

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Навчально-науковий інститут інженерної механіки, автоматизації та
комп'ютерно-інтегрованих технологій

Кафедра лісопромислового виробництва та лісових доріг

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на тему

Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталей з'єднаних електродуговим зварюванням

Виконав: студента групи ІН-41
спеціальності
131 “Прикладна механіка”
освітньо-професійної програми
“Промисловий інжиніринг”
Биков В. В.

Керівник: Гобела В. М.

Рецензент: Гасій О. Б.
(прізвище та ініціали)

м. Львів – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Навчально-науковий інститут інженерної механіки, автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Кафедра лісопромислового виробництва та лісових доріг

Освітній рівень бакалавр

Спеціальність 131 "Прикладна механіка"

Освітньо-професійна програма Промисловий інжиніринг

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЛПВЛД

доц. Бакай Б. Я.

"02" вересня 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Бикову Володимирі Віталійовичу

1. Тема роботи 1.1 Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталей з'єднаних електродуговим зварюванням.

керівник роботи Гобела Володимир Миколайович, старший викладач,
затверджені наказом університету від "16" серпня 2024 року № С-508

2. Термін подання студентом роботи 16 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: на основі даних аналізу виробничої діяльності ТзОВ СТАЛЬ СЕРВІС ЦЕНТР обґрунтувати параметри технологічних процесів електродугового зварювання; обґрунтувати параметри вузлів та окремих деталей запросктованого устаткування для виготовлення нестандартних балок.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Аналіз виробничої діяльності ТзОВ СТАЛЬ СЕРВІС ЦЕНТР

2 Технологічні процеси електродугового зварювання

3 Покращення технологічного процесу виготовлення балок на ТзОВ
СТАЛЬ СЕРВІС ЦЕНТР

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

3 Покращення технологічного процесу виготовлення балок на ТзОВ СТАЛЬ
СЕРВІС ЦЕНТР (6 арк.)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Гобела В. М., старший викладач	05.05.25	15.05.25
2	Гобела В. М., старший викладач	16.05.25	29.05.25
3	Гобела В. М., старший викладач	30.05.25	10.06.25

7. Дата видачі завдання 02.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Ч. ч.	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз виробничої діяльності ТЗОВ СТАЛЬ СЕРВІС ЦЕНТР	05.05.2025-15.05.2025	
2	Технологічні процеси електродугового зварювання	16.05.2025-29.05.2025	
3	Покращення технологічного процесу виготовлення балок	30.05.2025-10.06.2025	
4	Формування розділів та оформлення кваліфікаційної роботи	11.06.2025-16.06.2025	

Студент  (підпис) Биков В. В.

Керівник роботи  (підпис) Гобела В. М.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього рівня бакалавра: 64 с., 3 ч., 2 табл., 21 рис., 6 дод., 6 джерел.

Тема: «Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталей з'єднаних електродуговим зварюванням»

ПРОКАТ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ЗВАРЮВАННЯ, ТРАНСФОРМАТОР, СИЛА СТРУМУ, НАПРУГА, ЕЛЕКТРОД.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення зварних деталей.

Мета роботи – підвищення ефективності і якості деталей шляхом удосконалення технологічного процесу зварювальних робіт.

Методи дослідження – метод навчання, спостереження, порівняння, моделювання, аналогії як інструмент систематичного підходу дозволив проаналізувати низьку ефективність виконання зварювальних робіт та запропонувати шлях вдосконалення технологічного процесу зварювання.

На основі аналізу діяльності ТЗОВ СТАЛЬ СЕРВІС ЦЕНТР зроблений технологічний процес виготовлення таврових балок. Розраховано потрібні параметри струму для виконання зварних робіт.

В третьому розділі розроблено конструкцію стенда для зварювання балки не стандартних розмірів таврового січення.

ABSTRACT

Bachelor's degree graduation thesis: 64 p., 3 ch., 2 tbl., 21ill., 6 add., 6 bibliographic sources.

Thesis topic: Improvement of the technological process of manufacturing parts joined by arc welding

ROLLING, WELDING TECHNOLOGICAL PROCESS, TRANSFORMER, CURRENT STRENGTH, VOLTAGE, ELECTRODE.

Study subject – technological process of manufacturing welded parts.

Research objective – increasing the efficiency and quality of parts by improving the technological process of welding work.

Research methods – The method of learning, observation, comparison, modeling, and analogy as a tool of a systematic approach allowed us to analyze the low efficiency of welding work and suggest a way to improve the welding technological process.

Based on the analysis of the activities of LLC STEEL SERVICE CENTER, a technological process for the manufacture of T-beams has been developed. The required current parameters for welding work have been calculated.

In the third section, a design of a stand for welding beams of non-standard T-section sizes has been developed.

РЕФЕРАТ

ЗМІСТ

ВСТУП

1	АЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТЗОВ СТАЛЬ СЕРВІС ЦЕНТР	9
1.1	Історія розвитку ТЗОВ СТАЛЬ СЕРВІС ЦЕНТР	9
1.2	Основні напрями діяльності ТЗОВ СТАЛЬ СЕРВІС ЦЕНТР..	10
1.2.1	Види металоконструкцій які виготовляє підприємство.....	10
1.2.2	Виготовлення гратчастого настилу.....	13
1.2.3	Технічна оснащеність ТЗОВ СТАЛЬ СЕРВІС ЦЕНТР	14
1.3	Особливості технологічного процесу зварювання металоконструкцій на підприємстві	15
1.3.1	Види технологічних процесів виконання зварювальних робіт на підприємстві	16
1.3.2	Температурні режими процесу зварювання.....	18
1.3.3	Типи зварних з'єднань.....	18
2	ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ЕЛЕКТРО-ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ	21
2.1	Загальні відомості про процес електро-дугового зварювання.....	21
2.2	Джерела струму для дугового зварювання.....	22
2.3	Типи електродів для дугового зварювання.....	25
2.4	Підготування заготовок для зварювання.....	26
2.5	Форми підготовки крайок заготовок під час зварювання.....	27
2.5.1	Форми підготовки крайок заготовок під час зварювання заготовок в стик	27
2.5.2	Форми підготовки крайок заготовок під час зварювання заготовок кутовим швами	29
2.5.3	Схеми розташування зварних швів у просторі.....	30
2.6	Положення та рух електрода під час зварювання.....	31
2.6.1	Схеми руху електрода під час зварювання.....	31
2.6.2	Фігурні рухи електрода під час зварювання.....	32
2.6.3	Способи заповнення металом зварного шва по перерізу.....	33
2.7	Розрахунок потрібної величини електричних параметрів зварювання	34
2.7.1	Розрахунок потрібної величини струму для зварювання.....	34

2.7.2	Вибір виду зварювального струму і його полярності.....	36
2.7.3	Розрахунок потрібної величини напруги зварювального струму для стійкого горіння дуги	36
2.7.4	Розрахунок у зварних швах маси наплавленого металу.....	37
2.7.5	Розрахунок витрат електродів на виконання зварних швів.....	38
2.7.6	Розрахунок часу який потрібний для виконання зварювальних робіт	38
2.7.7	Розрахунок витрат електроенергії на виконання зварювальних робіт	40
2.8	Дефекти зварених швів та причини їх виникнення під час виконання зварювальних робіт	40
2.9	Методи контролю якості зварних швів.....	41
3	ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ БАЛОК НА ТЗОВ СТАЛЬ СЕРВІС ЦЕНТР	44
3.1	Технологічний процес виготовлення балки двотаврового січення	44
3.2	Допоміжні технологічні пристосування для виготовлення деталей електричним дуговим зварюванням	45
3.3	Будова та робота запропонованого стенда для зварювання таврових або двотаврових балок	51
3.4	Розрахунок параметрів сили струму та напруги для зварювання..	52
3.4.1	Визначення потрібної сили струму.....	53
3.4.2	Визначення величини напруги для стійкого горіння дуги.....	53
3.5	Техніка безпеки під час дугового зварювання.....	54
	ВИСНОВКИ.....	56
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	57
	ДОДАТКИ.....	58

ВСТУП

Зварні з'єднання це з'єднання утворені шляхом місцевого нагрівання та сплавлення крайок деталей є нероз'ємними з'єднаннями і базуються на використанні сил молекулярного зчеплення.

Зварні з'єднання є найбільш хорошими та досконалими нероз'ємними з'єднаннями, в силу того, що по міцності стикових з'єднань вони рівні до міцності металу і дозволяють виготовляти деталі необмежених розмірів.

Міцність зварних з'єднань під час статичних і ударних навантажень доведена до міцності цільного металу. На сьогоднішній день освоєно зварювання всіх марок конструкційних сталей, а також високолегованих та кольорових сплавів і пластмас.

Електродугове зварювання з використанням металевого електрода здійснюється завдяки електричній дузі, яка проходить між електродом і виробом. Тепло яке виділяється від електричної дуги оплавляє крайки заготовок, які зварюються і розплавляє стрижень електрода, метал якого формує зварний шов.

На сьогодні основним способом механізованого дугового зварювання, який забезпечує високу продуктивність, якість шва, та економічність процесу, є автоматичне зварювання під шаром флюсу. Такий вид зварювання є особливо ефективним в серійному виробництві коли йде виготовлення конструкцій із швами великої довжини. Для зварювання конструкцій з короткими та розкиданими по площі швами застосовують півавтоматичне шлангове зварювання. Якщо є малий обсяг зварювальних робіт застосовують ручне дугове зварювання.

У випадку зварювання металевих заготовок з малою товщиною, деталей з високолегованих сталей, кольорових металів і сплавів застосовують дугове зварювання в середовищі захисних газів, зварювання у вуглекислому газі або аргоно-дугове зварювання. Використання аргоно-дугового зварювання дозволяє зварювати алюмінієві, мідні, магнієві і титанові сплави, зварювати елементи товщиною в десяті частки міліметра.

1 АЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТЗОВ СТАЛЬ СЕРВІС ЦЕНТР

1.1 Історія розвитку ТЗОВ СТАЛЬ СЕРВІС ЦЕНТР

Товариство з обмеженою відповідальністю СТАЛЬ СЕРВІС ЦЕНТР було організовано 09.01. 2003 році.

За роки роботи заводу було виготовлено велику кількість металоконструкцій з які були встановлені на багатьох підприємствах Львівщини, України, країнах колишнього СНД, Центральної та Східної Європи.

З 2010 року завод входить до групи компаній Polimex-Mostostal централь-ний офіс якої знаходиться в м. Варшава Республіки Польща. Polimex-Mostostal це одна з найбільших будівельних компаній Польщі, яка володіє найсучаснішими заводами по виготовленню металоконструкцій у країнах Європи.

З 2013 року на заводі розпочато виробництво зварного решіткового настилу за стандартами DIN 24531-1, DIN 24537-1. На сьогодні завод залишається серед небагатьох виробників такого типу настилів в Україні.

У 2015 – 2016 роках, на заводі зробили реконструкцію технологічних ліній та устаткування під час, якої було оновлено близько 70 відсотків парку устаткування, встановлені сучасні металообробні лінії і верстати з ЧПУ для порізки листового металу від світових виробників - Ficer, Esab, Koike Sanso Kogyo Co, Schlick та інші.

В 2020 році завод СТАЛЬ СЕРВІС ЦЕНТР пройшов європейську сертифікацію CE отримавши сертифікат відповідності згідно європейським нормам EN 1090 та ISO 3834.

На заводі постійно оновлюється устаткування, удосконалюються технологічні процеси виробництва, змінюється система управління якістю продукції. Так на сьогоднішній день повністю замінена лінія антикорозійного захисту металоконструкцій.

На сьогодні металеві конструкції які виготовляє СТАЛЬ СЕРВІС ЦЕНТР сертифіковані в системі УкрСЕПРО, а і системі EN 1090. Система менеджменту

якості в процесах зварювання сертифікована згідно ISO 3834-2:2005, а решітковий настил виробляється за стандартами IN 24531-1, DIN 24537-1.

Завдяки високій якості продукції, продукція ТЗОВ СТАЛЬ СЕРВІС ЦЕНТР продається на ринку України і поставляється на експорт експорт до 13 країн світу це: Польща, Словаччина, Чехія, Естонія, Латвія, Литва, Норвегія, Іспанія, Італія, Болгарія, Азербайджан, Грузія., США.

1.2 Основні напрями діяльності ТЗОВ СТАЛЬ СЕРВІС ЦЕНТР

1.2.1 Види металоконструкцій які виготовляє підприємство

Основними видами діяльності ТЗОВ є: проектування, виготовлення та монтаж металевих конструкцій.

До основних видів металоконструкцій, які виготовляються на ТЗОВ можна віднести:

- 1 Колони, ригелі, зв'язки, фахверки;
- 2 Зварні балки з поперечним перерізом у формі таврів, двотаврів, кутників з розміром перетинки до 1000 мм та іншої форми, а також балки змінного перерізу;
- 3 Різні види підкранових колій;
- 4 Різноманітні ферми для будівництва і в тому числі із профільних та круглих труб, кутників, швелерів;
- 5 Огорожі та перила різних типів, в тому числі із круглих труб де використовуються з'єднання виготовлені з допомогою фрезерування або плющення;
- 6 Бункери та силоси для сипучих матеріалів.

З таких металоконструкцій будуються промислові будівлі, виробничі та складські приміщення, торгово-розважальні центри, сховища для зберігання овочів і фруктів. ТЗОВ працює на виготовленні будівельних і мостових металоконструкцій, а також на виготовленні не стандартних конструкцій, силосів, бункерів, циклонів та інше. Їхні конструкції приведені на рисунках 1.1, 1.2, 1.3, 1.4.

З'єднувальний вузол металоконструкції приведений на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1– З'єднувальний вузол металоконструкції.

Загальний вигляд змонтованої конструкції бункерів приведена на рисунку 1.2



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд змонтованої конструкції бункерів.

Загальний вигляд змонтованої конструкції силосів приведена на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд змонтованої конструкції циклонів.

За останні роки металоконструкції виготовлені на ТЗОВ СТАЛЬ СЕРВІС ЦЕНТР в Україні використано в таких великих побудованих об'єктах як:

- торгово-розважальний центр «King Cross Leopoldis» / м Львів;
- торгово-розважальний центр «Victoria Gardens» / м Львів;
- масло екстракційний завод «Оліяр» / Львівська область;
- завод з пошиття автомобільних чохлів «BADER Україна» / Львівська область;
- завод з виробництва абразивних матеріалів «Klingspor Україна» / Львівська область;
- завод з виробництва ПВХ-профілю / Київська область.

1.2.2 Виготовлення гратчастого настилу

ТЗОВ є одним із найбільших виробників зварного гратчастого настилу повного циклу на території України.

Завод закупляє рулони з листовим металопрокатом і виконує всі подальші операції по виготовленню настилу.

На заводі встановлено австрійську автоматичну лінію з виробництва зварного гратчастого EVG. Максимальна продуктивність лінії становить 210 тон гратчастого настилу в місяць. Ділянка підготовки обладнана лінією Andritz для поздовжнього різання металу від австрійської компанії і лінією, яка виготовляє кручений пруток. Для виготовлення в гратчастому настилі складних вирізів і отворів використовується портална система різання з ЧПУ «ESAB Suprarex».

Загальний вигляд гратчастого настилу приведений на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5– Загальний вигляд конструкції гратчастого настилу.

Вся продукція підприємства виготовляється згідно європейських норм DIN 24537-1, DIN 24531-1, RAL-GZ 638.

1.2.3 Технічна оснащеність ТЗОВ СТАЛЬ СЕВІС ЦЕНТР

Виробничий процес виготовлення металоконструкцій на підприємстві складається з декількох технологічних етапів виробництва до яких слід віднести:

- контроль металопрокату на вході в цехи переробки;
- очищення металопрокату від прокатної окалини та іржі;
- заготівля деталей згідно технологічних карт на виготовлення заготовок;
- з'єднання елементів металоконструкції;
- дробоструменеве очищення готових виробів і конструкцій;
- нанесення антикорозійного захисту;
- упакування металоконструкцій і підготовка до відправлення до покупців.

Для того, щоб завод міг виконувати вказані технологічні етапи він оснащений відповідним устаткуванням:

- верстатами з управлінням CNC – ESAB для термічного різання металу;
- лінією для різання і свердління сортового металопрокату;
- лінією для висвердлювання отворів в листовому прокаті;
- дробометним верстатом порталного типу для очищення металопрокату;
- лінія для виготовлення балок із металопрокату;
- гідравлічний прес горизонтальної дії для ліквідування кривизни сортового прокату і зварених балок;
- прес для пробивання отворів в листовому прокаті;
- ножиці гільйотинні для різання листа товщиною до 20 мм;
- обладнання для згинання листів і профілів;
- лінії для механічного оброблення деталей та металоконструкцій;
- зварювальні півавтомати ESAB та Lincoln electric;
- цехові мостові крани вантажопідемністю до 1,5 тон.

1.3 Особливості технологічного процесу зварювання металоконструкцій на підприємстві

Виготовлення зварних конструкцій є однією з основних операцій які виконуються на підприємстві. Розмаїття типів металевих конструкцій та їхнє

призначення, специфіка умов в яких працюють виготовлені конструкції, вимагають високих вимог з міцності та надійності роботи для зварних з'єднань. Застосування зварювання дозволяє використовувати в металевих конструкціях раціональні види перетину металевих профілів, з'єднувати елементи під різними кутами і в різних площинах, значно знизити металоємність конструкції.

Використовуючи зварювання з'являється можливість з'єднувати метали з різними технічними характеристиками. Основним матеріалом який використовується для виготовлення конструкцій є сталь, яка подається на підприємство у вигляді листів, профілів різної форми, труб, стрижнів, рулонів тонкого прокату. Прокат, який використовується який використовується підприємством, повинен відповідати нормам які закладені в нормативних документах “Сталеві конструкції”.

Для металоконструкцій, які працюють в різних умовах з різним характером та величиною навантажень (на розрив, на згин, на зминання, динамічні навантаження), сталевий прокат та профілі застосовуються різного виду. Тільки згідно ГОСТ 19281-89 для сталей підвищеної міцності, є дев'ять класів показників, які визначають надійність сталевих виробів, а таких ГОСТів є декілька. Тому, ще на стадії проектування металевих конструкцій визначається і вибирається той чи інший вид сталі для виготовлення тої чи іншої металоконструкції.

У випадку, якщо металеві заготовки в конструкції з'єднується зварюванням, то необхідно враховувати показники сталі з точки зору її зварювання. В загальному, правильно підібрати сталевий прокат для конструкції – це важлива складова, яка впливає на міцність і в результаті на довговічність конструкції в цілому.

1.3.1 Види технологічних процесів виконання зварювальних робіт на підприємстві

Процес зварювання металевих конструкцій є складним і залежить не тільки від вибраних сталевих профілів, їхніх геометричних розмірів, марки сталі, але в значній мірі і від прийнятого виду зварювання.

На підприємстві використовують ручне зварювання і зварювання півавтоматами і автоматами.

Ручний вид зварювання, це якісний вид зварювання металів, але вимагає ручної праці і в значній мірі залежить від кваліфікації зварювальника. До недоліків такого зварювання можна віднести малу продуктивність і великий вплив людського фактору. Із за цих причин, все частіше ручну зварку в цехах замінюють механізованою з використанням зварювальних порошків і автоматичною з використанням захисних інертних газів або в шарі захисних флюсів. Механізований вид зварювання найчастіше використовують для виконання кутових, стельових і вертикальних швів, а автоматичний для зварювання в нижніх положеннях.

Електрошлакове зварювання на сьогодні на підприємстві практично не використовується в силу того, що зварні шви, які виконані цим зварюванням, за низьких температур втрачають свої характеристики, що знижує несучу здатність металевих конструкцій.

Із вищесказаного можна зробити висновок, що для складання металоконструкцій можна використовувати будь-який вид зварювання в залежності від умов в яких працює виріб.

На сьогодні багато закордонних компаній, які оснащені сучасними зварювальним обладнанням, віддають перевагу ручному електродуговому зварюванню. Так, в Японії багато великих компаній, які виготовляють відповідальні металоконструкції, використовують до 65% ручного зварювання.

Момент процесу ручного зварювання з накладанням кутового шва приведений на рисунку 1.6.



Рисунок 1.6 – Момент процесу ручного зварювання з накладанням кутового шва.

1.3.2 Температурні режими процесу зварювання

На технологічні процеси виконання зварювальних робіт і якість самого зварного шва значний вплив має температура навколишнього середовища

Не бажано зварювати металоконструкцій, якщо температура металевих заготовок нижче 18° . Контролюють температуру поблизу стику двох деталей. Якщо температура заготовок нижча 18° то для проведення зварювання саму заготовку необхідно підігріти. Весь метал гріти не потрібно, достатньо нагріти його від краю з'єднуються крайок на відстані товщини заготовки. Або на відстані не менше 76 мм у всіх напрямках.

У випадку, якщо з'єднуються дві заготовки із сталей різних марок із різними фізичними властивостями, то підігрів проводить по температурі потрібної для високоміцної сталі із врахуванням товщини заготовки. Для прикладу, якщо деталь виготовлена із марки сталі А514, а її товщина до 38-и міліметрів то деталь потрібно нагрівати до температури $+205^{\circ}$. Більш товсті заготовки із цієї сталі треба вже нагрівати до $+230^{\circ}$.

Оптимальний нагрів для всіх видів сталей $+210^{\circ}$.

1.3.3 Типи зварних з'єднань

В загальному, зварні з'єднання класифікуються за такими ознаками:

- геометричне, відносно розташування та примикання двох заготовок;
- тип зварного шва;
- технологічні процеси виконання зварювальної операції;
- умови за яких проводиться зварювальний процес.
- товщина заготовок, які зварюють;
- марки сталей із яких виготовлені заготовки.

Стосовно геометричного розташування заготовок в просторі, то тут можна виділити чотири види стикових з'єднань. А саме:

- зварювання в стик, це коли дві заготовки розміщені в одній площині і примикають краями, які зварюють одна до одної;
- в накладку, це коли одна заготовка перекриває своїм краєм іншу;
- кутове з'єднання, це коли дві заготовки з'єднуються під будь-яким кутом;
- з'єднання таврове, це коли одна із заготовок приварюється до іншої торцевою стороною.

Дуже часто в металоконструкціях застосовуються з'єднання в стик та кутові.

Стикові зварні шви виконують прямим повним проваром на всю товщину заготовок. Якщо зварювання проводиться в польових умовах, то з'єднання можна проводити одностороннім зварним швом із подальшим підварюванням кореня зварного шва. Тобто, заповнення основного зазору між крайками заготовок проводять по одній з крайок і поступово заповнюють весь зазор.

Технологія зварювання в стик із використанням похідних підкладок суттєво відрізняється від попередньої технології тим, що:

- підкладки встановлюються з боку крайок зварювальних деталей;
- зазор між крайками повинен бути в межах 7 міліметрів – під час ручного зварювання і 16 міліметрів - під час механізованого зварювання;
- потрібно вибирати товщину підкладки так, щоб під час зварювання на них не утворювалося пропалу з врахуванням самого режиму зварювального процесу з виставленням необхідної величини струму.

Якщо металеві конструкції зварюють в стик і в з'єднаннях стикуються дві заготовки різної товщини то в даному випадку фрезеруванням або струганням роблять кут нахилу крайки в товщій заготовці з ухилом 1: 8 для з'єднань які працюють на розтяг (це підвіски і консолі та інше), а для з'єднань які працюють на стиск з ухилом 1:5 (опори, стояки та інше).

Кутові зварні з'єднання більше навантажені ніж стикові. Особливо потрібно відзначити навантаження на розтяг по товщині заготовки. Тому до кутових з'єднань висувають певні вимоги, а саме:

- під час виконання кутового зварювання не бажано використовувати односторонній кутовий шов для навантажених металевих конструкцій, потрібно старатися застосовувати двосторонні кутові шви;

- якщо з якихось причин двосторонній шов зробити не вдається, то застосовують односторонній шов, але при цьому оброблення крайок заготовок не застосовують, а кількість наплавленого металу повинно бути якомога менше. Тобто, в цьому випадку повна проплавка шва не застосовується;

- якщо металоконструкція сприймає статичні навантаження, то застосовують зварювання неповним швом з обробленням крайок двох заготовок.

- під час підготування крайок потрібно віддавати перевагу К – подібному обробленню, а не лінійно-подібному;

- по можливості потрібно уникати кутового з'єднання металевих заготовок і віддавати перевагу тавровому стику.

Суттєво, на якість зварного шва впливають режими зварювання. Так підвищена величина зварного струму може спричинити нерівномірний розподіл металу в зоні шва. Якщо сила струму велика, а товщина зварювальних заготовок мала то можуть утворитися пропали заготовок. Якщо сила струму мала то шов буде мати теж низьку якість тому, що можуть утворитися ділянки з не проварами, а це приведе до зниження міцності з'єднання і утворення тріщини всередині шва.

Швидкість виконання зварного шва також впливає на якість зварювання. Наприклад, якщо швидкість більша ніж потрібна, то це спричинить не провар стику. Тобто заповнення зазору може бути неповним. Якщо швидкість занадто мала, то це спричинить утворення пропалів. Тому контроль швидкості виконання

шва під час ручного зварювання обов'язковий. Середня швидкість зварювання повинна бути рівною 20 м / год (3,33 см/хв).

2 ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ЕЛЕКТРО-ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

2.1 Загальні відомості про процес електро-дугового зварювання

Електро-дугове зварювання – це процес з'єднання заготовок способом розплавлення крайок металевих заготовок теплом від електричної дуги яка утворюється між електродом і крайками з одночасним перемішуванням та кристалізацією розплавленого металу на крайках заготовок після переміщення електрода.

Електрична дуга – це тривалий електричний розряд, який має високу щільністю струму, в межах від 0,5 до 100 А*мм², в газовому середовищі яке є сильно іонізоване, між двома електродами, одним з яких є плавкий електрод, а другим є заготовки або деталі які зварюються. Процес іонізації це процес, під час якого з нейтральних атомів утворюються позитивні і негативні іони.

Схема процесу виникнення електричної дуги під час зварювання металевим електродом з покриттям приведена на рисунку 2.1.

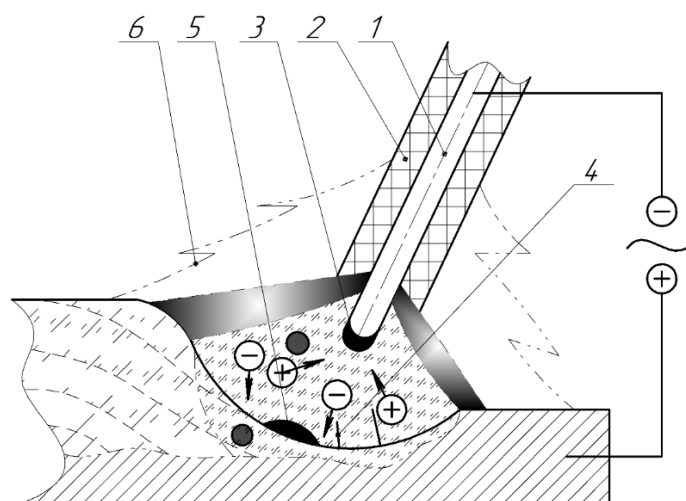


Рисунок 2.1 - Схема електричної дуги під час зварювання металевим електродом з покриттям.

Електрична зварювальна дуга складається з катодної 3 і анодної 5 плям і стовпа дуги 4, а зовні вона оточена ореолом 6, що складається з суміші газів, парів і пилу. Для запалювання дуги потрібно легко торкнутися стрижнем 1 електрода з покриттям 2 до заготовки або деталі яка зварюється із замиканням електричного кола на коротко, після чого відвести електрод від заготовки (деталі) на відстань 2-4мм.

Під час горіння зварювальної дуги виділяється велика кількість теплоти, яка супроводжується яскравим світловим випромінюванням, невидимим ультрафіолетовим та інфрачервоним випромінюванням, утворенням газів і пилу.

2.2 Джерела струму для дугового зварювання

Для виконання дугового зварювання використовують постійний або змінний струм. Для зварювання постійним струмом використовують генератори постійного струму, випрямлячі які перетворюють змінний струм у постійний. Для зварювання змінним струмом використовують, як правило, понижуючі зварювальні трансформатори. Враховуючи, що режими дугового зварювання характерні частими короткими замиканнями, то джерела струму у більшості випадків мають так звану спадну зовнішню електричну характеристику для забезпечення обмеження сили струму короткого замикання.

Зовнішня електрична характеристика – це залежність між напругою U і силою струму I під час навантаження на клеммах джерела струму. Спадною характеристикою вважають такий характер цієї залежності, коли під час навантаження із збільшенням сили струму напруга на вихідних клеммах джерела струму зменшується. На рисунку 2.2 приведено графіки: зовнішньої жорсткої 1 зовнішньої спадної 2.

Жорсткою характеристикою характерні джерела струму, які призначені для силових або освітлювальних навантажень. Напруга у таких джерелах під час зміни струму від навантаження залишається постійною.

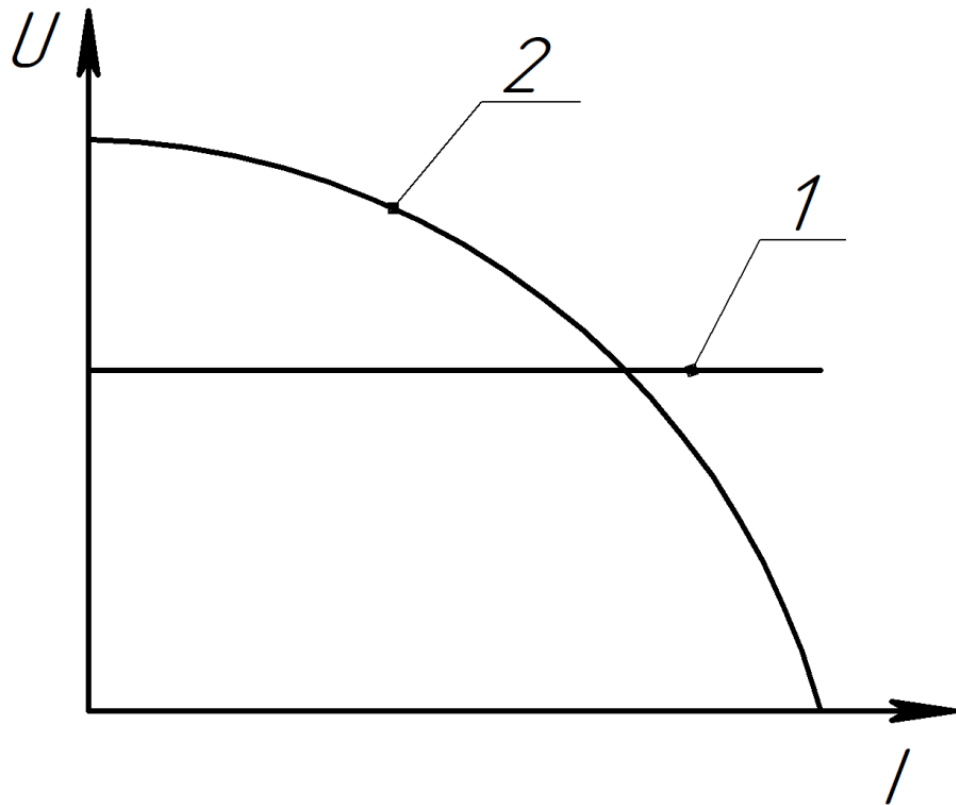
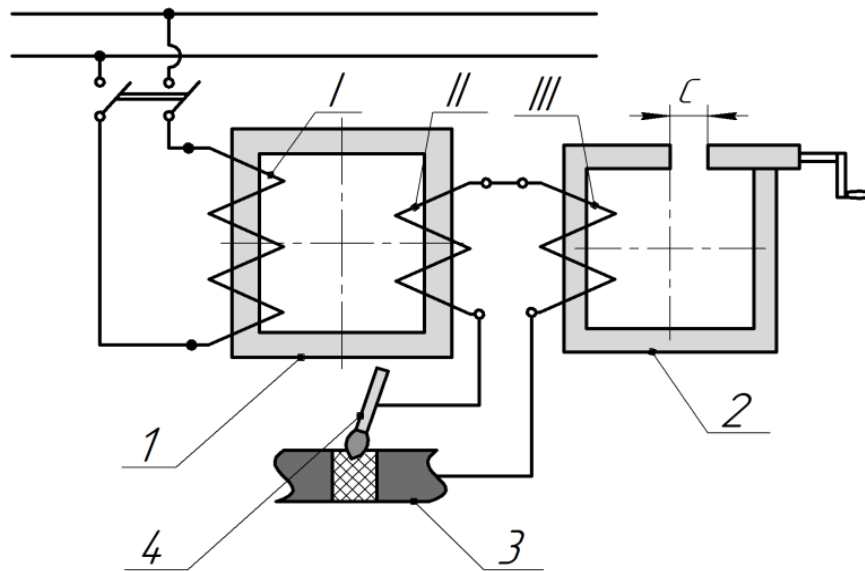
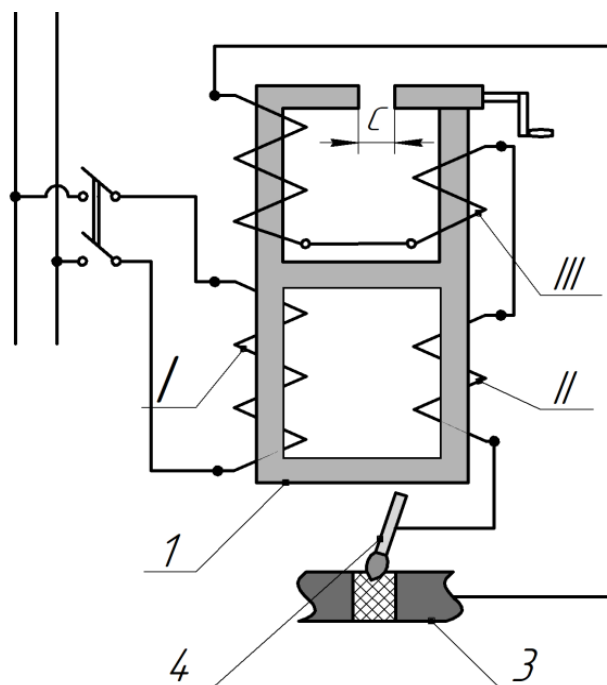


Рисунок 2.2 Види зовнішніх характеристик джерел зварювального струму: 1 – жорстка характеристика; 2 – спадна характеристика.

Спадну зовнішню характеристику зварювального трансформатора отримують послідовним вмиканням з дугою і вторинною обмоткою трансформатора так званої дросельної або реактивної обмотки. Під час проходження зварного струму у витках дросельної обмотки індукується електрорушійна сила самоіндукції з протилежним напрямом основній електрорушійній силі трансформатора. В результаті цього, напруга яка підведена до дуги, знижується від напруги холостого ходу, яка може становити 55...80 В до 15...45 В, під час горіння дуги і майже нуль під час короткого замикання. На рисунку 2.3 приведені варіанти схем вмикання дросельної обмотки з трансформаторними обмотками.



а



б

Рисунок 2.3 - Схеми зварювальних трансформаторів: I - первинна обмотка, II - вторинна обмотка, III - дросельна обмотка; 1- сердечник трансформатора; 2 - сердечник дроселя.

На приведеній, на рисунку 2.3 а, схемі знижувального однофазного трансформатора первинна обмотка I і вторинна обмотка II розташовані на залізнму осерді 1, яке має замкнутий контур, а дросельна обмотка III розташована на осерді 2 контур якого розімкнутий, а величину зазору регулюється вручну в залежності від ситуації. Ці дві обмотки можна розглядати,

як два окремо виконані апарати. На схемі яка приведена на рисунку 2.1, б трансформаторні обмотки I і II, а також дросельна обмотка III розташовані на спільному залізному осерді і являють собою один апарат. При цьому, та замкнута частина осердя, на якому розміщені обмотки I і II, являється трансформатором, а частина, на якій розташована обмотка III розімкнута являється дроселем. Величина зазору C і відповідно сила зварювального струму регулюється вручну.

2.3 Типи електродів для дугового зварювання

Дугове зварювання виконують електродами, стрижні яких плавляться, і електродами стрижні яких не плавляться. Найбільш розповсюджене зварювання під час якого використовують електроди стрижні яких плавляться. Такі електроди виготовляють із сталевого зварювального дроту діаметром від 1 до 12мм і довжиною від 150 до 450мм, на які нанесені покриття.

Класифікують електроди за такими ознаками: матеріалом, з якого вони виготовлені; призначенням для зварювання відповідних сталей; товщиною нанесеного на стрижень покриття; типом покриття стрижнів; характером шлаку, який утворюється під час розплавлення покриття; технічними характеристиками металу шва; просторовими положеннями зварювання, родом та полярністю зварювального струму. Застосування відповідного типу електродів забезпечує: легке запалювання і стійке горіння дуги; рівномірне плавлення покриття; рівномірне накривання шва шлаком; легке відокремлення шлаку після остигання шва; відсутність не проварів, пор, тріщин та інших дефектів у зварному шві.

Покриття на електроді повинно забезпечувати: стабільне горіння дуги між електродом і деталлю, що зварюється; газовий захист дуги, зони зварювання і розплавленого металу за рахунок речовин у складі покриття, які легко розкладаються під дією високої температури; шлаковий захист поверхні розплавленого металу; розкислення металу зварювальної ванни; легування металу шва феросплавами.

Стабільне горіння дуги забезпечується введенням в покриття електрода крейди, мармуру, силікатів натрію і калію, поташу.

Газовий захист дуги забезпечується введенням в покриття електрода крохмалю, целюлози, магнезиту.

Для утворення шлаку в покриття електрода вводять марганцеву руду, плавиковий шпат, рутил, мармур, крейду та ін.

Розкислення металу зварювальної ванни забезпечується введенням в покриття електрода феромарганцю та феросиліцію.

Для забезпечення легування металу шва феросплавами та для скріплення перерахованих компонентів з яких складається покриття електрода використовують силікат натрію $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_m$ так зване рідке скло.

2.4 Підготування заготовок для зварювання

Підготовка заготовок до зварювання заключається у правці, очищенні, розмітці і збиранні їх для зварювання. Правкою ліквідують деформацію прокатої сталі, з якої головним чином і виготовляють зварні конструкції. Крайки заготовок очищають від іржі, забруднень висушують вологі місця. Підготовлюють метал до зварювання досить ретельно для запобігання утворенню в зварних швах пор, раковин, різних включень та інших дефектів.

Для зварювання заготовки виготовляють, як правило, із застосуванням термічної (вогневої) прорізки металу. Механічне різання доцільно виконувати для заготовки однотипних деталей, підготовки крайок. Зібрані вузли і деталі з'єднують короткими зварними швами які називаються прихватками, які мають поперечний переріз шириною $1/3$ від поперечного перерізу повного зварного шва, а довжина залежить від товщини листів, довжини зварного шва і становить 20...100 мм.

2.5 Форми підготовки крайок заготовок під час зварювання

Для виконання зварювання у всіх випадках крайки листів повинні бути підготовлені топто очищені від іржі, окалини та інших забруднень. Підготовка

крайок під зварювання виконується на стругальному або фрезерному верстаті або за допомогою газового різання з наступним очищенням від окалини.

2.5.1 Форми підготовки крайок заготовок під час зварювання заготовок в стик

Схеми підготовки крайок заготовок для ручного дугового зварювання в стик приведені на рисунку 2.4.

Під час зварювання заготовок листів товщиною до 6 міліметрів у стик крайки не скошують але для забезпечення хорошого провару між заготовками залишають зазор величиною в 2 – 4 міліметри. Схема підготовки крайок заготовок для даного випадку приведена на рисунку 2.4 а.

Якщо товщина листів які зварюють становить від 6 до 20 міліметрів то крайкам заготовок надають V - подібний скіс під кутом $60...70^{\circ}$. Для запобігання пропалу та зменшення кількості наплавленого металу біля верхівки кута скосу залишають притуплення товщиною 3–5 міліметрів. Між заготовками залишають зазор величиною в 2–4 міліметри для покращання провару верхівки зварного шва. Схема підготовки крайок заготовок для даного випадку приведена на рисунку 2.4 б.

Для стикових швів які виконують в горизонтальному положенні роблять скіс крайки однієї із заготовок під кутом 45° . Схема підготовки крайок для даного випадку приведена на рисунку 2.4 в.

Якщо товщина листів які зварюють становить більше 20 міліметрів роблять X- або K подібну обробку крайок. Схема підготовки крайок для даного випадку приведена на рисунку 2.4 г, д.

Для зварювання у стик заготовок більшої товщини крайкам надають чашоподібну форму. Схема підготовки крайок для даного випадку приведена на рисунку 2.4 е.

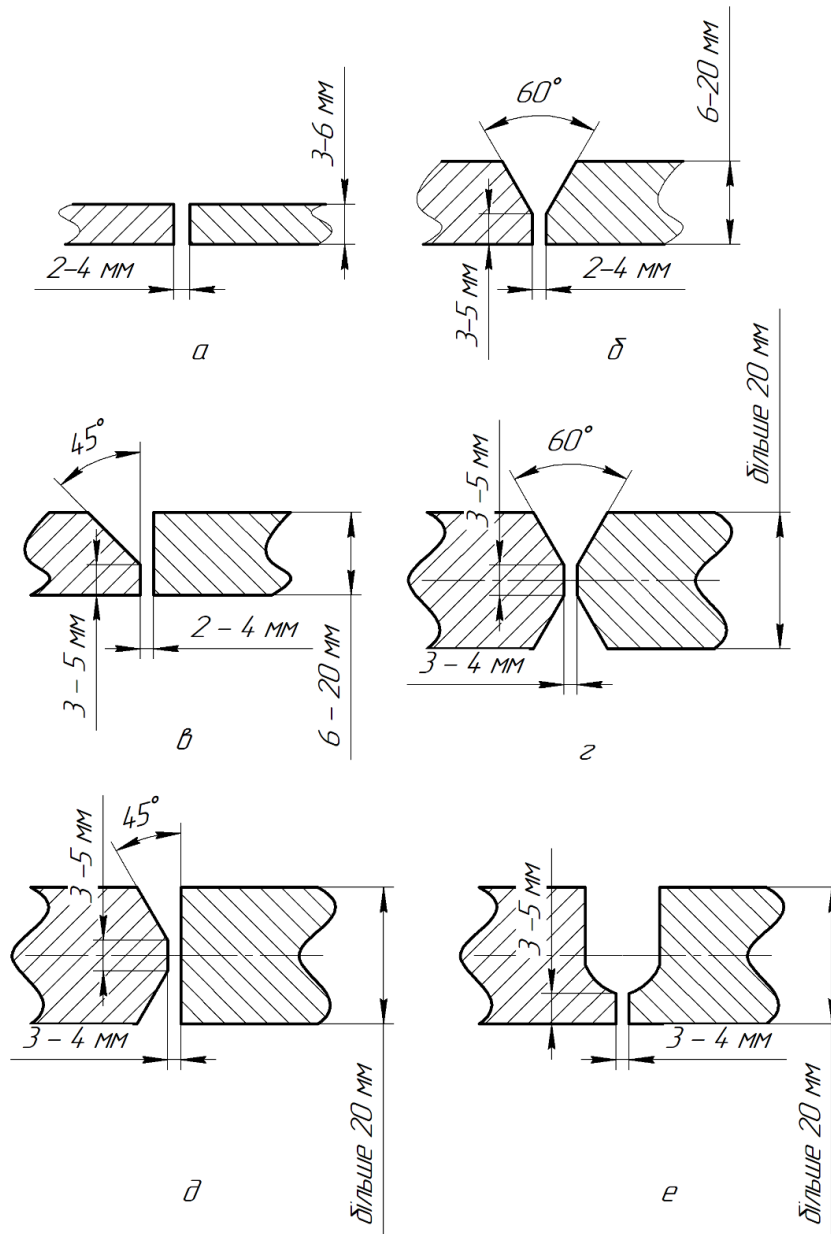


Рисунок 2.4 - Підготовка крайок для ручного дугового зварювання в стик.

2.5.2 Форми підготовки крайок заготовок під час зварювання заготовок кутовим швами

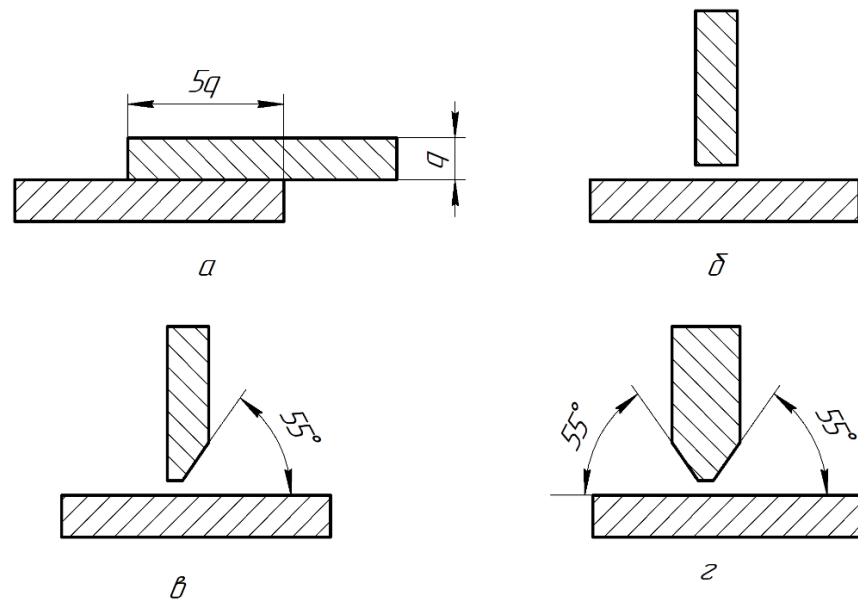
Схеми підготовки крайок деталей під час ручного дугового зварювання їх кутовими швами приведені на рисунку 2.5.

Під час зварювання кутовими зварними швами заготовок які розміщені внапусток крайки не скошують, а тільки очищають від іржі, окалини, забруднень.

Схема підготовки крайок для даного випадку приведена на рисунку 2.5, а.

З'єднання заготовок у формі тавра, які сприймають статичні навантаження, зварюють без скосу крайок. Схема підготовки крайок для даного випадку приведена на рисунку 2.5, б.

В конструкціях таврових з'єднань, які сприймають динамічні навантаження роблять підготовку крайок з V - або К - формою. Схема підготовки крайок для даного випадку приведена на рисунку 2.5, в, г.



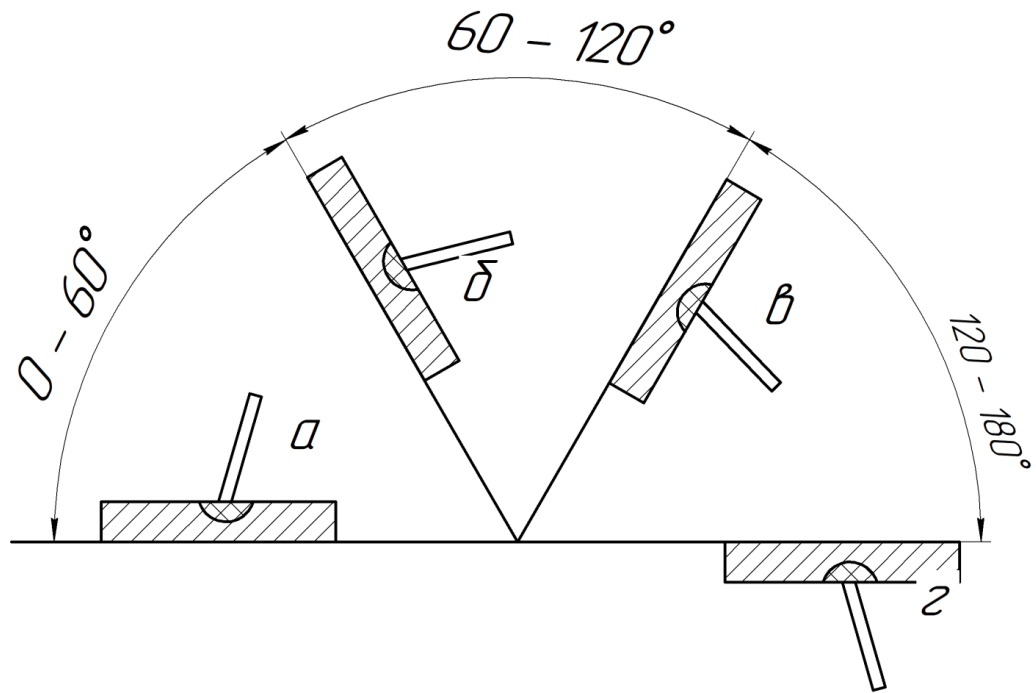
а – в напусток; б, г – тавровими конструкціями.

Рисунок 2.5 – Схеми підготовки крайок деталей підчас ручного дугового зварювання їх кутовими швами: а – в напусток; б, г – тавровими конструкціями.

2.5.3 Схеми розташування зварних швів у просторі

У всіх випадках крайки листів, що підлягають зварюванню, повинні бути очищені від іржі, окалини та інших забруднень. Підготовка крайок під зварювання виконується на стругальному або фрезерному верстаті, а також за допомогою газового різання з наступним очищенням від окалини.

Схеми розташування зварних швів у просторі приведені на рисунку 2.6.



а – нижнє; б, в – вертикальне або горизонтальне; г – стельове.

Рисунок 2.6 – Положення зварних швів у просторі:

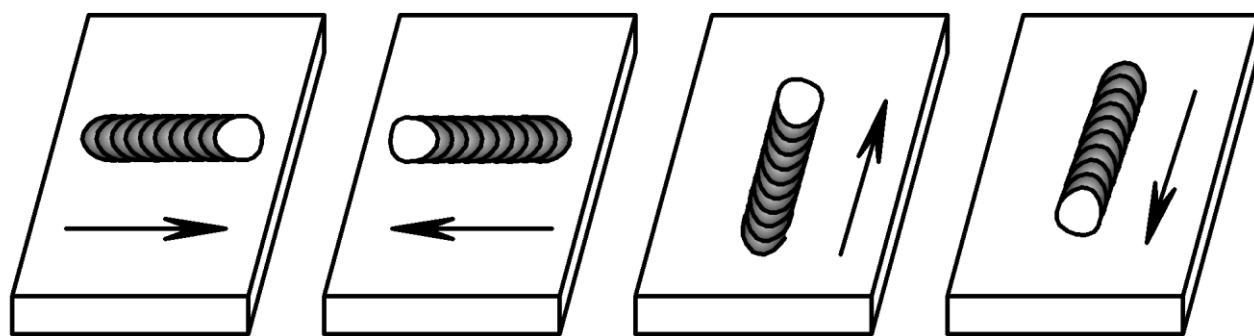
2.6 Положення та рух електрода під час зварювання

2.6.1 Схеми руху електрода під час зварювання

Кут нахилу електрода під час зварювання залежить від положення зварних швів у просторі, товщини металу і його хімічного складу, діаметру електрода, виду і товщини покриття електроду. Рух електрода під час зварювання може бути зліва направо, справа наліво, від себе і на себе. Схеми руху електрода під час зварювання приведені на рисунку 2.7.

Незалежно від напрямку зварювання кут нахилу електрода повинен бути постійним і чітко визначеним. Він повинен бути нахиленим до осі шва так, щоб метал деталі проплавлявся на найбільшу глибину.

Для отримання щільного і рівного шва під час зварювання у нижньому положенні на горизонтальній площині кут нахилу електрода повинен становити 15° від вертикалі у бік ведення шва.

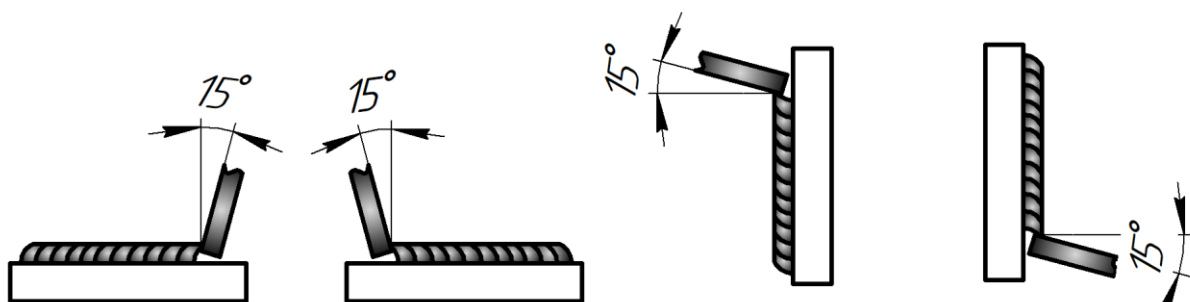


зліва на право

з права на ліво

від себе

на себе



зліва на право

з права на ліво

від себе

на себе

Рисунок 2.7 - Схеми руху та кут нахилу електрода під час зварювання.

2.6.2 Фігурні рухи електрода під час зварювання

Щоб отримати потрібну ширину зварного шва під час зварювання для руху електрода застосовують поперечні фігурні рухи. Схеми руху електрода приведені на рисунку 2.8.

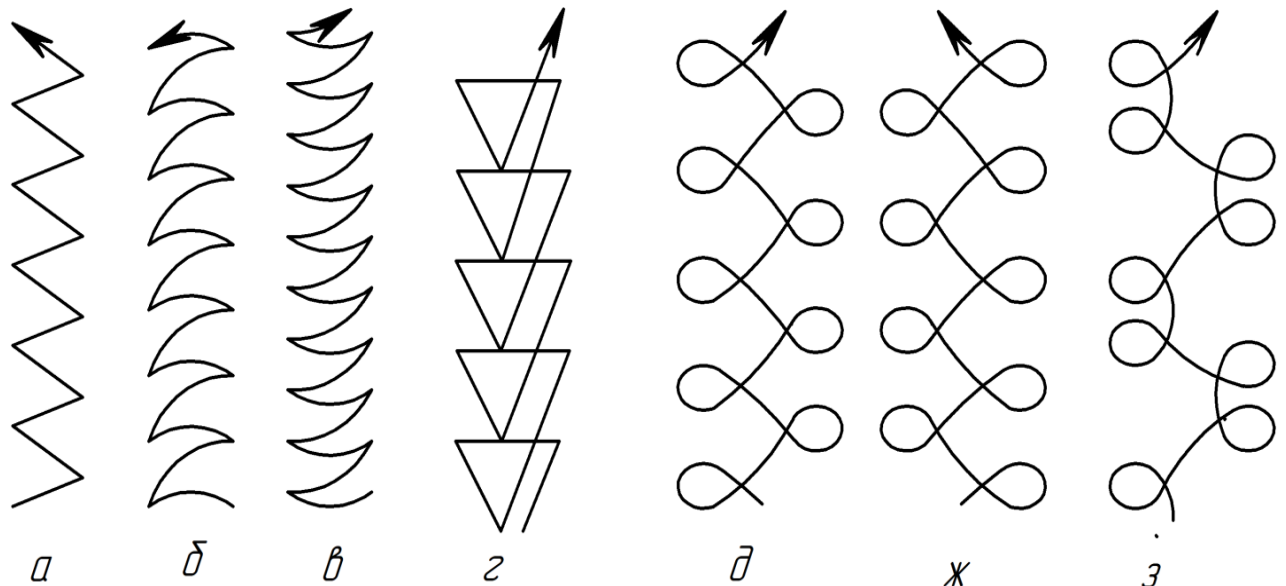


Рисунок 2.8 - Схеми поперечних фігурних рухів електрода під час зварювання.

Застосовують такі основні рухи електрода: прямі по ламаній лінії; півмісяцем, поверненим кінцями до наплавленого шва; - півмісяцем, поверненим кінцями до напрямку зварювання та ін.

Поперечні рухи по прямій ламаній лінії (Рис. 2.8, а) часто застосовують для отримання наплавних валиків, під час зварювання листів в стик без скосу крайок в нижньому положенні і коли не має небезпеки пропалювання деталей які зварюються.

Рухи півмісяцем (Рис. 2.8, б, в) застосовують для виконання стикових швів зі скосом крайок і для кутових швів які мають катет менше шести міліметрів і виконуються у будь якому положенні електродом діаметром до чотирьох міліметрів.

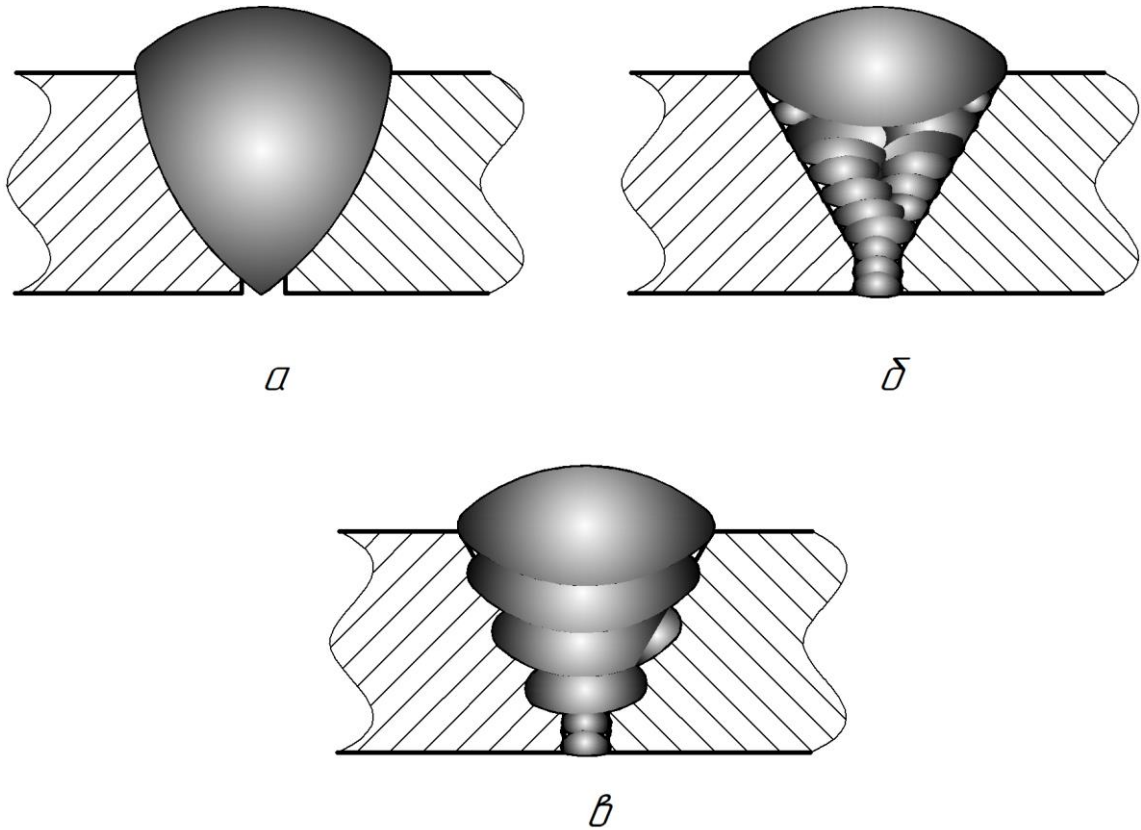
Рухи трикутником (Рис. 2.8, г) застосовують під час виконання кутових швів які мають катет шва більше шести міліметрів і стикових швів зі скосом крайок форма яких приведена на рисунку 2.4.

Петле подібні рухи (Рис, 2.8, д, ж, з) застосовують у випадках коли потрібно сильніше прогрівати метал по краях шва, наприклад, під час зварювання листів із високолегованих сталей. Такі сталі мають високу текучість і для правильного формування шва потрібно довше затримувати електрод на краях, щоб запобігти пропалювання в центрі шва і уникнути витікання металу із зварної ванни під час вертикального зварювання.

2.6.3 Способи заповнення металом зварного шва по перерізу

За способом заповнення шва металом по перерізу розрізняють одношарові шви, багато прохідні і багатошарові. Якщо число шарів дорівнює числу проходів, то такий шов називається багатошаровим. Якщо деякі з шарів виконують за кілька проходів, то такий шов називають багато прохідним.

Багатошарові шви використовують у стикових з'єднаннях, багато прохідні - в кутових і таврових. Схеми заповнення швів металом приведені на рисунку 7.9.



а) - одношаровий і однопрохідний; б) - багатошаровий і багато прохідний;
 д) – багатошаровий.

Рисунок 7.9 - Схеми заповнення швів металом по перерізу:

2.7 Розрахунок потрібної величини електричних параметрів зварювання

2.7.1 Розрахунок потрібної величини струму для зварювання

В залежності від вибраного діаметра стрижня електрода визначаємо потрібну силу зварювального струму використавши формулу

$$I = k \cdot d_e$$

де I – потрібна сила зварювального струму, А; d_e – діаметр стрижня електроду, мм; k – коефіцієнт пропорційності, який під час зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей в нижньому положенні рівний 35 – 60 А/мм

для товщини металу від 5,0 до 30,0 міліметрів, або його значення вибирають за даними таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Величина коефіцієнту пропорційності який залежить від діаметра стрижня електрода

Діаметр стрижня електрода d_e , мм	1 – 2	3 – 4	5 – 6
Коефіцієнт пропорційності k , А/мм	25 – 30	30 – 45	45 – 60

С
илу

зварювального струму, яку ми визначили за вказаною вище формулою, потрібно підправити врахувавши товщини заготовок які зварюються, типу з'єднання та положення зварювального шва в просторі.

Якщо використовувати зварювальний струм малої сили то це приведе до нестійкого горіння дуги і в результаті до неповного проварювання шва і низької продуктивності процесу зварювання. Якщо використовувати зварювальний струм надто великої сили то це приведе до сильного перегріву стрижня електрода під час зварювання і в результаті до збільшення швидкості плавлення електрода, інтенсивного розбризування матеріалу електрода і погіршення формування зварювального шва.

Під час зварювання з використанням вертикальних і горизонтальних зварюваних швів струм зварювання повинен бути меншим за потрібний для зварювання у нижньому положенні приблизно на 5,0 – 10,0%, а для стельових зварювальних швів на 10,0 – 15%. Це роблять для того, щоб рідкий метал не витікав із зварювальної ванни. Положення швів у просторі показане на рисунку 2.6. Незалежно від товщини металу, під час зварювання з використанням горизонтальних, вертикальних і стельових швів використовують електроди діаметром $d_e < 4$ мм.

Тип і марку електрода вибираємо в залежності від марки та механічних властивостей сталей з яких виготовлені деталі для зварювання, призначення та умов роботи всієї конструкції.

2.7.2 Вибір виду зварювального струму і його полярності

В залежності від марки металу, з якого виготовлені заготовки для зварювання, його товщини, марки електроду, призначення та умов роботи конструкції вибирають той чи інший вид зварювального струму і його полярність. Наприклад постійний струм зворотної полярності використовують для зварювання тонкостінних заготовок і високолегованих сталей для того щоб запобігти їх перегрівання. Змінний струм використовують для зварювання вуглецевих сталей.

2.7.3 Розрахунок потрібної величини напруги зварювального струму для стійкого горіння дуги

Потрібну величину напруги зварювального струму для стійкого горіння дуги визначимо використавши формулу

$$U = U_k + E_c \cdot l$$

або

$$U = 20,0 + 0,04 \cdot I$$

де U – потрібна величина напруги, В; U_k – сумарне падіння напруги на аноді і катоді, В; E_c – градієнт напруги (напруженість) у стовпі дуги, В/мм; l – довжина дуги, мм; I – величина струму зварювання, А.

Дожину дуги можна визначити використавши формулу

$$l = (0,5 - 1,1) \cdot d_e$$

2.7.4 Розрахунок у зварних швах маси наплавленого металу

Сумарну масу металу, який наплавляється у зварних швах під час злиття елементів в металевій ванні визначимо використавши формулу

$$G_H = G_H^{\text{осн}} + G_H^{\text{вн}}, \text{ г}$$

де G_H – сумарна маса наплавленого металу у зварній ванні, г; $G_H^{\text{осн}}$ – маса наплавленого металу від основного зварного шва, г; $G_H^{\text{вн}}$ – маса наплавленого металу від підварного шва, г.

Масу наплавленого металу від основного зварного шва визначимо використавши формулу

$$G_H^{\text{осн}} = \frac{S_{\text{осн}}}{1000} \cdot L_{\text{осн}} \cdot \rho, \text{ г}$$

де $S_{\text{осн}}$ – площа поперечного перерізу основного зварного шва, мм²; $L_{\text{осн}}$ – сумарна довжина основних зварних швів, мм; ρ – об'ємна вага наплавленого металу, г/см³.

Масу наплавленого металу від підварних швів визначимо використавши формулу

$$G_H^{\text{вн}} = \frac{S_{\text{вн}}}{1000} \cdot L_{\text{вн}} \cdot \rho, \text{ г}$$

де $S_{\text{вн}}$ – площа підварного зварювального шва, мм²; $L_{\text{вн}}$ – довжина підварного зварювального шва, мм.

2.7.5 Розрахунок витрат електродів на виконання зварних швів

Потрібну вагу електродів на утворення металевої зварювальної ванни визначимо використавши формулу

$$G_{\text{ел}} = k \cdot G_H$$

де k – коефіцієнт витрати електродів на 1 кг наплавленого металу.

Коефіцієнт витрати k враховує: масу покриття електродів; втрати металу під час утворення чаду; втрати електродів під час розбризкування металу; масу недогарків електродів. Для приближених розрахунків можна прийняти, що $k = 1,6 - 1,8$.

2.7.6 Розрахунок часу який потрібний для виконання зварювальних робіт

Потрібний час для виконання зварювальних робіт визначимо використавши формулу

$$T_{зв} = T_{осн} + T_{обсл} + T_{під} + T_{відп}, \text{ год}$$

де $T_{осн}$ – потрібний основний технологічний час на зварювання, год; $T_{обсл}$ – час потрібний для обслуговування устаткування, год; $T_{під}$ – час потрібний для підготовки устаткування до роботи та отримання електродів, год; $T_{відп}$ – час потрібний для відпочинку устаткування, год.

Потрібний основний технологічний час для виконання зварювання визначимо використавши формулу

$$T_{осн} = \frac{G_n}{K_n \cdot I}$$

де K_n – коефіцієнт наплавлення, г/(А · ч).

Коефіцієнт наплавлення показує яка маса металу наплавляється на поверхню заготовки в грамах за одну годину силою зварювального струму в 1 ампер.

Загальний потрібний час для виконання основних зварювальних робіт можна визначити використавши формулу

$$T_3 = \frac{T_{\text{осн}}}{K_B}$$

де K_B – коефіцієнт, який вказує на інтенсивність використання зварювального поста і враховує час: на обслуговування устаткування; на отримання розхідних матеріалів; на відпочинок устаткування та інше. Значення коефіцієнта використання приведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Значення коефіцієнту використання зварювального поста K_B

Під час роботи в цеху	$K_B = 0,6 - 0,8$
Під час виконання монтажних робіт	$K_B = 0,5 - 0,7$

2.7.7 Розрахунок витрат електроенергії на виконання зварювальних робіт

Витрату електроенергії на виконання зварювальних робіт визначимо використавши формулу

$$Q = 0.001 \cdot U \cdot I \cdot T_{\text{осн}}, \text{кВт/год}$$

2.8 Дефекти зварених швів та причини їх виникнення під час виконання зварювальних робіт

Дефекти це різні відхилення від технічних вимог і норм до зварних з'єднань. Наявність дефектів суттєво зменшують міцність зварних з'єднань і часто приводять поломки або навіть до руйнування всієї конструкції.

Дефектами зварних швів вважають: дефекти форми шва; подрізи зварних швів; незаплавлені кратери в тілі шва; пропали заготовок; шлакові включення у шві; не провари; тріщини; газові пори.

Дефектами форми шва вважають: нерівномірність розмірів по ширині і висоті зварного шва; хвилястість зварного шва; нерівномірність кутових катетів зварних швів. Причиною їхнього утворення може бути: коливання напруги; нерівномірність швидкості зварювання; недостатня кваліфікація зварника.

Нерівномірність розмірів по ширині і висоті зварного шва, так звані наплови, утворюються в результаті натікання рідкого металу на крайки холодного металу. Такий ефект присутній внаслідок зовнішньої сили зварювального струму або неправильного нахилу електрода.

Подрізи зварних швів це продовгуваті заглибини (канавки), які утворились в основному металі в корені зварного шва. Такий ефект присутній внаслідок великої сили струму і напруги на зварювальній дузі.

Незаплавлені кратери утворюються під час різкого обривання зварювальної дуги. Вони зменшують переріз шва і в результаті його міцність та можуть бути місцем утворення тріщини.

Пропали заготовок це проплавлення основного металу і утворення в ньому наскрізних отворів. Такі дефекти утворюються в місцях де присутній великий зазор між заготовками які зварюються або наявність надмірно великого струму або використовують високі швидкості зварювання.

Не провари - це не сплавлення основного металу з наплавленим. Основною причиною їх виникнення є недостатня сила струму зварювання та відхилення електрода від осі шва.

Тріщини в тілі шва або в навколо шовній зоні є найбільш небезпечним дефектом зварних швів. Однією з багатьох причин утворення тріщини є підвищений вміст вуглецю в матеріалі заготовок, який формує в металі структуру загартування. До утворення тріщини спонукає також підвищений вміст у наплавленому металі шкідливих елементів, зокрема сірки та фосфору.

Газові пори утворюються у зварному шві в результаті перенасичення рідкого металу газами, які не встигли вийти на поверхню в процесі швидкого

затвердіння шва. Причиною виникнення пор може бути присутність в місці зварювання на крайках деталей і на поверхні електродів іржі, масла, фарби або використання вологих або неправильно вибраної марки електродів. Причиною також може бути надмірна швидкість зварювання, що приводить до порушення газового захисту ванни рідкого металу.

2.9 Методи контролю якості зварних швів

Якість зварних швів впливає на їхню міцність і визначає надійність і довговічність зварних конструкцій. Сучасна техніка дозволяє застосовувати різні методи діагностування і контролю якості зварних швів. До основних методів діагностування відносять: візуальний зовнішній огляд і геометричні заміри зварних швів; контроль непроникності швів; гідравлічні і пневматичні випробування зварних швів; просвічування зварних швів рентгенівськими променями; магнітно-графічний; ультразвуковий; металографічні випробування; механічні випробування.

Під час візуального огляду і геометричних замірів зварних швів виявляють зовнішні дефекти, а саме не провари зварного шва, напливи, подрізи, незаварені кратери, зовнішні тріщини тощо, а також вм'ятини, задирки та інші дефекти а також бруд, масло, іржу, окалину на поверхні крайок. Зовнішньому огляду піддають усі шви, незалежно від того, який спосіб контролю буде застосовано в подальшому.

Під час контролю непроникності швів їх перевіряють на проникнення газів (повітря, суміші повітря з аміаком і іншими індикаторами) та рідин (води, гасу) через дефекти зварних швів. Цей спосіб застосовують для перевірки герметичності посудин і трубопроводів.

Під час гідравлічних випробувань контролюють щільність зварних з'єднань та міцність всієї зварної конструкції. Під час гідравлічних випробувань трубопроводи заповнюють водою і створюють тиск, який рівний робочому. Якщо дефектів не виявлено, то тиск піднімають до рівня $P = (1,25 \dots 1,50) \cdot P$ від робочого.

Пневматичні випробування роблять з метою контролю щільності зварних з'єднань в трубопроводах, які працюють під тиском.

Під час просвічування зварних швів рентгенівські промені проходять через суцільний метал і дефектні місця неоднаково в результаті чого на проявленій фотоплівці з'являються місця з різною інтенсивністю затемнення. На основі цього роблять висновок про характер і розміри дефектів. Просвічування зварних швів рентгенівськими променями дозволяє виявити у швах внутрішні дефекти у вигляді тріщини, не проварів, шлакових включень, газових пор.

Магнітно-графічний метод контролю. Суть магнітно-графічного методу контролю полягає у намагнічуванні зварних швів з фіксуванням магнітного потоку на феромагнітну стрічку.

Ультразвуковий контроль зварних швів ґрунтується на здатності ультразвукових хвиль проникати в метал на велику глибину і відбиватися від неметалевих включень.

Під час металографічних випробувань із шва вирізають зразки і на них визначають структуру металу і її відповідність заданій.

З ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ БАЛОК НА ТЗОВ СТАЛЬ СЕРВІС ЦЕНТР

Одним з напрямів діяльності ТЗОВ Сталь Сервіс Центр є: проектування, виготовлення і монтаж металевих зварних конструкцій.

ТЗОВ Сталь Сервіс Центр спеціалізується на виготовленні: колон; балок; ригелів; зварні балок таврової, двотаврової, швелерної, кутникової форми перерізом до 800 мм; підкранових колій; огорож та перил різних типів.

Ці конструкції виготовляють використовуючи електро-дугове зварювання. Велика гама типів металевих конструкцій та їхнє призначення, а також умови роботи та специфіка проведення технологічних процесів в яких використовуються конструкції, вимагають високу надійність роботи зварних з'єднань.

На заводі використовують різні види дугового зварювання, але для виготовлення одиночних експериментальних та дослідних взірців застосовують

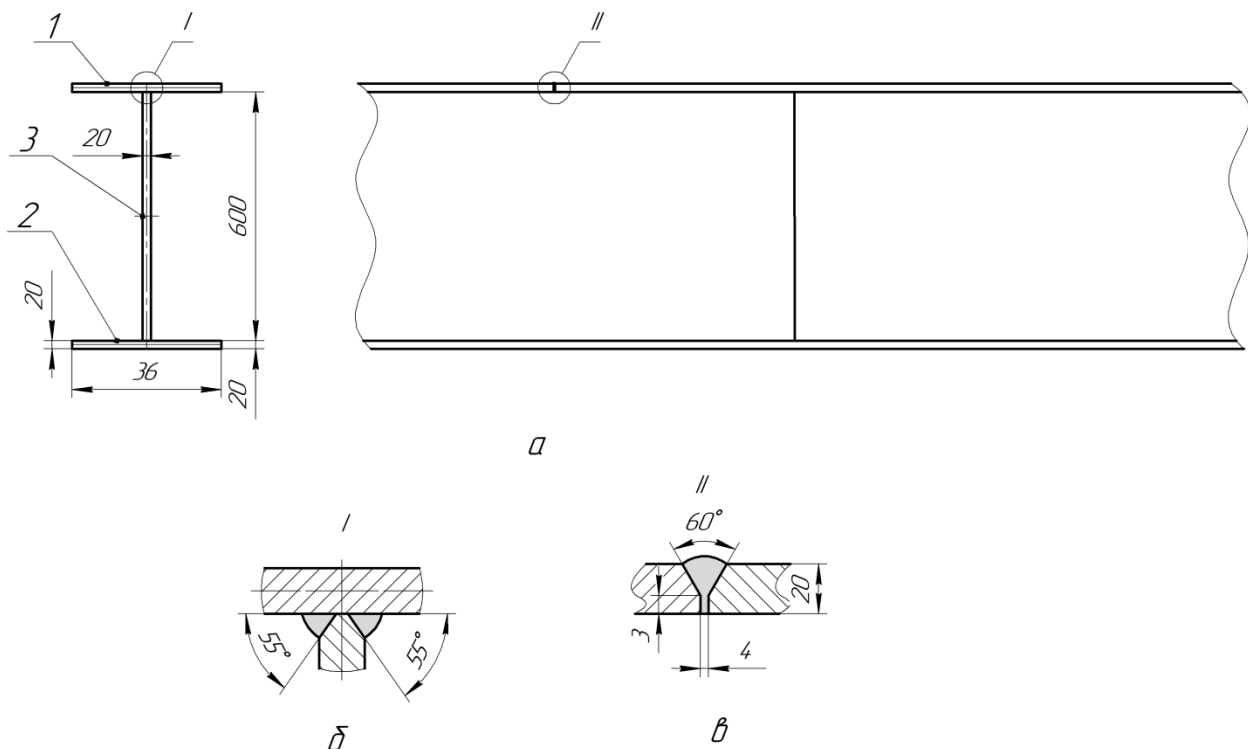
ручне дугове зварювання. Серійні взірці виготовляють із застосуванням зварювальних автоматів.

3.1 Технологічний процес виготовлення балки двотаврової січення

На ТЗОВ Сталь Сервіс Центр балки з великими поперечними січеннями виготовляють із сталюого листового прокату. У загальному балки складаються із полиць і перетинок між ними. Зокрема двотаврова балка складається із двох полиць і перетинки між ними. Схема зварної двотаврової балки приведена на рисунку 3.1.

Верхню, нижню полиці та перетинку збирають із деталей, які виготовляють, тут же на заводі, методом плазмової вирізки із листового прокату.

Довгі полоси полиць та перетинок збирають із відповідних деталей зварюючи їх в стик способом електродугового зварювання.



а - схема двотаврової балки; б – схема виконання зварних швів зєднання полиці із перетинкою; в – схема виконання зварного шва заготовок в стик

1– верхня полиця; 2 – нижня полиця; 3 – перетинка.

Рисунок 3.1 – Схема зварної двотаврової балки:

Крайки для зварювання підготовлюють по технології вказаній у пункті 2.5 даної роботи. Форму крайок для зварювання в стик приведено на рисунку 2.4, б, а форма підготовки крайок перетинки для кутового зварювання приведено на рисунку 2.5, г даної роботи.

3.2 Допоміжні технологічні пристосування для виготовлення деталей електричним дуговим зварюванням

Для виконання основних і допоміжних операцій під час зварювання крім зварювального апарату, джерела електродуги для зварювання і апаратури управління, потрібні додаткові пристосування і механізми, що формують разом із основним устаткуванням пост або дільницю для ручного, автоматичного або півавтоматичного зварювання. В залежності від форми і розмірів виробу та характеру виробництва ці пости або дільниці мають різне основне і допоміжне устаткування, пристосування і механізми.

Ці дільниці можуть мати різне призначення і бути розділені на наступні групи і бути оснащеними: зварювальними та складально-зварювальними технологічними пристосуваннями; пристосуваннями для укладання і кантування виробів, які зварюються; несучими металоконструкціями і візками для робочого і маршового руху зварювальних апаратів; металоконструкціями та механізмами для обслуговування зони зварювання; транспортним пристроями і інше.

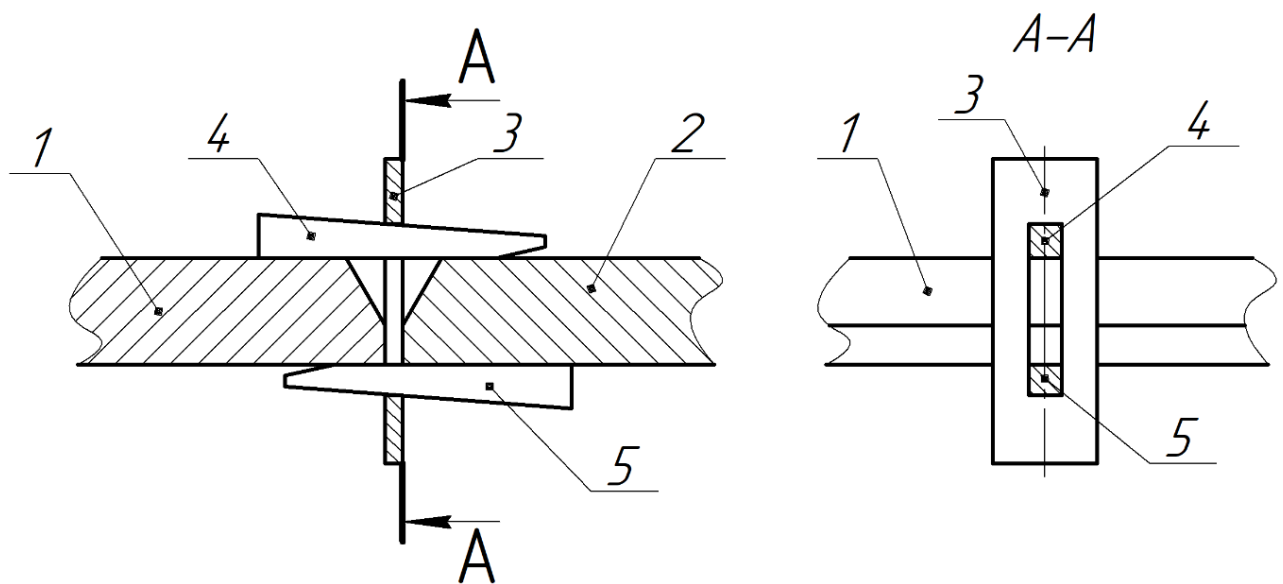
Застосовуючи складально-зварювальні приспособлення можна суттєво знизити трудомісткість складальних операцій, зменшити залишкові деформації в конструкції і тим самим підвищити їхню якість і надійність, спростити контроль зібраних конструкцій.

Правильно спроектоване і виготовлене допоміжне пристосування повинно забезпечувати наступні вимоги: бути зручним в експлуатації; забезпечувати точність запроектованих розмірів виробу; забезпечувати швидку установку і знімання елементів зібраного або звареного виробу; мати невисоку вартість і

задовольняти вимогам техніки безпеки під час виконання складальних і зварювальних робіт.

Вид та складність допоміжного пристосування визначається серійністю виробництва і ступенем складності конструкції. Під час виробництва дослідного або одиночного взірця застосовують універсальні пристосування. Для серійного виробництва використовують як універсальні, так і спеціалізовані пристосування.

Для збирання під зварювання в стик виробів з листового прокату застосовують клини та скоби схема яких приведена на рисунку 3.2.



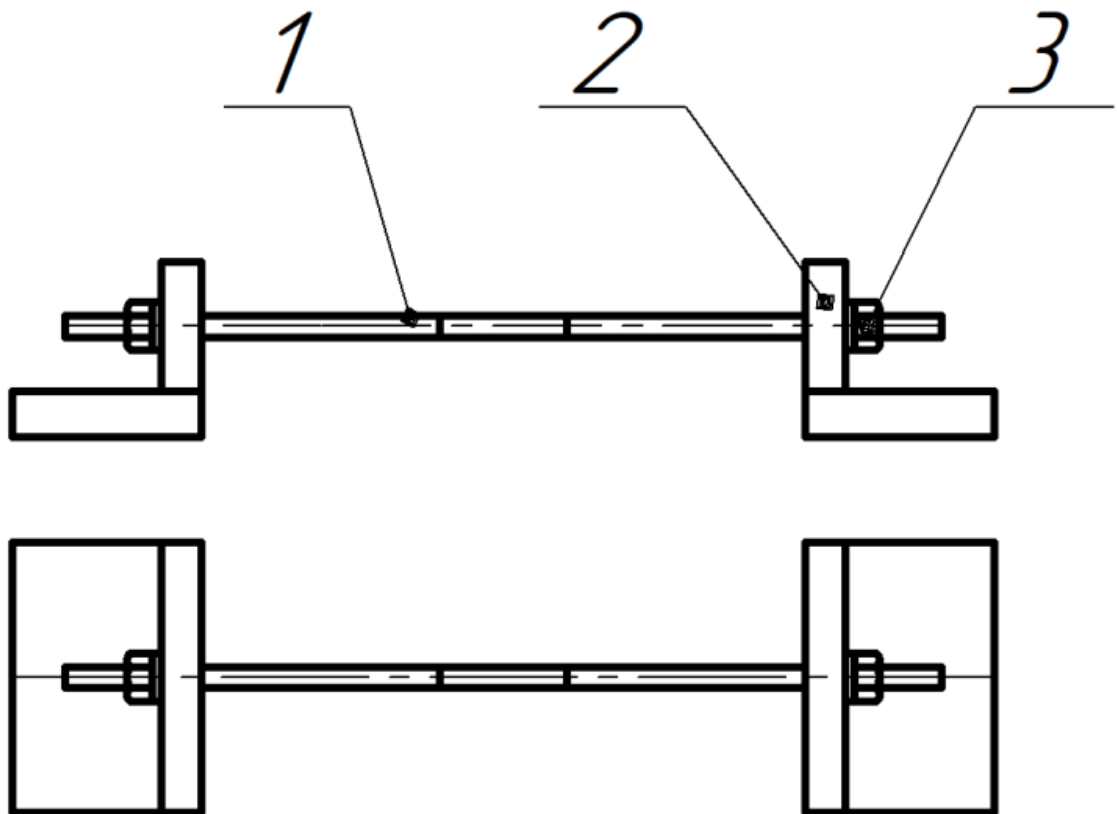
1 – заготовка №1; 2 – Заготовка №2; 3 – рамка; 4, 5 – клини.

Рисунок 3.2 – Схема використання клинових скоб для зварювання листових деталей в стик:.

Застосування даного пристосування дозволить фіксувати положення листових деталей із чітко встановленим зазором між ними, який буде рівний товщині скоби. Завдяки клинам листові деталі виставляють і фіксують у горизонтальній площині.

Для підтягування крайок деталей до скоби (рис 3.2) і тим самим виставлення потрібного зазору між заготовками та їх фіксації під час зварювання їх в стик застосовують регульовальні стяжки. Окремі елементи стяжок тимчасово приварюють до заготовок, а після зварювання їх зрізають. Найбільшого поширення гвинтові стяжки схема яких приведена на рисунку 3.3.

Для зручності збирання та зварювання деталей використовують спеціалізовані стелажі. Стелажі це конструкції які мають рівну базову поверхню, на якій здійснюють складання і зварювання виробів. Якщо застосовують ручне електрозварювання то часто використовують, у якості поверхні стелажа, універсальні складально-зварювальні плити з пазами для різних кріпильних пристроїв.



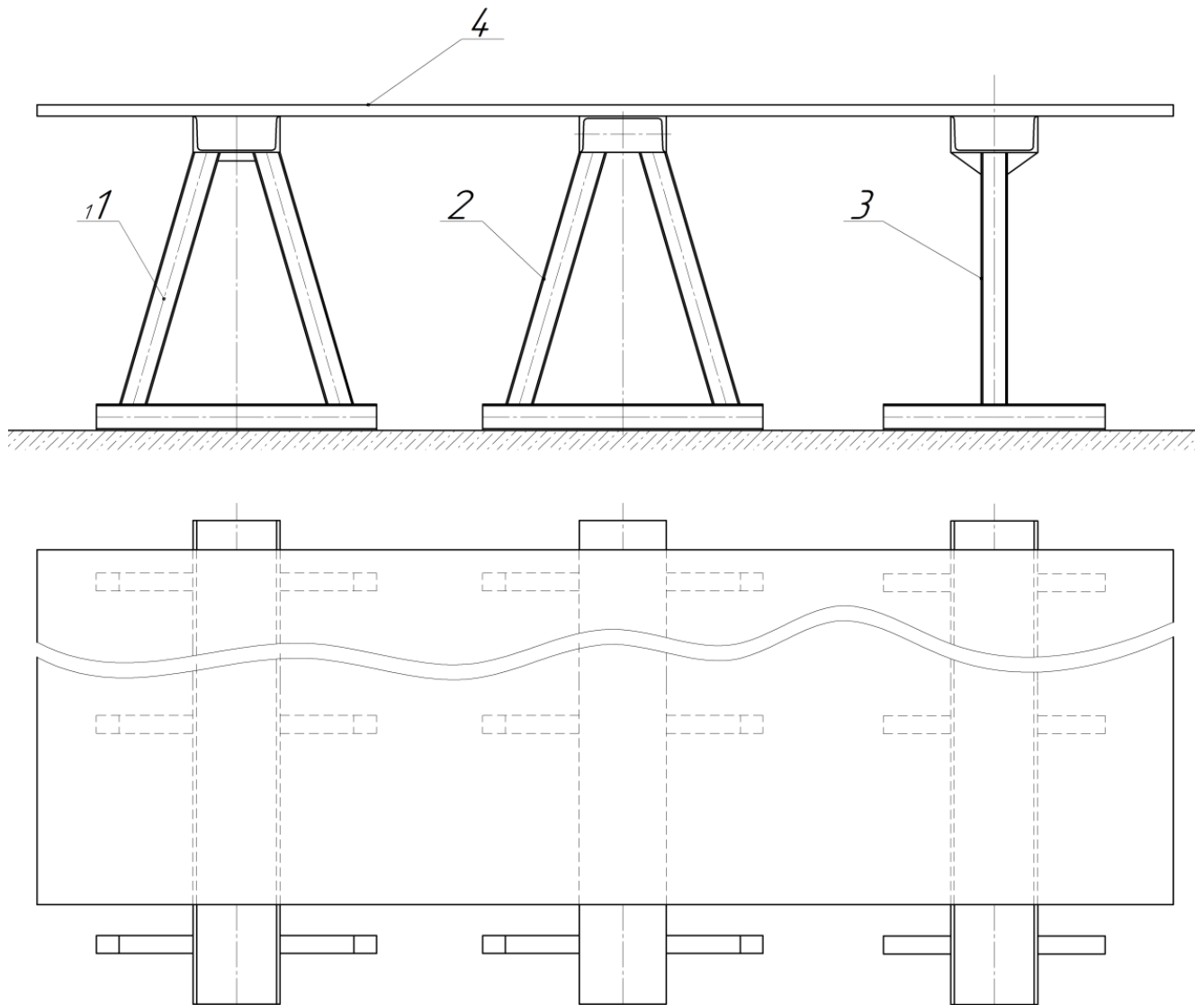
1 – болт; 2 – косинка; 3 – гайка

Рисунок 3.3 – Схема гвинтової стяжки:

Стелажі в залежності від пристосування в яких поєднані операції складання і зварювання, бувають стаціонарними, пересувними і накладними.

В загальному простий стелаж складається із поверхні яка встановлюється на опори які називаються козлами. Конструкція козлів може бути різною.

Схема простого стелажа з різними видами козлів приведена на рисунку 3.4.



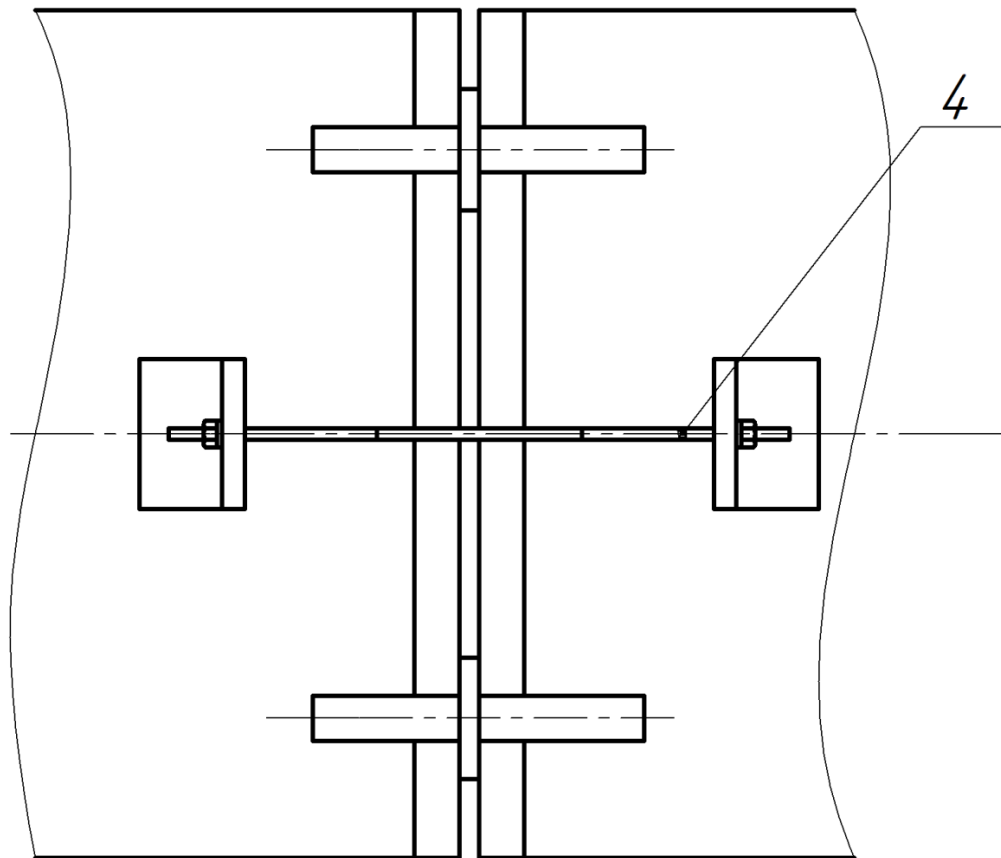
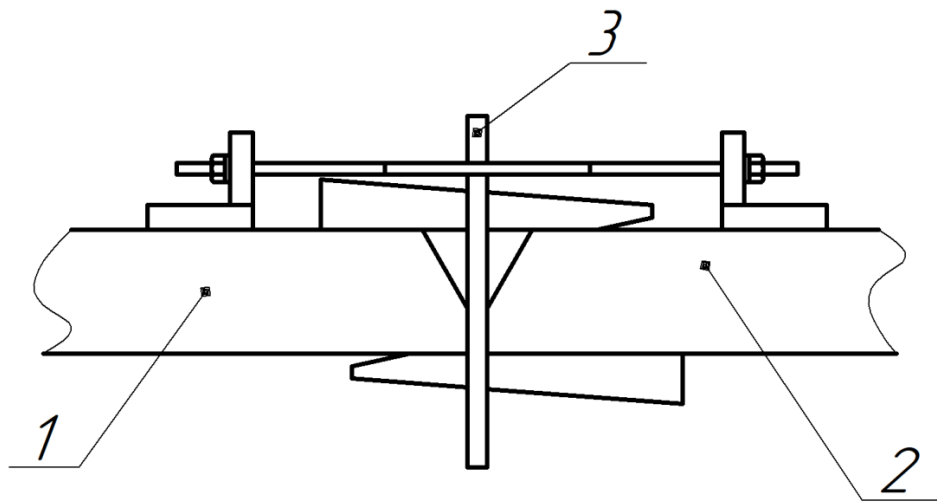
1, 2, 3 – конструкції козлів; 4 – деталь

Рисунок 3.4 – Схема конструкції простого стелажа:

Схема поста для зварювання листових деталей приведена на рисунку 3.5.

Різні конструкції балок збирають і зварюють на відповідних стелажах, встановлених на невеликій відстані один від одного по всій довжині, або на універсальному стенді.

Схема поста для зварювання листових деталей приведена на рисунку 3.5.



1, 2—деталі; 3 – скоба з клинами; 4 – гвинтова стяжка.

Рисунок 3.5 – Схема поста для зварювання листових деталей в стик:

3.3 Будова та робота запропонованого стенда для зварювання таврових або двотаврових балок

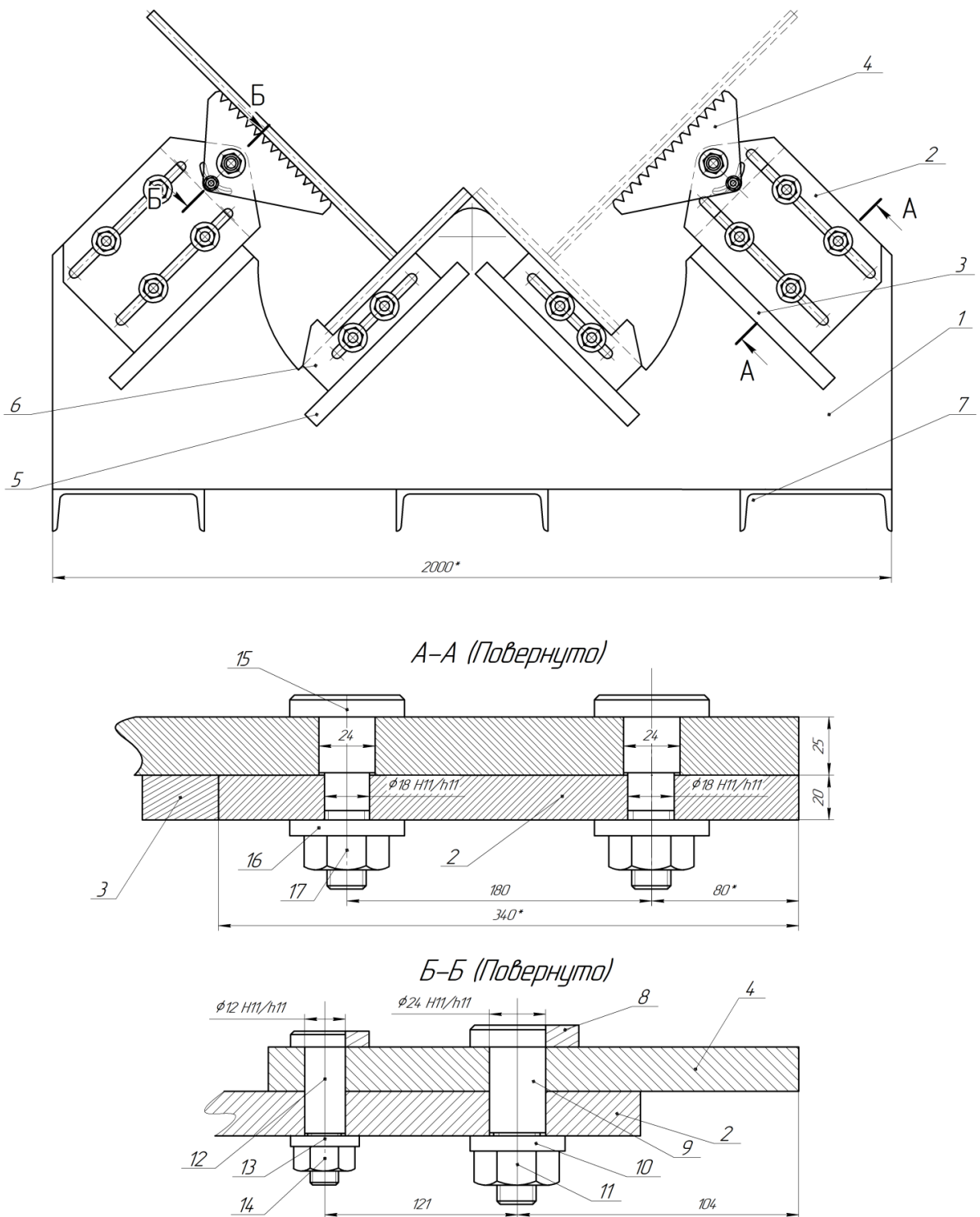


Рисунок 3.6 – Схема запропонованого універсального стенда для зварювання таврових і двотаврових балок

Стенд складається з основи 1 на якій закріплені нерухомо направляючі 3 і 5. За допомогою болтового з'єднання до основи кріпляться пластини 2 і упори 6. Пластини 2 і упори 6 оснащені вирізами які дозволяють перемішати їх відносно їхніх направляючих. Пластини 2 оснащені поворотними упорами 4. Поворотні упори 4 повертаються відносно пластин 2 на шарнірах 9, а їхнє положення фіксується фіксатором 12. Поворотні упори 4 призначені для виставлення кута нахилу перетинки балки до полиці балки, яку виготовляють. Для зварювання балки потрібно виставити пластини 2 і упори 6 та поворотні упори 4 у відповідні місця та закріпити їх болтовими з'єднаннями 9, 12, 15. Виставивши нижню полицю і перетинку на стенд приварюємо з однієї сторони перетинку до полиці. Після закінчення зварювання таврову балку повертаємо на стенді на 90^0 за годинниковою стрілкою перетинку до полиці з другої сторони. Після цього знімаємо таврову балку із стелажа і повертаємо її на 180^0 відносно поздовжньої осі перетинки. На стенд виставляємо другу полицю і таврову балку. Після виставлення приварюємо перетинку до полиці з однієї сторони. Завершивши зварювання повертаємо двотаврову балку на стенді на 90^0 за годинниковою стрілкою і приварюємо перетинку до полиці з другої сторони.

3.4 Розрахунок параметрів сили струму та напруги для зварювання

Для розрахунків приймаємо, що двотаврову балку будемо виготовляти виготовляємо із листового прокату, який виготовлений із сталі Ст. 3 товщиною 20 міліметрів.

Згідно рекомендацій таблиці 2.1 для зварювання приймаємо електроди із діаметром стрижня 5 міліметрів.

3.4.1 Визначення потрібної сили струму

Потрібну силу зварювального струму визначаємо в залежності від діаметра стрижня вибраного електрода використавши формулу приведену в розділі 2.7.1

$$I = k \cdot d_e$$

k – коефіцієнт пропорційності, який під час зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей в нижньому положенні рівний 35 – 60 А/мм для товщини металу від 5,0 до 30,0 міліметрів, або його значення вибирають за даними таблиці 2.2; d_e – прийнятий діаметр стрижня електрода, мм.

$$I = 45,0 \cdot 5,0 = 225,0 \text{ А}$$

3.4.2 Визначення величини напруги для стійкого горіння дуги

Потрібну величину напруги зварювального струму для стійкого горіння дуги визначимо використавши формулу

$$U = U_k + E_c \cdot l$$

де U – потрібна величина напруги, В; U_k – сумарне падіння напруги на аноді і катоді, В; E_c – градієнт напруги (напруженість) у стовпі дуги, В/мм; l – довжина дуги, мм.

Довжину дуги визначимо використавши формулу

$$l = (0,5 - 1,1) \cdot d_e$$

$$l = 0,9 \cdot 5,0 = 4,5 \text{ В/мм}$$

$$U = 20 + 3,5 \cdot 4,5 = 35,75 \text{ В}$$

3.5 Техніка безпеки під час дугового зварювання

Під час роботи електрозварювальника в зоні роботи виникають шкідливі і небезпечні фактори які негативно впливають на організм. Для того, щоб зменшити вплив або при можливості його усунути необхідно дотримуватися вимог які встановлені правилами охорони праці і техніки безпеки.

Найбільші впливи на зварювальника, який знаходяться в зоні виконання електрозварювальних робіт, мають загазованість та випромінювання зварювальної дуги.

Електрична зварювальна дуга це джерело потужних випромінювань які характеризуються різною довжиною хвиль і відносяться як до видимих світлових випромінювань так і до невидимих людиною ультрафіолетових і інфрачервоних випромінювань. Око людини пошкоджується яскравим видимим випромінювання від зварювальної дуги. Під час переривів у горінні дуги утворюють різкі контрасти освітлення, що суттєво підвищує негативний вплив на людські очі.

Для зменшення контрасту освітленості і зменшення світлового потоку і, використовують темне захисне захисне скло, через яке зварювальник спостерігає за процесом зварювання.

Горіння дуги спричиняє утворення ультрафіолетового випромінювання, від якого викликає запалення очей і опіки шкіри. Затемнене захисне скло повинно повністю затримувати ультрафіолетові промені. Всі частини тіла, які не покриті одягом, повинні бути захищені від випромінювання дуги. Обличчя та шия повинні бути захищені щитком або шлемом – маскою, а зап'ястя рук – рукавицями. Захисне скло повинно поглинати також інфрачервоні промені, які під час тривалої дії спричиняють суттєве зниження гостроти зору.

Затемнене захисне скло повинно бути захищено звичайним прозорим склом, яке захищає його від розбризкування металу і періодично замінюється по мірі забруднення і зменшення прозорості.

Для зменшення шкідливого впливу випромінювання зварювальної дуги на робітників, які знаходяться поруч, використовують огороження поста зварювальника переносним щитами, занавісками або спеціально виготовленими кабінами.

Зварювальна дуга безперервно супроводжується виділеннями у навколишню атмосферу газами і димом з дрібними та твердими включеннями, які складаються з оксидів металів. Об'єм виділених газів та димових часток та рівень їх шкідливого впливу на працюючих, залежить від виду металу який зварюється, складу обмазки стрижня електрода і є визначальними під час проектування вентиляційних систем і інших пристроїв для захисту працюючих.

Електрозварювальник перебуває у небезпеці ураження електрострумом в силу того, що він торкається струмопровідних частин зварювального ланцюга. Особливо небезпечним є виконання зварювальних робіт всередині котлів, резервуарів та інших об'єктів, в яких зварювальник сидить або лежить на металі. Небезпечним є зварювання у вологих приміщеннях на відкритому повітрі у вологу погоду і т. д. Для усунення або зменшення небезпеки ураження струмом необхідно суворо дотримуватися правил техніки безпеки, надійно заземляти корпуси зварювальних машин та апаратів, слідкувати за справністю електрозварювальної апаратури та ізоляції всіх частин зварювального апарата. У більш небезпечних випадках необхідно застосовувати для зварювальника дерев'яні помости, гумові килимки, які ізолюють тіло зварювальника від землі.

ВИСНОВКИ

У першому розділі цієї кваліфікаційної роботи описана коротка історія утворення та розвитку ТзОВ СТАЛЬ СЕРВІС ЦЕНТР. Описані напрями діяльності підприємства, з яких основними є виготовлення металоконструкцій та гратчастого настилу по виготовленню якого підприємство є одним з передових виробників на сьогоднішній день на території України.

У другій частині бакалаврської роботи описано технологічні процеси які застосовуються під час зварювання заготовок. Проаналізовано умови застосування джерел струму приведені їхні електричні схеми та описано їхню

роботу під час зварювання. Описаний процес підготовки самої заготовки та її крайок для зварювання. Надані рекомендації з вибору параметрів пороцесу зварювання та з вибору електродів в залежності від хімічного складу заготовок, які зварюються, їхніх геометричних розмірів та виду зварного шва. Наведені формули для розрахунків потрібних параметрів для виконання якісного зварювання.

У третьому розділі цієї роботи запропоновано заходи для удосконалення технологічного процесу виготовлення із листового матеріалу балок двотаврового січення. Приведено схему зварювального поста де використовують стелажі, клинові скоби та болтові стяжки. Запропоновано нову конструкцію універсального стенда для виготовлення таврових і двотаврових балок з розміщенням перетинок між полицями під різним кутом. Встановлено, розрахунковим шляхом, потрібні параметри зварювального струму та напруги для зварювання заготовок виготовлених із сталі 3 товщиною 20, мм.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1 Деталі машин. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Автоматизовані логістичні системи» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. Ю.П.Горбатенко.– електронні текстові дані (1 файл: 16,1 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 190 с.

2 Бабенко А.С. та ін. Механіка матеріалів і конструкцій частина 1. Просте навантаження. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. Бабенко А.С. та ін. - Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 190 с.
<https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/319cad55-3d27-48f5-9244-34fc1f9477d8/content> (дата доступу 04.05.2024р)

3 Технологія ремонту машин та обладнання. Курс лекцій. / Сідашенко О.І. Тіхонов О.І., Лузан С.О. та інші. Навч. посібник – Харків: ХНТУСГ, 2017.– 361 с.

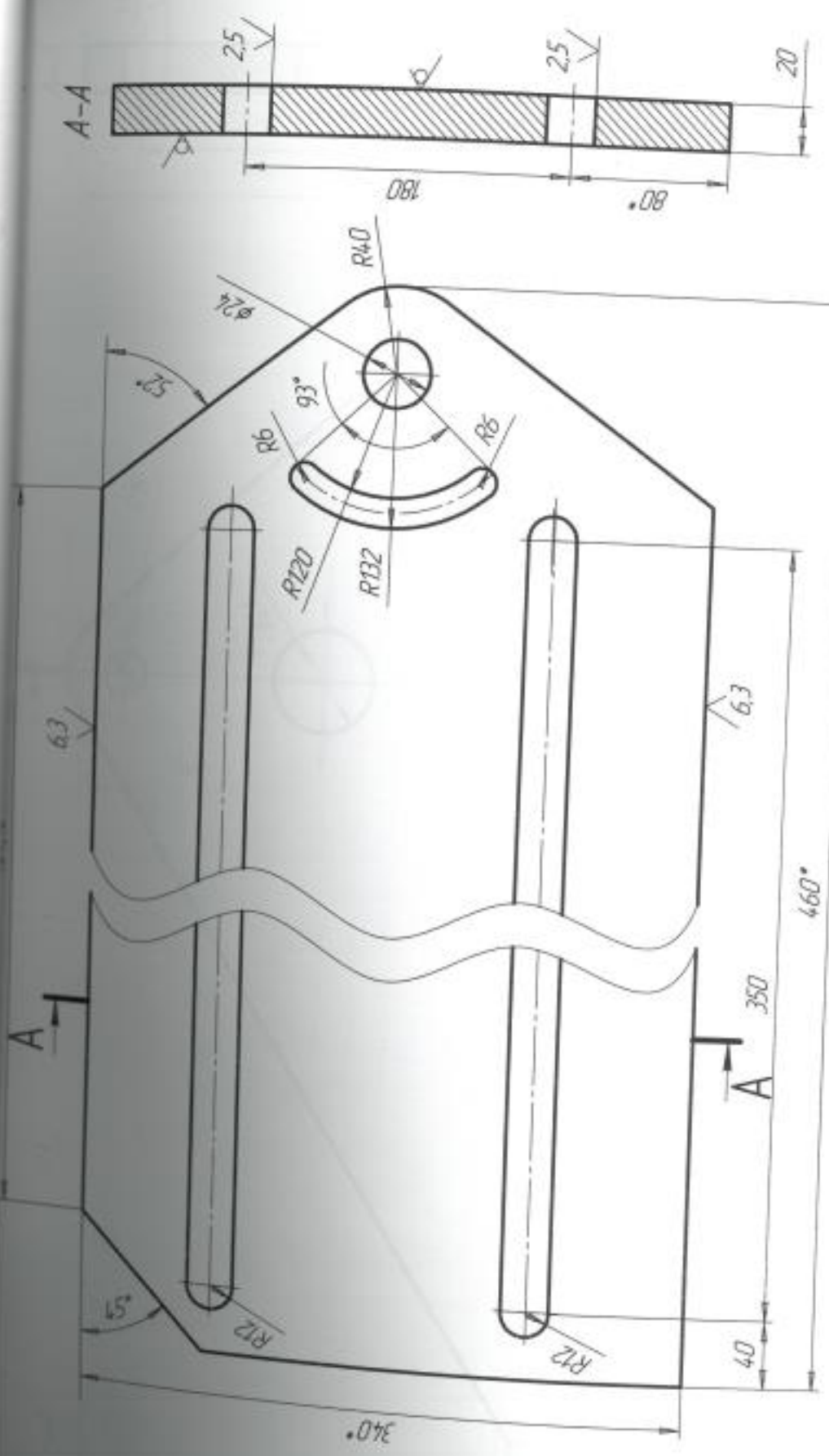
4. Практикум з ремонту машин. Загальний технологічний процес ремонту та технології відновлення і зміцнення деталей машин. Том 1/ Сідашенко О.І.,

Тіхонов О.В. Скобло Т.С. та інші./ За ред. О.І. Сідашенко, О.В. Тіхонова
Навчальний посібник. – Харків: ХНТУСГ, 2018 - 416с.

5 Теория сварочных процессов: Учебник для вузов / под ред. В.М.
Неровного. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2007. – 752с.: ил.

6 Розрахунки на зріз і зминання. [Електронний ресурс].
<https://studfile.net/preview/9277595/page:2/> (дата доступу 04.05.2024р)

Додатки



КР.131.НІ.103.00.02

Пластина

Ст.3 ГОСТ 380-88

НЛТУ України
Ст. зр. НІ-41

- 1 Неказані зразичні відхилення розмірів Н14, Н14 / +IT14 / 2
- 2 Неказані фаски радіуси 2*4,5

№ документа	№ документа	Дата	Вид	Масштаб	Матеріал
1	1				11
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

Контрактор

