

РЕФЕРАТ

Дипломна робота магістра на тему: «Обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення баку для збирання промислових відходів та дослідження якості зварних з'єднань» сформована у вигляді:

- роз'яснювально-обрахункової записки об'ємом _____ аркушів форматом А4, яка складається із чотирьох основних частин (аналітичної, дослідницько-наукової, технологічної та конструкторської) та охорони праці й безпеки в надзвичайних ситуаціях;
- та супровідно-графічної частини об'ємом __ аркушів формату А1.

Для більш повного та максимально зрозумілого викладення матеріалу даної магістерської роботи, пояснювальна записка містить рисунків, _____ таблиць та додатки. При написанні роз'яснювально-обрахункової записки використано _____ літературних джерел.

В першій частині роботи проаналізовано виріб, його експлуатаційне призначення, а спосіб та технологію його виготовлення баку для відходів. Встановлено деякі технологічні недоліки та застарілість частини обладнання устаткування.

Даною роботою обґрунтовано вдосконалення технологій дослідження якості виготовленого виробу та підбору більш модернізованого та сучасного обладнання й устаткування для виготовлення контейнера баку для збирання промислових відходів.

Ключові слова: БАК ДЛЯ ВІДХОДІВ, РУЧНЕ ДУГОВЕ ЗВАРЮВАННЯ, ЕЛЕКТРОД, НАПІВАВТОМАТ, ЗАХИСНИЙ ГАЗ, ЗВАРЮВАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	
1.1 Зовнішній вигляд та призначення баку для відходів.....	
1.2 Характеристика матеріалу виготовлення контейнера	
1.3 Технічні умови для виготовлення даного виробу	
1.4 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення контейнера	
2 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА	
2.1 Вплив легуючих і мікролегуєчих елементів на зварюваність.....	
2.2 Кінетичні дослідження фазових перетворень аустеніту в металі ПШЗ та вплив карбідних фаз на розмір його зерна	
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	
3.1 Вибір та обґрунтування способу зварювання	
3.2 Розрахунок параметрів режиму зварювання кутового і напусткового шва	
3.3 Вибір зварювальних матеріалів	
3.4 Вибір зварювального обладнання	
3.5 Вибір методу контролю якості зварних швів баку	
4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	
4.1 Вибір типу пристосувань	
4.2 Обґрунтування вибору баз при виготовленні баку	
4.3 Опис роботи та розрахунок пристосувань	
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	
5.1 Розрахунок виробничого освітлення в цеху	
5.2 Запобіжні заходи при хімічній аварії на підприємстві	
5.3 Запобіжні заходи при пожежах та вибухах на підприємстві	
ВИСНОВКИ	
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	
ДОДАТКИ	

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку промисловості прогрес в розвитку зварювальних процесів можливий лише при максимальному рівні автоматизації та механізації. Оскільки автоматизування процесу виготовлення нероз'ємних з'єднань шляхом зварювальних методів підвищує динаміку виготовлення в кілька разів то слід велику увагу приділяти саме розвитку в цьому напрямку.

Автоматизація зварювання має на меті повне чи часткове переналагоджування значної кількості зварювального обладнання на автоматичний режим роботи, тобто впровадження у виробництво ряду пристроїв, які матимуть можливість виконувати задані операції без будь якої участі обслуговуючого техника.

Умовно всі пристрої, які діють без безпосередньої участі людини, можна поділити на два класи: зварювальні автомати (чи напівавтомати) і автоматичні системи (так звані - регулятори).

При використанні автоматів періодичне завантаження виробів, заміна частин інструменту, контроль і коректування налагоджень виконуються по ходу виконання роботи або взагалі автоматично; Зупинка обладнання буває потрібна лише для часткового налагодження або переналагодження.

У випадку застосування напівавтоматів для повторення процесу, встановлення заготовок, зняття готового виробу і запуску необхідне втручання людини.

Автоматичні системи (чи регулятори) підтримують незмінними або змінюють по заданому закону фізичні величини в технічних пристроях або технологічному процесі без участі оператора-зварювальника.

В останні роки застосовують робототехнічні комплекси - автомати, які характеризуються різноманітністю виконуваних операцій і значною мобільністю.

Роботи - це універсальні автоматичні маніпулятори з програмним керуванням, що призначені для відтворення керівних і рухових функцій людини, які володіють здатністю до адаптації.

Автоматизоване та механізоване обладнання об'єднують в так звані групи.

Одну з них представляє автоматична лінія - виробнича дільниця, яка спеціалізується на виконанні однієї чи декількох однотипних операцій заданого технологічного процесу виготовлення виробів.

Автоматична лінія складається з кількох чи цілої групи верстатів-автоматів, об'єднаних загальною системою керування та загальними транспортними пристроями налаштованими на єдиний темп роботи.

На заводах із виробництва автомобілів, тракторів, сільськогосподарських машин, вагонів, локомотивів, літаків чи навіть товарів народного споживання на автоматичних лініях в якості верстатів-автоматів застосовують автоматизовані машини для контактного зварювання.

Автоматизовані дугові електро-зварювальні установки використовують в поточно-механізованих чи автоматичних лініях з виробництва труб та виробів важкого машинобудування.

Відомо кілька десятків способів зварювання та їх різновидів. Навіть неповне їх перерахування переконливо показує широкі технологічні можливості для застосування цього процесу в різних галузях машинобудування.

Висока якість роботи зварювального устаткування безпосередньо пов'язана з останніми досягненнями в областях радіоелектроніки, електротехніки, оптики, автоматики, мікропроцесорної та обчислювальної техніки.

В даний час серійний випуск автоматизованого зварювального обладнання, інверторних джерел живлення з мікропроцесорами в схемі керування успішно налагоджений цілою плеядою зарубіжних фірм, таких

як: Lincoln Elektrik, Miller (США), Cloos, EWM (Німеччина), ESAB (Швеція), Kemppi (Фінляндія), Fronius (Австрія) та багатьма іншими.

Ці розробки можна віднести до зварювального обладнання нового покоління, що характеризується надзвичайною швидкістю та багатофункціональністю у вирішенні технологічних завдань, гнучкістю перебудови і вибором робочих програм, зручністю регулювання і візуалізацією параметрів режиму зварювання, малими габаритами і високими технологічною та експлуатаційною надійністю.

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Зовнішній вигляд та призначення баку для відходів

Зварюваний виріб являє собою металевий ящик призматичної форми з квадратними основами, призначений для збирання твердих відходів будь якого типу.

Загальний вигляд виробу представлено на рисунку 1.1



Рисунок 1.1- Металевий контейнер для збирання промислових відходів

На рисунку 1.2 приведено 3д модель спроектованого контейнера

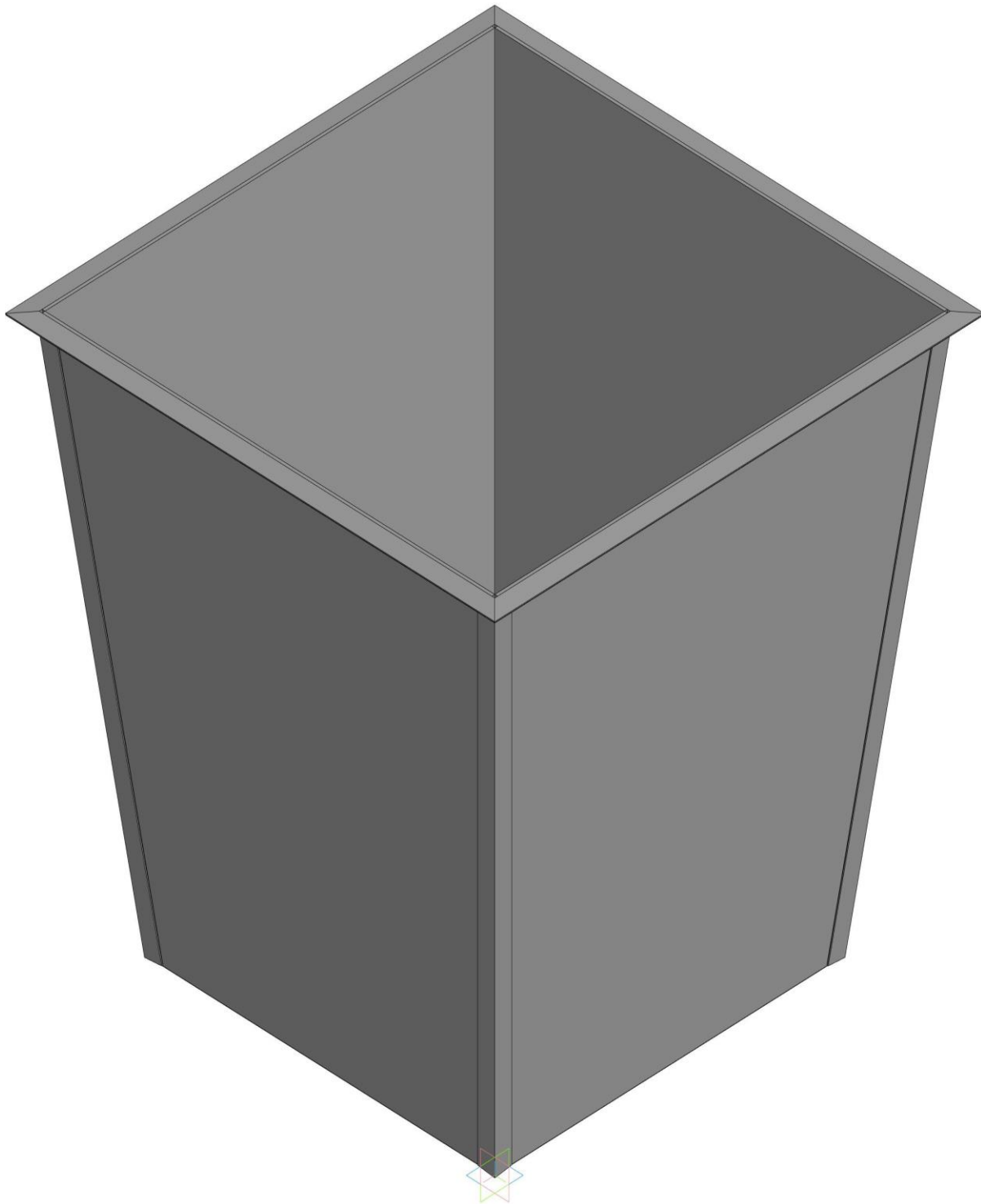


Рисунок 1.2 – 3Д модель спроектованого контейнера для зберігання
твердих відходів.

Для вирішення повсякденних питань збору та зберігання різноманітних відходів використовуються баки для сміття. Сміттеві контейнери призначені для збору, в першу чергу, побутових відходів, в тому числі харчових, але можуть використовуватись і для металобрухту, рідких відходів і будь-якого виду сміття невеликого обсягу.

1.2 Характеристика матеріалу виготовлення контейнера

Контейнер для збирання промислових відходів являє собою конструкцію, виготовлену з профільного листового прокату-сталі ВСт-3сп згідно ГОСТ 380-71 та зміцнену в місцях основних з'єднань кутниками з тієї ж сталі.

Основна конструкція зварюється з елементів, виготовлених із сталюого прокату ВСт3-сп, яка відноситься до конструкційних та маловуглецевих сталей.

При проектуванні конструкції, необхідно звертати велику увагу на вибір матеріалу з метою одержання якомога меншої маси, використовувати по можливості міцні матеріали.

Найбільш відповідальними критеріями вибору матеріалу та способів виготовлення металевої конструкції є механічні властивості основного металу, та металу зварних з'єднань, а також їх технологічна довговічність.

Сталь звичайної якості марки ВСт3сп постачається без термічного оброблення, лише з гарантованим хімічним складом та заданими механічними властивостями. Таку сталь одержують потрібним розкисленням (марганцем, кремнієм та алюмінієм) тому вона містить не більше 0.045% Si, сірка та фосфор розподілені тут рівномірніше ніж в сталях типу *кп* чи *пс*.

Також одним з достоїнств цієї сталі є її менша схильна до старіння та порівнянно низька реакція на термічний цикл нагрівання.

Виготовлені з такої сталі конструкції не потребують повторного термічного оброблення. Ця сталь постачається (за ГОСТ 380-71) з наступним хімічним складом та заданими механічними властивостями, що приведені в таблицях 1.1 та 1.2 відповідно.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі ВСтЗсп за ГОСТ 380-71, %
[1,с.24]

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	0,045	0,30	0,30	0,30	-

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі ВСтЗсп за ГОСТ 380-71
[1, с. 24]

Межа міцності σ_b , МПа	Межа текучості $\sigma_{0,2}$, МПа	Відносне видовження $\delta_{0,2}$,%
370-480	245	26

Однією з важливих, з точки зору можливості використання для виготовлення виробів, властивостей металів є їх зварюваність, тобто здатність утворити надійне нероз’ємне з’єднання.

За здатністю до утворення зварних з’єднань всі вуглецеві сталі можна поділити на 4 групи:

- добре зварювані (із вмістом $C \leq 0.25$);
- задовільно зварювані (із вмістом $C =$ від 0.25 до 0.35);
- обмежено зварювані (із вмістом $C =$ від 0.35 до 0.45);
- погано зварювані сталі (із вмістом $C =$ від 0.45)

Показником зварюваності металу може слугувати еквівалентний вміст вуглецю, який можна визначити не складними обрахунками за формулою:

$$C_{екв} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Ni}{10} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Cu}{15} + \frac{V}{14} + 5B, [2,с.526] \quad (1.1)$$

де символ кожного елемента, означає максимальний вміст його в металі в процентах.

$$C_{екв} = 0,22 + \frac{0,65}{6} + \frac{0,3}{24} + \frac{0,3}{10} + \frac{0,3}{5} = 0,43\%.$$

Оскільки $C_{екв} = 0,43\% < 0,45\%$, а вміст в сталі $C = 0,14 - 0,22$, то це означає, сталь відноситься до групи добре зварюваних сталей.

Технологія зварювання виробів з цієї сталі повинна мати змогу забезпечувати комплекс вимог, основними з яких є максимальна рівномірність металу зварного з'єднання з основним металом та мінімальна присутність дефектів в металі зварного шва.

Для досягнення цих вимог механічні властивості металу самого шва та пришовної зони, повинні бути не нижчі за найнижчі показники механічних властивостей основного металу.

Можливість часткового зниження міцності металу шва може бути зумовлена зменшенням вмісту вуглецю (який може вигоряти під дією температур зварювальної дуги), але це зазвичай компенсується легуванням металу зварювальної ванни марганцем і кремнієм через зварювальний дріт.

Можливе підвищення зміни швидкості охолодження металу шва призводить до його зміцнення, але одночасно й знижує рівень пластичності та ударної в'язкості. Розглянута сталь, має здатність добре зварюватись всіма способами зварювання плавленням.

1.3 Технічні умови для виготовлення даного виробу

До конструкції баку контейнера для зирання промислових чи побутових відходів деякі експлуатаційні вимоги:

- а) корпус контейнера повинен виготовлятися із добре зварюваного матеріалу (для забезпечення якості виготовлення виробу чи подальшого ремонту);
- б) обов'язкове дотримання технологічних вимог складання під зварювання з метою забезпечення дотримання геометричних та об'ємних розмірів із необхідними зазорами між стиками.

Конструкції зварних вузлів при виготовленні даного повинні забезпечувати:

- а) можливість необмеженого виконання процесу зварювання в складально-зварювальних пристосуваннях;
- б) постійний та вільний доступ до місця проведення операції зварювання;
- в) можливість максимального виконання зварювання в нижньому положенні;
- г) планування та виконання зварних швів на відповідних ділянках, які не підлягають пластичному деформуванню при переходах між технічними операціями;
- д) можливість отримання розмірів відповідних заданим в кресленнях та забезпечення їх контролювання.

Щодо вимоги до зварних з'єднань:

- а) протягом експлуатаційного періоду такі зварні з'єднання мають забезпечувати необхідну міцність та стійкість при заданому навантаженні;
- б) міцність металу виконаного шва повинна відповідати міцності всього основного металу виробу;
- в) розрахункова і фактична довжина виконаних швів не повинна бути менша за 30 мм;

Великий вплив на міцність зварного з'єднання мають різні дефекти - тріщини, кратери, непровари кореня шва, крихкість металу пришовної зони та інші. Тому виправлення дефектів виконаних зварних швів, а також заварювання дефектів основного металу конструкцій повинні

виконуватись спеціалістами електрозварювальниками, відповідної кваліфікації (розряду).

Вимоги до складання виробу під зварювання

Складання конструкції, здійснюється встановленням та нерухомою фіксацією деталей в передбаченому технологічному процесом положенні.

Воно повинно забезпечити можливість проведення якісного зварювання конструкції. Для чого необхідно:

- а) витримати задані зазори;
- б) встановити деталі чітко згідно проектного положення;
- в) закріпити деталі так, щоб унеможливити порушення взаєморозміщення деталей в процесі зварювання чи переміщення;
- г) складання деталей для зварювання повинне проводитись в спеціальних складально-зварювальних пристосуваннях;
- д) в процесі складання необхідно врахувати деформації, що можуть виникати при зварюванні виробу;
- е) складально-зварювальні прихоплення повинні виконуватись лише в передбачених технологічною документацією чи процесом місцях;
- є) після складання конструкція повинні мати необхідну для подальшого зварювання жорсткість.

Вимоги до якості

При розробленні чи вдосконаленні технологічного процесу для складання і подальшого зварювання необхідно зменшити переріз швів і ширини пришовної зони.

Задовільна якість виконуваного зварного з'єднання може бути досягнута лише за умови вільного доступу до місця зварювання та дотриманні наступних правил:

- а) виконувати зварювальні та супутні роботи лише відповідними технічній документації матеріалами;
- б) максимально уникати утворення можливих дефектів у виконуваних зварних швах та в зоні термічного впливу конструкції, та усувати їх при виявленні;
- в) контроль якості проводити максимально швидкими, точними та достовірними методами;
- г) суворо дотримуватись якості проведення складальних та зварювальних робіт.

1.4 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення контейнера

Технологічний процес зварювання контейнера для побутових та промислових відходів поділяється на стандартні заготівельні, складально-зварювальні, допоміжні, налагоджувальні та опоряджувальні операції.

Заготовки для контейнера доставляються на робоче місце. Корпус контейнера складають у спеціальному пристосуванні. Після цього виконують прихоплення по заданих точках і зварювання деталей. Зварювання проводиться в кондукторі, за допомогою методу ручного дугового зварювання та покритими електродами типу E46. Готові деталі контейнера знімаються з пристосувань і транспортують на місце складання та подальшого фінального зварювання. Контроль швів проводиться контролером-технологом.

Після складання та прихоплення вузлів контейнера, складену конструкцію переміщують в спеціальний кантувач де й виконують повне зварювання. Всі перераховані операції трудомісткі і довготривалі. Основне зварювання, як і прихоплення відбувається за допомогою ручного дугового зварювання покритим електродом.

Далі контейнер навантажувачем переміщують на ділянку проведення завершально-опоряджувальних робіт, де її зачищають від бризок металу за допомогою спеціальної шліф-машинки.

Після чого готовий виріб проходить контроль якості та переміщується для покраски та подальшого складування.

Існуючу технологію можна вдосконалити застосувавши напівавтоматичне або й автоматичне зварювання в середовищі захисних газів.

2 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

2.1 Вплив мікролегуючих і легуючих елементів на зварюваність

Для досягнення необхідного набору властивостей сталей необхідно оптимізувати їх хімічний склад і застосовувати вдосконалені технології гарячого прокатування, що можуть забезпечувати подрібнення аустенітного зерен та елементів перетвореної структури, що, в свою чергу, являється найефективнішим способом одночасного підвищення таких основних технічних характеристик як міцність, пластичність та в'язкість.

Розроблення нових сталей здійснюється з метою оптимізації міцнісних характеристик, а також для отримання економічного ефекту від їх зварюваності. В даний час мікролегування знаходить все більше застосування, у зв'язку з цим виникають питання, пов'язані з виготовленням низьколегованих сталей і їх обробкою. У хімічний склад низьколегованих сталей вводяться елементи в кількості, що не перевищує 2,5%.

Подрібнення зерна аустеніту під час гарячого прокатування можливе в результаті рекристалізації (динамічної або статичної), а також фрагментації, причому для кожного структуроутворюючого механізму характерні свої температурно-деформаційні умови.

Міграція границь і зростання зерен аустеніту низьковуглецевих сталей сповільнюються при додаванні до складу сотих часток відсотка ніобію. Таким чином, за рахунок спеціального мікролегування з'являється можливість впливати на подрібнення структури сталі на всіх стадіях гарячого прокатування, починаючи з рекристалізаційних процесів на перших обтисканнях при максимальних температурах і закінчуючи фрагментацією при фінальних обтисканнях на завершальній стадії прокатування

Питання створення нових композицій легування і способів виробництва сталей з більш високими механічними властивостями нерозривно пов'язані з завданнями забезпечення їх технологічно в процесі зварювання, а також підвищення властивостей всього зварного з'єднання. На основі дослідження зварюваності за різними методиками (термокінетичні діаграми, механічні властивості і структура) формують рекомендації щодо оптимізації легування для гранично допустимих режимів зварювання і за методами локальної термообробки зварних з'єднань. Надійність зварних з'єднань в значній мірі визначається властивостями металу біляшовної зони. Можливість отримання якісного зварного з'єднання з необхідними властивостями багато в чому залежить від хімічного складу сталі.

До факторів що спричиняють зміни ділянки великого зерна металу КШЗ і тим самим до погіршення ударної в'язкості, відносяться так само й розмір зерна аустеніту, що утворюється після зварювального циклу. В результаті високотемпературного зварювання при нагріванні до температури вище 1300 °С важко стримати ріст зерна аустеніту. Гальмуванню цього процесу до зазначеної температури сприяють нітриди і карбонітриди мікролегуючих елементів.

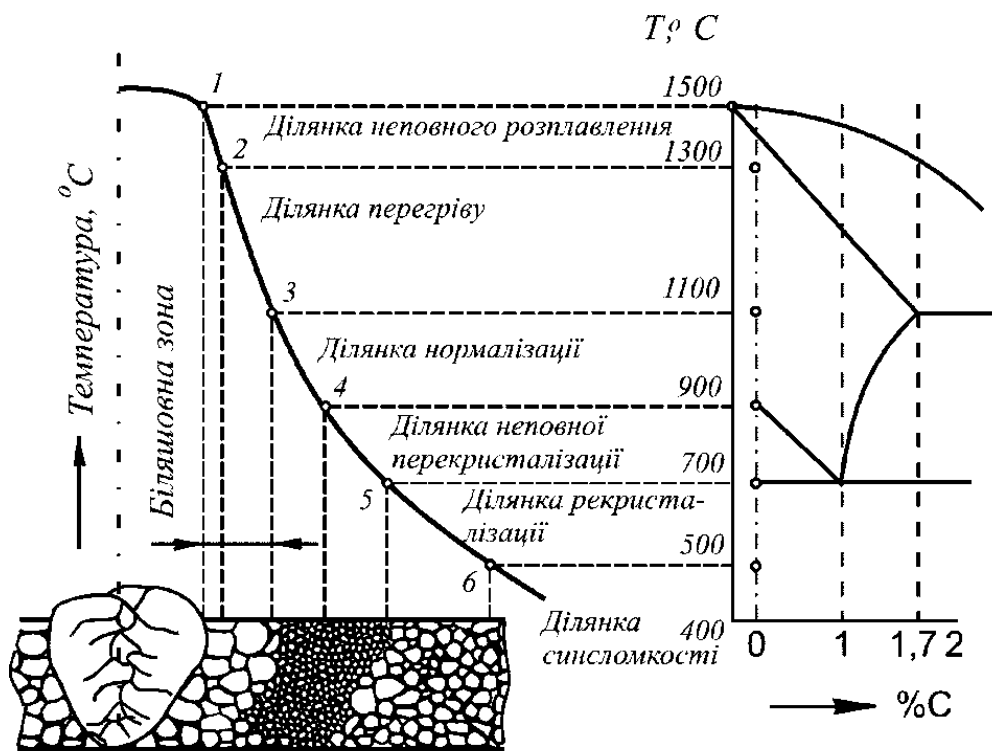


Рисунок 2.1 – Основні ділянки зони термічного впливу металу при однопрохідному зварюванні

Однак, при підвищенні температури нагрівання також відбувається розчинення й більшості карбідних частинок.

Термодинамічні розрахунки проводили за допомогою програми MatCad, які вказують на те, що частинки будуть розчинитися при температурі 670 °C.

Розглянемо вплив легуючих елементів на зварюваність. Вуглець та всі основні легуючі елементи негативно впливають на зварюваність. Однак, вміст різних легуючих елементів в сталі, коли починається погіршення зварюваності різний і залежать від рівня легування сталі іншими елементами. Підвищення вмісту вуглецю в нелегованій сталі до 0,15% C покращує зварюваність за рахунок того, що при цьому обмежується ріст зерна фериту. В нелегованій і низьколегованій сталі вміст до 0,25% C трохи погіршує зварюваність.

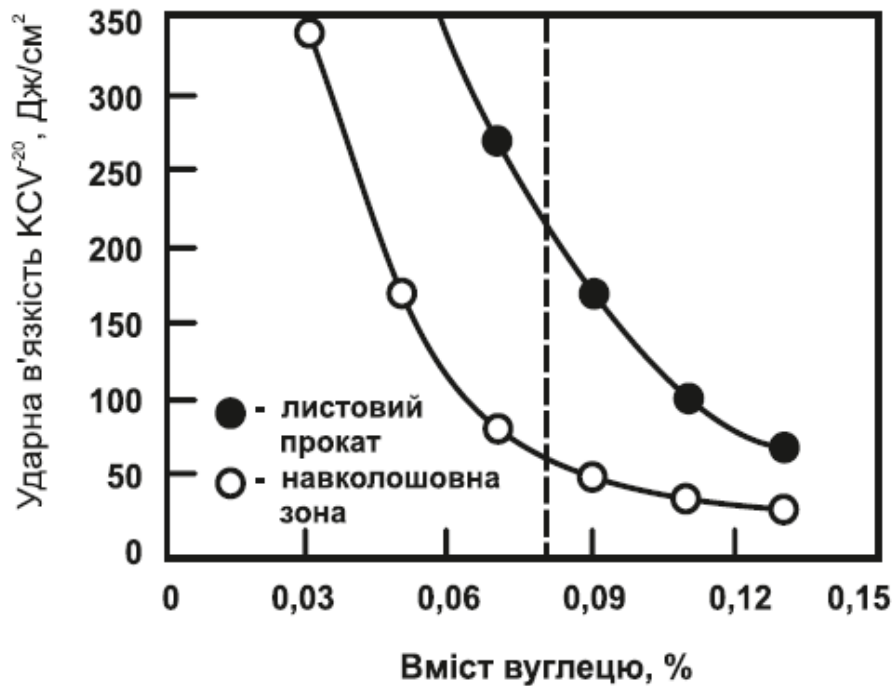


Рисунок 2.5 Вплив вмісту вуглецю на ударну в'язкість листового прокату і металу КШЗ при зварюванні

Негативний вплив вуглецю на зварюваність пов'язаний з підвищенням схильності сталі до утворення холодних тріщин та підвищенням крихкості металу КШЗ. Підвищення вмісту вуглецю в сталі збільшує об'ємні зміни при охолодженні, що приводить до утворення нерівноважних структур.

Найвищий рівень роботи удару, згідно різних літературних джерел, спостерігається при температурах нагрівання від 900 до 1100 °С, але він зменшується в інтервалі температур 1200°С - 1400 °С.

Вплив марганцю на зварюваність також пов'язаний з вмістом вуглецю в сталі - чим вищий вміст вуглецю, тим негативніший вплив марганцю на зварюваність.

При вмісті в сталях 0,10% С зварюваність сталей можна вважати хорошою, якщо вони містять до 2,5% марганцю. При більш високому вмісті вуглецю приблизно 0,25% хорошу зварюваність здатні забезпечувати сталі із вмістом марганцю в межах 1,7-1,8%.

Зменшення вмісту вуглецю на кожен 0,01% слід компенсувати збільшенням масової частки марганцю на 0,2%.

Кремній, при введенні в низьколеговані сталі, на зварюваність негативно практично не впливає, хоча деякий негативний вплив кремнію може бути пов'язаний із його здатністю зміцнювати ферит та сприяти неоднорідності в розподілі вуглецю.

Найбільшою ударною міцністю володіє сталь без ванадію, яка при його підвищенні до 0,047% зменшується. Однак, коли рівень вмісту ванадію наближається до 0,10%, ударна міцність різко падає до 50 Дж. Такі дані вказують на те, що додавання в сталь 0,05% ванадію дає хороші властивості в металі КШЗ, а подальше збільшення вмісту ванадію до 0,11% часто призводить до зниження механічних властивостей.

Також негативно впливають на зварюваність молібден і вольфрам. Безпечний вміст їх для позитивного впливу на зварюваність не повинен перевищувати 0,5% .

Мікролегування бором покращує зварюваність підвищуючи показники ударної в'язкості металу ЗТВ. Позитивний вплив бору виявляє себе практично при всіх видах зварювання, що забезпечують швидкість охолодження вищу за 5 °С/с, тобто при автоматичному зварюванні під шаром флюсу, ручному дуговому та при зварюванні в середовищі захисних газів. Бор відомий як ефективний легуючий елемент, який підвищує прогартовуваність у високоміцних трубних низьколегованих сталях. Таким чином, оскільки зменшення використання легуючих елементів економічно вигідне то попит на мікролегування бором зростає, адже при мінімальному додаванні бору вміст інших легуючих елементів можуть бути знижені. Але не слід також забувати що підвищуючи прогартовуваність, бор може сегрегуватись на границях зерен.

2.2 Дослідження впливу виду та параметрів режиму зварювання на характеристики, форму і геометричні розміри зварного шва

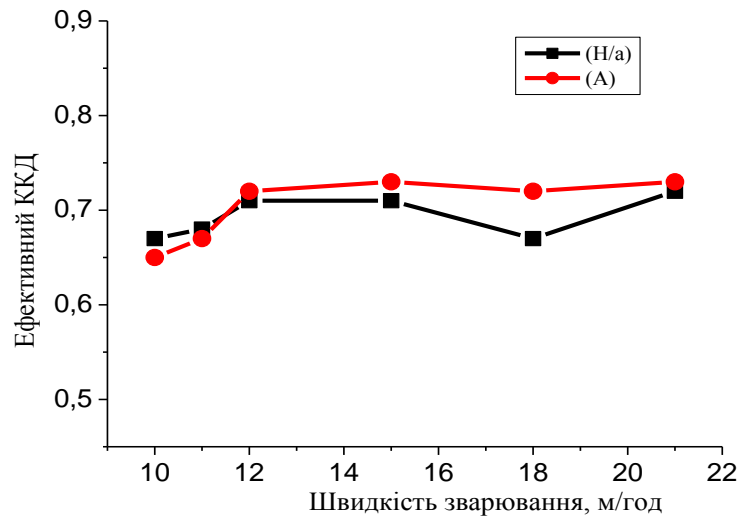


Рисунок 2.2 – Залежність коефіцієнта корисної дії автоматичного та напівавтоматичного зварювання від швидкості зварювання при сталому значенні зварювального струму ($I_{зв}=90A$)

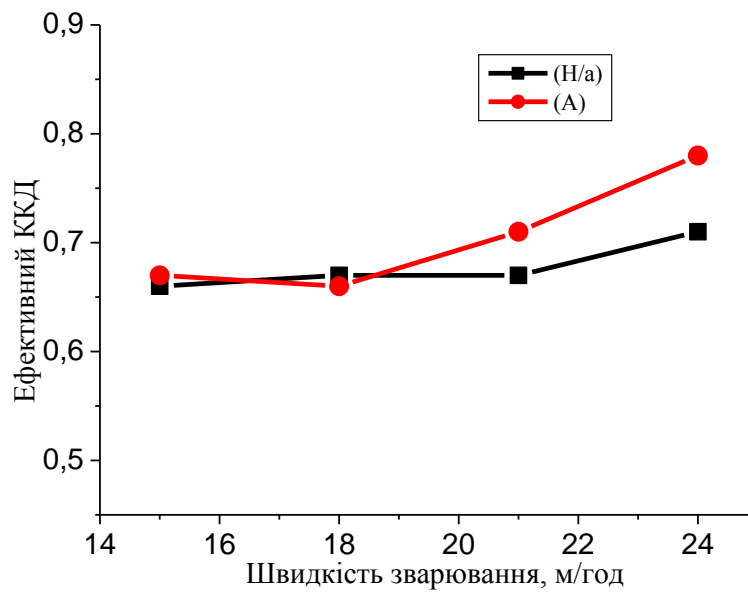


Рисунок 2.3 – Залежність коефіцієнта корисної дії автоматичного та напівавтоматичного зварювання від швидкості зварювання при сталому значенні зварювального струму ($I_{зв}=105A$)

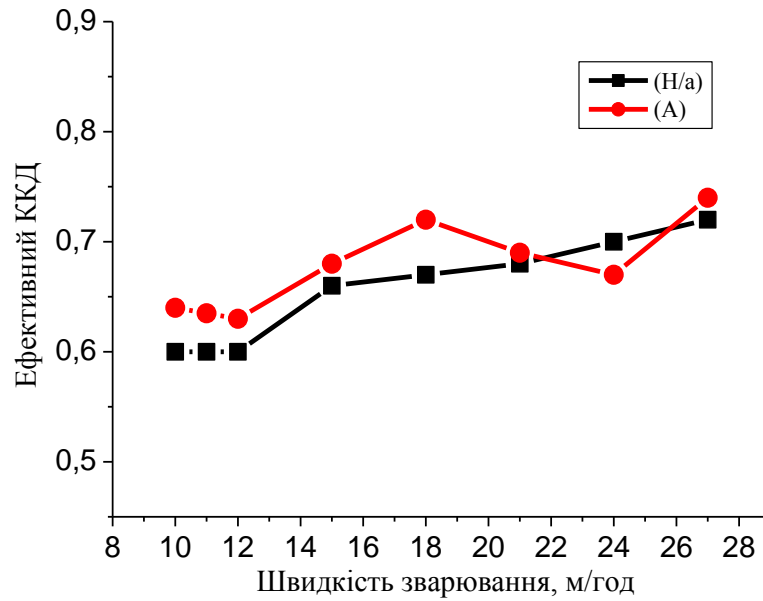


Рисунок 2.4 – Залежність коефіцієнта корисної дії автоматичного та напівавтоматичного зварювання від швидкості зварювання при сталому значенні зварювального струму ($I_{зв}=115A$)

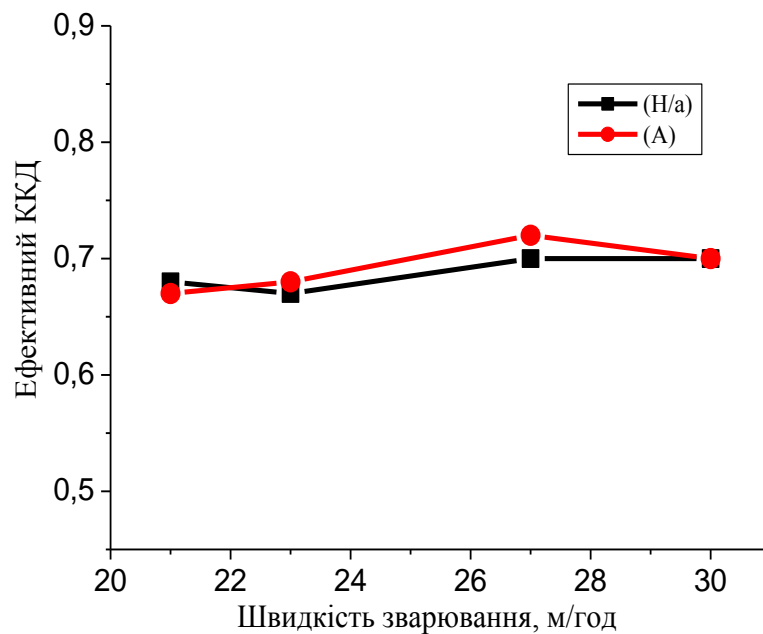


Рисунок 2.5 – Залежність коефіцієнта корисної дії автоматичного та напівавтоматичного зварювання від швидкості зварювання при сталому значенні зварювального струму ($I_{зв}=125A$)

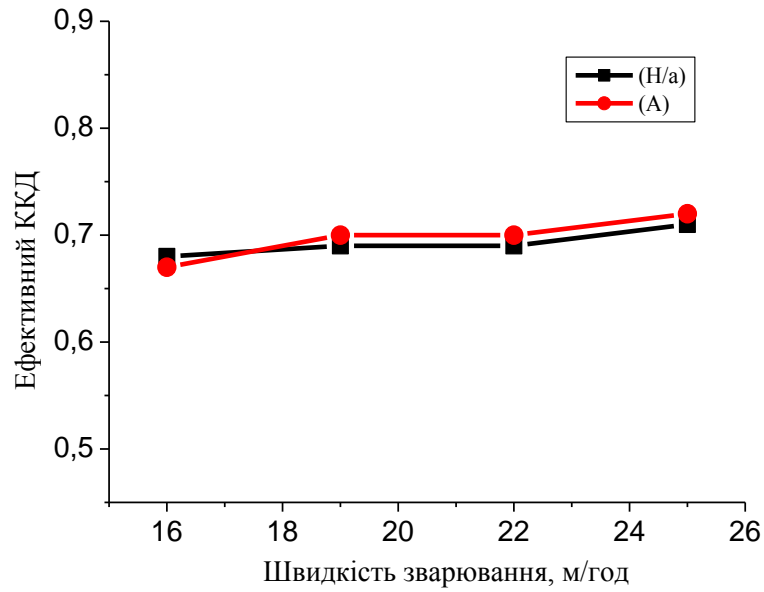


Рисунок 2.6 – Залежність коефіцієнта корисної дії автоматичного та напівавтоматичного зварювання від швидкості зварювання при сталому значенні зварювального струму ($I_{зв}=140A$)

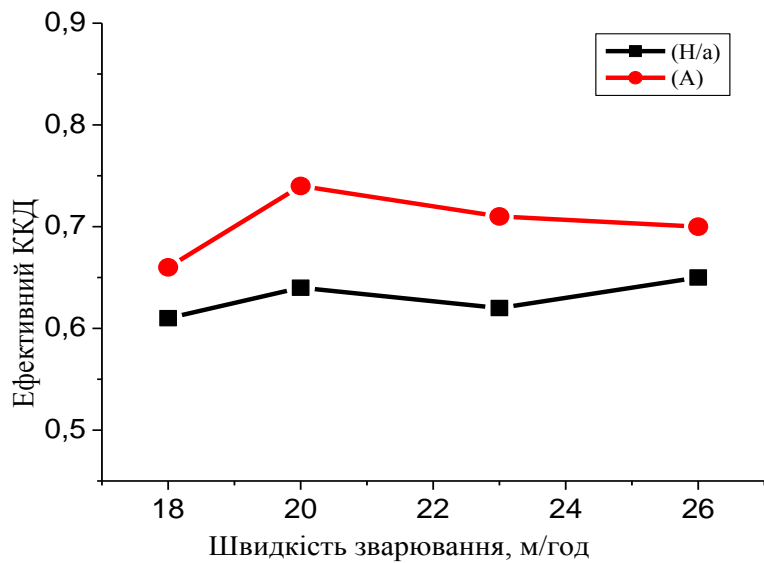


Рисунок 2.7 – Залежність коефіцієнта корисної дії автоматичного та напівавтоматичного зварювання від швидкості зварювання при сталому значенні зварювального струму ($I_{зв}=160A$)

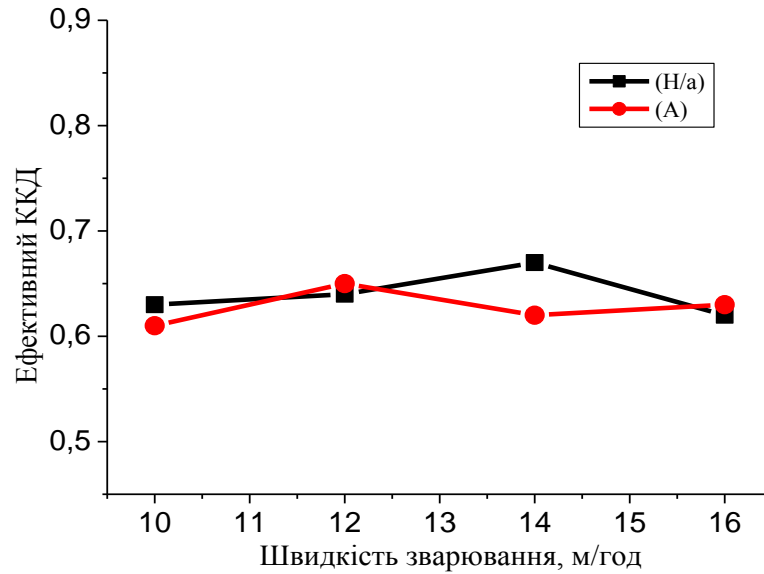


Рисунок 2.8 – Залежність коефіцієнта корисної дії автоматичного та напівавтоматичного зварювання від швидкості зварювання при сталому значенні зварювального струму ($I_{зв}=170A$)

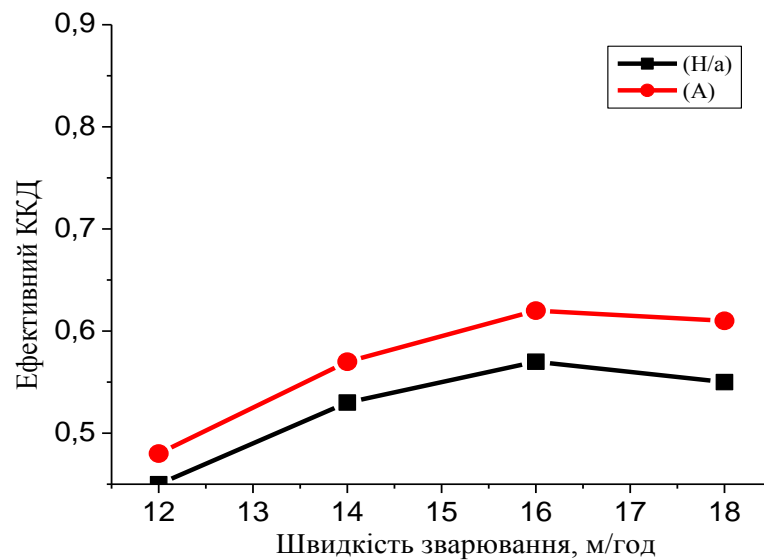


Рисунок 2.9 – Залежність коефіцієнта корисної дії автоматичного та напівавтоматичного зварювання від швидкості зварювання при сталому значенні зварювального струму ($I_{зв}=190A$)

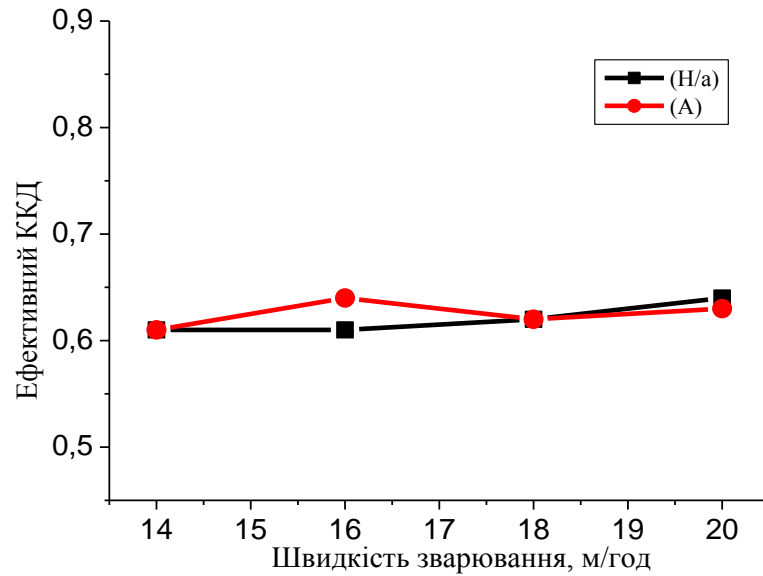


Рисунок 2.10 – Залежність коефіцієнта корисної дії автоматичного та напівавтоматичного зварювання від швидкості зварювання при сталому значенні зварювального струму ($I_{зв}=210A$)

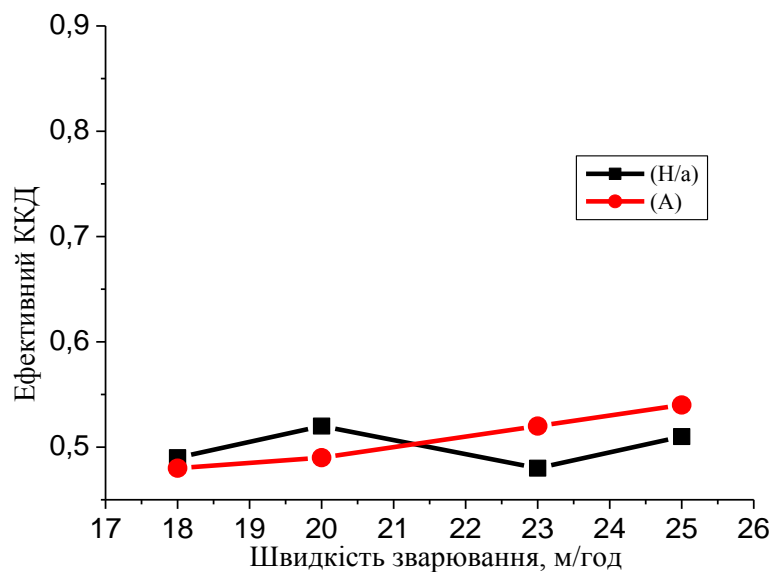


Рисунок 2.10 – Залежність коефіцієнта корисної дії автоматичного та напівавтоматичного зварювання від швидкості зварювання при сталому значенні зварювального струму ($I_{зв}=210A$)

На рисунку 2.11 – приведено залежності впливу сили струму на форму та геометричні розміри зварного шва

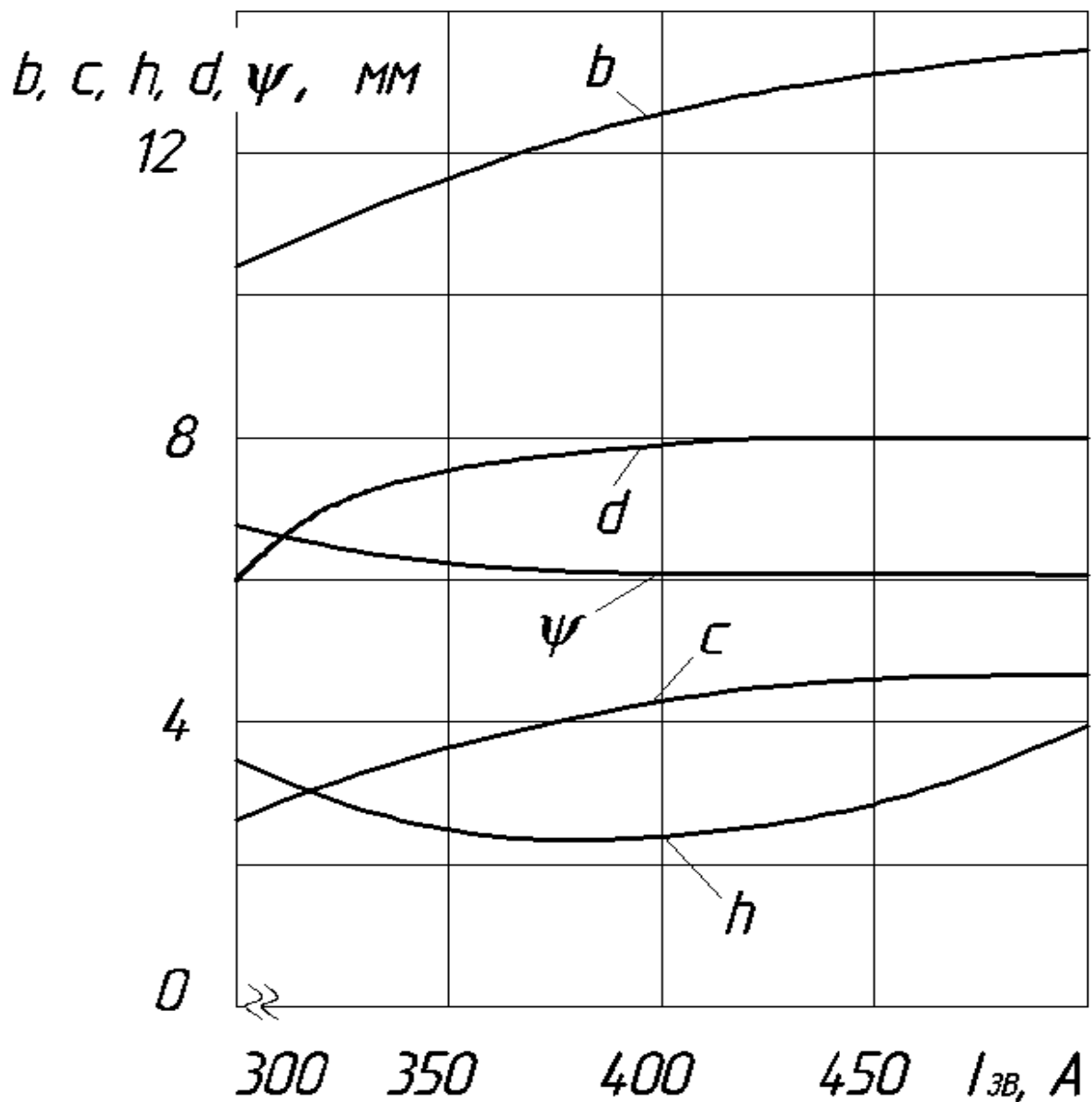


Рисунок 2.11 – Залежність форми та геометричних розмірів зварного шва від сили зварювального струму

Із збільшенням напруги дуги також зростає теплова потужність дуги, а відповідно, і розміри зварювальної ванни. Особливо інтенсивно зростає ширина і довжина ванни. Ширина ванни пов'язана з напругою практично прямою залежністю:

$$e = \frac{k \times I_{д} \times U_{д}}{(\nu_{зв} \times S)}, \quad (2.1)$$

де, S – товщина металу який зварюється.

При постійній силі зварювального струму збільшення напруги дуги незначно впливає на глибину проплавлення ванни. Це обумовлено зниженням ефективного коефіцієнта корисної дії дуги .

Вплив напруги дуги на форму і геометричні розміри зварного шва показано на рисунку 2.12.

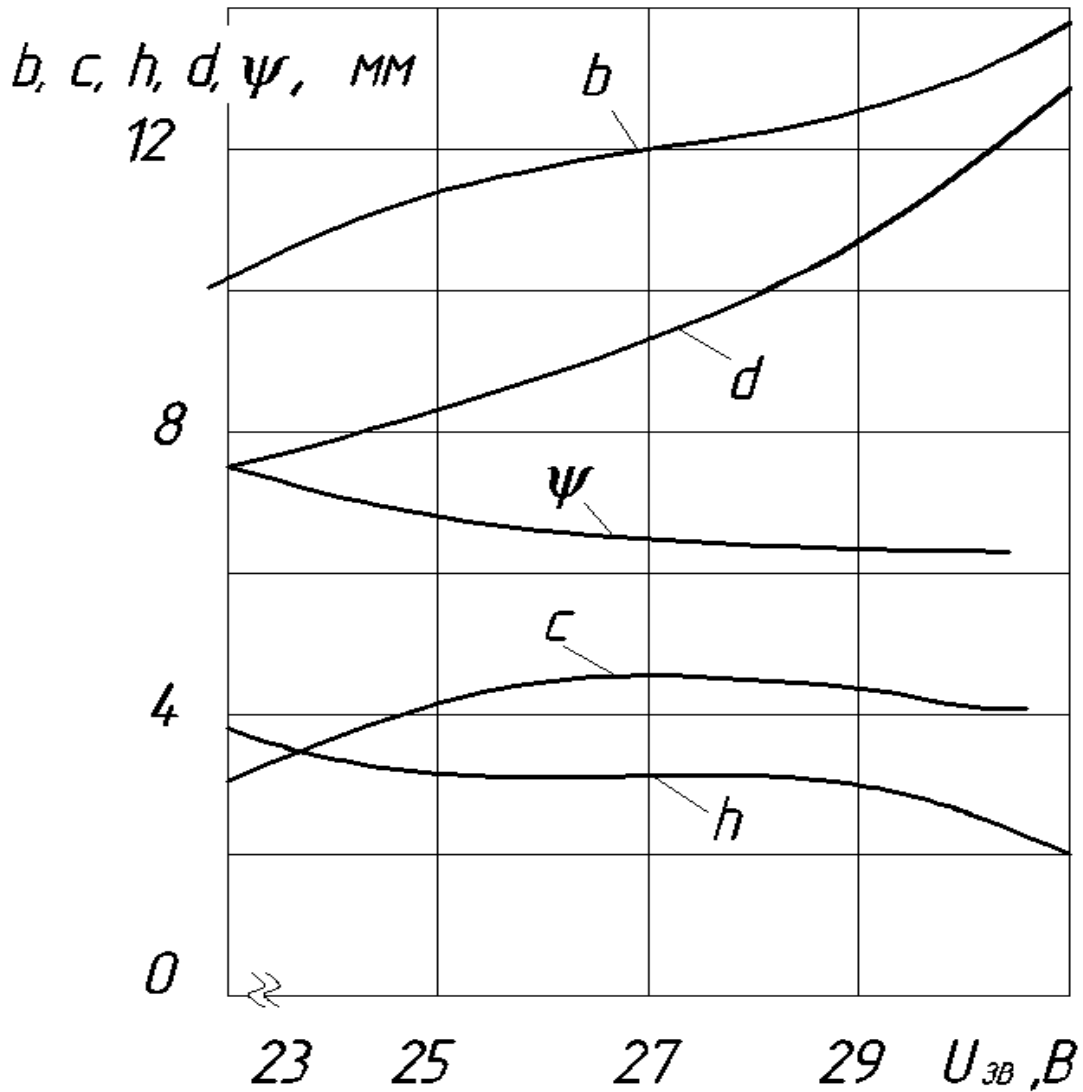


Рисунок 2.12 - Залежність форми та геометричних розмірів зварного шва від зварювальної напруги

Вплив швидкості зварювання на форму та геометричні розміри зварного шва.

При постійній погонній енергії збільшення швидкості зварювання викликає збільшення термічного коефіцієнта корисної дії процесу, а це в свою чергу, призводить до зростання глибини проплавлення і зменшення ширини шва. Зміна швидкості зварювання при постійній тепловій потужності дуги має вплив на розміри зварювальної ванни і шва. Це можливо побачити з рівняння для визначення ширини e і довжини L зварювальної ванни:

$$L = \frac{k \times (U_d \times I_d)^2}{v_{зв} \times S^2} \quad (2.2)$$

Вплив швидкості зварювання на форму та геометричні розміри зварного шва показано на рисунку 2.13.

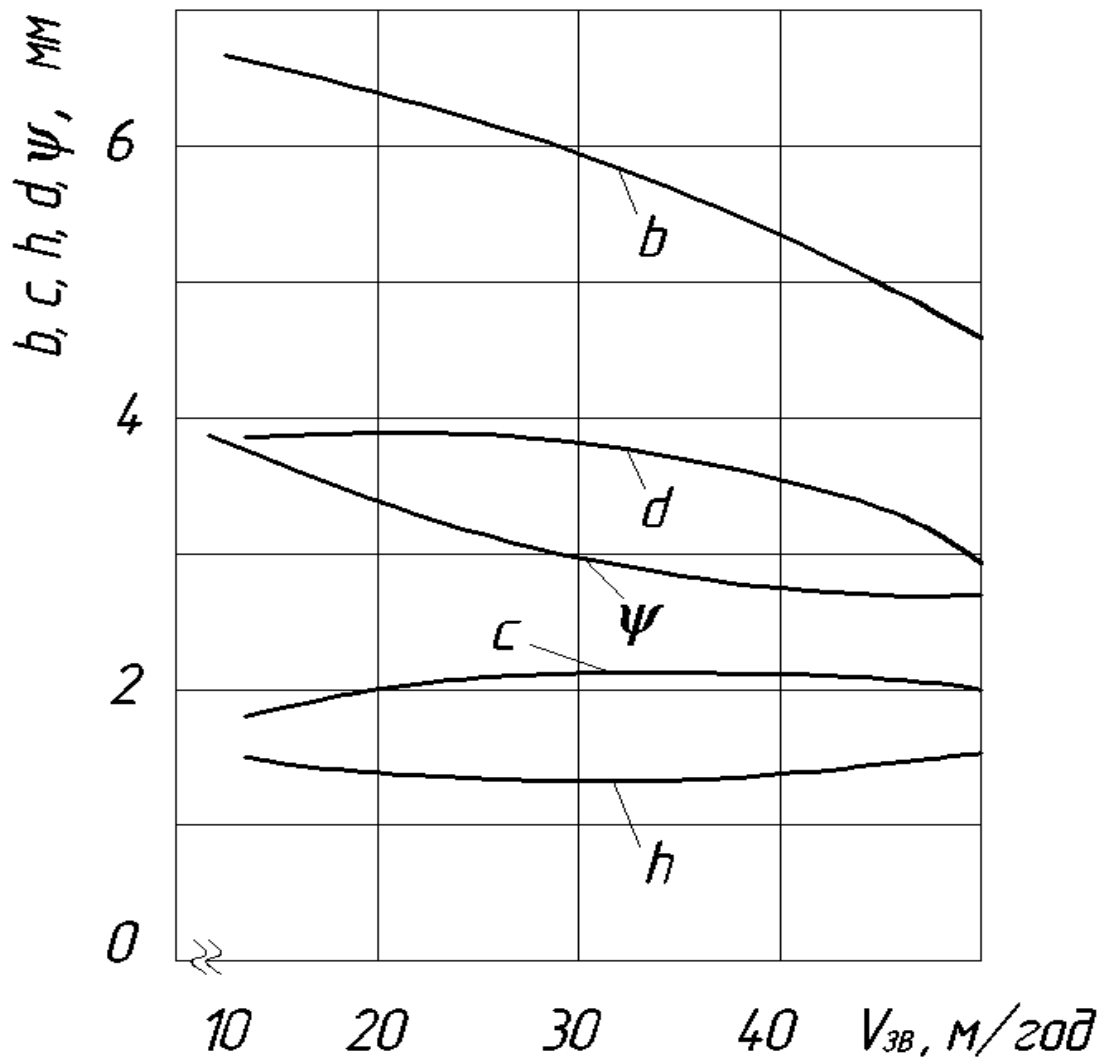


Рисунок 2.13 - Залежність форми та геометричних розмірів зварного шва від швидкості зварювання

2.3 Визначення швидкостей охолодження при зварюванні

Основною проблемою виготовлення конструкцій з точки зору експлуатаційної надійності зварних з'єднань є поведінка основного металу при термічному впливі зварювання. Як показує практика експлуатації конструкцій і результати випробування зварних з'єднань, метал КШЗ більш ніж основний схильний до руйнування, що пов'язано з більшими структурними змінами в зоні, що нагрівається значно вище температури початку інтенсивного росту зерна (температура при якій аустенітне зерно перевищує розмір 50 мкм).

Теорія процесів поширення тепла дозволяє встановити вплив режиму зварювання на швидкість постзварного охолодження металу КШЗ.

Погонна енергія зварювання або тепловіддача - це кількість теплоти, що вводиться в одиницю довжини шва:

$$E = q / v, \quad (2.3)$$

де v - швидкість зварювання, мм/с.

Ефективна теплова потужність зварного джерела - це кількість теплоти, що вводиться при зварюванні:

$$q = n \Sigma (IU), \quad (2.4)$$

де I - зварювальний струм, А;

U - напруга на дузі, В;

n - коефіцієнт на дузі при зварюванні під шаром флюсу $n = 0,95$.

В основі розрахунку і моделювання зварювальних процесів лежать розв'язання рівнянь теплопровідності, які характеризують переміщення тепла в процесі зварювання, при цьому застосували рівняння для двох варіантів:

- з використанням малопотужного теплового джерела - просторовий тепловий потік:

$$W = 2\pi\lambda \times (T - T_0) \int_0^{\infty} q / v \, r \, dr, \quad (2.5)$$

- з використанням потужного теплового джерела стосовно до зварювання внутрішнього або зовнішнього швів - двовимірний тепловий потік:

$$W = 2\pi\lambda c \gamma \times (T - T_0) \int_0^{\infty} (q / v \delta)^2 \, r \, dr, \quad (2.6)$$

де λ - коефіцієнт теплопровідності, кал/см²×с °С /см;

T_0 - температура перед зварюванням, °С;

T - температура в точці тіла, °С;

$c\gamma$ - об'ємна теплоємність, кДж×дм⁻³×К⁻¹;

δ - товщина стінки, мм.

У розрахунках застосували уточнені рівняння (2.5) і (2.6) в наведеному вигляді:

$$W_{85}/ = 2\pi\lambda^3 (500-800) \times (800-T_0)^3 - (500-T_0)^3 E, \quad (2.7)$$

$$W_{85}/ = \pi\lambda c\gamma^2 (500-800) \times (800-T_0)^4 - (500-T_0)^4 (E / \delta)^2, \quad (2.8)$$

Розрахунок показує, що при зварюванні на малих значеннях тепловкладення швидкість охолодження металу КШЗ не залежить від товщини стінки заготовки. У той же час видно, що при зварюванні на великих значеннях тепловкладення швидкість охолодження залежить від товщини зварюваного прокату.

Для оцінювання ефекту окрихлювання металу КШЗ необхідно знати реальні швидкості охолодження в умовах промислового зварювання з конкретною товщиною металу.

2.4 Вплив азоту та водню на метал зварних з'єднань

Азот у зварювальних швах на маловуглецевих і низьколегованих сталях - шкідлива домішка. Присутність його викликає зниження пластичності швів, при перенасиченні зварювальної ванни азотом підвищується схильність металу шва до пористості.

Інтенсифікація перемішування металу сприяє зменшенню товщини граничного шару і відповідно збільшенню маси переносу від поверхні

розділу газ – рідкий метал. При $T=1810\dots 2000^{\circ}\text{C}$ коефіцієнт дифузії азоту в залізі $D_N=10^{-5}\text{cm}^2/\text{c}$. Розчинність азоту в рідкому залізі в інтервалі температур $1810 - 2000^{\circ}\text{C}$ описується рівнянням:

$$\lg S_N = -\frac{1050}{T} - 0.815 + 0.51 \cdot \lg(1 - P_{\text{Fe}}), \quad (2.9)$$

де, P_{Fe} – пружність пари заліза.

Максимальна розчинність азоту в рідкому залізі $S_N^{\text{max}} = 0,0591\%$ при $T=2573^{\circ}\text{C}$ і $S_N^{\text{max}} = 0,04501\%$ при $T=1900^{\circ}\text{C}$, а в твердому бета – залізі при даних температурах - відповідно $0,0131$ і $0,00101\%$.

Процес газонасичення рідкого металу азотом відбувається в кілька стадій – при контакті газу з металевою поверхнею, адсорбування газу, дисоціації молекул. З підвищенням температури розчинність азоту збільшується й досягає максимуму при 2200°C .

Вуглець і кремній, що перебувають в рідкому залізі знижують розчинність азоту. Марганець, хром, ванадій, ніобій - підвищують її, а вольфрам і молібден впливають незначно.

Пористість, яка викликана азотом, запобігають шляхом легування металу шва титаном й алюмінієм, які вводяться в шов через шихту дроту. Тому що титан й алюміній мають більшу спорідненість із киснем, чим азот, і витрачаються, насамперед на розкислення, то для одержання надлишкового титана й алюмінію здатних зв'язати азот у нітриди, у шихту порошкових дротів вводять значну кількість цих елементів.

Вміст азоту в металі шва істотно залежить від роду струму, полярності, режиму зварювання.

Збільшення довжини вильоту дроту більше за оптимальні значення призводить до розпаду більшості газоутворюючих матеріалів ще до зони

плавлення дроту та навіть за її межами, тоді як правило, вміст азоту в металі шва зростає.

Вплив водню на метал при зварюванні також негативний. Водень може надходити в зону дуги з матеріалів сердечника або покриття, з навколишнього повітря, а також з поверхні зварюваного металу.

При підвищеному вмісті водню в сталі часто виникає схильність до появи міжкристалітних тріщин. Наявність водню знижує показники пластичності та міцності металу шва. Присутність водню є однією з основних причин утворення флокенів у зварювальних швах.

Розчинність водню в залізі в інтервалі температур 1530...2510°C описується рівнянням:

$$\lg S_H = -\frac{1720}{T} + 2.252 + 0.51 \cdot \lg(1 - P_{Fe}), \quad (2.10)$$

Температурна залежність розчинності водню має максимум 42,5см³/100г при температурі 2390 – 2490°C, а при температурі плавлення в рідкому металі – 23,5см³/100г і в твердому виді α-залізі – 13,5-14,5см³/100г.

Зниженню вмісту водню в металі зварного шва сприяє збільшення вильоту електродного дроту внаслідок попереднього його підігріву на цій ділянці.

Також давно відомо що із зростанням сили струму зварювання вміст водню в металі шва зростає. При збільшенні сили зварювального струму збільшується температура капель розплавленого електродного металу, що сприяє підвищенню концентрації парів вологи в зоні дуги, а отже і зростанню вмісту водню в розплавленому металі.

Зміна напруги дуги практично не має впливу на вміст водню в металі шва. Виконання зварювання на підвищених режимах вимагає зниження

вмісту водню в електродному дроті тому необхідно створювати умови для зв'язування його в нерозчинні в рідкому металі з'єднання.

2.5 Кінетика фазових перетворень аустеніту в металі колошовної зони

Для здійснення аналізу структуроутворення в металі КШЗ при швидкостях охолодження, що характеризують той чи інший вид зварювання необхідно мати точне уявлення про рівень значень основних характеристик структуроутворення.

Найбільш характерні значення швидкостей охолодження, встановлені експериментальним і розрахунковим шляхом, дозволили на практиці використовувати діаграми поліморфного перетворення аустеніту з метою аналізу мікроструктур, що утворюються в умовах високотемпературного зварювально-теплого впливу.

Легуючі елементи, введені в сталь, по-різному взаємодіють з основними компонентами - залізом і вуглецем. Взаємодія легуючих елементів визначає різницю їх впливу на властивості металу КШЗ при зварюванні. Наведено результати досліджень впливу елементів на зварюваність як сталей з комплексним легуванням, так і сталей легованих композиційно, що дозволило обґрунтувати рекомендації для зварювання.

Для оцінювання зварюваності використовували методи, засновані на імітації теплових зварювальних процесів в металі КШЗ.

Досліджувані сталі характеризувались підвищеною твердістю в зоні утворення бейнітно-мартенситних структур. Критичний рівень твердості в сталі № 2 досягався при швидкостях охолодження 30-35 °C/c, а в сталі №1 при 40 °C/c. Ці сталі мають схильністю до загартування металу КШЗ вимагають підігрівання кромки.

Початок ферритного перетворення під впливом ванадію, молібдену зміщено в бік швидкостей охолодження менших за 4 °C/c, з температурою

початку перетворення 705 °С, перлітного менше 3 °С/с і температурою початку 650 °С.

Бейнітне перетворення характеризується широкою областю швидкостей охолодження і починається при температурі 610 °С. В області швидкостей охолодження, характерних для зварювання утворюється 100% бейнітного структура.

Мартенсит утворюється в температурному інтервалі 480-340 °С. При наявності в сталі мікролегуючих добавок, таких як ванадій і молібден, область часткового гартування знаходиться в діапазоні швидкостей охолодження від 20 до 80 °С/с. Результати показали, що чим більша швидкість охолодження тим вища твердість в металу.

2.6 Вплив карбідних фаз на розмір зерна мікроструктурних складових сталі

Наявність мікролегуючих елементів є важливою характеристикою сучасних сталей, і використання їх постійно зростає. Виділення фаз, які формуються в структурі при розпаді пересичених твердих розчинів, викликають зміцнення металу. Крім того частинки цих фаз впливають на розмір аустенітного зерна і структурних складових. Ванадій і молібден є визначальними в складі і кількості карбідних фаз, що виділяються в умовах уповільнених швидкостей охолодження, причому не тільки в області ферріто-перлітного перетворення, але і частково бейнітного. При підвищенні швидкості охолодження змінюється морфологія бейніту від зернистого до рейкового. Бейніт рейкової морфології утворюється по мірі підвищення швидкості охолодження і відповідного збереження мікролегуючих добавок в твердому розчині.

Зерна аустеніту в результаті високотемпературного впливу мають плоскі границі. Зерна такої морфології можуть утворюватися при досягненні гомогенізації аустеніту, яка, ймовірно, супроводжується

розчиненням карбідів. Спостерігається аналогічна картина по динаміці росту зерна під впливом високотемпературних зварювальних нагрівань - 1320 °С, яка, як приклад, показана для сталі.

Процес фрагментації, тобто утворення мікроструктурних складових в об'ємі одного зерна аустеніту, реалізується в результаті перетворення аустеніту, як правило в температурному інтервалі 640 - 490 °С з утворенням бейніту різної морфології. Подрібнення мікроструктурних складових з урахуванням додаткового ефекту фрагментації дуже важливе і дозволяє зменшити розміри конгломератів зерен до 10 мкм.

Температура розчинення карбідів ванадію нижча за температуру початку інтенсивного росту зерна аустеніту в металі КШЗ. На відміну від сталей після контрольованого прокатування та прискореного охолодження кардинально подрібнити зерно аустеніту після високотемпературного впливу зварювання на основний метал виявилось практично неможливо але можна домогтися підвищення ударної в'язкості за рахунок подрібнення мікроструктурних складових.

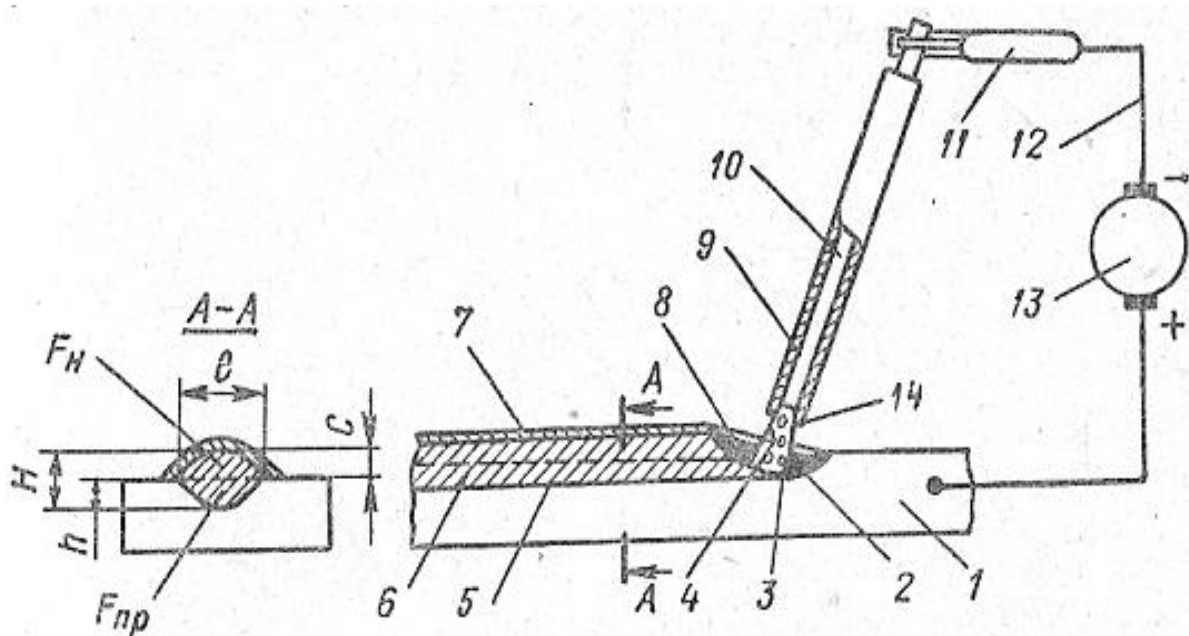
Розмір феритних зерен в металі після контрольованого прокатування та прискореного охолодження становить 5 - 7 мкм, а сучасна технологія виплавки та виробництва прокату забезпечує високий рівень ударної в'язкості основного металу прокату ($KCV-60 \approx 433$ Дж/см² (в сталі легованій ніобієм з додаванням хрому). При термічній дії зварювання створюються абсолютно інші умови, які призводять до зниження рівня ударної в'язкості металу КШЗ внаслідок росту зерна аустеніту до 60-80 мкм.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Вибір та обґрунтування способу зварювання

Для зварювання контейнера для побутових відходів зі сталі ВстЗсп можна використовувати будь які способи зварювання, як ручне дугове, напівавтоматичне в захисних газах, чи автоматичне.

Ручне дугове зварювання (РДЗ) - технологічний процес отримання нероз'ємного з'єднання, при якому повний контроль за процесом відбувається вручну.



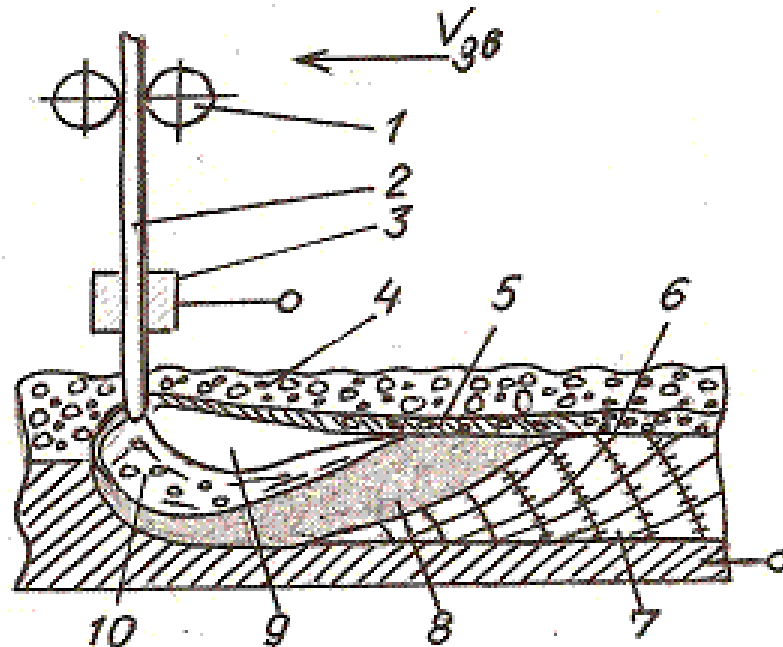
1 – основний зварюваний метал; 2 – місце зварювання (ванна); 3 – зварювальний кратер; 4 – електрична дуга; 5,6 – сплавлений основний та електродний метал; 7 – кора шлаку; 8 – розплавлений шлак; 9, 10 – електрод з покриттям; 11 – електродотримач; 12 – зварювальне електричне коло; 13 – електричне джерело живлення; 14 – дашок.

Рисунок 3.1- Схематичне зображення процесу ручного дугового зварювання

Перевагами цього способу є можливість виконувати зварювання швів в усіх просторових положеннях, простота та доступність використовуваного обладнання.

А до основних недоліків слід віднести залежність якості зварювання від кваліфікації зварника та низьку продуктивність процесу.

Автоматичне зварювання під флюсом – це окремий вид зварювання, при якому дуга і зварювальна ванна знаходяться під захистом шару флюсу протягом всього процесу виконання зварного шва.



1 – подаючі дрiт ролики; 2 – бухтовий електродний дрiт; 3 – підведення живлення; 4 – флюс;
5 – розплавлений захисний флюс; 6 – шлаковий захист; 7 – зварюваний шов;
8 – розплавлена зварювальна ванна; 9 – газовий прошарок; 10 – електрична дуга.

Рисунок 3.2 – Схематичне зображення автоматичного зварювання під захистом флюсу

Перевагами даного способу є достатньо висока продуктивність, низькі втрати електродного металу, відсутність утворення бризок металу, та повний захист зварювальної ванни.

Недоліками є шкідливий вплив утворених газів на зварника, та відсутність можливості виконувати зварювання в різних просторових положеннях без використання спеціалізованого обладнання.

Зварювання в захисних газах – це вид дугового зварювання з використанням газів як захисту місця зварювання від шкідливого впливу атмосфери.

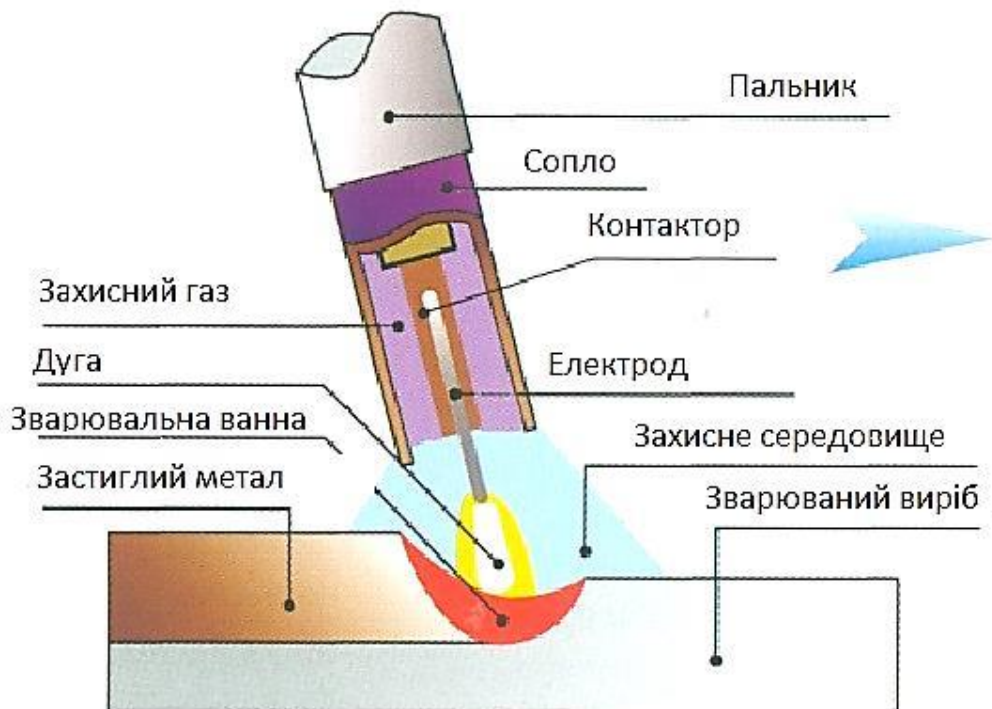


Рисунок 3.3 – Схематичне зображення процесу зварювання в середовищі захисних газів

До основних переваг цього способу можна віднести, високу якість з'єднання незалежно від просторового положення та можливість візуального контролю зварювальної дуги та ванни, не широка зона термічного впливу, висока продуктивність процесу.

До недоліків можна віднести необхідність використання зварником додаткових захисних засобів від світлового та термічного впливу зварювальної дуги.

Провівши аналіз можливості використання різних способів зварювання, для виготовлення контейнера баку для збирання промислових та побутових відходів найбільш технологічним та економічно вигідним є зварювання в захисних газах ($\text{CO}_2 + \text{O}_3$).

3.2 Розрахунок параметрів режиму зварювання кутового і напусткового шва [3]

Діаметр електродного дроту для зварювання виробу повинен вибиратись в залежності від технічних вимог до даного виробу та товщини зварюваного матеріалу даних виробу. В нашому випадку при товщині стінки контейнера 4 мм добре зварить дріт діаметром 1.6 мм.

Величину сили зварювального струму будемо визначати за формулою:

$$I_{зв} = \frac{H_1}{K_h} \cdot 100, \quad (3.1)$$

де H_1 - глибина проплавлення

K_h - коефіцієнт пропорційності.

При діаметрі електрода 1.6 мм на постійному струмі для напівавтоматичного і автоматичного зварювання в середовищі захисних газів K буде рівне - 1.75 мм/100Н.

Глибину проплавлення H – потрібно задати на 1,2 мм більшу за половину площі поперечного перерізу зварюваних деталей.

$$I_{зв} = \frac{4.5}{1.75} \cdot 100 = 260 A$$

Для прийнятого діаметру електрода і розрахованої сили струму зварювання визначаємо зварювальну напругу:

$$U_0 = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_{ет}}} \cdot I_{зв} \pm 1, \quad (3.2)$$

$$U_{\delta} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1.6}} \cdot 260 \pm 1 = 30.27 \pm 1.$$

Прийmemo що $U_{\text{дуги}} = 30\text{В}$.

Швидкість подачі в зону зварювання дроту визначається за формулою:

$$V_{n.\delta} = \frac{4 \cdot \alpha_n \cdot I_{36}}{\pi d^2 \cdot J}, \quad (3.3)$$

де α_n - коефіцієнт розплавлення металу електродного дроту г/А·год;

I_{36} – сила струму зварювання;

$d_{\text{ел}}$ - діаметр електродного дроту, мм;

J - густина металлу електроду, г/м² .

$$V_{n.\delta} = \frac{4 \cdot 17 \cdot 260}{3.14 \cdot 0.0016^2 \cdot 7.84 \cdot 10^{-6}} = 280 \text{ м/год}$$

Швидкість процесу зварювання:

$$V_{36} = \frac{\alpha_n \cdot I_{36}}{F_n \cdot j}, \quad (3.4)$$

де F_n - площа поперечного перерізу шва, см³.

Площа поперечного перерізу кутового шва:

$$F_c = s \cdot b + 0.75 \cdot e \cdot g$$

s - параметр довжини шва;

b - величина зазору між деталями;

e – ширина наплавленого металу;

g - висота наплавленого металу

Звідси:

$$F_c = 1.25 \cdot 5 + 0.75 \cdot 3.5 = 7.5 \text{ мм}^2 = 7.5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

Аналогічним способом розраховуємо площу поперечного перерізу стикових, таврових чи напусткових з'єднань:

$$F_n = s \cdot b + \frac{k^2}{2} + 0.75 \cdot e \cdot g, \quad (3.5)$$

$$F_n = 5 \cdot 1.25 + \frac{5}{2} + 0.75 \cdot 0.5 \cdot 8 = 21.75 \text{ мм}^3.$$

$$F_n = 21.749 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Далі:

$$V_{36} = \frac{17 \cdot 260}{7.5 \cdot 7.84} = 80.9 \text{ м} / \text{год} = 0.022 \text{ м} / \text{с}.$$

$$V_{36} = \frac{17 \cdot 260}{21.75 \cdot 7.84} = 35.9 \text{ м} / \text{год} = 0.009 \text{ м} / \text{с}.$$

Перерахуємо діаметр електрода:

$$d_e = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{I_{36}}{\gamma}}, \quad (3.6)$$

де γ - густина струму, для зварювального дроту діаметром 1.6 мм (за літературними джерелами) $\gamma = 100 \dots 300 \text{ А/мм}^2$,

$$d_e = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{260}{100 \dots 300}} = 1.82 \dots 1.05 \text{ мм}$$

Витрачання захисного газу на процес зварювання прийmemo в межах 13 - 16 л/хв. для кутових швів.

В таблиці 3.3. приведено основні параметри зварювання напусткових та кутових швів

Таблиця 3.3- Параметри режиму зварювання кутового і напусткового шва.

Назва параметрів	Значення параметрів	
	кутового	напусткового
Марка зварюваної сталі	ВСт3сп	
Товщина металу, мм	4	
Форма розроблення кромки	без розроблення	
Діаметр електродного дроту, мм	1.6	
Зварювальний струм, А	260	
Напруга на дузі, В	Приблизно 30	
Швидкість подачі дроту, м/год	260-280	
Захисний газ	CO ₂ +O ₂	
Витрата захисного газу, л/хв	13-16	14-20
Швидкість зварювання, м/год	35.9	80.9
Відстань між соплом пальника і виробом, мм	12-18	

3.3 Вибір зварювальних матеріалів

Вибір вихідних зварювальних матеріалів залежить, насамперед, від умов описаних технічною документацією з умовами на виготовлення кожного конкретного виробу чи конструкції.

Захисний газ вибирають із врахуванням особливостей зварюваного металу виробу та технологічних вимог до зварних швів.

Для механізованого та автоматичного зварювання в захисних газах розроблено безліч марок електродного дроту.

Для конструкцій загального призначення, середньої відповідальності виготовлених із маловуглецевих та низьколегованих сталей доцільно використовувати зварювальний дріт типу АП-АНЗ. Продуктивність такого дроту суттєво (в кілька разів) вища ніж при використанні зварювального дроту типу Св-08Г2С.

Таблиця 3.4-Хімічний склад дроту АП-АН4.

Марка дроту	C	Si	Mn	S	P	[O]
АП-АН4	0.07...0.12	0.25...0.45	1...1.45	≤0.025	≤0.025	≤0.05

Невисокий рівень розбризкування в декілька разів зменшує час на виготовлення виробу, за рахунок відсутності потреби зачищати бризки розплавленого металу. Собівартість одного кілограму наплавленого металу виконаного електродним дротом АП-АН4, в середньому на 12 – 15 відсотків нижча ніж при використанні Св-08Г2С.

Таблиця 3.5- Характеристика зварювальних дротів, [3,с.87]; [4,с.290]

№ %	Марка дроту	Діа-метр мм	Коефіцієнт наплавлення $\alpha_{\text{н}}$ г/А·год	Коефіцієнт витрат	Ψ %	Трудоміскість зачищування в % від зварювання
1	Св-08Г2С	3.0	1.5...16	1.12...1.16	10...15	20...30
2	АП-АН2	3.0	17...18	1.07...1.1	4...6	6...8
3	АП-АН4	1.6	17...18	1.06...1.09	3...5	5...6

Отже для автоматичного зварювання баку для збирання промислових та побутових відходів в середовищі вуглекислого газу вибираємо дріт АП-АН4

Вуглекислий газ, який призначений захищати зону зварювання повинен відповідати ГОСТ 8050-86, який в залежності від вмісту CO₂ ділиться на наступні сорти:

- першій сорт – вміст CO₂ не менше 99,5%

- другий сорт – вміст CO₂ не менше 99,0%

Приймаємо для нашого випадку вуглекислий газ першого сорту з вмістом домішок не більше 0.5%.

Технічний кисень поділяють на три основних сорти: перший - 99.7% O₂, другий - 99.55%O₂ та третій - 99.2% O₃. Обираємо технічний кисень 3-го сорту ГОСТ 5583-78.

За оптимального складу (70-80 % вуглекислого газу і 30-20 % кисню) отримують якісний, рівний зварний шов з гладкою поверхнею, також відбувається глибоке проплавлення основного металу. Збільшення вмісту кисню в суміші до більше ніж 30 % призводить до появи так званої «хвилястої» поверхні шва.

3.4 Вибір зварювального обладнання

Враховуючи можливість виконувати дані шви як напівавтоматичним так і автоматичним зварюванням розглянемо можливе для використання обладнання почергово для напівавтоматичного та автоматичного способів зварювання.

Вибір напівавтомату доцільно проводити, враховуючи попередньо розраховані або задані технічною документацією параметри режиму зварювання.

Виходячи з цього та враховуючи прийнятого нами до використання дроту АП-АН4 можливе використання різних напівавтоматів, але ми вибираємо напівавтомат інверторного типу **ПСИ-L-350**.

Таблиця 3.7- Технічна характеристика напівавтомата інверторного типу **ПСИ-L-350**

Технічні дані	Тип ПСИ-L-350
Напруга мережі, В	380
Вид зварювання	в захисних газах
Потужність, кВА	14,4
Межі регулювання зварювального струму, А	60-350
Тривалість навантаження, %	60
Напруга холостого ходу, В	50
Діаметр дроту, мм	1; 1.2; 1.4; 1.6
Габарити, мм	600x297x548
Вага, кг	45



Рисунок 3.4- Загальний вигляд напівавтомата інверторного типу **ПСИ-L-350**

Для проведення зварювальних робіт з напівавтоматом такого типу можна використовувати пальники марки RF GRIP 36.

Таблиця 3.8- Технічна характеристика пальника типу RF GRIP 36 [8]

Тип	Охолодження	Номинальний зварювальний струм, А	ПВ%	Діаметр зварювального дроту
RF GRIP 36	газове	360-CO ₂ ,320-MIX	60	1-1.6



Рисунок 3.5- Загальний вигляд пальника марки RF GRIP 36

Також, як було сказано вище, що зварювання даного виробу можна виконувати й автоматичним зварюванням в захисних газах з метою забезпечення ще вищої продуктивності праці та при потребі серійності виробництва.

Розглянемо рекомендоване обладнання для автоматичного зварювання.

Для нашого виробу для використання в автоматизованій ділянці для зварювання баку можна застосувати зварювальний автомат типу A1406 з джерелом живлення КИУ 1201.

Зовнішній вигляд автомату та джерела живлення представлено на рисунках 3.6 та 3.7.



Рисунок 3.6 – Автомат зварювальний А1406



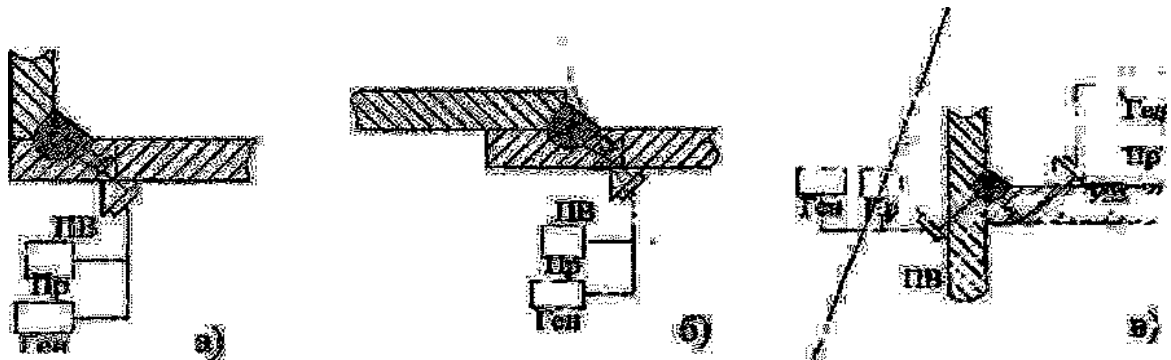
Рисунок 3.7 – зварювальний випрямляч КИУ 1201.

3.5 Вибір методу контролю якості зварних швів баку

З технологічних міркувань, виходячи з відповідальності конструкції, для контролю візуально-оптичний метод та ультразвукову дефектоскопію.

Ультразвукову дефектоскопію проводимо використовуючи ехо-імпульсним метод. Суть якого полягає у використанні відбивання ультразвукових хвиль від несучільностей деталі, що контролюється.

Ехо-імпульсний метод можна застосовувати контролюючи зеднання після всіх основних видів зварювання.



ПВ - перетворювач ультразвукового випромінювання; ПР –приймач відбитого сигналу; Ген — генератор ультразвукових хвиль; α - кут направлення ультразвукових хвиль

Рисунок 3.8 - Схеми ультразвукової дефектоскопії зварних швів різних типів

4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1 Вибір типу пристосувань

Виготовлення нових пристосувань чи вдосконалення вже існуючих проводиться виходячи з:

- вивчення базових технічних умов на замовлену зварну конструкцію.
- розробленого технологічного процесу виготовлення виробу.
- аналізування заданої програмної серійності виробу.

В серійному та дрібносерійному виробництвах зазвичай переважає застосування (швидких) пристосувань з елементами механізації, які приводяться в рух не рукою людини, а так званою «не живою» енергією.

Враховуючи вищенаведені вимоги, та враховуючи можливе налагодження серійності виробництва для виготовлення деталей використовуємо механізовано-автоматизований робот маніпулятор з механічними важільними притискачами (вигляд маніпулятора див. графічна частина лист 3)

4.2 Обґрунтування вибору баз при виготовленні баку

В якості встановлювальних баз зазвичай використовують три взаємно перпендикулярні площини. При накладанні на заготовку шести координатних зв'язків, вона буде позбавлена всіх степенів вільності (рис.4.1).

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

Часто точного положення заготовки у всіх трьох координатних площинах не вимагається, обмежуються спрощеним базуванням по двох або одній площині (рис.4.2).

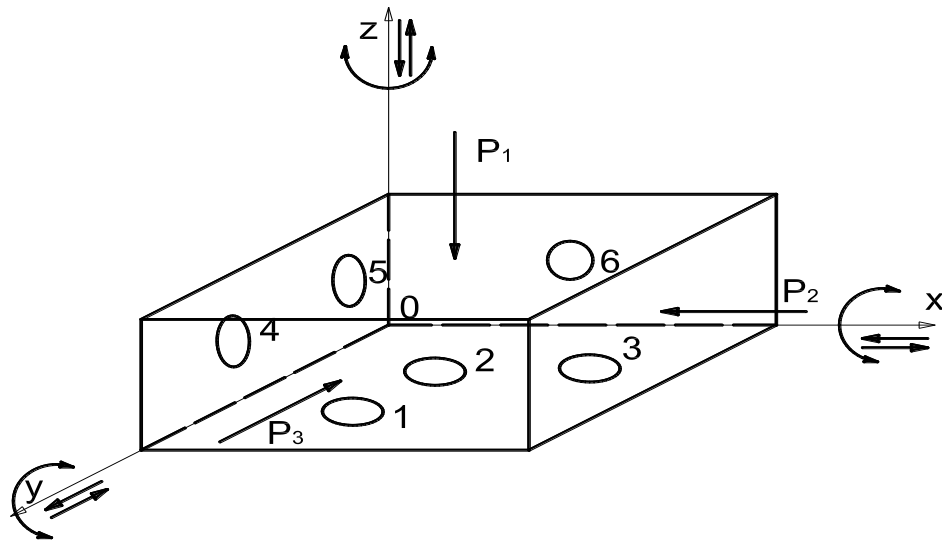
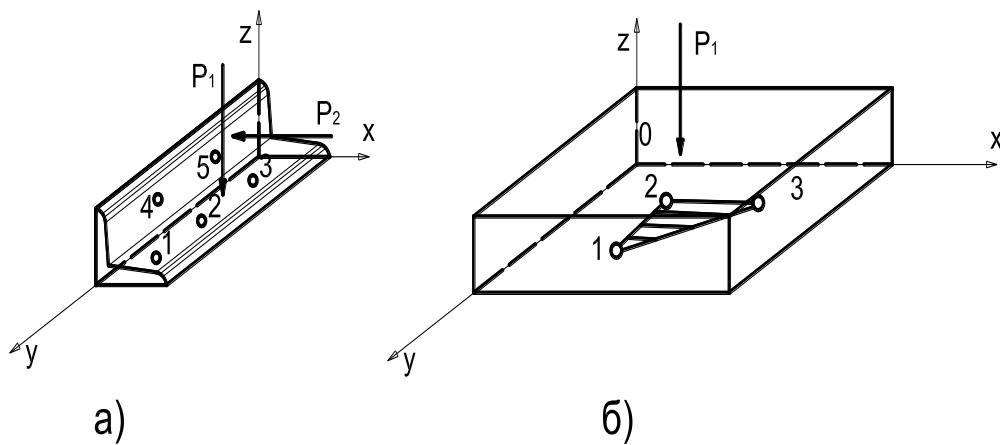


Рисунок 4.1- Базування призматичної деталі



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

Рисунок 4.2 - Схеми базувань деталей

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

4.3 Опис роботи та розрахунок пристосувань

Спочатку в спеціальному пристосуванні-стапелі виконується складання і зварювання окремих технологічних одиниць із яких складається даний виріб.

Поперечну деформацію кутника в затискних пристрях можна сприймати як згин двоконсольної пластинки, закріпленої посередині та навантаженої на обох кінцях силами P .

Визначаємо критичне значення кутової деформації

$$\operatorname{tg} \alpha_{кр} = \frac{2 \cdot l \cdot \sigma_{дон}}{3 \cdot E \cdot \delta} = \frac{2 \cdot 2000 \cdot 10^{-3} \cdot 250 \cdot 10^6}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 4} = 0,03968. \quad (4.1)$$

Для визначення погонної сили притискання кутника до листів корпуса проведемо порівняння критичного значення із значенням залишкової кутової деформації.

Якщо $\alpha > \alpha_{кр}$, то розрахунок погонної сили притискання ведуть за формулою

$$P_{дон} = \frac{\sigma_{дон} \cdot \delta^2}{6 \cdot l}; \quad (4.2)$$

Якщо $\alpha < \alpha_{кр}$, то погонну силу притискання розраховуємо за формулою

$$P = \frac{\delta^3 \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot E}{4 \cdot l^2}. \quad (4.3)$$

В нашому випадку $\alpha < \alpha_{кр}$.

Підставляємо відповідні значення у формулу і визначаємо силу притискання одного кінця кутника

$$P = \frac{4^3 \cdot 0,01 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 10^6}{4 \cdot 2^2} = 525,20 \text{ Н/м.}$$

Зусилля притискання

$$Q = 2P = 105 \cdot 10^3 \text{ Н/м.} \quad (4.4)$$

Враховуючи габарити та конфігурацію конструкції операції складання та зварювання виконують по чергово, спочатку проводять прихоплення кутників до листової частини конструкції а вже потім проводять повне заварювання баку із середини кутовими швами.

Розрахунок кантувача.

Підсумкова сила натягування ланцюгових петель кантувача

$$P_0 = \frac{Q}{2 \cos \frac{\alpha_0}{2}} = \frac{47400}{2 \cdot \cos \frac{90^\circ}{2}} = \frac{47400}{2 \cdot 0,707} = 3,078 \times 10^4 \text{ н.} \quad (4.5)$$

Розрахункова сила для одиничного ланцюга, якщо оберемо кількість опорних ланцюгових петель $i_p = 5$ при коефіцієнті нерівномірності навантаження $K_1 = 1,5$

$$P_1 = \frac{Q K_1}{2 i_p \cos \frac{\alpha_0}{2}} = \frac{47400 \cdot 1,5}{2 \cdot 5 \cdot 0,707} = 1,006 \times 10^4 \text{ н.} \quad (4.6)$$

Виходячи з величини натягу P_1 розраховуємо розривне зусилля ланцюга. Обираємо 52овго ланковий калібрований ланцюг з машинним приводом для якого коефіцієнт запасу міцності $K_3 = 8$ та коефіцієнт динамічності $K_d = 1,5$.

$$P_p = P_1 K_d K_p = 11260 \cdot 1,5 \cdot 8 = 1,207 \times 10^5 \text{ н.} \quad (4.7)$$

Розривне зусилля не повинно бути більшим від регламентованого стандартом ГОСТ 2319-81 для обраного ланцюга з діаметром ланки $d=10$ мм.

Загальний к.к.д. приводного механізму кантувача, якщо к.к.д. циліндричного зубчастого редуктора $\eta_{ц}=0,96$, однозахідного черв'ячного редуктора $\eta_{ч}=0,65$, ланцюгового блока $\eta_{б}=0,97$ та приводної зірочки $\eta_{з}=0,97$ [12, с.55].

$$\eta_0 = \eta_{ц}\eta_{ч}\eta_{б}\eta_{з} = 0,96 \cdot 0,65 \cdot 0,97 \cdot 0,97 = 0,587. \quad (4.8)$$

$$N = \frac{P_0 V}{\eta_0} = \frac{30780 \cdot 0,2}{0,587} = 1,049 \times 10^4 \text{ Вт.} \quad (4.9)$$

По каталогу обираємо електродвигун потужністю 11 кВт.

Сила натягу двох віток ланцюга, яка діє на приводний вал під зірочкою

$$S = \frac{QK_1}{i_n \cos \frac{\alpha_0}{2}} = \frac{47400 \cdot 1,5}{5 \cdot 0,707} = 2,011 \times 10^4 \text{ Н.} \quad (4.10)$$

Згинальний момент в приводному валу від сили натягу S при конструктивно обраній відстані між осями зірочки та підшипника $l=0,1$ м

$$M_{з1} = \frac{QK_1 l}{i_n \cos \frac{\alpha_0}{2}} = \frac{47400 \cdot 1,5 \cdot 0,1}{5 \cdot 0,707} = 2,011 \times 10^3 \text{ Нм.} \quad (4.11)$$

Крутний момент в приводному валу [12,с.56]:

$$M_{кр} = P_0 \frac{D_3}{2} = \frac{QD_3}{4 \cos \frac{\alpha_0}{2}} = \frac{47400 \cdot 0,35}{4 \cdot 0,707} = 5,866 \times 10^3 \text{ Нм.} \quad (4.12)$$

Еквівалентний згинальний момент в приводному валу:

$$M_e = \sqrt{M_{з1}^2 + M_{кр}^2} = \sqrt{2011^2 + 5866^2} = 6,201 \times 10^3 \text{ Нм.} \quad (4.13)$$

Розрахунковий діаметр вала зі сталі 40Х для якої $[\sigma]=70\text{-}80$ МПа

$$d = \sqrt[3]{\frac{10M_e}{[\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 6201}{80 \cdot 10^6}} = 0,092 \text{ м.} \quad (4.14)$$

Призначаємо діаметр вала $d=92$ мм.

Згинальний момент в осі ланцюгового блока, якщо конструктивно прийнята відстань між центрами підшипника та блока складає $L=0,3$ м:

$$M_{з2} = \frac{SL}{4} = \frac{QK_1L}{4i_n \cos \frac{\alpha_0}{2}} = \frac{47400 \cdot 1,5 \cdot 0,3}{4 \cdot 5 \cdot 0,707} = 1,508 \times 10^3 \text{ Нм.} \quad (4.15)$$

Діаметр осі ланцюгового блока зі сталі 40ХН:

$$d = \sqrt[3]{\frac{10M_{з2}}{[\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 1508}{80 \cdot 10^6}} = 0,057 \text{ м.} \quad (4.16)$$

Призначаємо вісь діаметром 57 мм.

Найбільший згинальний момент в основі кутника:

$$M_з = \frac{QK_1 H t g \frac{\alpha_0}{2}}{i_n} = \frac{47400 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1}{5} = 1,422 \times 10^4 \text{ Нм.} \quad (4.17)$$

Момент опору поперечного перерізу стояка з прокату зі сталі ВСтЗсп для якої $[\sigma]=160$ МПа

$$W = \frac{M_3}{[\sigma]} = \frac{14220}{160 \cdot 10^6} = 7,033 \times 10^{-5} \text{ м}^4. \quad (4.18)$$

Обираємо кутник №14а для якого $W=77,8 \text{ см}^3$ та площа поперечного перерізу $F=17 \text{ см}^2$.

Сила стискання кутника:

$$U = S \cos \frac{\alpha}{2} = \frac{QK_1}{i_n} = \frac{47400 \cdot 1,5}{5} = 1,422 \times 10^4 \text{ н.} \quad (4.19)$$

Напруження в кутнику від згинання та стиску [12,с.57]:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_3}{W} + \frac{U}{F} = \frac{14220}{7,78 \cdot 10^{-5}} + \frac{14220}{1,7 \cdot 10^{-3}} = 1,942 \times 10^8 \text{ Па або } 194,2 \text{ МПа.} \quad (4.20)$$

Напруження в стояку від згинання та стиску перевищують допускні напруження тому необхідно вибрати кутник більших розмірів, для якого $W=93,4 \text{ см}^3$ та $F=18,1 \text{ см}^2$.

Визначимо напруження від згинання та стиску для новообраного швелера:

$$\sigma_{\max} = \frac{14220}{9,34 \times 10^{-5}} + \frac{14220}{1,81 \times 10^{-3}} = 1,601 \times 10^8 \text{ Па або } 160,1 \text{ МПа} \quad (4.21)$$

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Розрахунок виробничого освітлення в цеху

Розрахунок освітлення приміщень засновано на двох принципово різних методах: методі коефіцієнту використання світлового потоку та точковому методі.

Вибираємо для розрахунку метод коефіцієнту світлового потоку. Цей метод відрізняється меншою трудомісткістю, а головне найбільш підходить для даного приміщення, так як використовується у випадках, коли можливо приблизно розрахувати різницю між середньою та мінімальною освітленістю.

Розрахунок за вибраним методом зводиться до визначення необхідної кількості світильників N , які встановлюються у приміщенні. Кількість світильників розраховується за формулою:

$$N = (S \cdot E_{min} \cdot K_3 \cdot Z) / (n \cdot \Phi_l \cdot h), \text{ шт.} \quad (5.1)$$

де S – освітлена площа, м^2 , $S = 270 \text{ м}^2$;

E_{min} – рівень мінімального освітлення, лк, $E = 200$ лк;

K_3 – коефіцієнт запасу, $K_3 = 2,0$;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, $Z = 1,1$;

$n \cdot \Phi_l$ – сумарний світловий потік ламп встановлених в одному світильнику, $n \cdot \Phi_l = 17280$ лк;

h – коефіцієнт використання приладу.

Рівень мінімальної освітленості даного приміщення при люмінесцентних лампах для площі приміщення 270 м^2 повинен складати не менше 200 лк. Коефіцієнт запасу вибираємо 2,0 (згідно з рекомендацією).

Визначаємо сумарний світловий потік ламп $\Phi_{\lambda} = 4320$ лм. Кількість ламп – 4. Добуток $n \cdot \Phi_{\lambda} = 17280$ лм.

Коефіцієнт використання освітлювального пристрою h залежить від типу світильника та від коефіцієнту відображення p_i . Приймаємо коефіцієнти відображення від поверхні, стіни та підлоги рівних відповідно:

$$P_{сл} = 70\%; \quad P_{сн} = 50\%; \quad P_{пл} = 30\%;$$

Індекс приміщення розраховуємо за формулою:

$$i = l \cdot B / hp(l + B), \quad (6.2)$$

де l – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

h – висота світлового центру світильника над розрахованою площею, м.

$$l = 15 \text{ м}; \quad B = 18 \text{ м}; \quad h = 7,5 \text{ м}$$

Згідно з даними приймаємо коефіцієнт відображення $h=0,2$.

Розраховуємо кількість світильників:

$$N = 270 \cdot 200 \cdot 2,0 \cdot 1,1 / 17280 \cdot 0,2 = 34 \text{ шт.}$$

Приймаємо кількість світильників – 34 шт.

Визначаємо сумарну потужність вибраних світильників за формулою [21, с. 5]:

$$P = P_{л} \cdot N \cdot n, \text{ Вт} \quad (6.3)$$

де $P_{л}$ – потужність ламп, $P_{л} = 80$ Вт;

N – кількість світильників, шт.;

n – кількість ламп у світильнику.

$$P = 80 \cdot 34 \cdot 4 = 10880 \text{ Вт } 10,9 \text{ кВт}$$

Відстань від джерела світла до робочої поверхні h визначаємо виходячи з висоти приміщення H , висоти робочої поверхні h_p та відстані від джерела світла до точки підвісу h_c визначаємо за формулою [21, с. 6]:

$$h = H - h_p - h_c, \text{ м} \quad (6.4)$$

тоді індекс приміщення i дорівнює:

$$i = 15 \cdot 18 / 6 \cdot (15+18) = 1,40$$

Відстань між світильниками розраховуємо за формулою [21, с. 6]:

$$L / h = \lambda \quad (6.5)$$

де λ – коефіцієнт, який залежить від типу світильника, $\lambda = 1,1$;

L – відстань між світильниками.

$$L = h \cdot \lambda, \text{ м};$$

$$L = 1,1 \cdot 6,0 = 6,6 \text{ м.}$$

Відстань від крайнього ряду світильників вибирається за умови, що L дорівнює третина відстані між світильниками [21, с. 8]:.

$$l = L / 3 = 6,6 / 3 = 2,20 \text{ м} \quad (6.6)$$

За такими умовами вибираємо систему робочої площі з рівномірним розміщенням світильників на дільниці складання та зварювання компресору.

5.2 Запобіжні заходи при хімічній аварії на підприємстві

Хімічна аварія - це порушення технологічних процесів на виробництві, пошкодження трубопроводів, ємностей, сховищ, транспортних засобів, що приводить до викиду аварійно хімічно небезпечних речовин у повітря в кількостях, що становлять небезпеку для життя і здоров'я людей, функціонування біосфери. Небезпека хімічної аварії для людей і тварин полягає в порушенні нормальної життєдіяльності організму і можливості віддалених генетичних наслідків, а при певних обставинах - летальний кінець при попаданні хімічно небезпечних речовин в організм через органи дихання, шкіру, слизові оболонки, рани і разом з їжею.

Запобіжні заходи при можливому виникненні хімічної аварії можуть включати в себе уточнення наявності на розглянутій території хімічно небезпечного об'єкта. При його наявності необхідно ознайомитися з властивостями, відмінними ознаками і потенційною небезпекою хімічно небезпечних речовин, наявних на даному об'єкті; запам'ятати характерні особливості сигналу оповіщення населення про аварії "Увага всім!" (виття сирени і переривчасті гудки підприємств), порядок дій при його отриманні, правила герметизації приміщення, захисту продовольства і води; виготовити і організувати зберігання в доступному місці ватно-марлевих пов'язок для всіх робочих, а також пам'ятку щодо дій населення при аварії на хімічно небезпечному об'єкті; при можливості придбати протигази з коробками, захищають від відповідних видів небезпечних речовин.

5.3 Запобіжні заходи при пожежах та вибухах на підприємстві

Найбільш поширеними джерелами виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру є пожежі і вибухи, які відбуваються на промислових об'єктах, об'єктах видобування, зберігання та переробки легкозаймистих, горючих і вибухових речовин, а також на транспорті, в шахтах, гірських

виробках, метрополітенах, у будівлях та спорудах житлового, соціально-побутового і культурного призначення.

Основними причинами пожежі є несправності в електричних мережах, порушення технологічного режиму та заходів пожежної безпеки (куріння, розведення відкритого вогню, використання несправного обладнання тощо). Основними небезпечними факторами пожежі є теплове випромінювання, висока температура, отруйна дія диму (продуктів згоряння: окису вуглецю та ін) і зниження видимості при задимленні. Критичними значеннями параметрів для людини при тривалому впливі вказаних значень небезпечних факторів пожежі є: температура 70 °С; щільність теплового випромінювання - 1,26 кВт/м²; концентрація окису вуглецю - 0,1% об'єму; видимість у зоні задимлення - 6-12 м.

Поряд з пожежами можливе виникнення надзвичайної ситуації в результаті вибуху. Вибух - це горіння, що супроводжується звільненням значної кількості енергії в обмеженому об'ємі за короткий проміжок часу. Вибух призводить до утворення і поширення з надзвуковою швидкістю вибухової ударної хвилі, що надає ударне механічний вплив на навколишні предмети.

Основними вражаючими факторами вибуху є повітряна ударна хвиля і осколкові поля, утворені летять уламками різного роду об'єктів, технологічного устаткування, вибухових пристроїв.

Запобіжні заходи при можливому виникненні пожежі або вибуху можуть включати в себе заходи, спрямовані на усунення причин, які можуть викликати пожежа (вибух), на обмеження (локалізацію) поширення пожеж, створення умов для евакуації людей і майна при пожежі, своєчасне виявлення пожежі та сповіщення про нього, гасіння пожежі, підтримання сил ліквідації пожеж в постійній готовності. Дотримання технологічних режимів виробництва, утримання обладнання, особливо енергетичних мереж, в справному стані дозволяють в більшості випадків виключити причину займання.

Своєчасне виявлення пожежі може досягатися оснащенням виробничих і побутових приміщень системами автоматичної пожежної сигналізації або, в окремих випадках, з допомогою організаційних заходів. Первинне гасіння пожежі (до прибуття викликаних сил) успішно проводиться на тих об'єктах, які обладнані автоматичними установками гасіння пожежі.

Висновки. Одним з основних способів захисту є своєчасний і швидкий вивіз або вивід людей з небезпечної зони, тобто евакуація. Вид евакуації визначається видом, характером і умовами НС. Планомірна й екстренна евакуації розрізняються тимчасовими рамками.

Екстренна евакуація викликається швидкоплинними процесами накопичення негативних факторів у зоні НС або спочатку високими рівнями цих факторів.

У числі заходів щодо захисту персоналу підприємства, які розробляються об'єктовою комісією, зазначаються дії по евакуації працюючої зміни, як у випадку загрози, так і при виникненні НС. Виходячи з прогнозованої можливості виникнення аварій, катастрофи або стихійного лиха які можуть спричинити за собою людські жертви, завдати шкоди здоров'ю людей, порушити умови їх життєдіяльності, намічаються наступні заходи і тимчасові параметри з евакуації:

- визначається вид евакуації (планомірна або екстрена);
- проводиться розрахунок робітників і службовців, необхідних для проведення евакуації;
- встановлюються заходи щодо безаварійної зупинки виробництва;
- намічаються схеми руху евакуйованих із зони НС до пунктів тимчасового розміщення та ін.

ВИСНОВКИ

З метою вдосконалення технології виготовлення баку для збирання промислових та побутових відходів нами було запропоновано два варіанти, один механізований та інший автоматизований (устаткування для якого приведене в графічній частині):

1. Напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів ($\text{CO}_2 + \text{O}_2$) сучасним зварювальним обладнанням, а саме напівавтоматом інверторного типу «Патон» ПСИ-L-350 з пальником типу RF GRIP 36; В якості притискних елементів запропоновано замінити гвинтові притискачі пневматичними.
2. Автоматичне зварювання в середовищі захисних газів автоматом А1406, який переміщається вздовж швів виконуючи як напусткові так і кутові шви баку, який в свою чергу підлаштовується під зварювання роботом-маніпулятором із важільними механічними притискачами в основі переміщувальної платформи.

Проведено також дослідження: впливу легуючих і мікролегуючих елементів на зварюваність та кінетики фазових перетворень аустеніту в металі пришовної зони.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1 Марочник сталей и сплавов [Текст] / Под ред. Зубченко А.С. – М.: Машиностроение, 2003. – 784 с.
- 2 Теория сварочных процессов / под. ред. В.В. Фролова-М.: Машиностроение – 1980-559с.
- 3 Акулов А.И., Бельчук Г.А., Дем'янцевич В.П. “Технология и оборудование сварки плавлением” ученик для студентов виших вузов.- М.: Машиностроение, 1977-432с.
- 4 Думов С.И. Технология электрической сварки плавлением:-Л.: Машиностроение, 1987-461с.
- 5 Электрошлаковая сварка і наплавка / под. ред. Б.Е. Патона-М.: Машиностроение 1980-488с.
- 6 <http://paschenko.org.ua/nekatehoryzovano/scho-take-zvaryuvalnyj-invertor-osnovni-pryntsypy-joho-roboty.html>
- 7 <http://svweld.com.ua/ru/shop/0011/0017/1084/>
- 8 <http://www.binzel-abicor.com/UA/rus/products/-migmag/rf-grip/rf-36-grip-14643.html>
- 9 Федоренко Г.А. Контроль качества материалов и сварных соединений: Учебно-методическое пособие [Текст] / Г.А. Федоренко, И.В. Иванова. - СПб.: Изд-во ПИМаш, 2009. – 121 с.ДСТУ 3159-95.
- 10 Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання.- Чинний від 01.07.1996. – К.: Держстандарт України, 1995.-36 с.
- 11 Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві [Текст] / А.С. Карпенко / -К.: Арістей, 2005. – 268с.

- 12 Карпенко А.С. Приклади розрахунку складально-зварювальної оснастки: А.С. Карпенко.- К: НТУУ «КПІ», 2011 - 73 с.
- 13 Виробництво зварних конструкцій/ Г.О. Кривов, К.О. Зворикін – К: КВЦ, 2012-896с.
- 14 Т.Ф. Терликова, Мельников А.С, Баталов В.И. «Основи конструирования приспособлений» Учеб. пособие для машиностроительных вузов./.-М.: Машиностроение, 1980-119с.
- 15 Левченко О.Г. Охорона праці у зварювальному виробництві Навчальний посібник. [Текст] / О.Г. Левченко–К.: Основа, 2010–240 с.
- 16 Васійчук В.О., Гончарук В.Є., Качан С.І., Мохняк С.М. Основи цивільного захисту: Навч. посібник / В.О. Васійчук, В.Є Гончарук, С.І.Качан, С.М. Мохняк.- Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2010. - 417с.
- 17 Шпак Р.І. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень: методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломних проектів [Текст]/ Р.І.Шпак. – Тернопіль, 2016- 39 с.