальної дуги і його спектральні характеристики залежать від потужності дуги, способу зварювання, виду зварювальних матеріалів і захисних газів. При відсутності засобів індивідуального захисту можливе враження органів зору (електрофтальмія, катаракта) і шкірних покривів (опіки та інше).

Тому при проведенні складально-зварювальних робіт необхідно користуватися захисними щитками з вбудованими світлофільтрами. Вибір світлофільтрів залежить від сили зварювального струму.

Інтенсивність інфрачервоного (теплого) випромінювання від виробів, що зварюють, і зварювальної ванни визначається температурою виробів, їх габаритами і конструкцією, а також температурою і розмірами зварювальної ванни. При відсутності засобів індивідуального захисту вплив теплового випромінювання в інтенсивностях, що перевищують припустимі рівні, може привести до порушень терморегуляції, тепловому удару. Контакт із нагрітим металом може викликати опіки.

Тому при проведенні складально-зварювальних робіт необхідно користуватися спецодягом.

Напруженість електромагнітних полів залежить від конструкції і потужності зварювального устаткування, конфігурації виробу, що зварюється. Характер їх впливу на організм визначається рівнем і тривалістю впливу. Як правило, для дугового зварювання напруженість магнітного поля незначна, тому не перевищує гранично допустимих рівнів.

Розбризування металу при зварюванні також наслідок нестабільного горіння дуга: при зварюванні у вуглекислому газі дротом суцільного перетину воно досягає 15%, істотно менше при використанні покритих електродів і порошкових дротів і відсутній зовсім при зварюванні під флюсом. Бризки, іскри і викиди розплавленого металу і шлаків при відсутності засобів захисту можуть бути причиною опіків шкірних покривів, травмування органів зору, а також підвищують небезпеку виникнення пожеж.

Тому при проведенні складально-зварювальних робіт необхідно користуватися спецодягом і дотримуватися правил пожежобезпеки.

					ДП.6.131.2127ст.04.05.04.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		67

Небезпечним для життя людини вважається напруга більше 42 В змінного й 110 В постійного струму для приміщень зварювальних цехів і 12 В для особливо небезпечних умов (вологі приміщення, замкнуті металеві об'єми). Однак ці значення напруги є досить умовними, оскільки небезпека ураження електричним струмом істотно залежить від індивідуальних особливостей організму і навколишніх умов.

Статичні і динамічні фізичні навантаження у зварників при ручному і напівавтоматичному зварюванні викликають перенапругу нервової і кістково-м'язової систем організму. Статичні навантаження залежать від маси зварювального інструмента (електродотримача, шлангового тримача напівавтомата), гнучкості шлангів і проводів, тривалості безперервної роботи і підтримки робочої пози (стоячи, сидячи, напівсидячи, стоячи на колінах, лежачи на спині). Найбільші фізичні навантаження відчуються при виконанні зварювальних робіт напівсидячи і стоячи при зварюванні в стельовому положенні або лежачи на спині у важкодоступних місцях.

Для зниження навантажень варто застосовувати засоби механізації зварювання (зварювальні маніпулятори, роликові стенди та ін.)

Зварювання в середовищі захисних газів супроводжується виділенням пилу і газів. Зварювальний пил або аерозоль являє собою суміш найдрібніших частинок оксидів і мінералів. Крім аерозолі, повітря при зварюванні в робочих приміщеннях забруднюється різноманітними газами шкідливими для здоров'я людини. Граничні концентрації шкідливих речовин в повітрі на робочому місці приведені в таблиці 4.2.

Під час зварювання плавким електродом в середовищі захисних газів перед маскою знайдено $90-111 \text{ мг/см}^3$ пилу, а під маскою – $12 \div 28 \text{ мг/см}^3$.

При ручному зварюванні плавким електродом теплова радіація дорівнює: на рівні правої руки – $1,2 \div 2,8 \text{ кал/см}^2 \times \text{хв}$; і біля обличчя $1,5 \div 2,18 \text{ кал/см}^2$

					ДП.6.131.2127ст.04.05.04.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		68

Таблиця 4.2. Норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень (із будівельних норм БН 245-84)

Характеристи ка виробничих приміщень	Категорія праці	Оптимальні			Допустимі			Допустима температура повітря поза постійних робочих місць, °C
		температур а °C	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с	температур а °C	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с	
Холодний період року (температура зовнішнього повітря нище +10 ⁰ C).								
Приміщення характеризу- ються незначними надлишками тепла, (20ккал/м ³) і менше	Середньої складності	17-19	60-30	Не більше 0,3	15-20	75	0,5	13-20
Теплий період року (температура зовнішнього повітря +10 ⁰ C і вище).								
Приміщення характеризу- ються незначними надлишками тепла, (20ккал/м ³) і менше	Середньої складності	20-23	60-30	0,2-0,3	Не більше 3 ⁰ C вище температур зовнішнього повітря найжарчого місяця але не більша 28 ⁰ C	Не більше 3 ⁰ C вище температур зовнішнього повітря найжарчого місяця але не більша 28 ⁰ C	0,3-0,7	Не більше чим на 3 ⁰ C вище температури зовнішнього повітря в 13 г найжарчого місяця.

Таблиця 4.3. Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі на робочому місці

Шкідлива речовина	Концентрація, мг/см³
Алюміній та його оксиди	2,0
Берилій та його з'єднання	0,001
Вольфрам	6,0
Нікель та його оксиди	0,5
Свинець	0,01
Оксид індію	5,0
Озон	0,1
Оксиди азоту	5,0
Мідь	0,5
Оксиди міді	0,1

Таблиця 4.4. Інтенсивність виробничого шуму в суднобудуванні у складально-зварювальному цеху.

Санітарні норми проектування промислових підприємств, дБ	Обробка плоских секцій, дБ	Обробка напівоб'ємних секцій, дБ	Кернення деталей, дБ
85	100-115	118-125	100

Таблиця 4.5. Найбільша допустима напруга дотику $U_{пр}$ та струми I_h , що проходять через людину, при нормальному (не аварійному) режимі роботи електроустановки.

Рід та частота струму	Найбільші допустимі значення	
	$U_{пр}$, В	I_h , А
Змінний, 50 Гц	2	0,3
Змінний, 400 Гц	3	0,4
Постійний	8	1,0

4.1 Розрахунок захисного заземлення для зварювального випрямляча

Заземлюючий пристрій – це сукупність заземлювача і заземлюючих провідників, які з'єднують заземлюючі частини електроустановки із заземлювачем.

Метою розрахунку є визначення параметрів пристрою заземлення при умові, щоб його опір розсіювання був менший або рівний допустимому значенню.

Вихідні дані:

- питомий електричний опір ґрунту (глина) $\rho = 60 \text{ Ом}$;
- найбільш допустимий опір пристрою заземлення для електроустановки з напругою до 1000 В - $R = 4 \text{ Ом}$;
- заземлювач має трубчасту форму (рис. 6.1);

					ДП.6.131.2127ст.04.05.04.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		70

- довжина труби $l = 2\text{ м}$;
- глибина занурення труби від поверхні землі $a = 0.9\text{ м}$;
- зовнішній діаметр труби $d = 0,07\text{ м}$;

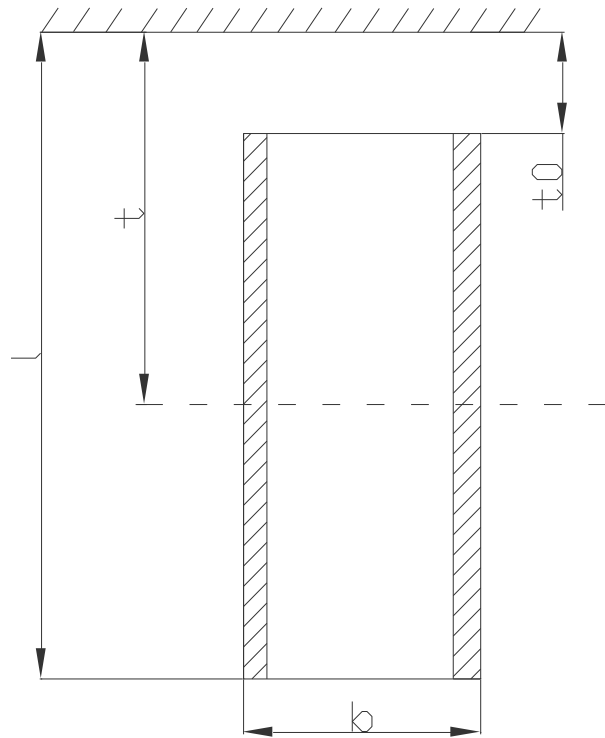


Рисунок 4.2 Схема електроду заземлення.

1. Розрахунок опору розтягування одного заземлювача:

$$R_1 = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + 0.5 \times \ln \frac{4t + l}{4t - l} \right); \quad t = a + 0.5 \times l = 0.9 + 0.5 \times 2 = 1.9\text{ м};$$

де ρ – питомий електричний опір ґрунту; l – довжина труби; d – діаметр труби;

t – глибина занурення труби;

$$R_1 = \frac{60}{2 \times 3.14 \times 2} \times \left(\ln \frac{2 \times 2}{0.07} + 0.5 \times \ln \frac{4 \times 1.9 + 2}{4 \times 1.9 - 2} \right) = 20.4\text{ Ом};$$

Опір одиночного заземлення вийшов більший допустимого опору пристрою заземлення $R_1 > R_0$. Необхідно застосувати декілька штучних заземлювачів, з'єднаних паралельно.

2. Визначаємо кількість паралельних заземлювачів.

					ДП.6.131.2127ст.04.05.04.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		71

$$n' = \frac{R_1}{\eta_{\epsilon} \times R_0},$$

де η_{ϵ} - коефіцієнт використання заземлювачів, який враховує їх взаємну дію, приймаємо $\eta_{\epsilon} = 1$

$$n' = \frac{20.4}{1 \times 4} = 5.1$$

Приймаємо кількість заземлювачів $n' = 5шт$

3. Визначення фактичного коефіцієнту використання заземлювачів. Коефіцієнт визначаємо виходячи із розташування електродів і відстані між ними. Електроди заземлені по контуру. Відстань між ними $l = 2l$. Коефіцієнт використання заземлювачів $\eta_{\phi} = 0,78$.

4. Розрахунок фактичного опору заземлювачів.

$$R_{\phi} = \frac{R_1}{\eta_{\phi} \times n'} = \frac{20.4}{0.72 \times 5} = 5.67 Ом$$

$\eta_{\phi} = (0,67 \div 0,72)$. Приймаємо $\eta_{\phi} = 0,72$.

$$R_{\phi} = \frac{20.4}{0.72 \times 5} = 5.67 Ом$$

Приймаємо $R_{\phi} = 6 Ом$

5. Визначення опору розтікання з'єднувальної полоси $R_{1в}$

Для зв'язування вертикальних заземлювачів використовуємо з'єднувальну полосу.

За табл. 2.2 вибираємо тип та схему розміщення з'єднувальної полоси [14]. Опір розтікання з'єднувальної полоси ми будемо визначати для протяжної пластини полосового перетину з $b=45$ мм за формулою:

$$R_{1н} = \frac{\rho}{2\pi d} \cdot \ln \frac{2l^2}{b \cdot t};$$

					ДП.6.131.2127ст.04.05.04.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		72

де $t=0,9$ м – глибина закладення з'єднувальної полоси; $l=1,05 \cdot a \cdot n=10,5$ м – довжина з'єднувальної полоси (a – відстань між електродами, приймаємо $1 \div 3$ м.); $b=0,08$ – ширина з'єднувальної полоси.

$$R_{in} = \frac{60}{2 \cdot 3,14 \cdot 10,5} \cdot \ln \frac{2 \cdot 10,5^2}{0,52 \cdot 0,08} = 7,2 \text{ Ом}$$

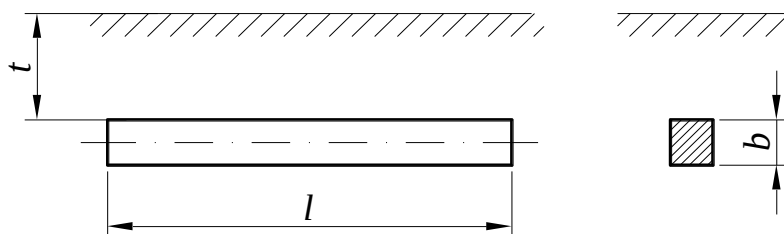


Рисунок 6.3. Схема розміщення та конструктивні елементи з'єднувальної полоси

З врахуванням коефіцієнт використання з'єднувальної полоси η_r , який знаходимо за допомогою табл. 2.5 [13], знаходимо опір з'єднувальної полоси R_n

$$R_\phi = \frac{R_{in}}{\eta_e} = \frac{7,2}{0,77} = 9,3 \text{ Ом}$$

6. Визначення фактичного опору захисного заземлення R_e

Визначення фактичного опору захисного заземлення R_e з вертикальних заземлювачів та горизонтальної з'єднувальної полоси ведемо як еквівалентний опір при паралельному з'єднанні:

$$R_e = \frac{R_\phi \cdot R_n}{R_\phi + R_n} = \frac{9,3 \cdot 7,2}{7,2 + 9,3} = 3,65 \text{ Ом}$$

Отриманий нами опір порівнюємо з допустимим опором заземлюючого пристрою R_d .

$R_e < R_d$ – вимога виконується.

					ДП.6.131.2127ст.04.05.04.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		73

Зараз ми можемо стверджувати, що розраховане нами захисне заземлення відповідає всім вимогам і буде забезпечувати безпеку праці робітників на виробництві.

4.2 Основні заходи безпеки при різних видах зварювання

Для розробників зварювальних матеріалів основним способом покращення гігієнічних характеристик є вибір хімічного складу (склад покриття та стрижня електроду, флюсу, зварювального дроту та захисного газу). В більшості випадків це неможливо, оскільки основними вимогами до зварювального процесу залишається якість зварного шва, та уникнути наявності в складі зварювальних матеріалів токсичних речовин (марганцю, хрому, нікелю, фтору і т.п.) неможливо. Самим простим для реалізації способом мінімізації виділень ЗА, виходячи з конкретних умов, може бути вибір способу зварювання та зварювального обладнання.

Вибір способу зварювання дає можливість суттєво впливати на умови праці зварників за рахунок зниження повітрообміну загальною обмінною вентиляцією (табл. 4.5).

Вибір зварювального обладнання. Знизити інтенсивність утворення ЗА можна шляхом використання високоіндуктивних джерел енергії, які, обмежуючи збільшення сили струму під час короткого замикання, зменшують силу електричного вибуху металевої перемички між дротом та зварювальною ванною, а також шляхом використання транзисторних зварювальних джерел енергії з електронним управлінням вихідного сигналу, який дозволяє керувати переносом електродного металу.

Для найбільш повного видалення зварювального аерозолі з робочої зони необхідно застосовувати ефективні місцеві відсоси (пальники з вбудованим відсосом, гнучкі настінні відсоси, вентилятори із гнучкими воздуховодами і фільтровентиляційні агрегати) у комбінації із загальнообмінною приточно-втяжною вентиляцією. Повітря, що виходить з виробничих приміщень в атмосферу, повинно бути очищено від всіх шкідливих речовин, що утворюються при використанні різних способів зварювання.

					ДП.6.131.2127ст.04.05.04.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		74

Таблиця 4.5. Залежність повітрообміну від способу зварювання та зварювальних матеріалів

Спосіб дугового зварювання, зварювальні матеріали	Повітрообмін, м ³ /кг
Ручне зварювання вуглецевих та низьколегованих сталей електродами загального призначення марок АНО, УОНИ, МР та ін.	1800-6600
Зварювання сталей порошковим дротом марок ПП-ДСК, ПП-АН та ін.	1900-7300
Механізоване зварювання у вуглекислому газі дротом марок Св-08Г2С, Св-10Г2-Н2-СНТ та ін.	2000-3100
Ручне зварювання алюмінію в аргоні дротом типу АМГ	1000
Автоматичне зварювання сталі під флюсом марок АН, ФН, ОСЦ-45 та ін.	40-400
Автоматичне зварювання сталі під керамічним флюсом марок АНК, К, КС	70-1100

Збільшення витрат відсмоктуючого повітря призводить до погіршення захисту і якості зварного шва. Обмін повітря на один пост повинен складати 500-1000 м³/ч. В холодний період, повітря, яке подається в зону дихання зварника, повинне мати температуру 20-22⁰С.

Усі виробничі приміщення повинні бути обладнані примусовою загальною обмінною вентиляцією та пристроєм місцевих витяжних відсосів відповідно до ГОСТ 2.3.039-85.

Для захисту органів слуху від впливу шуму необхідно використовувати шумознижуючі навушники, ватяні вкладиші у вушні раковини й шоломи.

Також забороняється робота на несправному устаткуванні, із застосуванням несправного оснащення, пристосувань або інструмента.

Робочі місця зварювальників повинні бути забезпечені засобами пожежогасіння.

					ДП.6.131.2127ст.04.05.04.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		75

Для захисту від світлового випромінювання електричної дуги й іскор при різанні робоче місце повинне відгороджуватися переносними щитами та ширмами. Захист від ультрафіолетового і світлового випромінювання зварювальників, теплорізників та працюючих поруч повинний здійснюватися із застосуванням засобів захисту згідно ОСТ5.0272-79 та ОСТ5.9823-80.

Для захисту очей зварників від шкідливих випромінювань при проведенні електрозварювальних робіт повинні застосовуватися світлофільтри, що виготовляють із темного скла, вставленого в оглядові рамки щитків і масок електрозварників, а також у виді прямокутних і круглих пластинок для окулярів електро- і газозварників. Скла світлофільтрів випускаються за ГОСТ 9497 – 60.

Робоче місце зварювальника повинне відгороджуватися щитом чи закриватися шторами.

					ДП.6.131.2127ст.04.05.04.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		76

Висновок

В даному розділі дипломного проекту проведено аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів при проведенні складально-зварювальних робіт. Виявлені найбільш небезпечні при кожному способі зварювання, розглянуті допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі на робочому місці, норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні.

Було розраховане захисне заземлення, що дає змогу знизити до безпечної величини напругу відносно землі на металевих частинах обладнання, яке в нормальному стані не перебуває під напругою. Визначено, що воно відповідає всім вимогам і буде забезпечувати безпеку праці робітників на виробництві.

А також проведено аналіз основних заходів безпеки та засобів захисту від шкідливих факторів.

					ДП.6.131.2127ст.04.05.04.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		77

					ДП.6.131.2127ст.04.05.05.ПЗ							
Змн	Арк	№ документа	Підпис	Дата								
Студент		Гайдук Р.І.			Разрахунок собівартості зварювальних робіт				Літ		Арк	Аркушів
Керівник		Костін О.М.									78	
Консульт									НУК ім. Адм. Макарова			
Зав. кафед.		Квасницький										

5 Розрахунок собівартості продукції

Таблиця 5.1 Вихідні дані

Найменування показника	Значення
Річний обсяг продукції, шт.	90
Витрати основного матеріалу на одиницю продукції, т	2,95
Ціна 1 т основного матеріалу, грн.	18500
Витрати електродів на одиницю продукції (на 1 шт), кг	1,73
Ціна 1 кг електродів, грн.	125
Витрати електродного дроту діаметром 1,2 мм на одиницю продукції (на 1 шт), кг	12,4
Ціна 1 кг електродного дроту, грн.	83
Витрати електродного дроту діаметром 3,0 мм на одиницю продукції (на 1 шт), кг	21,6
Ціна 1 кг електродного дроту, грн.	196
Витрати захисного газу на одиницю продукції (на 1 шт), кг	19,8
Ціна 1 кг захисного газу, грн.	20
Витрати флюсу на одиницю продукції (на 1 шт)	24,4
Ціна 1 кг флюсу, грн.	3,8
Витрати електроенергії одиницю продукції, кВт-год/шт.	120
Ціна 1 кВт-год електроенергії, грн.	1,22
Трудомісткість складання виробу, н-год	8,4
Трудомісткість зварювання виробу, н-год	10,8
Тарифна ставка оплати праці складальника, грн/н-год	59
Тарифна ставка оплати праці зварника, грн /н-год	71
Відрахування від заробітної плати, %	35
Ціна всього технологічного устаткування, грн	471715
Норма амортизації технологічного устаткування, %	15
Норма витрат на поточний ремонт, %	5

					ДП.6.131.2127ст.04.05.05.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		79

Технологічна собівартість C_T складається з витрат на основний матеріал, зварювальні матеріали C_M , на електроенергію C_e , на оплату праці $C_{пр}$, амортизаційні відрахування C_a та відрахування на поточний ремонт обладнання C_p . тобто:

$$C_T = C_M + C_e + C_{пр} + C_a + C_p \quad (5.1)$$

Витрати на кожний з матеріалів C_{Mi} визначається за формулою

$$C_{Mi} = P_{Mi} \times \Pi_{Mi}, \quad (5.2)$$

де P_{Mi} – потреби в і-тому матеріалі; Π_{Mi} – ціна 1 кг даного матеріалу.

Необхідна кількість кожного з матеріалів P_{Mi} визначається згідно з ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів».

Загальні витрати на матеріали визначаються як

$$C_M = \sum C_{Mi} \quad (5.3)$$

Вартість електроенергії розраховується як

$$C_e = W \times \Pi_e, \quad (5.4)$$

де W – повні витрати електроенергії одним зварювальним постом, кВт-год.; Π_e – ціна 1 кВт-год. електроенергії.

$$W = \frac{U_d \cdot I_z}{\eta \cdot 1000} \cdot \tau + \omega_0 (\tau_1 - \tau), \quad (5.5)$$

де U_d – напруга дуги; η – ККД джерела живлення ($\eta = 0,8 \dots 0,9$ – для зварювання змінним струмом і $\eta = 0,6 \dots 0,8$ – для зварювання постійним струмом); ω_0 – потужність, що витрачається джерелом живлення під час холостого ходу ($\omega_0 = 0,2 \dots 0,4$ кВт для змінного струму і $\omega_0 = 2 \dots 3$ кВт для постійного струму); τ - час

					ДП.6.131.2127ст.04.05.05.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		80

горіння дуги, год.; $\tau_1 = \frac{\tau}{K_n}$ - час зварювання з урахуванням коефіцієнту K_n використання зварювального поста (для зварювання у цехових умовах $K_n = 0,5 \dots 0,8$, для зварювання у монтажних умовах $K_n = 0,4 \dots 0,6$) [4].

Для ручного дугового зварювання:

Маса наплавленого металу, кг:

$$G_n = \gamma \cdot F_n \cdot l_{ш} = 7,8 \cdot 1,68 \cdot 56 + 7,8 \cdot 0,72 \cdot 144 = 1541 \text{ г} = 1,5 \text{ кг}$$

γ - щільність металу електроду, $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$

$l_{ш}$ - довжина шву, см

Витрати електроду, кг:

$$G_e = \kappa \cdot G_n = 1,15 \cdot 1,5 = 1,73 \text{ кг}$$

де κ - коефіцієнт витрати електроду

Витрати електроенергії :

$$W_1 = \frac{U_d \cdot I_z}{\eta \cdot 1000} \cdot \tau + \omega_0 (\tau_1 - \tau) = \frac{24 \cdot 160}{0,7 \cdot 1000} \cdot 0,8 + 2 \cdot (1,3 - 0,8) = 6 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$\tau = \frac{G_n}{I_{зв} \cdot \alpha_n} = \frac{1541}{180 \cdot 11} = 0,8 \text{ год}$$

$$\tau_1 = \frac{\tau}{K_n} = \frac{0,8}{0,6} = 1,3 \text{ год}$$

Штучно-калькуляційний час зварювання 1 м шва:

$$T_{ш-к} = T_o K_{обс} K_d K_{зр}$$

де K_d – поправочний коефіцієнт, що враховує затрати допоміжного часу і залежить від зварюваного виробу; $K_{обс}$ – коефіцієнт, що враховує час обслуговування робочого місця; $K_{зр}$ – коефіцієнт для урахування зручності виконання швів при ручному та механізованому зварюванні; $T_o = \tau$.

Допоміжний час містить затрати на встановлення у пристосування або на робоче місце зварюваного виробу, поворот та зняття його в процесі зварювання, закріплення притискними пристосуваннями та вивільнення, на пересування зварника з інструментом. $K_d = 1,06 \dots 1,15$; $K_{обс} = 1,05$; $K_{зр} = 1,06$

$$T_{ш-к} = 0,8 \cdot 1,05 \cdot 1,06 \cdot 1,06 = 0,9 \text{ год}$$

					ДП.6.131.2127ст.04.05.05.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		81

Норма часу стикування 1 м кромок конструкції (сумістити та підігнати кромки, що стикуються, примикаються за допомогою пристосувань, закріпити електроприхватками):

$$T=0,0064|s-6|+0,26$$

де s – товщина з'єднаних кромок, мм

$$T=0,0064|16-6|+0,26=0,32\text{год}$$

$$T_o=T \cdot l_{шв}=0,32 \cdot 1,28=0,4\text{год}$$

Норма часу складально-зарювальних робіт на одиницю виробу для ручного дугового зварювання складає 1,3 год [4].

Для механізованого зварювання в суміші газів:

Маса наплавленого металу, кг:

$$G_n = \gamma \cdot F_n \cdot l_{ш} = 7,8 \cdot 0,3 \cdot 4400 = 10296 \text{г} = 10,3 \text{кг}$$

γ - щільність металу дроту, $\rho=7,8 \text{ г/см}^3$

$l_{ш}$ - довжина шву, см

Витрати електродного дроту, кг:

$$G_o = \kappa \cdot G_n = 1,15 \cdot 10,3 = 12,4 \text{кг}$$

де κ -коефіцієнт витрати електродного дроту

Витрати газу:

$$G_z = \kappa \cdot G_o = 1,6 \cdot 10,3 = 19,8 \text{кг}$$

де κ -коефіцієнт витрати газу

Витрати електроенергії :

$$W_1 = \frac{U_o \cdot I_z}{\eta \cdot 1000} \cdot \tau + \omega_o (\tau_1 - \tau) = \frac{27 \cdot 150}{0,7 \cdot 1000} \cdot 5,9 + 2 \cdot (9,8 - 5,9) = 42 \text{кВт} \cdot \text{год}$$

$$\tau = \frac{G_n}{I_{зв} \cdot \alpha_n} = \frac{10296}{150 \cdot 11,7} = 5,9 \text{год}$$

$$\tau_1 = \frac{\tau}{\kappa_n} = \frac{5,9}{0,6} = 9,8 \text{год}$$

Штучно-калькуляційний час зварювання 1 м шва:

$$T_{ш-к} = T_o K_{обс} K_{пз}$$

					ДП.6.131.2127ст.04.05.05.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		82

де $K_{обс}$ – коефіцієнт, що враховує час обслуговування робочого місця, час на відпочинок та власні потреби; $K_{пз}$ – коефіцієнт для урахування підготовчо-заключного процесу; $T_o = \tau$.

Норма часу кладання конструкції на 1 м з'єднання (розмітити на балці місце встановлення ребер жорсткості; встановити по розмітці ребра; перевірити перпендикулярність; підігнати та обтиснути ребра до балки; закріпити електроприхватками; здати роботу)

$$T = (0,19H + 0,26)(0,0143s + 0,58)$$

де H – висота листа ребрв, м; s – товщина листа, мм

При складанні прямолінійних таврових вузлів до розрахункової формули слід застосувати коефіцієнт 0,8.

$$T = 0,8(0,19 \cdot 0,14 + 0,26)(0,0143 \cdot 5 + 0,58) = 0,5 \text{ год}$$

$$T_o = T \cdot l_{шв} = 0,5 \cdot 16 = 8 \text{ год}$$

Штучно-калькуляційний час складання 1 м шва:

$$T_{ш-к} = T_o K_{обс} K_{вп}$$

де $K_{обс}$ – коефіцієнт, що враховує час обслуговування робочого місця; $K_{вп}$ – час на відпочинок та власні потреби

$$T_{ш-к} = 5,9 \cdot 1,05 \cdot 1,07 = 6,5 \text{ год}$$

Так як 75% швів виконуються в положенні відмінному віднижнього введемо для них додатковий коефіцієнт 1,1, маємо:

$$T_{ш-к} = 1,2 \cdot 0,75 \cdot 6,5 + 0,25 \cdot 6,5 = 7,5 \text{ год}$$

Норма часу складально-зарювальних робіт на одиницю виробу для зварювання в суміші газів складає 15,5 год

Для автоматичного зварювання під флюсом:

Маса наплавленого металу, кг:

$$G_n = \gamma \cdot F_n \cdot l_{ш} = 7,8 \cdot 0,3 \cdot 8800 = 20592 \text{ г} = 20,6 \text{ кг}$$

γ - щільність металу дроту, $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$

$l_{ш}$ - довжина шву, см

Витрати електродного дроту, кг:

$$G_o = \kappa \cdot G_n = 1,05 \cdot 20,6 = 21,6 \text{ кг}$$

					ДП.6.131.2127ст.04.05.05.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		83

Витрати флюсу:

$$G_z = \kappa \cdot G_\partial = 1,13 \cdot 21,6 = 24,4 \text{ кг}$$

де κ -коефіцієнт витрати флюсу

Витрати електроенергії :

$$W_1 = \frac{U_\partial \cdot I_z}{\eta \cdot 1000} \cdot \tau + \omega_0 (\tau_1 - \tau) = \frac{30 \cdot 350}{0,7 \cdot 1000} \cdot 4,2 + 2 \cdot (7 - 2,1) = 72 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$\tau = \frac{G_n}{I_{зв} \cdot \alpha_n} = \frac{20592 / 2}{350 \cdot 14} = 2,1 \text{ год}$$

$$\tau_1 = \frac{\tau}{\kappa_n} = \frac{4,2}{0,6} = 3,5 \text{ год}$$

Штучно-калькуляційний час зварювання розраховується за формулою

$$T_{ш-к} = T_o K_{заг}$$

де $K_{заг}$ – загальний коефіцієнт, що враховує допоміжний та підготовчо-заклучний час; $T_o = \tau$. Допоміжний час складається з наступного часу: на зачищення зварюваних кромek від нальоту іржі перед зварюванням; на збирання флюсу, засипання його в бункер; на перевірку правильності установлення головки автомата по центру шва з прогонкою його вхолосту та відкатку у вихідне положення; на очікування охолодження металу після кожного проходу та зачищення шва від шлаку; на видалення залишку дроту із головки автомата, зміну касети, подачу дроту в мундштук головки та інше [4]

$$T_{ш-к} = 2,1(1,1 + 1,04) = 2,4 \text{ год}$$

Норма часу складально-зварювальних робіт на одиницю виробу для зварювання під флюсом складає 2,4 год.

Норма часу виготовлення одиниці виробу складає 19,2 год .

Мінімальне значення річної програми випуску:

$$P_{\min} = 0,7 \frac{\Phi_{д.м}}{T}$$

де 0,7 – коефіцієнт використання устаткування; n – число робочих місць; T – тривалість технологічного процесу; $\Phi_{д.м}$ – дійсний річний фонд виробничого часу.

					ДП.6.131.2127ст.04.05.05.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		84

№ операції	Найменування операції	Тривалість, год
1	Складання та автоматизоване варювання під флюсом двотаврової балки	2,4
2	Складання конструкції (встановлення ребер жорсткості)	8,0
3	Приварювання ребер жорсткості (Механізоване зварювання в суміші газів)	7,5
4	Складання та ручне дугове зварювання стикового з'єднання двох частин підкранової балки	1,3

$$P_{\min} = 0,7 \frac{2050}{19,2} = 75 \text{ од}$$

Так як балка складається з двох части можна скоротити тривалість технологічного процесу за рахунок послідовно-паралельного процесу виготовлення, тобто наступна з двох суміжних операцій починається раніше, чим закінчується попередня (рис.5.2).

№ операції	Найменування операції	Тривалість, год
1	1а Складання та автоматизоване варювання під флюсом першої двотаврової балки довжиною 16 м	1,75
	1б Складання та автоматизоване варювання під флюсом першої двотаврової балки довжиною 6 м	0,65
2	2а Складання конструкції (встановлення ребер жорсткості на двотаврову балку довжиною 16 м)	5,8
	2б Складання конструкції (встановлення ребер жорсткості на двотаврову балку довжиною 16 м)	2,2
3	Приварювання ребер жорсткості (Механізоване зварювання в суміші газів)	7,5
4	Складання та ручне дугове зварювання стикового з'єднання двох частин підкранової балки	1,3

					ДП.6.131.2127ст.04.05.05.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		85

Рисунок 5.1 Графік тривалості операцій при послідовному процесі виготовлення

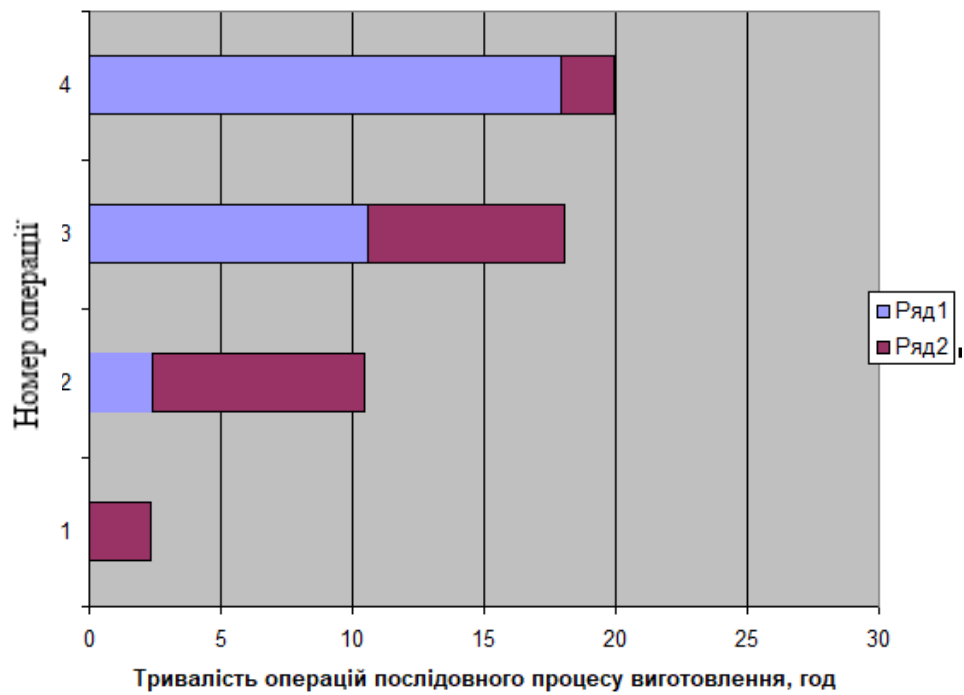
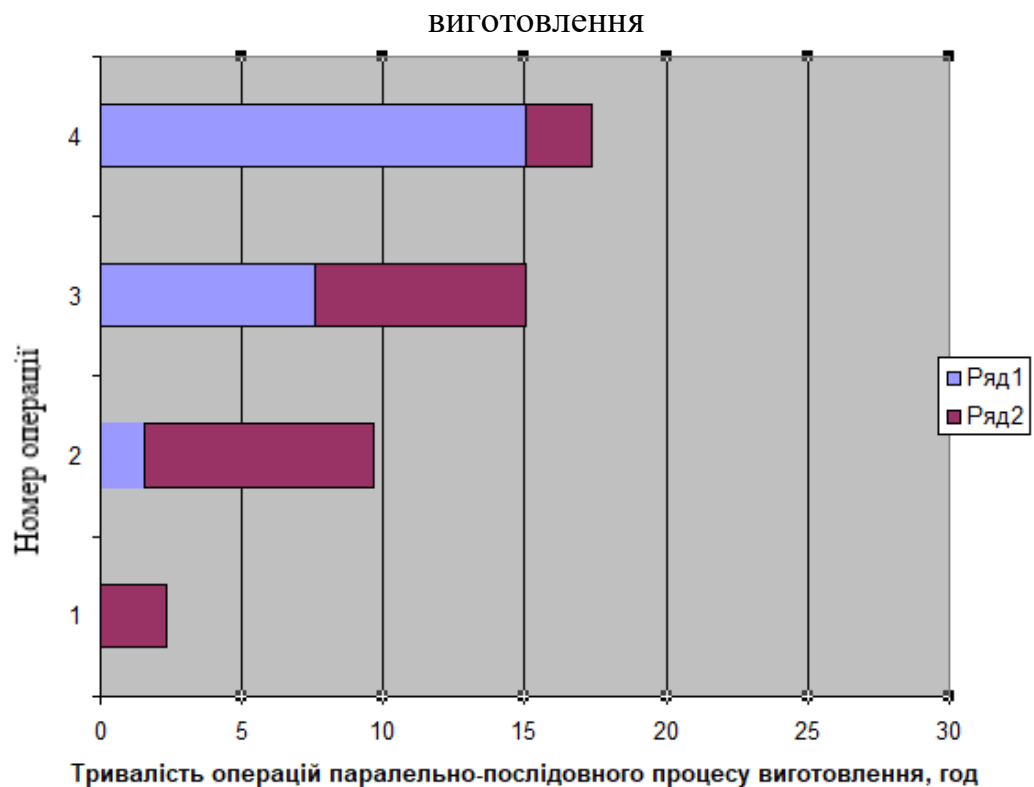


Рисунок 5.2 Графік тривалості операцій при паралельно-послідовному процесі виготовлення



Розрахуємо річну програму випуску при тривалості техпроцесу 16,3 год

$$П_{\min} = 0,7 \frac{2050}{16,3} = 90$$

Річну програму випуску приймаємо 90 штук.

					ДП.6.131.2127ст.04.05.05.ПЗ	Арк
						86
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Повні витрати електроенергії 120 кВт·год

Витрати на основний матеріал:

$$C_0 = P_0 \times \Pi_0 = 2,95 \times 18500 = 54575 \text{ грн}$$

Витрати на зварювальні матеріали:

Витрати на електрод Filarc 48:

$$C_1 = P_1 \times \Pi_1 = 1,73 \times 125 = 216,34 \text{ грн}$$

Витрати на електродний дріт ø1,2 мм ОК Autrod 12.50:

$$C_2 = P_2 \times \Pi_2 = 12,4 \times 83 = 1029,20 \text{ грн}$$

Витрати на електродний дріт ø3,0 мм ОК Autrod 12.10:

$$C_3 = P_3 \times \Pi_3 = 21,6 \times 196 = 4233,00 \text{ грн}$$

Витрати на газову суміш M21 (82% Ar + 18% CO2):

$$C_4 = P_4 \times \Pi_4 = 19,8 \times 20 = 19,8 \times 20 = 396,00 \text{ грн}$$

Витрати на флюс ОК Flux 10.81:

$$C_5 = P_5 \times \Pi_5 = 24,4 \times 3,8 = 92,72 \text{ грн}$$

Загальні витрати на зварювальні матеріали

$$C_m = \sum C_{mi} = 5967,42 \text{ грн}$$

Витрати на основну заробітну плату виконавця будь-якої i -ої технологічної операції C_{pri} розраховуються за формулою:

$$C_{pri} = T_p \times \Gamma_{ст}, \quad (7.6)$$

де T_p – трудомісткість виконання (складання, зварювання, зачищення тощо) зварного виробу, н-год; $\Gamma_{ст}$ – середня годинна тарифна ставка робітника відповідної професії, грн/год.

Повні витрати на заробітну плату для виконання кожної i -ої операції мають бути розраховані з урахуванням рівня додаткової зарплати і відрахувань від заробітної плати, а загальні витрати на оплату виробничих працівників визначаються як

$$C_{пр} = \sum_i^n C_{npi}^n, \quad (5.7)$$

					ДП.6.131.2127ст.04.05.05.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		87

де C_{npi}^n – повні витрати на заробітну плату для виконання i -ої операції, n – число операцій технологічного процесу.

Амортизаційні відрахування від кожного виду обладнання C_{ai} та відрахування на поточний ремонт C_{pi} визначаються за наступними формулами:

$$C_{ai} = \frac{\Sigma B_i \times H_{ai}}{100} \quad (5.8)$$

$$C_{pi} = \frac{\Sigma B_i \times H_p}{100}, \quad (5.9)$$

де B_i , H_{ai} , H_p – вартість, норма амортизаційних відрахувань та норма витрат на поточний ремонт обладнання відповідно (табл. 5.2).

Таблиця 5.2. Норми амортизаційних відрахувань та витрат на поточний ремонт обладнання, %

Групи обладнання	Норма амортизаційних відрахувань H_a	Норма відрахувань на поточний ремонт H_p
Устаткування	15...24	5
Технологічна оснастка та інструмент	6...10	

Загальні витрати на амортизацію та ремонт обладнання визначаються їх сумою.

Таблиця 5.3. Розрахунок витрат на електроенергію

Витрати на 1 виріб, кВт-год.	Річна програма випуску виробів, шт.	Витрати на річну програму, кВт-год.	Ціна одиниці, грн.	Річна вартість електроенергії, грн.
1	2	3 = 1·2	4	5 = 4·3
120	90	1080	1,22	13176

					ДП.6.131.2127ст.04.05.05.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		88

Таблиця 5.4. Розрахунок витрат на основну заробітну плату

Операція технологічного процесу	Трудовісткість виконання на 1 виріб, н-год.	Річна програма випуску виробів, шт.	Трудовісткість виконання річної програми, н-год.	Годинна тарифна ставка робочого, грн./год.	Річна сума витрат, грн.
1	2	3	4 = 2·3	5	6 = 5·4
Складання	8,4	90	756	59	44604
Зварювання	10,8	90	972	71	69012
				Разом:	113616

Таблиця 5.5. Розрахунок витрат на амортизацію обладнання

Найменування устаткування	Первинна вартість, грн.	Норма амортизації, %	Сума відрахувань, грн.
Випрямлювач ВДУ-506С	66000	15	9900
Електродотримач DE 2300 Abicor Binzel	385	15	57
Конвертор КСУ-320	48300	15	7245
Напівавтомат зварювальний «Граніт ЗУЗ»	3000	15	450
Випрямляч зварювальний ВС-632	33030	15	4955
Універсальний стан РНЖ-0820	321000	15	48150
Разом:			70757

Таблиця 5.6 Розрахунок витрат на поточний ремонт обладнання

					ДП.6.131.2127ст.04.05.05.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		89

Найменування обладнання	Вартість обладнання, грн	Рівень витрат на поточний ремонт, %	Сума витрат на поточний контроль, грн
Випрямлювач ВДУ-506С	66000	5	3300
Електродотримач DE 2300 Abicor Binzel	385		19
Конвертор КСУ-320	48300		2415
Напівавтомат зварювальний «Граніт ЗУЗ»	3000		150
Випрямляч зварювальний ВС-632	33030		1652
Універсальний стан РНІ-0820	321000		16050
Разом:			23586

Таблиця 5.7 Розрахунок загальної собівартості продукції

Найменування статей витрат	Величина,
Основний матеріал	4911750
Зварювальні матеріали	537067
Основна заробітна плата	113616
Відрахування від заробітної плати	39766
Амортизаційні відрахування	70757
Витрати на поточний ремонт	23586
Витрати на електроенергію	13176
Технологічна собівартість річного	5709718

Собівартість одиниці продукції 63441 грн.

					ДП.6.131.2127ст.04.05.05.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		90

Висновок:

Виконано розрахунок собівартості виконання складально-зварювальних робіт при виготовленні річної програми випуску підкранової балки.

Загальна собівартість річної програми випуску виробів в кількості 90 шт. складає 5709718 грн. (63441 грн/шт.)

					ДП.6.131.2127ст.04.05.05.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		91

					ДП.6.131.2127ст.04.05.ПЗ							
Змн	Лист	№ документа	Підпис	Дата								
Студент		Гайдук Р.І.			Загальні висновки				Літ		Арк	Аркушів
Керівник		Костін О.М.									92	
Консульт									НУК ім. Адм. Макарова			
Зав. кафедр.		Квасницький										

Загальні висновки

1. Дана конструкція являє собою балку з ребрами жорсткості. Для виготовлення використовується низьковуглецева низьколегована сталь СтЗсп, яка має добру зварюваність, тому можливе використання різних способів зварювання.
2. Розрахункові режими зварювання дозволяють виконувати зварювальні роботи з одержанням бездефектних з'єднань.

Спосіб зварювання по ISO 4063:2011	d _e , мм	I _{зв} , А	U _{зв} , В	v _{зв} , см/с	q _п , Дж/см
111	4	180	24	0,15	20160
111	4	160	24	0,19	14147
121	3,0	350	30	0,6	14000
135	1,2	150	27	0,5	8600

3. Розрахунок термічного циклу дозволяє отримати дані для побудови кривої на діаграмі термокінетичного розпаду аустеніту. Розрахунок і побудова показали, що твердість таврових зварних з'єднань під флюсом і в суміші газів складає 190 HV та 220 HV відповідно, що не перевищує допустимого значення 350 HV.

4. Для зварювання під флюсом таврового з'єднання стінки і полиці обраний флюс OK Flux 10.81 по ISO 14174: S A AR 1 DC H5 та електродний дріт OK Autrod12.10 по EN ISO 14171: S1. Зварювання виконується на універсальному стані для виготовлення двотаврової балки модель РНJ-0820.

Для зварювання в суміші газів використовуємо випрямляч зварювальний ВС - 632, напівавтомат зварювальний «Граніт 3У3». Випрямляч зручний і простий в роботі. Суміш газів Ar-82%, CO₂-18% по ISO 14175: M21-ArC-18 та електродний дріт OK Autrod12.50 по EN ISO 14341-A: G 42 4 M21 3 Si1.

Для ручного дугового зварювання застосовуємо випрямлювач ВДУ-506С, електродотримач DE 2300 Abicor Binzel та конвертор КСУ-320.

Був обраний електрод Filarc 48 по ISO 14172: E 7015-G.

5. Процес виготовлення балки проходить всі стадії контролю: вхідний, поопераційний, приймальний.

					ДП.6.131.2127ст.04.05.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		93

6. Основними небезпечними і шкідливими чинниками при складанні та зварюванні секції є: електричний струм, вибух газів, пожежі, травми, опроміння, отруєння. У даній роботі розроблені заходи щодо запобігання враження електричним струмом. Розрахована економічна собівартість виготовлення конструкції.

					ДП.6.131.2127ст.04.05.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		94

ЛІТЕРАТУРА:

1. **Бугаєнко Б.В., Сагань В.Я.** Технологічні процеси зварювального виробництва: Методичні вказівки до виконання курсового проекту. - Миколаїв: НУК, 2010.- 53 с.
2. **Голобородько Ж.Г.** Основи технології дугового зварювання суднових конструкцій: навчальний посібник [Текст] / Ж.Г. Голобородько, С.В. Драган, В.В. Квасницький; під заг. ред. С.В. Драгана. - Миколаїв: НУК, 2013. - 380 с.
3. **Драган С.В.** Джерела живлення для зварювання плавленням: навчальний посібник [Текст] / С.В. Драган - Миколаїв: УДМТУ, 2002. - 320 с.
4. **Драган С.В.** Технологія зварювання суднових корпусних конструкцій (проектування і організація): навчальний посібник [Текст] / С.В. Драган, Ж.Г. Голобородько, І.В. Сімутенков - Миколаїв: НУК, 2017. - 328 с.
5. **Єрмолаєв Г.В.** Міцність зварних з'єднань: підручник. [Текст] / Г.В. Єрмолаєв. - Миколаїв: НУК, 2007. - 220 с.
6. **Костін О.М.** Зварювальні матеріали: навчальний посібник [Текст] / О.М. Костін. - Миколаїв: НУК, 2004. - 225 с.
7. **Кривов Г.О.** Виробництво зварних конструкцій: підручник для студентів вищих навчальних закладів [Текст] / Г.О. Кривов, К.О. Зворикін. - К.: КВІЦ, 2012.- 896 с.
8. **Куркин С.А.** Технология. Механизация и автоматизация производства сварных конструкций: Атлас: учеб, пособие для студентов машиностроительных вузов [Текст] / С. А. Куркин, В. М. Ховов, А. М. Рыбачук. - М.: Машиностроение, 1989. - 328 с.
9. **Лебедев В.К.** Автоматизация сварочных процессов [Текст] /. Под ред. В.К. Лебедева, В.П. Черныша. - К.: Вища школа, Головное изд-во - 1986.-296 с.
10. **Лебедев Ю.М.** Розрахунки теплових процесів при зварюванні: методичні вказівки до виконання курсової роботи. [Текст] / Ю.М. Лебедев, В.Ф. Лебедева, С.А. Лой. - Миколаїв: НУК, 2007 - 64 с.
11. Методичні вказівки до виконання випускної кваліфікаційної роботи бакалавра за напрямом підготовки 6.050504 "Зварювання" / С.В. Драган, Г.В. Єрмолаєв, Ж.Г. Голобородько, М.В. Матвієнко, С.А. Лой, В.Я. Сагань. - Миколаїв : НУК, 2015. - 69

					ДП.6.131.2127ст.04.05.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		95

12. Расчеты в дипломных проектах по технологии и оборудованию сварочного производства: учебное пособие [Текст] / Под ред. В.Ф. Квасницкого. - Николаев: НКИ, 1991. - 89 с.

13.Шоршоров, М.Х. Фазовые превращения и изменение свойств стали при сварке: атлас [Текст] / М.Х. Шоршоров, В.В. Белов - М.: Наука, 1972. - 220 с.

14. Щедролосев, О.В. Методичні рекомендації до виконання розділу “Охорона праці” у бакалаврських випускних роботах (проектах) [Текст] / О.В. Щедролосев, ГВ. Додонова, А.М. Мозговий, В.В. Савельев. - Миколаїв: НУК, 2012.-28

15. <https://fmf.kpi.ua/> Дата звертання -15.03.2021

16.<https://vsysvarka-ru.translate.goog/konvertor-svarochnyj-ksu-320-mma-s-funktsiej-bsn>

					ДП.6.131.2127ст.04.05.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		96

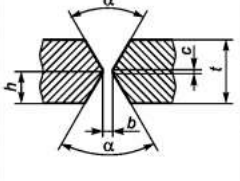
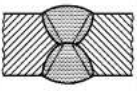
Перелік графічної частини:

1. Складальне креслення.
2. Порядок складання і зварювання підкранової балки.
3. Розрахунок параметрів режимів зварювання.
4. Параметри режимів зварювання.
5. Розрахунок термічного циклу.
6. Аналіз очікуваної структури і деформацій
7. Етапи виготовлення двотавра.
8. Економічна частина
9. Розрахунок собівартості продукції.

					ДП.6.131.2127ст.04.05.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		97

СПЕЦИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СВАРКИ Welding Procedure Specification (WPS)	WPS №111-2
---	-------------------

Предприятие(изготовитель): Yard or Manufactured	Редакция: Revisions	01
Способ сварки: Welding process(es)	111	Дата: Date
Вид сварки: Welding Type(s)	Manual	Соединение: Joint type
Конструктивные элементы подготовки кромок: Dimansioning of clearing	2.5.1 to ISO 9692-1:2013	09/03/2021 BW(butt weld)

№ п/п	Толщина материала t, мм	Тип подготовки	Обозначение (в соответствии с [1])	Поперечное сечение	Размеры				Рекомендуемый сварочный процесс (№ в соответствии с [2])	Изображение сварного шва	Примечания
					Угол ^a α, β	Зазор ^b b, мм	Размер притупления c, мм	Глубина обработки кромок h, мм			
2.5.1	> 10	С двусторонним V-образным скосом кромок	X		α ≈ 60°	1 ≤ b ≤ 3	≤ 2	≈ t / 2	111 141		-
					40° ≤ α ≤ 60°				13		

Способ подготовки кромок: Method of groove preparation	Machining	Наличие подкладок: Backing	N/A
Требования по зачистке кромок: Requirements to groove cleaning	Milling	Материал подкладок: Backing material	N/A
Основной металл: Base material	Ст3сп		
Категория и марка: Grade and Trade mark	group 1.1 ISO/TR 15608		
Диапазон толщин: Thickness range	10,0 mm		

СВЕДЕНИЯ О СВАРОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ
Details of welding consumables

Присадочные материалы: Filler products:	Марка Trade mark	Категория Grade	Классификация Classification	Диаметр, мм Diameter, mm
	-	-	-	-

Просушка или прокатка:
Any special baking or drying:

Вспомогательные материалы: Auxiliary materials	Защитный газ или флюс Shielding gas or flux	Тип или марка Type or Trade mark	Расход газа, л/мин Gas flow rate, l/min	
			Защитного Shield	Поддув с обратной стороны Backing purge
	-	-	-	-

Просушка или прокатка флюса:
Flux baking or drying:

Тип электрода, проволоки: Electrode type:	Марка Trade mark	Категория Grade	Классификация Classification	Диаметр, мм Diameter, mm
	Filarc 48	ISO 14172: E 7015-G	AWS A5.5	4

Другая информация:
Other information

СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ
Details of welding sequence

Положение при сварке
Welding position

РЕЖИМЫ СВАРКИ
ELECTRICAL CHARACTERISTICS

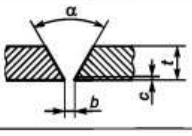
Номер прохода	Диаметр электрода, мм Size of filler metal, mm	Ток, А Amperage, A	Напряжение, В Voltage, V	Скорость сварки, см/мин Travel speed, sm/min	Скорость подачи проволоки, см/мин Wire speed, sm/min	Погонная энергия, кДж/см Heat input, kJ/sm
1	3	100	22	7,0	-	9,5
2	4	160	24	11,4	-	14,2

Оценка качества сварного соединения по ISO 5817
Evaluation of the weld quality should be to ISO 5817

уровень C, Правила BV NR 216, Январь 2021
level C, Rules BV NR 216, January 2021

СПЕЦИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СВАРКИ Welding Procedure Specification (WPS)	WPS №111-1
---	-------------------

Предприятие(изготовитель): Yard or Manufactured	Редакция: Revisions	01
Способ сварки: Welding process(es)	111	Дата: Date
Вид сварки: Welding Type(s)	Manual	09/03/2021
Конструктивные элементы подготовки кромок: Dimansioning of clearing	2.2 to ISO 9692-1:2013	Соединение: Joint type
		BW(butt weld)

№ п/п	Толщина материала t, мм	Тип подготовки	Обозначение (в соответствии с [1])	Поперечное сечение	Размеры				Рекомендуемый сварочный процесс (№ в соответствии с [2])	Изображение сварного шва	Примечания
					Угол α , °	Зазор b, мм	Размер притупления c, мм	Глубина обработки кромок h, мм			
2.2	$3 \leq t \leq 40$	С V-образным скосом кромок			$\alpha \approx 60^\circ$ $40^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	≤ 3	≤ 2	-	111 141 13		С выполнением подварочного шва

Способ подготовки кромок: Method of groove preparation	Machining	Наличие подкладок: Backing	N/A
Требования по зачистке кромок: Requirements to groove cleaning	Milling	Материал подкладок: Backing material	N/A
Основной металл: Base material	Ст3сп		
Категория и марка: Grade and Trade mark	group 1.1 ISO/TR 15608		
Диапазон толщин: Thickness range	16,0 mm		

СВЕДЕНИЯ О СВАРОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ
Details of welding consumables

Присадочные материалы: Filler products:	Марка Trade mark	Категория Grade	Классификация Classification	Диаметр, мм Diameter, mm
	-	-	-	-

Просушка или прокалка:
Any special baking or drying:

Вспомогательные материалы: Auxiliary materials	Защитный газ или флюс Shielding gas or flux	Тип или марка Type or Trade mark	Расход газа, л/мин Gas flow rate, l/min	
			Защитного Shield	Поддув с обратной стороны Backing purge
	-	-	-	-

Просушка или прокалка флюса:
Flux baking or drying:

Тип электрода, проволоки: Electrode type:	Марка Trade mark	Категория Grade	Классификация Classification	Диаметр, мм Diameter, mm
	Filarc 48	ISO 14172: E 7015-G	AWS A5.5	4

Другая информация:
Other information

СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ
Details of welding sequence

Положение при сварке
Welding position

РЕЖИМЫ СВАРКИ
ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Номер прохода	Диаметр электрода, мм Size of filler metal, mm	Ток, А Amperage, A	Напряжение, В Voltage, V	Скорость сварки, см/мин Travel speed, sm/min	Скорость подачи проволоки, см/мин Wire speed, sm/min	Погонная энергия, кДж/см Heat input, kJ/sm
1	3	100	22	7,0	-	9,5
2	4	180	24	9,0	-	20,2
3	4	180	24	9,0	-	20,2
4	4	180	24	9,0	-	20,2

Оценка качества сварного соединения по ISO 5817
Evaluation of the weld quality should be to ISO 5817

уровень C, Правила BV NR 216, Январь 2021
level C, Rules BV NR 216, January 2021

СПЕЦИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СВАРКИ Welding Procedure Specification (WPS)	WPS №121
---	----------

Предприятие(изготовитель):
Yard or Manufactured

Редакция:
Revisions

02

Способ сварки:
Welding process(es)

121

Дата:
Date

09/03/2021

Вид сварки:
Welding Type(s)

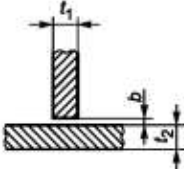
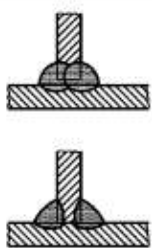
Automatic

Соединение:
Joint type

TW(tee weld)

Конструктивные элементы подготовки кромок:
Dimansioning of clearing

4.1.3
to ISO 9692-2:2013

Тип подготовки	Обозначение в соответствии с [1]]	Поперечное сечение	Размеры		Рекомендуемый сварочный процесс* (№ в соответствии с [2])	Изображение сварного шва
			Угол α	Зазор b , мм		
Без скоса кромок			-	≤ 2	3 111 13 141	

Способ подготовки кромок:
Method of groove preparation

Machining

Наличие подкладок:
Backing

N/A

Требования по зачистке кромок:
Requirements to groove cleaning

Milling

Материал подкладок:
Backing material

N/A

Основной металл:
Base material

Ст3сп

Категория и марка:
Grade and Trade mark

group 1.1
ISO/TR 15608

Диапазон толщин:
Thickness range

From 10,0 mm to 16,0 mm

СВЕДЕНИЯ О СВАРОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ Details of welding consumables

Присадочные материалы: Filler products:	Марка Trade mark	Категория Grade	Классификация Classification	Диаметр, мм Diameter. mm
	-	-	-	-

Просушка или прокатка:
Any special baking or drying:

-

Вспомогательные материалы: Auxiliary materials	Защитный газ или флюс Shielding gas or flux	Тип или марка Type or Trade mark	Расход газа, л/мин Gas flow rate, l/min	
			Защитного Shield	Поддув с обратной стороны Backing purge
	OK Flux 10.81	ISO 14174: S A AR 1 DC H5	-	-

Просушка или прокатка флюса:
Flux baking or drying:

Тип электрода, проволоки: Electrode type:	Марка Trade mark	Категория Grade	Классификация Classification	Диаметр, мм Diameter. mm
	OK Autrod12.10	EN ISO 14171: S1	AWS A5.17: EL 12	3

Другая информация:
Other information

N/A

СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ Details of welding sequence

Положение при сварке
Welding position

ISO 6947: PB

РЕЖИМЫ СВАРКИ ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Номер прохода	Диаметр электрода, проволоки, мм Size of filler metal, mm	Ток, А Amperage, A	Напряжение, В Voltage, V	Скорость сварки, см/мин Travel speed, sm/min	Скорость подачи проволоки, см/мин Wire speed, sm/min	Погонная энергия, кДж/см Heat input, kJ/sm
1	3,0	350	30	36	168	14

Оценка качества сварного соединения по ISO 5817
Evaluation of the weld quality should be to ISO 5817

уровень C, Правила BV NR 216, Январь 2021
level C, Rules BV NR 216, January 2021

СПЕЦИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СВАРКИ

Welding Procedure Specification (WPS)

WPS №135

Предприятие(изготовитель):
Yard or Manufactured

Редакция:
Revisions

03

Способ сварки:
Welding process(es)

135

Дата:
Date

09/03/2021

Вид сварки:
Welding Type(s)

Semi- Automatic

Соединение:
Joint type

TW(tee weld)

Конструктивные элементы подготовки кромок:
Dimansioning of clearing

3.10
to ISO 9692-3:2013

Сварной шов				Подготовка соединения						Рекомен- дуемый свар- очный процесс ^c	Примечания
№ ^a	Тол- щина детали t, мм	Тип под- готовки	Обоз- начение ^b	Изображение сварного шва	Поперечное сечение	Угол α, β	Зазор b, мм	Размер притуп- ления c, мм	Другие размеры, мм		
3.10	—	T-образное односторон- нее без скоса краюк				$\alpha \geq 90^\circ$	$b \leq 2$	—	—	141 131	—
—	—	T-образное двусторон- нее без скоса краюк				$\alpha \geq 90^\circ$	$b \leq 2$	—	—	141 131	—

Способ подготовки кромок:
Method of groove preparation

N/A

Наличие подкладок:
Backing

N/A

Требования по зачистке кромок:
Requirements to groove cleaning

N/A

Материал подкладок:
Backing material

N/A

Основной металл:
Base material

Ст3сп

Категория и марка:
Grade and Trade mark

group 1.1
ISO/TR 15608

Диапазон толщин:
Thickness range

From 5,0 mm to 16,0 mm

СВЕДЕНИЯ О СВАРОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ
Details of welding consumables

Присадочные материалы: Filler products:	Марка Trade mark	Категория Grade	Классификация Classification	Диаметр, мм Diameter, mm
	—	—	—	—

Просушка или прокатка:
Any special baking or drying:

—

Вспомогательные материалы: Auxiliary materials	Защитный газ или флюс Shielding gas or flux	Тип или марка Type or Trade mark	Расход газа, л/мин Gas flow rate, l/min	
			Защитного Shield	Поддув с обратной стороны Backing purge
	Ar-82% CO ₂ -18%	ISO 14175: M21-ArC-18	—	—

Просушка или прокатка флюса:
Flux baking or drying:

Тип электрода, проволоки: Electrode type:	Марка Trade mark	Категория Grade	Классификация Classification	Диаметр, мм Diameter, mm
	OK Autrod12.50	EN ISO 14341-A : G 42 4 M21 3 Si1	AWS A 5.18 : ER70S-6	1,2

Другая информация:
Other information

N/A

СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ
Details of welding sequence

Положение при сварке
Welding position

ISO 6947: PF, PG, PE, PB

РЕЖИМЫ СВАРКИ

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Номер прохода	Диаметр электрода, мм Size of filler metal, mm	Ток, А Amperage, A	Напряжение, В Voltage, V	Скорость сварки, см/мин Travel speed, sm/min	Скорость подачи проволоки, см/мин Wire speed, sm/min	Погонная энергия, кДж/см Heat input, kJ/sm
1	1,2	150	27	30	366	8,6

Оценка качества сварного соединения по ISO 5817
Evaluation of the weld quality should be to ISO 5817

уровень C, Правила BV NR 216, Январь 2021
level C, Rules BV NR 216, January 2021