

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ І УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему «**Обґрунтування вибору зварювального обладнання під  
виробничі завдання ТзОВ «АКО Індастріс»**»

Виконав: студент групи Маш-61

Спеціальності 133 Галузеве машинобудування  
(шифр і назва)

Гафтон Анатолій Ярославович

Керівник: к.т.н., доцент Швець Олексій Петрович  
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ І УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

Рівень вищої освіти – другий магістерський  
Спеціальність 133 - Галузеве машинобудування  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри  
Машинобудування  
(назва кафедри)

\_\_\_\_\_ (підпис)

професор Віталій ВЛАСОВЕЦЬ  
(прізвище та ініціали)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

## ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту

Гафтону Анатолію Ярославовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Обґрунтування вибору зварювального обладнання під виробничі завдання ТзОВ «АКО Індастріс»

Керівник роботи к.т.н., доцент Швець Олексій Петрович  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЛНУП від 12 вересня 2024 року №616/к-с

2. Строк подання студентом роботи до 11 грудня 2024 року

3. Вихідні дані до работ: довідкова література, інструкції з експлуатації зварювального обладнання, каталоги обладнання для роботизованого зварювання, характери конструкційних матеріалів, методики оцінки якості обладнання, інструкції з охорони праці.

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

4.1. Характеристика виробничої діяльності ТзОВ «АКО Індастріс»; 4.2. Аналіз технології виготовлення решіток; 4.3. Обґрунтування вибору обладнання для зварювання решітки; 4.4. Охорона праці; 4.5. Економічна оцінка вартості впровадження нового обладнання.

5. Перелік графічного матеріалу:

Графічні матеріали до роботи виконати у вигляді презентації в середовищі PowerPoint обсягом 10-12 листів.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		Завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 5	Швець О.П. доц. каф. машинобудування			
4	Городецький І.М. доц. каф. ФІМ та БВ			

7. Дата видачі завдання “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1	Характеристика виробничої діяльності ТзОВ «АСО Індастріс»	27.09.24	
2	Аналіз технології виготовлення решіток	15.10.24	
3	Обґрунтування вибору обладнання для зварювання решітки	25.10.24	
4	Охорона праці	01.11.24	
5	Економічна оцінка вартості впровадження нового обладнання	15.11.24	
6	Оформлення пояснювальної записки	29.11.24	
7	Оформлення графічної частини	11.12.24	

Студент

\_\_\_\_\_ ( підпис )

Гафтом А.Я.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ ( підпис )

Швець О.П.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

**УДК 621.791**

**Гафтон А.Я.** «Обґрунтування вибору зварювального обладнання під виробничі завдання ТзОВ «АКО Індастріс». /Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024. 65 с.

Проведено аналіз виробничої діяльності ТзОВ «АКО Індастріс». Користуючись наявною технологічною документацією, проаналізовано технологію виготовлення решіток для систем водовідведення та визначено шляхи її удосконалення. Обґрунтовано вибір нового зварювального апарата та бідібрано оптимальну схему роботизованого зварювального комплексу. Розглянуто питання охорони праці під час виконання операцій зварювання. Розраховано економічні показники впровадження нового обладнання у виробництво.

Табл. 9; рис. 30; бібліогр. джерел 17.

## ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТзОВ «АСО ІНДАСТРІС»	7
1.1 Загальні відомості про підприємство	7
1.2 Огляд технічного оснащення підприємства	9
1.3 Аналіз діяльності підприємства в сфері водовідведення	14
1.4 Аналіз системи зовнішнього водовідведення АСО Profiline	15
Висновки за розділом	21
2 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ РЕШТОК	22
2.1 Експлуатаційне призначення вхідної решітки АСО Vario	22
2.2 Аналіз конструкції решітки для системи АСО Vario	23
2.3 Матеріал для виготовлення решітки АСО Vario	26
2.4 Аналіз технологічного процесу виготовлення решіток	28
Висновки за розділом	32
3 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ РЕШІТКИ	33
3.1 Аналіз технологій зварювання оцинкованої сталі	33
3.2 Вибір зварювального обладнання	38
3.3 Обґрунтування вибору конфігурації зварювального робота	43
3.4 Показники роботи комплексу TPS/i Robotics PUSH	46
Висновки за розділом	51
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	52
4.1 Аналіз вимог техніки безпеки під час зварювальних робіт	52
4.2 Моделювання процесу формування і виникнення травмонебезпечної ситуації під час зварювання	54
4.3 Рекомендації щодо покращення безпеки праці	56
Висновки за розділом	57

5	ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВАРТОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВОГО ОБЛАДНАННЯ	58
5.1	Розрахунок капітальних вкладень	58
5.2	Кошторис витрат за виконання робіт	59
5.3	Розрахунок показників економічної ефективності	61
	Висновки за розділом	62
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	63
	БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	64

## ВСТУП

Виробнича діяльність ТЗОВ «Асо Індастріс» пов'язана з виготовленням високоякісних металоконструкцій для промислового та цивільного використання. На підприємстві для виробництва різноманітних металевих виробів, зокрема решіток різних типів систем водовідведення та їх конструктивних елементів використовуються різноманітні конструкційні, нержавіючі та оцинковані матеріали, які вимагають особливих методів їх обробки.

Наявні на підприємстві виробничі потужності відповідають сучасним вимогам в галузі ефективного машинобудування. В технологічних процесах інтенсивно впроваджуються автоматизовані та роботизовані системи, обладнання з числовим програмним керуванням та сучасні засоби контролю якості продукції. Все це забезпечує високу ефективність виробництва та відповідність продукції вимогам міжнародних стандартів.

Однак, як і в будь якій галузі, на підприємстві існують певні недоліки в технологічних процесах виробництва. Зокрема це стосується виконання процесів зварювання металоконструкцій. Оскільки значна частина продукції виготовляється з оцинкованої сталі товщиною до 3 мм, то існує проблема виготовлення зварних конструкцій з такого металу без теплових деформацій та пошкодження захисного шару. Це призводить до необхідності повторного покриття зварних швів консерваційними матеріалами, або виконання повторного цинкування, що призводить до появи додаткових витрат.

Враховуючи виявлені недоліки пропонується розробити план їх вирішення шляхом вибору більш ефективного зварювального обладнання, яке б дозволило виконувати зварювальні роботи без теплових впливів та пошкодження захисного шару конструкційних сталей.

# 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

## ТОВ «АСО ІНДАСТРІС»

### 1.1. Загальні відомості про підприємство

ТОВ «Асо Індастріс» - це сучасне підприємство, яке спеціалізується на виготовленні високоякісних металоконструкцій для промислового та цивільного використання. Компанія відома широким спектром різноманітних металевих виробів, зокрема решіток різних типів, виробів з легованої нержавіючої сталі, конструктивних елементів для будівельної галузі та інших інженерних споруд і систем. Завдяки сучасним інноваційним підходам до організації виробництва та широкій лінійці якісної продукції підприємство посідає чільне місце серед провідних виробників металоконструкцій в Україні. З точки зору наявних виробничих потужностей ТОВ «Асо Індастріс» добре оснащене технологічно. Постійний динамічний розвиток дозволяє йому пропонувати для ринку широкий спектр продукції. Завдяки використанню сучасних технологій, високого рівня контролю якості продукції та орієнтації на клієнта, компанія займає важливе місце на ринку виробництва металевих виробів як в Україні, так і за її межами.

Підприємство входить до складу АКО ГРУП, німецького виробника будівельних виробів, заснованого в 1946 році зі штаб-квартирою в Бюдельсдорфі. Воно надає послуги з виробництва металоконструкцій для цивільного будівництва, водовідведення та очищення стічних. Основною продукцією є системи та компоненти з полімербетону, пластику, чавунного, нержавіючої та оцинкованої сталі [1].

В Україні ТОВ «Асо Індастріс» працює з 2002 року. Розташоване воно за адресою: Львівська обл., Львівський р-н, смт. Куликів, вул. Шевченка, 73. Основним напрямом його виробництва є забезпечення ринку водовідвідними системами та системами очищення стічних вод. Поряд з продукцією компанія



пропонує високий рівень інжинірингу та технічної підтримки. На ринку України в напрямку «Оптова торгівля будівельними матеріалами» за оборотом продукції воно займає 5-е місце. Виробництво забезпечують різні відділи (інженерний, виробничий, логістичний, фінансово-бухгалтерський), укомплектованими кваліфікованими спеціалістами. Продукція, яка виготовляється на підприємстві, відповідає сертифікації за міжнародним стандартом якості ISO 9001. Продукцію «Асо Індастріс» можна побачити на різних об'єктах країни: мережах супермаркетів, великих ТРЦ, виробничих підприємствах, аеропортах, автосалонах, ресторанах, бізнес-центрах, тощо.

У своїй діяльності підприємство намагається дотримуватися принципів стійкого розвитку, впроваджує новітні технології, які дозволяють мінімізувати вплив на навколишнє середовище за рахунок використання відновлюваних матеріалів, зниження енергоспоживання та впровадження сучасних високоефективних фільтраційних систем.

“Асо Індастріс” має сучасний парк обладнання для різки, гнуття та зварювання металів. Це дозволяє досягати високої точності обробки заготовок, що робить продукцію конкурентоспроможною на ринку. У виробничих процесах активно використовуються автоматизовані лінії, які забезпечують високу швидкість виготовлення та зменшують кількість відходів. В компанії приділяється значна увага контролю якості продукції на всіх етапах виробництва. Висококваліфіковані інженери з якості здійснюють ретельну перевірку кожного виробу на всіх технологічних етапах, починаючи від порізки металу до фінальної упаковки. Все це дозволяє забезпечити відповідність виробленої продукції вимогам клієнтів та міжнародним стандартам.

Для своєчасного постачання виробів замовнику підприємство має налагоджену логістичну систему, яка дозволяє швидко та ефективно доставляти її як в межах України та і за кордон.

Підприємство активно робить інвестиції у розвиток свого персоналу, проводячи регулярні тренінги та навчання з метою підвищення кваліфікації

співробітників. Також компанія підтримує соціальні ініціативи та співпрацює з місцевими громадами, вносячи вклад у розвиток регіону.

## 1.2. Огляд технічного оснащення підприємства

Як вже згадувалось в п. 1.1, ТОВ “Асо Індастріс” має значну виробничу площу, наякій зосереджено сучасне обладнання для обробки конструкційних матеріалів (металів). Проведемо короткий аналіз основного технологічного обладнання підприємства.

Основна частина робіт, пов'язана з обробкою листового матеріалу, а саме його розділення на зщготовки та виконується на лазерній установці TRUMPF TruLaser 3030. Дана установка забезпечує високу точність операцій різання листового металу з максимальною товщиною листа з конструкційної сталі 20 мм, нержавіючої сталі 12 мм, алюмінію 8 мм з оптимальною якістю і точністю. Установка оснащена автоматизованою системою переміщення осей робочого обладнання, яка керується спеціальною програмою.



Рисунок 1.1 - Загальний вигляд лазерного верстата TRUMPF TruLaser 3030

Гнуття металевих заготовок на підприємстві здійснюється за допомогою листового преса TruBend 5170, який дозволяє точно формувати деталі з високою повторюваністю. Він ідеально підходить для роботи з великими елементами металоконструкцій.



Рисунок 1.2. - Загальний вигляд TruBend 5170

Листовий згинальний гідравлічний прес з ЧПУ TruBend 5170 керується системою TRUMPF TASC 6000 з 15-дюймовим TFT-екраном. Він розрахований на зусилля пресування в 170 т і робочу довжину 2320 мм. Висота розміщення верхнього інструменту становить 110 – 390 мм. Прес оснащений гідравлічними затискачами інструменту зверху та знизу, а також світлодіодною підсвіткою спереду. Керовані осі преса: Y1, Y2, X, R, Z1, Z2.

Для виготовлення ребер та смуг з листової сталі в цеху підприємства розміщено лінію Rebenda з механічним кривошипним пресом Lexn 100C. Завдяки високій потужності і точності штампування, він дозволяє виготовляти точні заготовки для подальшого складання решіток.



Рисунок 1.3.- Загальний вигляд лінії Rebenda з пресом Lexn 100C

Ще одним технологічним процесом оюроюки листових матеріалів в умовах підприємства є вирубання заготовок та виготовлення перфорованих поверхонь. Для цього використовують автоматизований координатно-пробивний прес TruPunch 5000. Під час виготовлення решіток вінзастосовується для пробивання отворів та формування складних контурів на металевих листах.



Рисунок 1.4 - Загальний вигляд координатно-пробивного преса TruPunch 5000



Безззорні приводи преса дозволяють досягти максимального осьового прискорення і великої швидкості обробки складних контурів. Потужний гідравлічний привід забезпечує вирубку зі швидкістю до 1600 ходів за хвилину, а в режимі маркування - 2800 ходів за хвилину. Інтелектуальні функції керування Smart Functions забезпечують легке та зручне налаштування і керування, що сприяє підвищенню продуктивності та надійності технологічного процесу.

Для складання решіток на підприємстві використовується гідравлічний прес. Він призначений для запресовування елементів решіток під ачс їх складання, забезпечуючи високу точність і міцність з'єднань. За його допомогою досягається висока якість з'єднання ребер жорсткості та смуг в єдину цільну конструкцію.

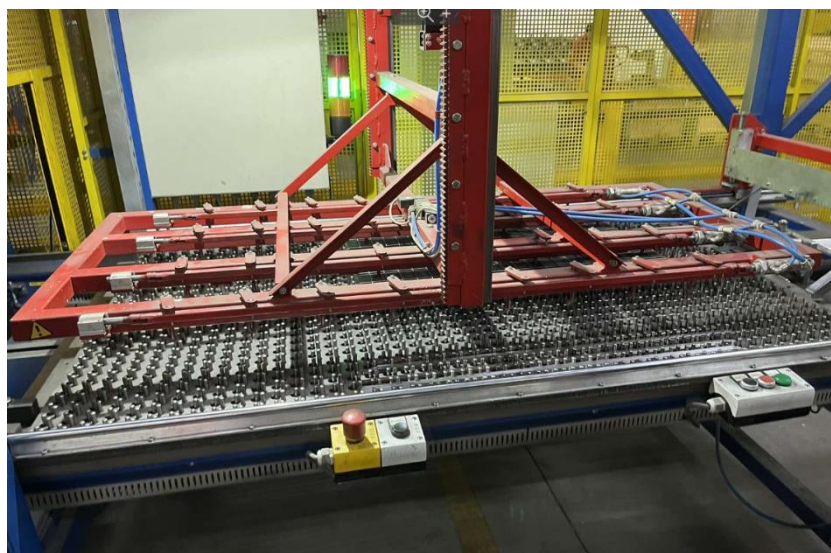


Рисунок 1.5 - Загальний вигляд гідравлічного пресу

Основною складальною операцією на підприємстві є зварювання. Майже всі корпусні деталі та інші елементи решіток для систем водовідведення збираються в одну конструкцію за допомогою зварювання в середовищі захисних газів. Зварювальна дільниця оснащена зварювальними апаратами для MIG/MAG зварювання ESAB Aristo 500ix та Lincoln Electric 425C Pro. Вони забезпечують високу надійність зварних з'єднань та дозволяють працювати з широким діапазоном матеріалів.



Рисунок 1.6 - Загальний вигляд зварювальний апарат ESAB Aristo 500ix



Рисунок 1.7 - Загальний вигляд зварювальний апарат Lincoln Electric 425C Pro.

Висока якість виготовлення зварних металоконструкцій не можлива без застосування сучасних автоматизованих технологій зварювання. Саме тому для автоматизації виробничих процесів на підприємстві використовується зварювальний робот ABB 1400. Це індустріальний робот, придатний для виконання операцій маніпуляції та складання елементів конструкцій, з високою швидкістю і точністю на кожному з етапів. Він ідеально підходить для дугового зварювання та маніпуляцій з невеликими деталями. Його контролер S4C включає інструкцію для складання програм RAPID, що значно скорочує час програмування.



Рисунок 1.8 - Загальний вигляд робота АВВ 1400

Можливість встановлення робота у підвішеному положенні ідеально підходить для його застосування в тих сферах та процесах, де потрібно забезпечити велику робочу зону при обмеженому установчому просторі. Робот збільшує ефективність виробництва за рахунок швидкого та точного робочого циклу, тривалих інтервалів між технічними обслуговуваннями та низького рівня шуму. Малий обсяг технічного обслуговування сприяє збільшенню продуктивності за рахунок скорочення часу простою. З вантажопідйомністю 5 кг та додатковою вантажопідйомністю верхньої руки 18 кг у поєднанні з високою швидкістю та точністю, які забезпечують високу ефективність роботи він ідеально підходить для зварювальних цехів, пунктів навантаження-розвантаження матеріалів та переміщення технологічного оброблення.

### **1.3 Аналіз діяльності підприємства в сфері водовідведення**

Сучасні зміни погодних умов в країні та світі потребують застосування комплексних та високотехнологічних підходів до вирішення питань водовідведення та очищення стічних вод. Компанія АСО пропонує ряд ефективних системних рішень щодо організації водовідведення, націлених на збір, очищення, утримання та відведення поверхневих вод [1].

Концепція вирішення задач водовідведення, пропонована підприємством має двосторонній напрямок: захист людей та середовища від води та створення умов для її ефективного повторного застосування в гігієнічному, економічному та екологічному аспектах.

Для вирішення вищевказаних завдань з водовідведення компанією пропонуються наступні рішення та їх технічне і технологічне забезпечення:

- виробництво систем зовнішнього лінійного водовідведення;
- виробництво систем зовнішнього точкового водовідведення;
- виготовлення мостових трапів;
- виробництво систем для водовідведення з балконів, фасадів, терас та покрівель будинків;
- виробництво каналів для фасадів та терас;
- виготовлення сепараторів нафтопродуктів;
- виробництво систем інфільтрації та накопичення стічних вод;
- виробництво технологічних люків;
- виготовлення промислових трапів та каналів з нержавіючої сталі;
- монтаж промислових трапів;
- виготовлення труб з нержавіючої сталі;
- виготовлення сепараторів мастил;
- виробництво бладнання для очищення стоків від емульсії;
- виробництво каналів та трапів для ванних кімнат;
- виготовлення систем водовідведення для приватного будівництва;
- виготовлення теплообмінників.

Для формування завдань кваліфікаційної роботи проаналізуємо будову системи водовідведення для промислових та цивільних будівель.

#### **1.4. Аналіз системи зовнішнього водовідведення ACO Profiline**

Система точкового водовідведення призначена для акумулювання стічних вод завдяки спеціально розміщеним дощоприймачам та каналам. В такій системі



вода переміщається по трубопровідній системі та каналах і запобігає появі калюж, знижує ризик утворення слизьких поверхонь, подовжує час використання дорожнього покриття або бруківки, захищає прибудинкову територію від затоплення.

Водовідвідні канали для прибудинкових територій від фірми АСО задовольняють усі вимоги щодо організації водовідведення. Вони стійкі до атмосферних впливів і ефективно запобігають утворенню калюж на самих проблемних ділянках. В зимовий період через тепловіддачу від будинків, сніг біля дверей та стін тоне швидше, а той що не розтанув або накопичився навколо калюж розталого снігу перешкоджає своєчасному відтоку води. З цією проблемою повинні справлятися пристінні дренажні канали. Тому конструкції водовідвідних каналів розробляються з урахуванням зазначених проблем, а їх розміри повинна відповідати прогнозованим обсягам надходження води.

Канали АСО Profiline виготовляються з високоякісної легованої нержавіючої або оцинкованої сталі з метою забезпечення їх тривалого використання. Вони повністю запобігають потраплянню вологи в середину будівлі та відповідають всім архітектурним вимогам завдяки широкому вибору решіток [1].

Дренажний канал АСО Profiline може ефективно захищати територію від в тому випадку, коли він розташовується по всій ширині дверей на незначній відстані до порогу. Змінне регулювання висоти каналу забезпечує точне встановлення системи з високою точністю та дозволяє зменшити висоту порога до 55 мм. Таким чином, вони відповідають не лише вимогам щодо безбар'єрного будівництва, але й потребам архітекторів та проектувальників.

До переваг дренажних каналів АСО Profiline можна віднести:

- швидке та надійне водовідведення великих об'ємів дощової води;
- ефективна робота у випадок раптового накопичення води під час сильних злив;
- відведення дощової води від фасадів великої площі;
- запобігають утворенню калюж біля стін будівель;

- ефективний захист будівлі від проникнення вологи;
- захист від бризок;
- можливість використання в якості пішохідної доріжки.

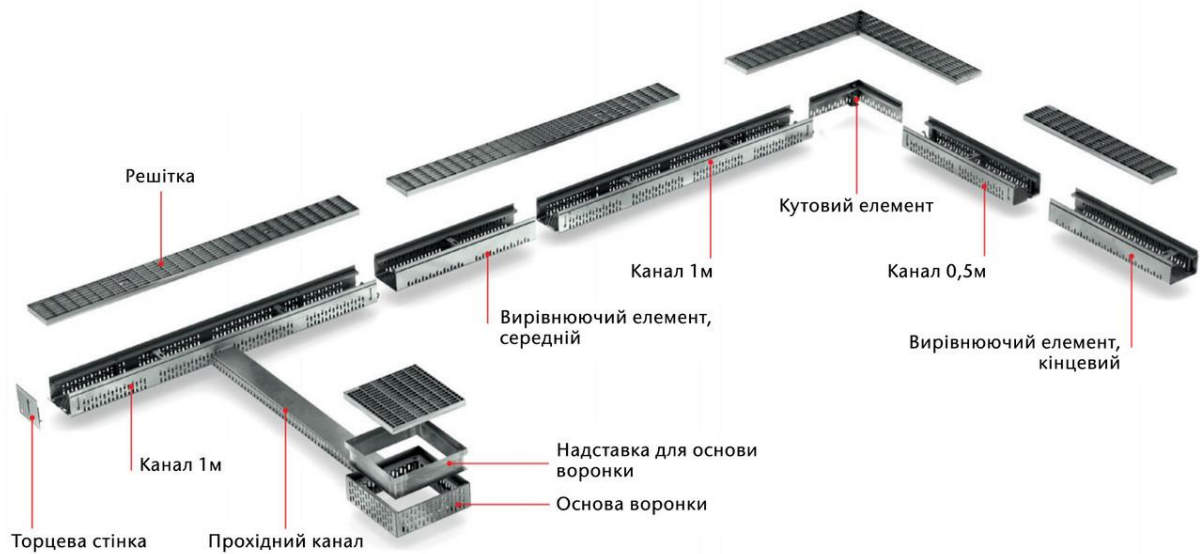


Рисунок 1.9 – Схема системи ACO Profile для водовідведення з прибудинкової території

Характеристики деяких елементів системи ACO Profile наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Елементів системи ACO Profile для водовідведення [1]

Елемент конструкції	Коротка характеристика
1	2
<b>Канал ACO Profile з регульованою висотою</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ширина - 100 мм, 130 мм, 155 мм, 200 мм, 250 мм</li> <li>• Висота - 55-78 мм, 78-108 мм, 108-168 мм</li> <li>• Матеріал: оцинкована та нержавіюча сталь</li> </ul>

## Продовження таблиці 1.1

1	2
<b>Канал ACO Profile з фіксованою монтажною висотою</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ширина - 100 мм, 130 мм, 155 мм, 200 мм, 250 мм</li> <li>• Висота - 50 мм, 75 мм, 100 мм</li> <li>• Матеріал: оцинкована та нержавіюча сталь</li> </ul>
<b>Воронка ACO Profile</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Основа воронки - 300x300 мм, 400x400 мм, 500x500 мм</li> <li>• Висота надставки для основи воронки - 30 мм, 60 мм, 120 мм</li> <li>• Матеріал: оцинкована та нержавіюча сталь</li> </ul>

Регульований кутовий елемент дозволяє монтувати систему каналів під будь-який кут до 90° без розрізання корпусу каналу. Він може встановлюватися в якості з'єднуючого елемента і забезпечує високу стійкість в якості опори для решітки. Однак його не можна використовувати для вирівнюючих елементів.

Для усунення різниці по довжині каналу в його конструкції передбачено середній вирівнюючий елемент. Він легко встановлюється між корпусами двох каналів і забезпечує плавну підгонку монтажною довжини в межах від 50 до 500 мм. Тка, наприклад канал для довжиною 1,35 м, має складатися з двох секцій каналу по 0,5 м та одного середнього вирівнюючого елемента.

Кінцевий вирівнюючий елемент забезпечує можливість плавного регулювання монтажною довжини від 100 до 550 мм з торця лінійного каналу. Так, наприклад, для формування довжини водовідводу 0,89 м потрібен один елемент каналу довжиною 0,5 м і один кінцевий вирівнюючий елемент.

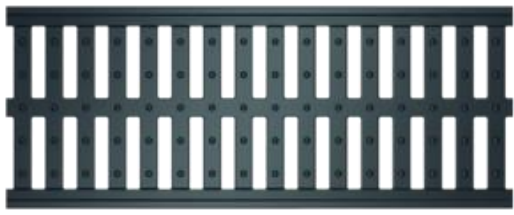


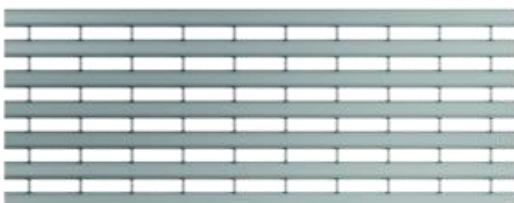

Кріплення для прохідного каналу забезпечує з'єднання окремих ліній дренажних каналів до основи воронки, а також фіксує положення прохідного каналу під час монтажу.

Прохідні канали мають довжину по 0,5 м і встановлюються під прямим кутом до стінки дренажного каналу. З іншого торця вони під'єднуються до основи воронки.

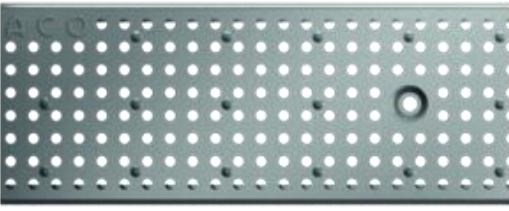
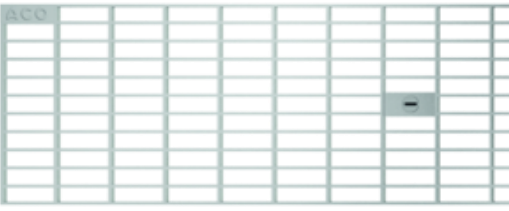
Заглушками каналів - це торцеві стінки, які підбираються відповідно до розмірів кожного з каналів.

Водовідвідні канали системи АСО Profiline накриваються решітками різних розмірів та форми. Характеристики деяких решіток наведені в таблиці 1.2.


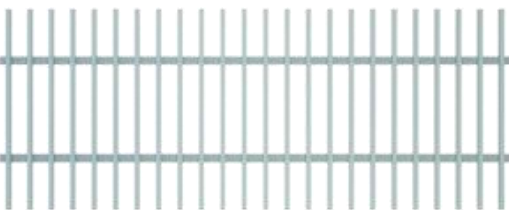
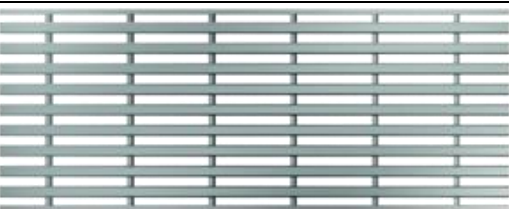
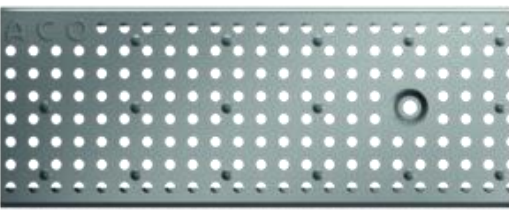
Таблиця 1.2 - Решітки для каналів АСО Profiline фіксованої висоти з оцинкованої сталі [1]

Зображення	Назва	Довжина, мм	Ширина, мм
	Решітка пластикова	1000	130
		500	130
	Решітка з прорізами	1000	130
		500	130
	Решітка з поперечними прутками	1000	130
		500	130
	Решітка з поздовжніми прутками, U-профіль	1000	130
		500	130
	Решітка з поздовжніми прутками, 3 x 15 мм	1000	130
			150
		500	130
			150

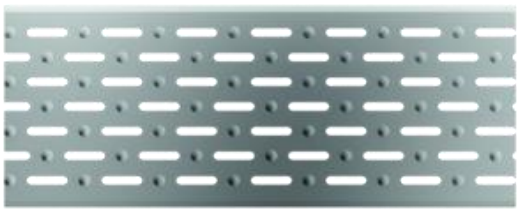
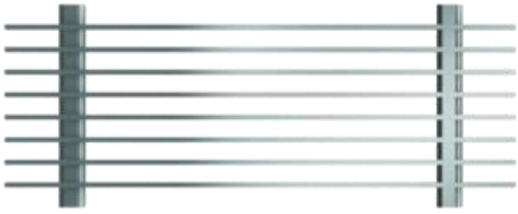
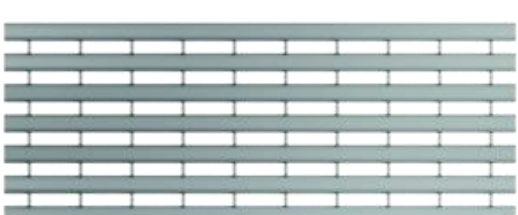

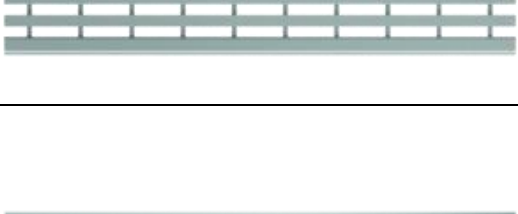
## Продовження таблиці 1.2

	Решітка перфорована	1000	100
			130
		500	100
			130
	Решітка сітчаста	1000	100
			130
			150
			200
			250
		500	100
			130
			150
			200
			250

Таблиця 1.3 - Решітки для каналів ACO Profile фіксованої висоти з нержавіючої сталі [1]

Зображення	Назва	Довжина, мм	Ширина, мм
	Решітка з прорізами електрошліфована	1000	130
		500	130
	Решітка з поперечними прутками електрошліфована	1000	130
		500	130
	Решітка з поздовжніми прутками, U-профіль шліфована	1000	100
			130
		500	100
			130
	Решітка перфорована електрошліфована	1000	100
			130
		500	100
			130

Продовження таблиці 1.3

	Решітка з повздовжніми прорізами електро- шліфована	1000	130
		500	130
	Решітка з повздовжніми прутками, 3 x 15 мм	1000	130
			150
		500	130
			150
	Решітка з повздовжніми прутками, U-профіль електро- шліфована	1000	130
		500	130
	Решітка повздовжня, пруток шириною 7 мм, щілина 6,5 мм шліфована	1000	130
			150
		500	130
			150
	Решітка сітчаста	1000	100
			130
			150
			200
		500	100
			130
			150
			200

### Висновки за розділом

З проведених досліджень можна зробити висновок, що підприємство виготовляє значну частину продукції з нержавіючої та оцинкованої сталі. Незважаючи на наявний парк машин і обладнання існує потреба у виборі нових зварювального обладнання, яке б дозволяло виконувати роботи з мінімальним тепловим впливом на метал без пошкодження захисного шару.



## 2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ РЕШІТОК

### 2.1 Експлуатаційне призначення вхідної решітки ACO Vario

Вхідні решітки ACO Vario - це одне з конструктивних рішення від компанії ACO, призначених для відведення вологи від приміщень та підтримання чистоти в будинку. Система Vario являє собою піддон зі спеціальним отвором для під'єднання до канеалів каналізації, а зверху на нього встановлюється решітка для чищення взуття та стікання води [1].

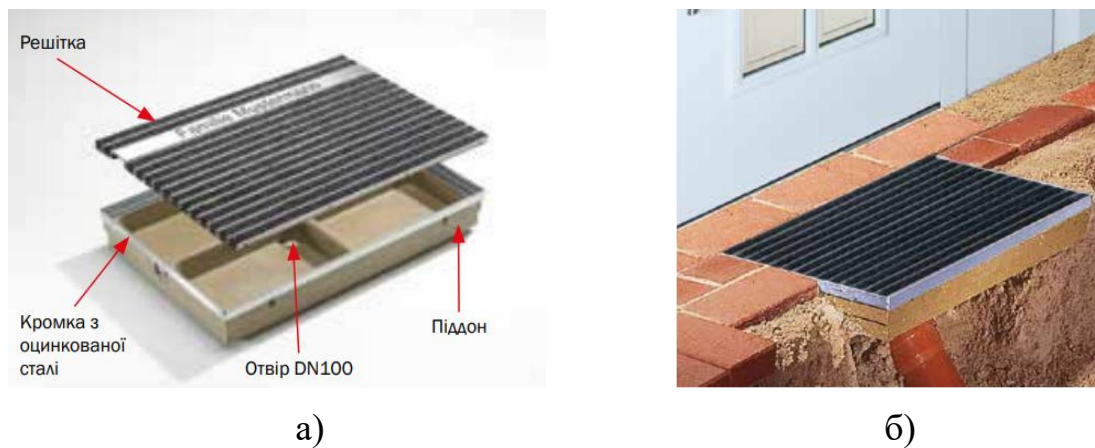


Рисунок 2.1 – Будова (а) та схема встановлення (б) решітки ACO Vario

Вхідні решітки ACO Vario належать до деталей професійної системи очищення з класом навантаження для пішоходів. Вона підходить для внутрішньої та/або зовнішньої установки та інвалідних візків. Центральний отвір DN100 забезпечує можливість під'єднання системи до стандартних мереж каналізації в дворах та під'їздах. Спеціальні ребра жорсткості в пластиковому піддоні забезпечують вищу жорсткість та додаткову надійність конструкції. Підсилююча кромка з оцинкованої сталі в полімербетонному піддоні також забезпечує додаткову надійність.

Вхідними решітки ACO Vario для система точкового водовідведення можуть бути виготовлені з оцинкованої сталі, алюмінію, бути покритими гумовим або войлочним покриттям.

## 2.2 Аналіз конструкції решітки для системи ACO Vario

Загальний вигляд чарункової решітки з оцинкованої сталі 1000x500 мм показано на рис. 2.2.

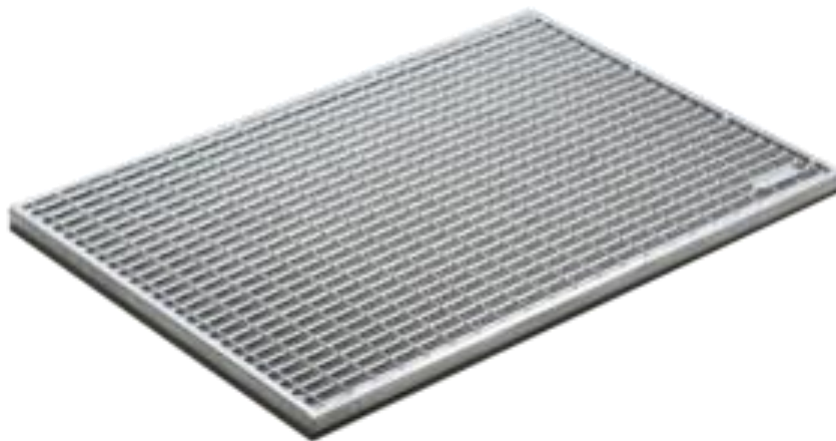


Рисунок 2.2 – Загальний вигляд чарункової решітки системи ACO Vario

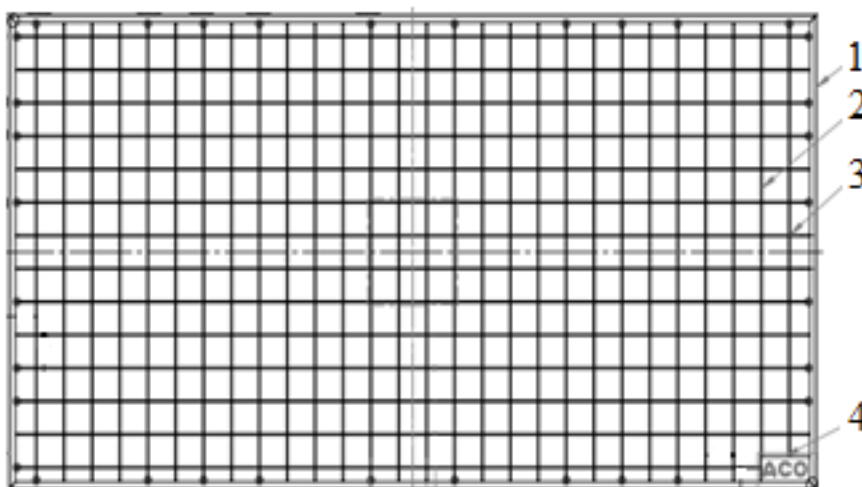


Рисунок 2.3 – Будова чарункової решітки системи ACO Vario

1 – основна рамка; 2 – поперечна смуга; 3 – повздовжня смуга; 4 – логотип

Чарункові решітки для системи ACO Vario виготовляються в трьох розмірних групах: 60x40 см, 75x50 см та 100x50 см. Вони представляють собою зварну конструкції, яка складається зі зварної основної рамки 1, в яку запресовані поперечні 2 і повздовжні 3 смуги які й формують чарунки.

Креслення піддона та решітки ACO Vario наведено на рис. .



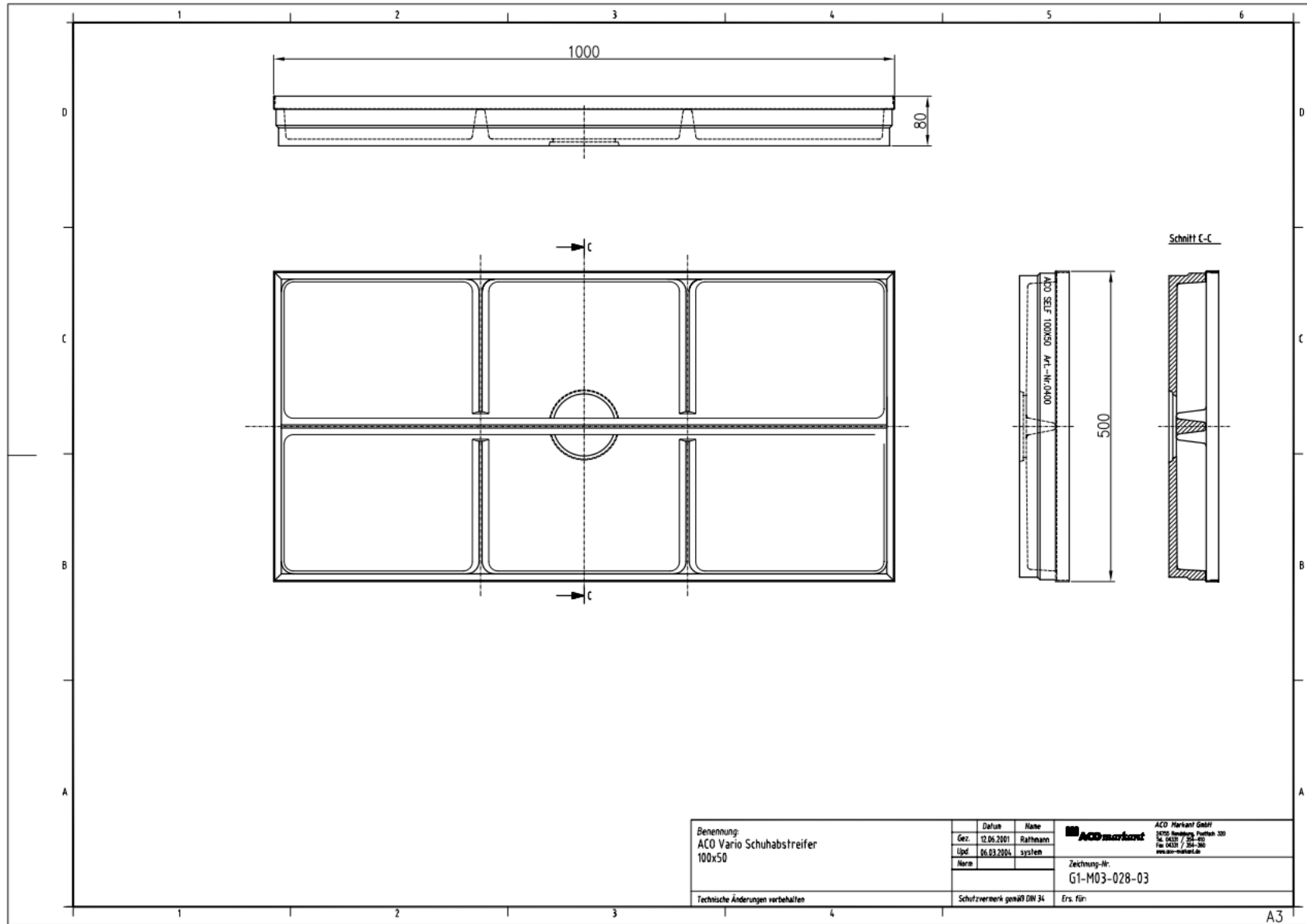


Рисунок 2.4 – Робочий кресленник піддона системи ACO Vario

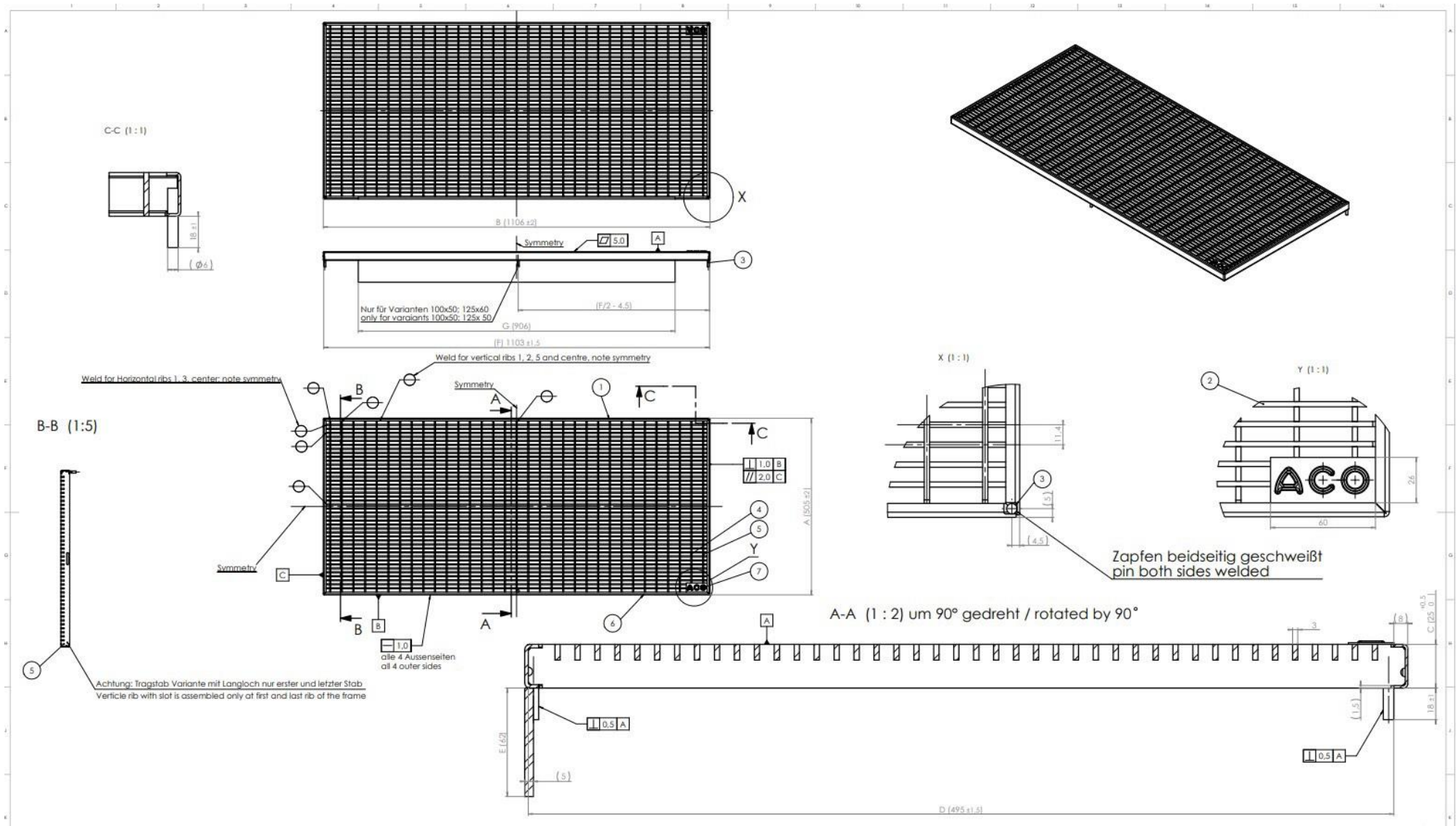


Рисунок 2.5 – Складальний кресленник решітки системи ACO Vario

### 2.3 Матеріал для виготовлення решітки ACO Vario

Як вже було згадано в п. 2.1, решітки ACO Vario виготовляються з оцинкованої сталі або алюмінію. В нашій роботі ми аналізуємо процес виготовлення решіток з оцинкованої сталі DX51D.

Листова оцинкована сталь, це металевий сортамент, поверхня якого покрита цинком. Таке покриття надійно захищає метал від корозії та зовнішнього впливу. Для виробництва на підприємстві використовують матеріали українського виробництва, які відповідають вимогам ДСТУ 14918-2020.

Відповідно до встановлених норм до листів виставляються жорсткі параметри якості. Верхній шар металу повинен бути очищений від забруднень, а покриття має бути суцільним, рівним за площиною. Не допустимими є наявність тріщин та рваних кромки.

Оцинкована сталь забезпечує високий ступінь міцності, хорошу довговічність та стійкість до агресивних середовищ, гарний рівень гнучкості. Завдяки суцільній обробці шаром цинку, матеріал за своїми властивостями стає схожий на нержавіючу сталь з покриттям у вигляді сніжинки.

Стандартом передбачені товщини оцинкованої сталі, які коливається від 0,4 до 35 мм. Для її виготовлення з подальшим покриттям цинком використовують такі марки сталі: Ст1, Ст2, Ст3, 08пс, 08кп.

Залежно від призначення сортамент виробів зі сталі DX51D поділяється на такі типи:

- холодне штампування (ХШ). До неї входять нормальна (Н), глибока (Г) та дуже глибока (ВГ) витяжка;
- холодне профілювання (ХП);
- матеріал для фарбування (ПК);
- оцинкована сталь загального призначення (ОН).

За товщиною шару цинку на поверхні листова оцинкована сталь може бути:

- з підвищеною товщиною (П) - від 40 мкм до 60 мкм включно;
- I класу - від 18 мкм і до 40 мкм;

- II класу - не менше 10 мкм і до 18 мкм.

Цинкування сталі може бути одностороннє та двостороннє. Останнє підвищує антикорозійні показники, стійкість сталі до механічних пошкоджень та трансформації, яка може виникати під час її наступної обробки.

Для отримання якісного оцинкованого металу використовується марка сталі 08ПС. Для покриття цинком рекомендується застосовувати гарячекатаний прокат. Перед покриттям окалина забирається кислотним травленням. Потім смуга заліза прокатується до необхідної товщини. Метал не піддають додатковому нагріву, а піддають відпалу, після чого наносять спеціальний сплав. В якості покриття використовується цинк Ц0 та Ц1 (іноді Ц2). В результаті згідно з EN 10027 отримують матеріал DX51D, DX52D, DX53D, DX54D, DX55D, DX56D, DX57D.

Листи оцинкованого металу поділяють на такі категорії:

- за з якістю обробки – звичайна (без маркування), покращена (У) та високої якості (В);
- за способом консервації: промаслений - ПР, пасивований - ПС, два способи - ПП, без способів - БК;
- відповідно до точності параметрів, площинності та серповидності – нормальний (Б), підвищений (А) та високий (В).

Весь перелік металу за призначенням поділяється на 7 марок (01–07). Чим вищим є маркування, тим більшою може бути деформація листа. Тому під час вибору матеріалу виробу потрібно обов'язково брати до уваги всі показники.

Згідно з ГОСТ 14918-80 для виробництва оцинкованої сталі використовується холоднокатана вуглецева сталь товщиною 0,5...3 мм з наступним гарячим оцинкуванням.

Відповідно до ГОСТ 19904-90 ширина листів сталі може бути від 700 до 1800 мм (крок змінюється в 50, 100 та 150 мм), довжиною від 1000 до 6000 мм (крок 20, 80, 100, 150, 200, 300, 500 мм). Товщина листа коливається від 0,5 до 2,55 мм. Для розмірів 0,5-0,8 мм товщина міняється з кроком 0,05 мм, для товщин 0,8...1,8 мм - з кроком 0,1 мм, а для товщин 1,8...2,5 – з кроком 0,2...0,3 мм.

Оцинкований прокат використовується у виробництві кузовів машин, а також при виготовленні білбордів, карнизів, парканів, каналізацій та в кораблебудуванні. Основним його призначенням згідно з ГОСТ 14918-2020 є виробництво звареної та штампованої продукції. Оцинкований лист можна застосовувати як автономний матеріал при встановленні модульних металоконструкцій, влаштуванні настилів, тимчасових огорож тощо. Виробниками він може поставлятися в рулонах діаметром до 3 м з шириною рулону 1000 мм та 1250 мм, у листах, складених у пачки розміром не більше 6×2×1 м при довжині листів 2000 мм і 2500 мм.

## 2.4 Аналіз технологічного процесу виготовлення решіток

В процесі виготовлення решітка проходить кілька етапів виробництва. При надходженні на підприємство замовлення на конкретний виріб з певним параметрами інженерний відділ розробляє проект, до якого входить технологічна документація на виготовлення у вигляді 3D моделі виробу, розгортки, креслень деталей. Також до неї входять результати обґрунтування вартості даного виробу. На вимогу замовника можуть виготовлятися перші пробні взірці, які надсилаються замовнику і якщо при узгодженні з ним все підходить – переходять до прямого виробництва.

На першому етапі виробництва на установці для лазерної порізки TRUMPF TruLaser 3030 з листової сталі вирізаються необхідні заготовки та деталі майбутньої решітки. Лазерна установка керується спеціальною програмою, яку створює кваліфікований інженер шляхом перетворення файлів креслеників збережених у форматі DXF.

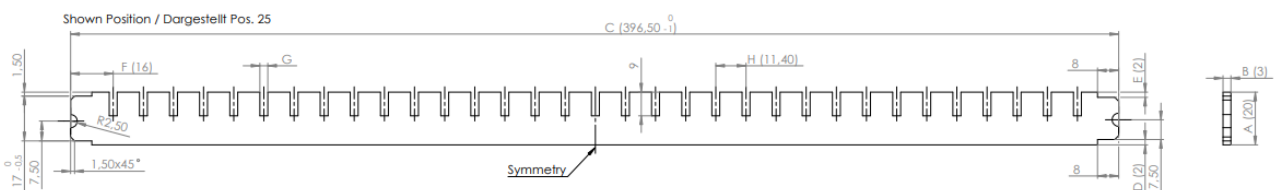


Рисунок 2.6 – Кресленики поперечної пластини решітки

Паралельно з лазерною установкою працює лінія Rebenda з механічним кривошипним пресом Lexn 100С. За її допомогою виготовляють смуги металу для виготовлення ребер (рис. 2.7).

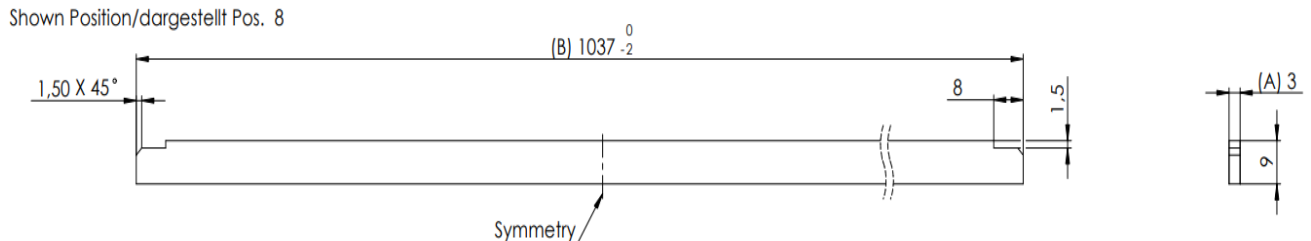


Рисунок 2.7 – Кресленики повздовжньої смуги решітки

На наступному етапі виробництва отримані на механічному пресі чи лазерній машині заготовки надходять на штампувальну дільницю. На ній заготовки встановлюються в штамп TruBend 5170 відповідно до креслень та відбувається їх штампування та гнуття. Після налаштування лінії та виготовлення пробних зразків обов'язково перевіряються розміри виробів згідно вимог, вказаних на креслениках. При потребі вироби можуть надходити на дільницю очистки, де виробничий персонал може додатково обробляти метал і готувати його до наступного процесу.

Якщо до конструкції систем водовідведення входять перфоровані решітки з оцинкованої або нержавіючої сталі товщиною 1,5 мм, то такі деталі отримують на автоматичному гідравлічному пробивочному пресі TruPunch 5000. Його потужний гідравлічний привід дозволяє здійснювати вирубку листової сталі з частотою до 1600 ударів за хвилину при вирубуванні або 2800 ударів за хвилину під час нанесення маркування. Завдяки використанню відвідних притискачів, забезпечується можливість обробки заготовок в зоні притискання без додаткового пере захоплення, чим економиться час на перевстановлення та перепрограмування машини. При цьому установка дозволяє обробити весь лист за один прохід.

Після виготовлення ребер, повздовжніх і поперечних смуг деталі передаються на гідравлічний прес, де відбувається збирання решітки шляхом пресування.

Далі вся конструкція доукомплектується рамкою з наступним напівавтоматичним зварювання відповідно до креслення та технологічної карти. Зразок зварного елемента рамки показаний на рис. 2.8.

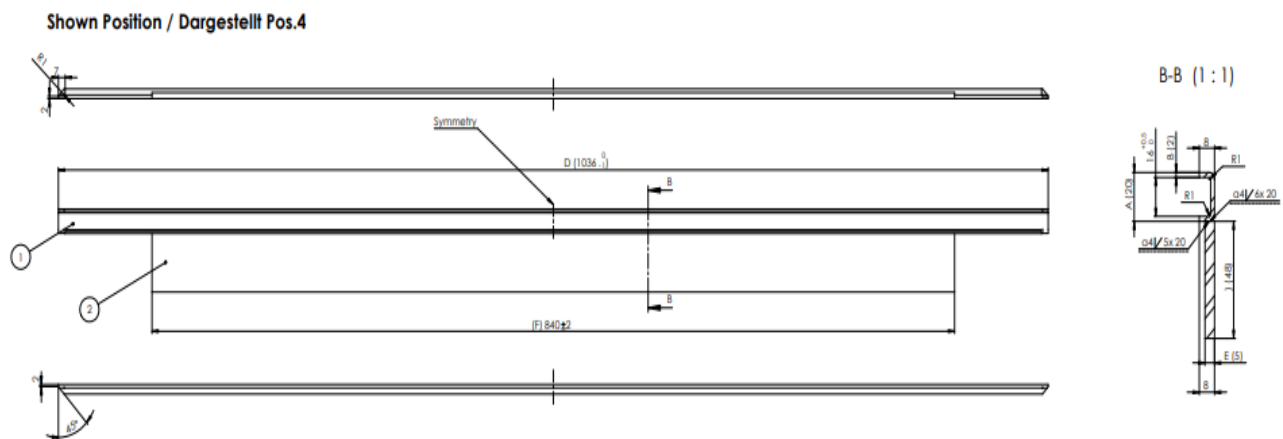


Рисунок 2.8 – Кресленики зварного елемента бокової рамки з приварним бортом

1 – борт; 2 – рамка

Зварювання металоконструкції механізованим способом в середовищі захисних газів зварювальними апаратами марок ESAB та Lincoln Electric на спеціальних зварювальних постах, оснащених необхідною технологічною оснасткою та місцевими витяжками.

В процесі виготовлення решітки для системи водовідведення ACO Vario кваліфікований зварювальник виконує 36 зварних точок при силі струму 140 А, напрузі на дузі 38 В та тиском захисної суміші з вмістом вуглекислого газу 18% та аргону 82% в 1,5 Бар, чим забезпечується висока міцність та довговічність зварного шва. Ці параметри можуть коригуватися в залежності від конкретного матеріалу деталей та вимог до зварювального шва.

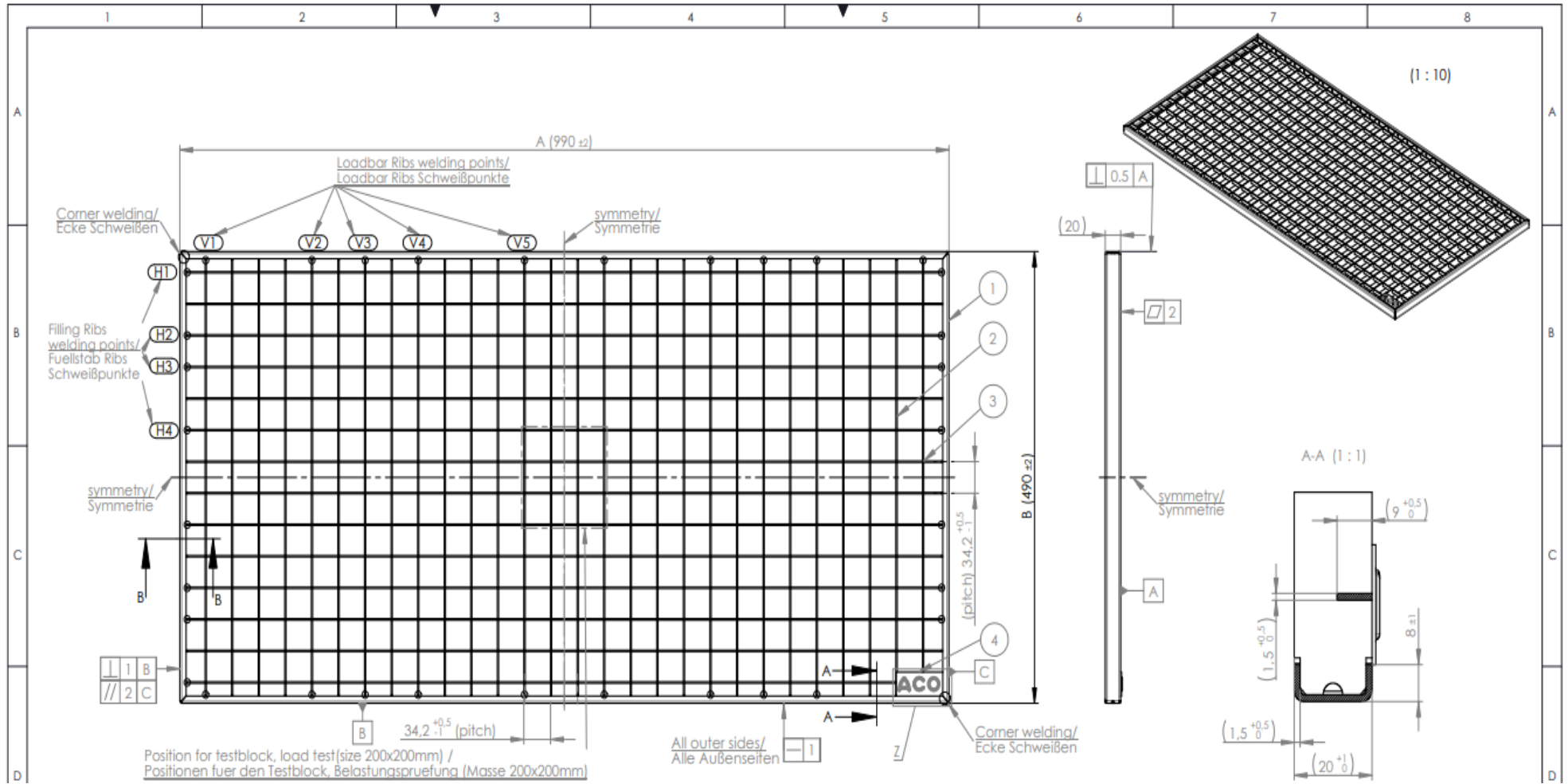


Рисунок 2.9 – Елемент карти контролю розмірів та геометрії решітки системи ACO Vario



Після завершення зварювання деталі передаються на ділянку зачистки, де їх перевіряє інженер з якості. Для перевірки використовують вимірювальне обладнання «Мікротех». Розміри та геометрію решітки перевіряють за допомогою штангенциркулів, лінійок, шаблонів, кутниками і кутомірами. Оцінюють точність геометрії виробів відповідно до креслеників (рис. 2.9).

Готова продукція упаковується відповідно до карти пакування, після чого її відправляють на склад і далі - безпосередньо до замовника.

### **Висновки за розділом**

Аналіз технологічного процесу виготовлення елементів систем для водовідведення в умовах ТОВ “Асо Індастріс” на прикладі решітки для системи ACO Vario показав, що її деталі виготовляються з оцинкованої сталі товщиною 1,5...3 мм. Складання деталей в єдину конструкцію здійснюється методом механізованого зварювання в середовищі суміші захисних газів. Наявне на підприємстві обладнання, а саме зварювальні апарати дозволяють виконувати процеси зварювання на стандартних режимах, недоліком яких є значний термічний вплив на деталі та пошкодження захисного покриття оцинкованої сталі. Крім того, вони мають певні труднощі у використанні в тандемі зі зварювальними роботами. Вирішити цю проблему можна шляхом підбору нового ефективного зварювального обладнання.

### 3. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ РЕШІТКИ

#### 3.1 Аналіз технологій зварювання оцинкованої сталі

Оцинкована сталь користується значною популярністю за рахунок невисокої вартості та широкого спектру застосування. В технологічних процесах виробництва металоконструкцій з оцинкованої сталі дуже часто виникає необхідність у зварюванні цього матеріалу з метою одержання міцного нерознімного з'єднання. Однак під час їх виконання можуть виникати ряд проблем.

Справа в тому, що багато низьковуглецевих сталей зварюються різними видами зварювання практично без обмеження. Однак, коли на них нанести захисний мікроскопічний шар цинку одразу виникає безліч питань. Для забезпечення міцного і надійного зварного з'єднання металеве покриття сталевого прокату повинно мати високу теплостійкість, тепло- та електропровідність, знижену мікротвердість і механічну напруженість, а також мінімальну шорсткість поверхні. На відміну від сталей Zn – легкоплавкий, м'який матеріал із невисокою міцністю. Це означає, що будь-яке електродугове зварювання оцинкованої сталі буде супроводжуватися перенесенням цинку в зону зварювальної ванни, що в результаті призводить до зниження міцності з'єднання, утворення пор, розвитку мікротріщин в навколошовній зоні. Виділенням у повітря токсичних парів оксиду цинку може призводити до їх потраплять у легені зварювальника. Також вагомою проблемою є руйнування захисного цинкового шару у навколошовній зоні.

Цинк є електронегативним активним металом. Утворюючи із залізом гальванічну пару, він створює надійний його електрохімічний захист, а завдяки захисній плівці, яка утворюється на його поверхні під впливом зовнішнього середовища, дуже повільно руйнується в атмосферних умовах. Пошкодження чи видалення цинкового шару призведе до зниження антикорозійних властивостей

сталі. Однак перед зварювальними роботами його рекомендують видаляти шляхом зачистки зони зварювання абразивним матеріалом. Це значно спрощує зварювання і підвищує якість виконуваних робіт. Розмір очищеної ділянки, при цьому, має бути мінімальним.

Ще однією проблемою є вплив температури зварювання на цинк. Оскільки цинк починає плавитися вже за температури  $+420^{\circ}\text{C}$  і випаровуватися при  $+907^{\circ}\text{C}$ , то під час зварювання він завжди вигоряє з утворенням білих пластівців оксиду [10]. Тому режим роботи зварювального обладнання слід підбирати, виходячи з товщини прокату та шару оцинкованого покриття, а струм зварювання має бути нижчим, ніж при роботі з листовою сталлю. Цю проблему дозволяє частково вирішити застосування електродних зварювальних дротів із бронзи, яка має не таку високу температуру плавлення, як сталь. Вартість таких виробів значно зростає, хоча міцність з'єднання знижується мало.

Оскільки основну перерізу оцинкованого листа становить сталь, то методи зварювальних робіт, а також типи зварних з'єднань для нього використовуються такі ж, як і для вуглецевих сталей. Оцинковані деталі зварюють методом ручного електродугового зварювання (ММА); аргонодуговим (TIG) зварюванням; напівавтоматичне (MIG/MAG) зварюванням в середовищі активних та інертних газів. Також для з'єднання тонких листів оцинкованої сталі може застосовуватися точкове зварювання. Такий спосіб можна використовувати тільки для листів завтовшки до 0,5 мм [8].

ММА зварювання оцинкованої сталі використовують здебільшого для з'єднання деталей з листового прокату товщиною більше за 1,5 мм. Виконуються таке зварювання електродами з основним та рутиловим покриттям.

Для якісного зварювання деталі повинні бути заздалегідь обрізані і розмічені за розміром. Після механічного або термічного видалення цинкового покриття обробляють кромки, а зону майбутнього зварного шва обробляють кислотою або знежирюючими засобами. Під час вибору електродів керуються товщиною захисного покриття, маркою основного металу та вибраним режимом

роботи. Рекомендовані марки електродів для з'єднання листової оцинкованої сталі наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Електроди для зварювання оцинкованої сталі

Марки сталі	Тип електрода	Діаметр електрода, мм
Низьковуглецеві	OK46, АНО4, МРЗ, ОЗС4	1,6
Низьколеговані	УОНІ13/45, ДСК50, УОНІ13/55, ОК46	1,6

Зварювальний струм підбирають за діаметром електрода. Для кращої якості з'єднань рекомендують знижувати швидкість зварювання майже на чверть, а струм зменшувати на 10...15 А. Оптимальна ширина зазору при стиковому з'єднанні – 1,5...2,5мм. Зварний валик слід формувати зворотно-поступально або напливом. Не можна зварювати довгі ділянки одним безперервним швом. Так, наприклад, ММА зварювання оцинкованого металу товщиною 2 мм можна виконуватися електродом ОК46 з рутіловим покриттям діаметром 1,6 мм. Необхідна сила струму підбирається в межах 40 А.

Оскільки захисний шар цинку був знятий перед зварюванням, метал шва і навколошовну зону піддають додатковій антикорозійній обробці із застосуванням спеціальних цинковмісних спреїв або інгібіторів корозії.

Процес ТІГ зварювання відбувається із застосуванням захисного газу аргону. ТІГ-зварювання використовується для роботи з листами різної товщини, але найбільш ефективним воно є для виготовлення зварних металоконструкцій та виробів товщиною 0,3...1,0 мм [7].

Підготовка зварюваних деталей нічим не відрізняється від описаного вище способу. Для підвищення ефективності виконання процесу зварювання рекомендується використовувати ТІГ-пальники з газовими лінзами. Розплавлені краплі металу не впливають на антикорозійні властивості оцинкованого прокату, проте можуть критично знизити декоративність виробу. Для того, щоб захистити цинкову поверхню від бризок металу користуються азбестовим полотном або антиадгезійними рідкими і аерозолями.

Неплавкий електрод і кромки виробу обробляють кислим розчином хлористого цинку. Також можна використовувати ортофосфорну кислоту. Аргоновий захист дозволяє забезпечити більшу швидкість виконання робіт. При цьому робочий кут має бути  $70^\circ$ , а не  $80^\circ$ , як для вуглецевих сталей. Витрату газу збільшують до 6...12 л/хв. Коливання пальника допомагає ретельно прогріти метал, видалити найменші сліди цинку, забезпечити рівний шов і міцне з'єднання.

Заточка електрода визначає глибину провару та ширину шва. Враховуючи, що оцинкована сталь в основному виробляється в тонколистовому сортаменті, зварюють її вольфрамовими електродами  $\varnothing 1,6$  мм, загостреними під кутом  $30^\circ$ . Шов формують лускатої форми з частим відривом електрода. Для того, щоб уникнути непроварів, ампераж повинен бути в межах 10...30 А [5].

Після зварювання видаляють залишки шлаку та бризок. Враховуючи, що аргонодугове зварювання застосовується в основному для прецизійних та відповідальних виробів з тонких листів, відновлення антикорозійного покриття шва та зачищеної навколошовної зони можна за допомогою цинкового спрею-грунтовки або спеціальних фарб. Невеликі елементи конструкцій повторно цинкують.

MIG/MAG зварювання «оцинковки» є універсальним рішенням для виробничій сфер з великими обсягами та при роботі з металом товщиною понад 0,6 мм. Роботи виконується із застосуванням зварювального напівавтомата, а зварний валик захищають сумішшю аргону та вуглекислоти. В якості електрода використання сталевий обміднений дріт діаметром 0,8...1,6 мм. Через такий малий переріз дроту буде утворюватися висока щільність струму (приблизно  $200 \text{ А/мм}^2$ ) [5].

З огляду на те, що оцинкована сталь виробляється тонколистовою, фаски перед зварюванням не знімаються. Технологічний зазор має бути в межах 1,5...2,0 мм. Якщо під час зварювання використовувати флюс HLS-B, то можна відпадає необхідність видалення цинкового покриття. Наносять флюс на знежирену поверхню у попередньо нагрітому стані. У таких випадках необхідно

використовувати присадковий матеріал з підвищеним вмістом міді (понад 60%), кремнієм та оловом.

Вуглекислий газ дозволяє максимально захистити метал шва від попадання найменших домішок цинку. Але водночас його використання провокує підвищену утворення бризок. Тому під час зварювання краще застосовувати більш дорогу суміш на основі Ar і CO<sub>2</sub> яка забезпечує набагато меншу кількість бризок. Під час виконання зварювання напівавтоматом оцинкованої сталі з товщиною покриттям 85 мкм і більше, струм рекомендується збільшити на 10 А, а напругу на 1 В. На вертикально розташованих листах зниження швидкості зварювання може сягати 30% порівняно зі звичайним режимом. Це дозволить залишкам цинку повністю вигоріти перед утворенням зварювальної ванни. Зварні шви не повинні мати пор, оскільки при повторному нанесенні цинкового шару, вони можуть не заповнитися і надалі незахищений метал корродуватиме.

При використанні MIG/MAG-зварювання сталевих листів товщиною 2 мм в захисному середовищі аргону з вуглекислотою із застосуванням сталевого дроту діаметром 0,8 мм рекомендована швидкість подачі дроту – 9,0 м/хв, напруга зварювання 18,5 В [3].

Також зварювання оцинкованого металу ефективно проводиться напівавтоматом з дротом типу CuSi3 в середовищі чистого аргону.

Епоксидна фарба з підвищеним вмістом цинку, неорганічна цинк-силікатна фарба, припой на основі цинку, цинковий аерозоль для розпилення на поверхню дозволяють відновити антикорозійне покриття і забезпечити декоративність шва і навколошовної зони. Перед їх нанесенням необхідно видалити окалину та сліди шлаку; виконати знежирення; дочекатися повного висихання обробленої поверхні.

З технічного погляду, контактне зварювання оцинкованої сталі також є напівавтоматичним. Це зумовлено тим, що воно виконується на спеціальних машинах, але із застосуванням ручної праці. Використовують такий спосіб тільки в промислових масштабах та при роботі з оцинкованим листом завтовшки до 0,5 мм. За рахунок концентрації високих температур у мікроскопічній точці

виключається нагрівання прилеглого шару цинкового покриття і в результаті утворюється зварне дифузійне з'єднання чорного металу з обрамляючим захисним кільцем з цинку. Відповідно, у такому разі додаткова антикорозійна обробка не потрібна.

### **3.2 Вибір зварювального обладнання**

Вибір зварювального обладнання для технологічного процесу виготовлення решітки здійснювали шляхом комплексної оцінки різних показників його роботи. Для обґрунтування свого вибору застосуємо стандартну методику обґрунтування оптимального вибору за методом диференційної оцінки рівня якості оцінюваних об'єктів. Суть даної методики полягає у порівнянні множини одиничних показників якості зварювальних півавтоматів із відповідною множиною значень базового зварювального апарата. За базовий приймався наявний на підприємстві зварювальний півавтомат ESAB Aristo Mig 500ix.

Для порівняння вибираємо ще п'ять зварювальних півавтоматів серії 500 :

1. PATON ProMIG-500
2. Fronius TPS 500i
3. Tesla Weld 500 E
4. Jasic MIG-500
5. Lincoln Electric 500SP

Для того, щоб виконати диференційну оцінку зварювального обладнання з інструкцій до використання вибираємо найважливіші показники їх якості. При порівнянні та оцінці якості зварювальних півавтоматів враховували наступні параметри їх роботи:

- Кількість можливих способів зварювання, які дозволяє реалізувати джерело живлення;
- Максимальний діаметр зварювального дроту, мм;

- Максимальний зварювальний струм при ТВ = 100 %;
- Значення коефіцієнта ТВ при  $I_{\max}$ , %;
- Споживана потужність, кВт;
- Вартість обладнання, тис. грн.

Фізичні значення порівнюваних показників роботи зварювальних півавтоматів наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Показники якості зварювальних півавтоматів

№	Параметри та показники	Значення для агрегатів					
		PATON ProMIG-500	Fronius TPS 500i	Tesla Weld 500 E	Jasic MIG-500	Lincoln Electric 500SP	ESAB Aristo Mig 500ix
1	Способи зварювання	3	8	6	3	4	4
2	Максимальний діаметр зварювального дроту, мм	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
3	Зварювальний струм при ТВ = 100%	500	430	400	380	400	400
4	ТВ при $I_{\max}$ , %	40	40	60	60	40	60
5	Споживана потужність, кВт	23,6	21	17	22,97	22,8	25
6	Ціна, тис. грн	100	210	185	165	224	189

Фізичні значення порівнюваних показників перетворювали на відносні за формулами:

$$Q_{1i} = \frac{P_i}{P_{i6}}, \quad (3.1)$$

або

$$Q_{2i} = \frac{P_{i6}}{P_i}, \quad (3.2)$$

де  $Q_{1i}, Q_{2i}$  - відносні значення  $i$ -тих показників якості об'єктів;

$P_i, P_{i6}$  - абсолютне значення  $i$ -го показника якості досліджуваного апаратів і якості базового об'єкта відповідно.



Залежно від того чи значення відносних показників прийнятих характеристик більші або менші за одиницю, оцінюють технічний рівень якості оцінюють технічних об'єктів (зварювальних півавтоматів) як кращий чи гірший від базового рівня.

Порівняльна характеристика зварювальних апаратів, виконана на основі диференційного методу оцінки, згідно (3.1) і (3.2), наведена в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Диференційна оцінка рівня якості зварювального обладнання

№	Параметри та показники	Значення для агрегатів					
		PATON ProMIG-500	Fronius TPS 500i	Tesla Weld 500 E	Jasic MIG-500	Lincoln Electric 500SP	ESAB Aristo Mig 500ix
1	Способи зварювання	0,75	2,00	1,50	0,75	1,00	1,00
2	Максимальний діаметр зварювального дроту, мм	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	Зварювальний струм при ТВ = 100%	1,25	1,08	1,00	0,95	1,00	1,00
4	ТВ при I <sub>max</sub> , %	0,67	0,67	1,00	1,00	0,67	1,00
5	Споживана потужність, кВт	0,94	0,84	0,68	0,92	0,91	1,00
6	Ціна, тис. грн	0,53	1,11	0,98	0,87	1,19	1,00

За даними табл. 3.3 можна побачити, за яким з обраних параметрів наявний на підприємстві зварювальний апарат поступається чи переважає порівнювані варіанти обладнання.

Результати досліджень технічного рівня зварювального обладнання, які представлені в табл. 3.3 зручно аналізувати за циклограмою (рис. 3.1).

Циклограма будується наступним чином. На її променях відкладаються значення відносних показників якості усіх досліджуваних зварювальних

півавтоматів та базового обладнання, для якого значення відносних показників якості за всіма параметрами становить 1. Точки, які відповідають відносним показникам, з'єднують між собою і отримують багатокутник. Той з багатокутників, площа якого найбільш близька до площі багатокутника базового варіанта, або є більшою за нього й буде оптимальним варіантом за диференційним методом оцінки. Такий метод оцінювання ще називають методом відстані до цілі.

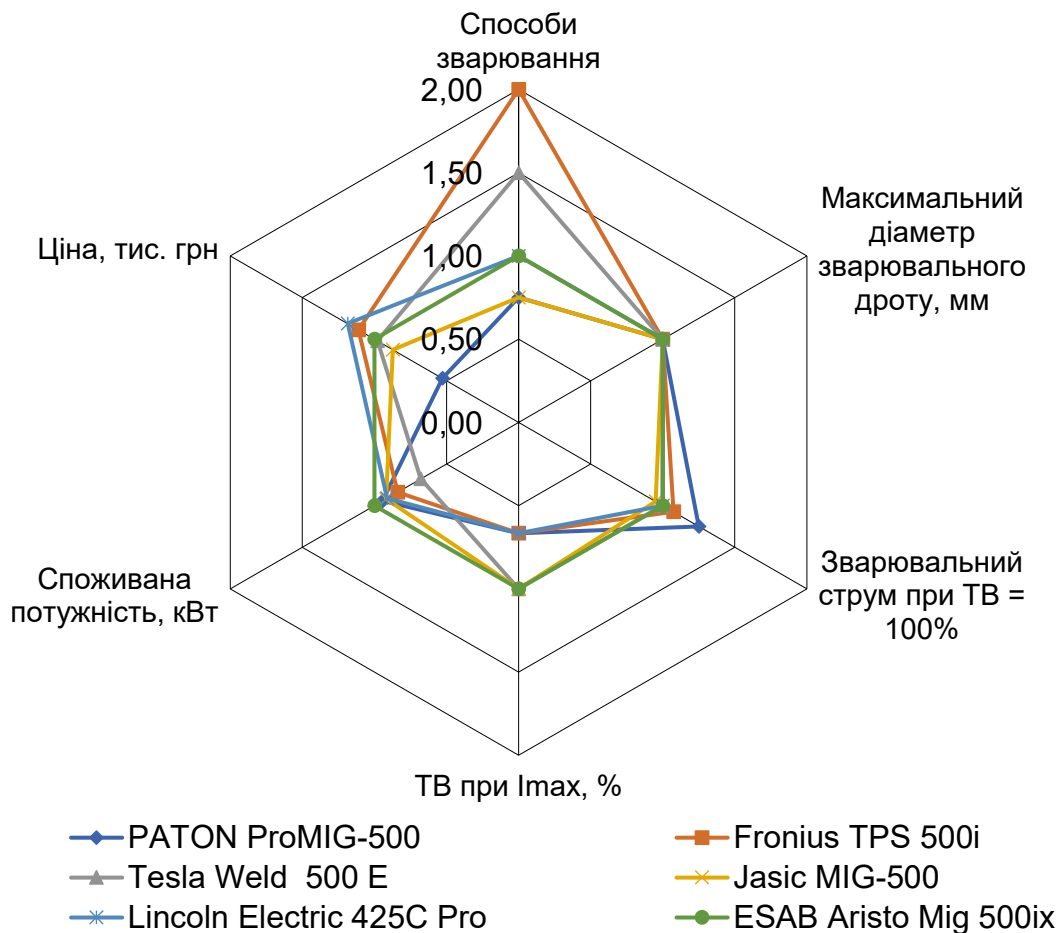


Рисунок 3.1 - Циклограма технічного рівня якості зварювального обладнання

Узагальнений критерій оцінки за відстанню до цілі  $\mu$  визначають як відношення площі багатокутника  $i$ -го варіанту до площі багатокутника базового варіанту:

$$\mu_i = \frac{\Pi_i}{\Pi_0}, \mu > 1, \quad (3.3)$$

де  $\Pi_i$  і  $\Pi_0$  – відповідно, площі багатокутників  $i$ -го та базового варіантів.

В нашому випадку ми порівнювали шість критеріїв оцінки рівня якості зварювальних півавтоматів. Форма багатокутника, яка відобразить сумарний вплив усіх критеріїв, буде мати форму шестикутника. Площу такої фігури визначають як суму площ шести однакових трикутників зі сторонами, що відповідають значенням відносних критеріїв. Вираз для розрахунку площі такої фігури має вигляд:

$$P_i = \sin 60^\circ(Q_1 \cdot Q_2 + Q_2 \cdot Q_3 + Q_3 \cdot Q_4 + Q_4 \cdot Q_5 + Q_5 \cdot Q_6 + Q_6 \cdot Q_1) \quad (3.4)$$

де  $Q_1-Q_6$  - відносні значення  $i$ -тих показників якості зварювальних апаратів.

Результати розрахунку площ багатокутників, за якими оцінюватимемо рівень якості окремих зварювальних півавтоматів наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Результати визначення відстані до цілі

№	Параметри та показники	Значення для півавтоматів					
		PATON ProMIG-500	Fronius TPS 500i	Tesla Weld 500 E	Jasic MIG-500	Lincoln Electric 500SP	ESAB Aristo Mig 500ix
1	Площа багатокутника	3,77	6,50	5,47	4,35	4,80	5,20
2	Узагальнений критерій відстані до цілі $\mu$	0,73	1,25	1,05	0,84	0,92	1,00

За результатами таблиці 3.4 можна зробити висновок, що за узагальненим показником відстані до цілі для технологічного процесу зварювання решітки для системи водовідведення з поміж розглянутих прикладів зварювальних апаратів найкращим варіантом є зварювальний півавтомат Fronius TPS 500i, для якого узагальнений критерій оцінки становить  $\mu = 1,25$ .

Основну перевагу для обраного варіанту на нашу думку має кількість можливих методів зварювання, які може забезпечити зварювальний апарат. З поміж усіх стандартних методів MMA, MIG/MAG та TIG зварювання зварювальний півавтомат Fronius TPS 500i дозволяє виконувати зварювання в пульсуючому режимі, має можливість зварювання алюмінію, MIG-пайки та СМТ зварювання з ефектом холодного перенесення металу. Саме ці переваги є досить

важливими, коли постає питання зварювання деталей з оцинкованої сталі зі збереженням її захисного покриття.

### 3.3 Обґрунтування вибору конфігурації зварювального робота

З п. 1.2 відомо, що на підприємстві інтенсивно впроваджуються технології роботизованого зварювання. В деяких технологічних процесах зварювання застосовують робот АВВ 1400. Оскільки за результатами вибору зварювального апарату для виготовлення решіток ми зупинили свій вибір на зварювальному півавтоматі TPS 500i від фірми Fronius, то наступним етапом роботи буде аналіз конфігурацій зварювальних роботизованих систем, здатних взаємодіяти з обраним зварювальним обладнанням.

Для вирішення поставленого завдання проаналізуємо зварювальну систему TPS/I Robotics Pus від фірми Fronius. Дана система може комплектуватися у двох варіантах: конфігурація «Звичайний робот» та конфігурація «RAP». Розглянемо кожну з цих конфігурацій та підберемо найбільш підходящу [15].

Конфігурації роботизованих зварювальних систем з подачею зварювального дроту від барабана наведено на рис. 3.2.

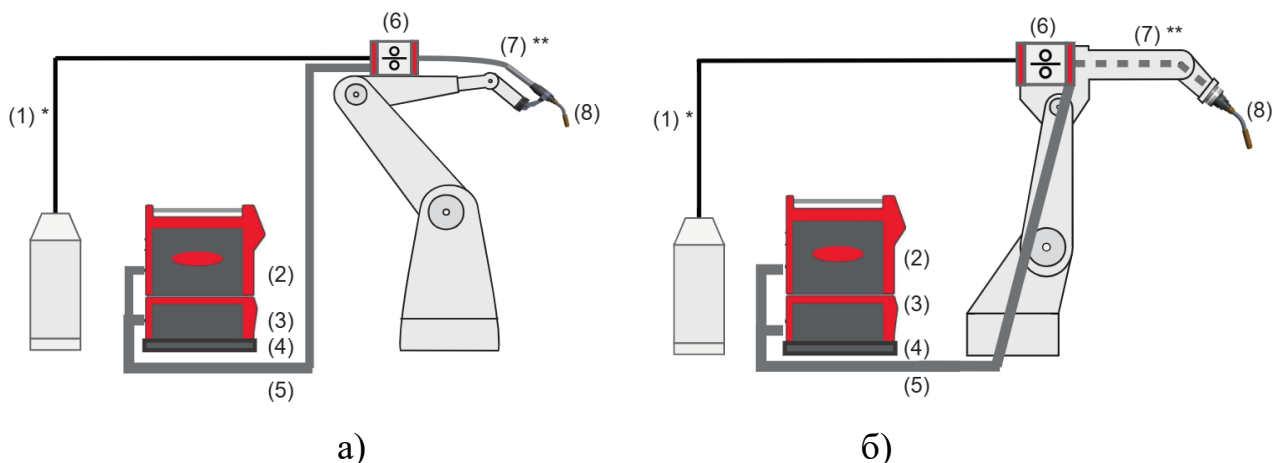


Рисунок 3.2 - Конфігурація зварювального робота «Звичайний робот» (а) та RAP (б) з системою подачі зварювального дроту з барабана

- 1 - шланг подачі дроту з внутрішнім вкладишем; 2 - зварювальний апарат TPSi;
- 3 - блок охолодження; 4 - вертикальна консоль; 5 - з'єднувальний шланговий пакет HP;
- 6 - пристрій подачі дроту WF 15i R / WF 25i R / WF 30i R;
- 7 - шланговий пакет пальника MHP /i R; 8 – роботизований зварювальний пальник MTB /i R

Максимальна довжина подачі дроту даної системи між дротяним барабаном і механізмом подачі дроту 8 м. Установка може працювати зі зварювальним дротом діаметром 0,8 - 2,0 мм в режимах зварювання Standard (стандартна технологія MIG/MAG зварювання), Puls (технологія імпульсного MIG/MAG зварювання), LSC (MIG/MAG зварювання з контролем над розбризкуванням), PMC (MIG/MAG зварювання модифікованою імпульсною дугою).

Конфігурації роботизованих зварювальних систем з подачею зварювального дроту від барабана наведено на рис. 3.3.

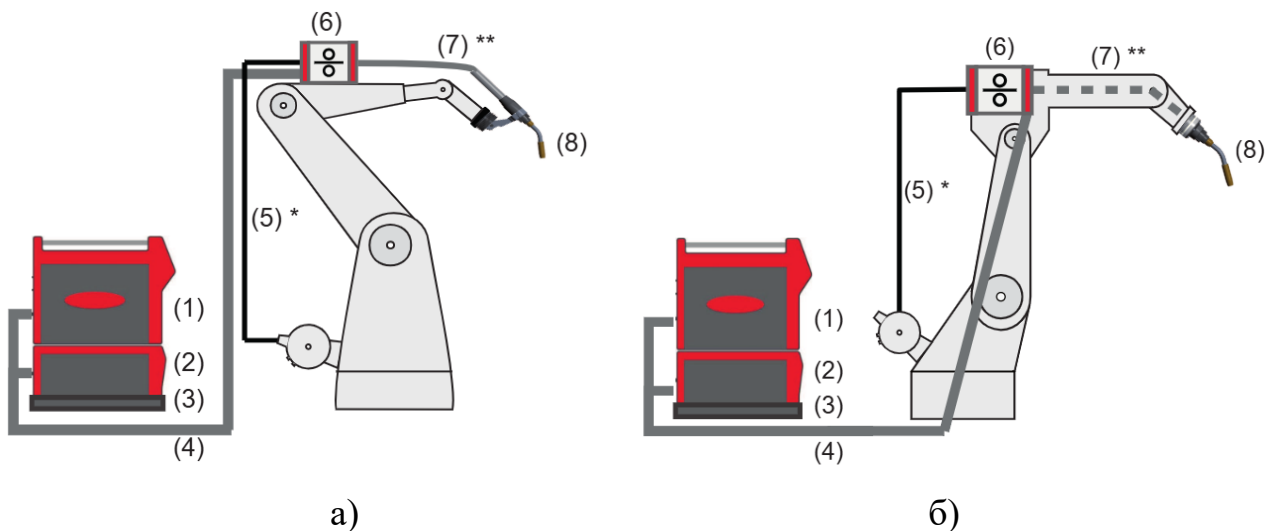


Рисунок 3.3 - Конфігурація зварювального робота «Звичайний робот» (а) та PАР (б) з системою подачі зварювального дроту з котушки

1 - зварювальний апарат TP*S*i; 2 - блок охолодження; 3 - вертикальна консоль;  
4 - з'єднувальний шланговий пакет НР вкладишем; 5 - шланг подачі дроту з внутрішнім вкладишем; 6 - пристрій подачі дроту WF 15i R / WF 25i R / WF 30i R; 7 - шланговий пакет пальника МНР /i R; 8 – роботизований зварювальний пальник МТВ /i R

Максимальна довжина подачі дроту даної системи від котушки до механізму подачі становить 2 м. Установка може працювати зі зварювальним дротами до 2,0 мм та в режимах Standard, Puls, LSC та PMC як і попередньо розглянута система.

Конфігурації роботизованих зварювальних систем з двома механізмами подачі зварювального дроту від барабана наведено на рис. 3.4.

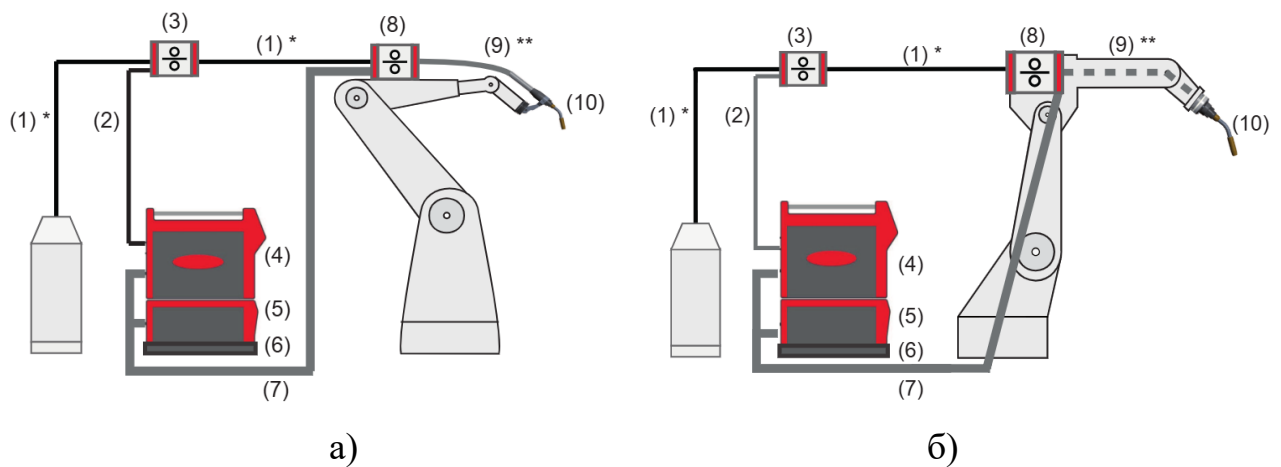


Рисунок 3.4 - Конфігурація зварювального робота «Звичайний робот» (а) та PAP (б) з системою подачі зварювального дроту з барабана додатковим 4-х роликів механізмом подачі

1 - шланг подачі дроту з внутрішнім вкладишем; 2 – кабель SpeedNet COM; 3 – розмотувач дроту WV 25i Reel 4R; 4 - зварювальний апарат TPSi; 5 - блок охолодження; 6 - вертикальна консоль п; 7 - з'єднувальний шланговий пакет НР; 8 – пристрій подачі дроту WF 15i R / WF 25i R / WF 30i R; 9 - шланговий пакет пальника МНР /i R; 10 - роботизований зварювальний пальник МТВ /i R

В даній системі максимальна довжина подачі дроту між механізмами подачі становить 20 м, а відстань подачі від барабана до розмотувача дроту – 8м. Працює установка, які дві попередні зі зварювальним дротами 0,8...2,0 мм та на тих же режимах.

Позначка (\*) на рис. 3.2-3.4 вказує на те, що в системі потрібно використовувати найбільший внутрішній вкладиш (включаючи базовий комплект). Знак (\*\*) вказує на необхідність використання внутрішнього вкладиша, який відповідає діаметру дроту (включаючи базовий комплект).

### 3.4 Показники роботи комплексу TPS/i Robotics PUSH

Комплекс для роботизованого зварювання TPS/i Robotics PUSH – це простота в експлуатації система, яка має характеризується низькими витрати на обслуговування. Особливістю її конструкції є використання всього одного основного механізму подачі дроту. Завдяки комплектуванню зварювальними апаратами серії TPS/i для зварювальний робот може виконувати зварювання в процесах Standard, Puls, LSC та PMC, придатних для зварювання низько- та високолегованої сталі з можливістю забезпечувати стабільну якість зварювання.



Рисунок 3.5 – Загальний вигляд зварювальної системи TPS/i Robotics PUSH

Комплект Standard дозволяє використовувати під час зварювання коротку та струменеву дугу. Він зручний у використанні, а його діапазон потужностей

підходить для роботи з нелегованими, низьколегованими та високолегованими сплавами [15].

Пакет Pulse від Fronius полегшує роботу зварювальника з імпульсними зварювальними дугами. Він гарантує низький рівень утворення бризок металу, а також дає змогу працювати з деталями різної товщини.

LSC – це процес MIG/MAG зварювання, який вирізняється високою стабільністю дуги та низьким рівнем утворення бризок під час зварювання на короткій дузі. Крім того, функція стабілізації проплавлення забезпечує стабільну глибину проплавлення під час роботи зі струменевою дугою, яка не залежить від можливої зміни вильоту електрода [14]. В режимі LSC зварювальний апарат забезпечує раннє виявлення випадків короткого замикання та забезпечує м'яке повторне запалювання дуги за низького рівня струму. Таким чином забезпечується максимальна стабільність протягом усього процесу зварювання.

Для кращого розуміння процесу LSC зварювання спочатку проаналізуємо виконання зварювання короткою дугою (рис. 3.6).

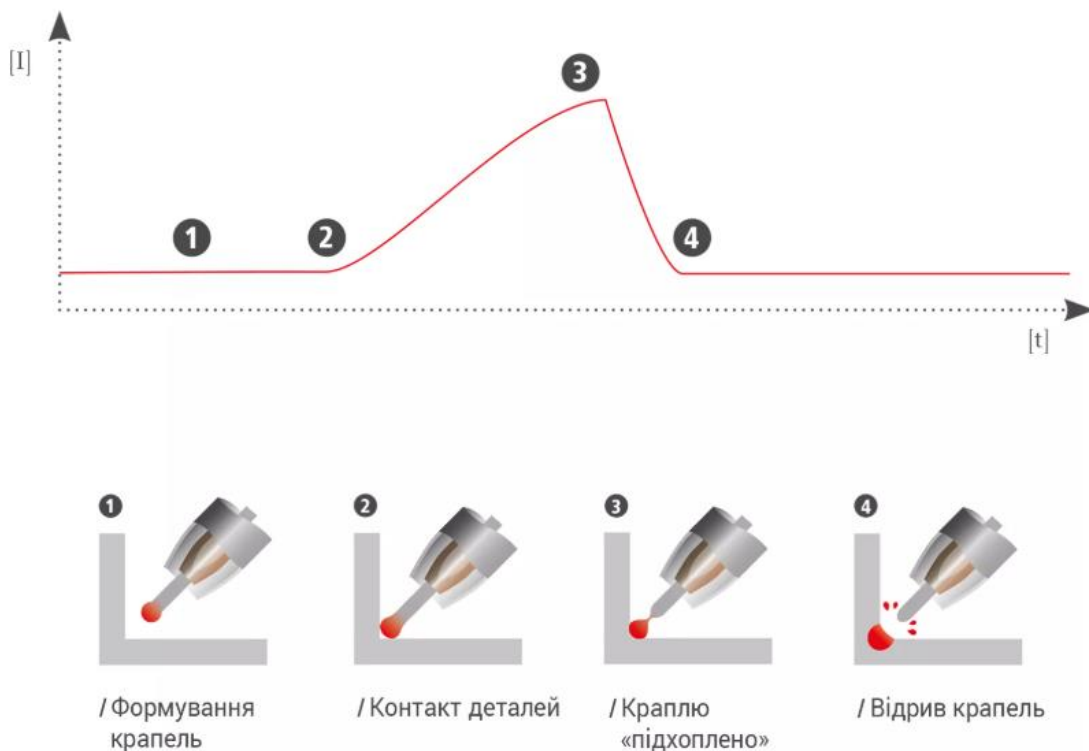


Рисунок 3.6 – Характеристика процесу MIG/MAG зварювання короткою дугою



Як бачимо з рис. 3.6 під час відриву краплі металу та її переходу до зварювальної ванни процес супроводжується значним розбризкуванням металу.

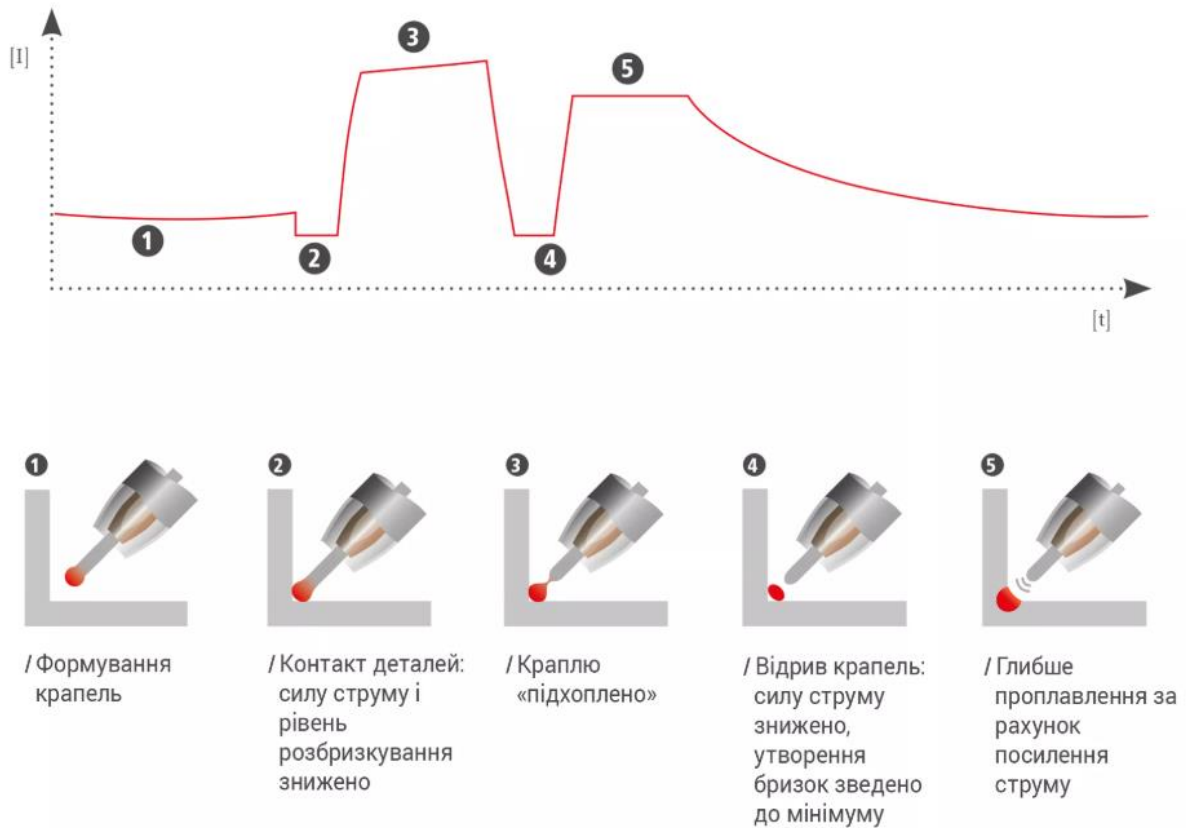


Рисунок 3.7 – Характеристика процесу MIG/MAG зварювання в режимі LSC

Особливістю процесу зварювання в режимі LSC є керування параметрами зварювального струму під час виникнення короточасних коротких замикань та випадковій зміні довжини дуги. Так, під час контакту дроту з деталлю джерело струму на короткий час зменшує силу струму, що знижує можливість розбризкування металу. Далі сила струму різко зростає, що сприяє утворення електромагнітних сил, які притягують краплю до ванни [4]. Відділенню краплі металу від електрода і переходу її до зварювальної ванни без бризок сприяє наступне скидання струму, а наступне його наростання сприяє забезпеченню якісного прогріву деталей і глибокому провару зварних кромки. Такий режим дає змогу ефективно виконувати кореневі проходи навіть під час позиційного зварювання у фазі короткої дуги. Крім того від підходить для зварювання оцинкованих металевих деталей завдяки зниженню ризику пористості цинку та зменшення його вигорання.

РМС – це процес MIG/MAG зварювання модифікованою імпульсною зварювальною дугою. Під час роботи з такою дугою відбувається стабілізація глибини проплавлення та довжини дуги. Це дає змогу забезпечити вищу якість зварного шва та більшу швидкість зварювання. Він є новим розвитком імпульсної дуги шляхом її стабілізації і характеризується точно регульованим відривом крапель із низьким рівнем утворення бризок.

Водночас у процесі РМС утворюється потужна і стабільна зварювальна дуга, яка забезпечує ідеальний контроль зварювальної ванни. Таким чином вдається уникнути дефектів шва під час зварювання, зокрема його підрізів, а результати зварювання завжди повторювані та мають стабільно високу якість [4].

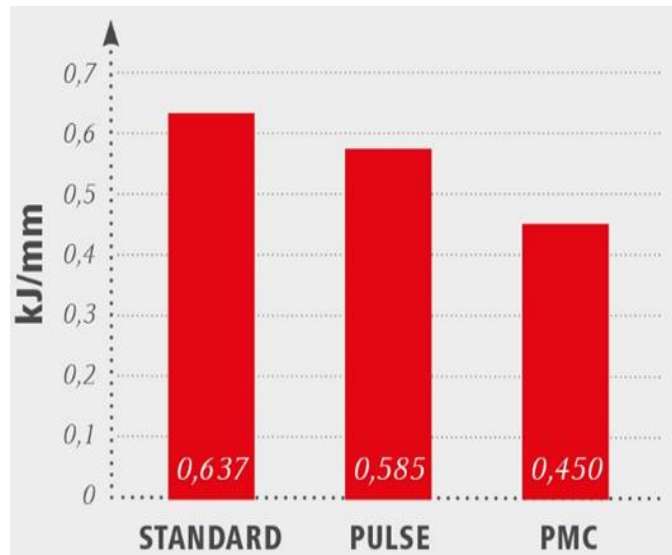


Рисунок 3.8 - Діаграма тепловкладень для різних процесів зварювання



Рисунок 3.9 – Перерізи зварних швів

З рис. 3.8 бачимо, що в порівнянні зі стандартним та імпульсним процес РМС забезпечує найнижче підведення тепла до деталі за тієї ж швидкості осадження.

Світлини на рис. 3.9 свідчать, що за тієї самої швидкості подачі дроту та швидкості зварювання стабілізація довжини дуги з РМС забезпечує кращі результати зварювання, ніж цього можна досягти за допомогою стандартного або імпульсного процесу.

Результати порівняння зварювальних процесів, які може забезпечувати комплекс для роботизованого зварювання з джерелом живлення TPS 500i, роботизованим пальником MТВ 500i W R та механізмом подачі WF 25i відображені діаграмою на рис. 3.10.

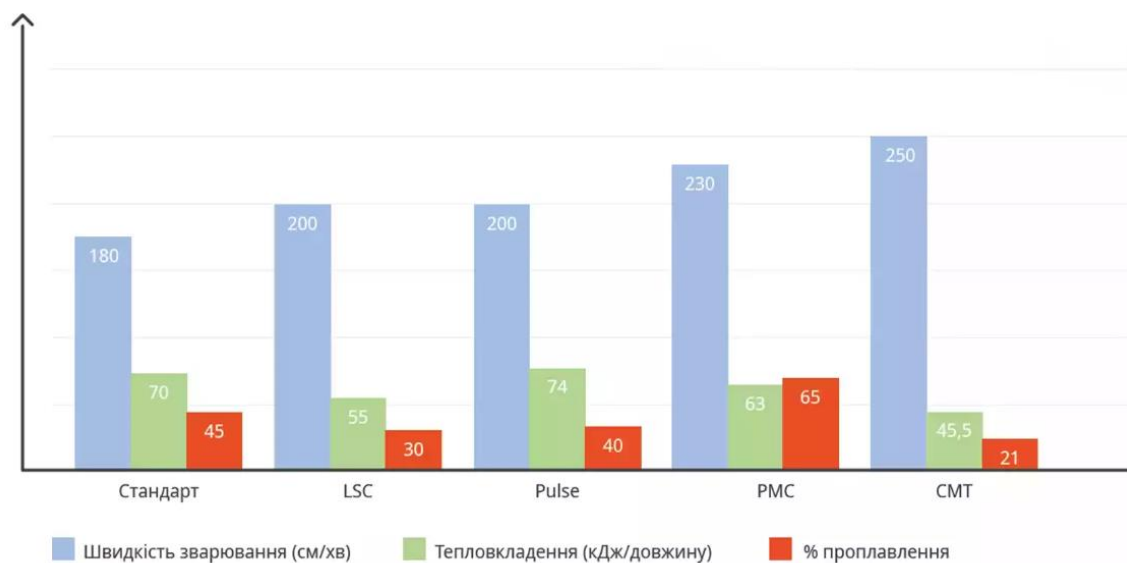


Рисунок 3.10 – Показники процесу MIG/MAG зварювання на різних режимах роботи джерела живлення TPS 500i

Для виконання зварювання в режимі CMT зварювальний комплекс додатково обладнувався блоком подачі дроту SB60 та пальником Robacta Drive.

Кут нахилу зварювального пальника встановлювали на  $7^\circ$ , зварювання відбувалось кутом уперед, корпус пальника з кутом  $15^\circ$  і деталь на зварювальному столі встановлювали один відносно одної під кутом  $30^\circ$ . Зварювання виконували присадним матеріалом G3Si1 діаметром 1,2 мм в середовищі захисного газу M21 (18 % Ar + 82 % CO<sub>2</sub>) при витраті 12 л/хв по заготовці основного металу з шліфованої сталі товщиною 2 мм.

Аналізуючи діаграму на рис. 3.10 можна зробити висновок, що завдяки наявності процесів LSC, Puls, PMC та CMT з'являється можливість збільшити силу зварювального струму майже на 30 %. Тепловкладення в метал при цьому можна зменшити на 21...35 % шляхом використання режимів LSC та CMT. Саме ці режими рекомендується використовувати для зварювання тонколистового матеріалу, зокрема покритого захисним покриттям (оцинкованого). Глибина проплавлення в режимах LSC та CMT на 33 % та 53,5 % нижча в порівнянні з стандартним MIG/MAG зварюванням. Якщо ж виникає потреба збільшити глибину проплавлення деталей, то найкраще для цього підходить режим PMC, який дозволяє збільшити глибину проплавлення до 30 %.

### **Висновки за розділом**

За результатами обґрунтування для удосконалення технології виготовлення решіток в умовах ТОВ "Асо Індастріс" пропонується зварювальний півавтомат Fronius TPS 500i. Основною його перевагою, яка вплинула на наш вибір є значна кількість можливих методів зварювання, зокрема можливість виконувати зварювання в пульсуючому режимі, зварювання алюмінію суцільним дротом, MIG-пайки різних за складом та властивостями сталей, а також CMT зварювання з ефектом холодного перенесення металу. Саме ці переваги є досить важливими, коли постає питання зварювання деталей з оцинкованої сталі зі збереженням її захисного покриття.

Обраний зварювальний апарат дозволяє легко адаптувати його до роботи зі зварювальними роботами. Проаналізувавши різні конструктивні та технологічні рішення від фірми Fronius, направлені на роботизацію зварюваних процесів свій вибір ми зупинили на зварювальній системі TPS/i Robotics PUSH. Завдяки наявним в ній процесам Puls, LSC та PMC вона ідеально підходить під виробничі завдання зі зварювання низько- та високолегованих сталей з мінімальними тепловкладеннями та розбризкуванням.

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1. Аналіз вимог техніки безпеки під час зварювальних робіт

До роботи зварювальником допускати осіб, які досягли 18-річного віку, навчені і атестовані на II кваліфікаційну групу з електробезпеки, пройшли медичний огляд, вступний і первинний на робочому місці інструктажі з охорони праці, які вже оволоділи безпечними методами виконання робіт і пройшли перевірку знань вимог охорони праці.

Зварювальник повинен бути забезпечений необхідними засобами індивідуального захисту відповідно до типових норм.

Перебуваючи у зварювально-монтажному цеху, необхідно:

- звертати увагу на сигнали, що подаються з вантажопідіймальних кранів, кантувачів і рухомого транспорту;

- не стояти і не проходити під вантажем, піднятим краном, а також між верстатами, колонами, огорожами, стінами будівлі і ін., близько розташованими до пересувного вантажу;

- під час руху по цеху користуватися тільки встановленими проходами, що не перелазити через конвеєри, рольганги і т.п.

Перед початком роботи обов'язково слід одягти спецодяг, перевірити справність обладнання, електропроводки, трубопроводів та газової арматури, наявність і справність заземлення.

Витяжна вентиляція повинна бути встановлена над столом для зварювання.

Про всі помічені недоліки, несправності в обладнанні і про виниклі небезпеки повідомити майстру. До роботи можна приступати тільки після усунення всіх несправностей і дозволу майстра.

Не слід дивитися на дугу незахищеними очима. Необхідно користуватися захисною маскою зі світлофільтром.

Забороняється залишати без нагляду установку з підключеними стисненим повітрям і включеним напругою.

Під час роботи забороняється тримати шланги під пахвою, на плечах або затискати ногами. Забороняється допускати зіткнення шлангів з струмопровідними проводами.

При перегрів зварювального апарата робота повинна бути зупинена до повного його охолодження.

Не допускати попадання на шланги іскор, вогню або важких предметів, а також впливу високих температур.

Забороняється приєднання до шлангів вилок, трійників і т.п. для живлення декількох апаратів.

Не допускати проведення ремонту апаратури у робочому стані. У разі несправності негайно припинити роботу і повідомити майстру.

При щоденному обслуговуванні необхідно перевіряти справність підвідних проводів; справність контактних затискачів і роз'ємів на панелі з затискачами; заземлення джерела живлення; заземлення зварної конструкції або столу.

Справність захисних засобів слід перевіряти перед кожним застосуванням. Захисні засоби, у яких закінчився термін чергового випробування, застосовувати забороняється.

Для запобігання виникненню пожеж необхідно дотримуватися таких вимог:

- не захаращувати доступи і проходи до протипожежного інвентарю, вогнегасників, гідрантів;
- зберігати горючі та легкозаймисті речовини в спеціально відведених місцях з дотриманням заходів пожежної безпеки;
- палити тільки в спеціально відведених місцях, забезпечених протипожежним інвентарем і урнами;
- використаний обтиральний матеріал зберігати в металевому ящику з щільно закривається кришкою;
- не підходити з відкритим вогнем до шлангів і балонів;
- не чистити і не прати робочий одяг бензином і іншими легкозаймистими рідинами.

При виникненні ситуацій, які можуть привести до аварій і нещасних випадків (наприклад, при пробої ізоляції в ланцюзі, протіканні шлангів), необхідно припинити роботу, відключити подачу електроенергії, вивести з небезпечної зони людей і повідомити про виниклу ситуацію керівнику робіт.

При виникненні аварії негайно вжити заходів з надання потерпілим першої допомоги, викликати машину швидкої допомоги.

При виявленні пожежі негайно повідомити в пожежну охорону по телефону 101, сповістити керівництво і до прибуття пожежних приступити до ліквідації вогнища пожежі наявними засобами в залежності від загорівся матеріалу.

При нещасному випадку надати потерпілому першу долікарську допомогу, повідомити про подію керівництву. По можливості зупинити обстановку, якщо це не призведе до аварії або травмування інших людей. При необхідності викликати бригаду швидкої допомоги по телефону 103 або допомогти доставити потерпілого в медичний заклад.

#### **4.2 Моделювання процесу формування і виникнення травмонебезпечної ситуації під час зварювання**

Одним із основних способів моделювання небезпечних ситуацій є метод графічно окресленого логічного моделювання потенційних аварій, травм і катастроф. Цей метод базується на побудові схем, відмов і помилок працівників (операторів) різних систем. Потрібно вести математичну обробку даних, з метою одержання ймовірності виникнення травматичних випадкових подій. Розрахунки спрямовані на зниження нещасних випадків на виробництві.

Вивчаючи модель процесів формування та можливого виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій, з якої починається небезпечний процес і до виникнення небезпечних наслідків. Якщо провести дослідження то обов'язково можна знайти подію (явище), що є причиною травмонебезпечних та аварійних ситуацій.

Розглянемо випадок виробничого травматизму під час механізованого зварювання. У даному випадку відбувається травма працівника, внаслідок ураження електричним струмом, отруєння шкідливими газами чи отримання опіку. Головну подію розміщують у верхній частині аркуша паперу і зверху донизу розміщують інші події. У побудованій моделі базові події мають форму круга. Нерозкриті базові події зображують у вигляді ромба, прямокутник подія, що виникає як результат дії фактора.

Математичну обробку побудованої моделі починають з крайньої лівої гілки, події якої пронумеровані знизу у вгору починаючи з базових подій і закінчуючи головною. Значення подій вказуємо безпосередньо на символи зображення події. Ймовірності виробничих подій визначаємо за даними виробництва. Наприклад, базова подія “охорона праці”. Для визначення ймовірності ми повинні встановити наскільки (%) від ідеального рівня здійснюється відповідний контроль на об’єкт. Якщо буде встановлено, що такий рівень контролю становить 20 або 30%, то ймовірність відповідно становить 0,2 і 0,3 [2]. При відсутності контролю ймовірність “не здійснення контролю” становитиме 1, якщо контроль ідеальний, то відповідна ймовірність дорівнює 0. Для виконання математичних обчислень ймовірностей випадкових подій логіко-імітаційної моделі застосовують складені формули відповідно до положень.

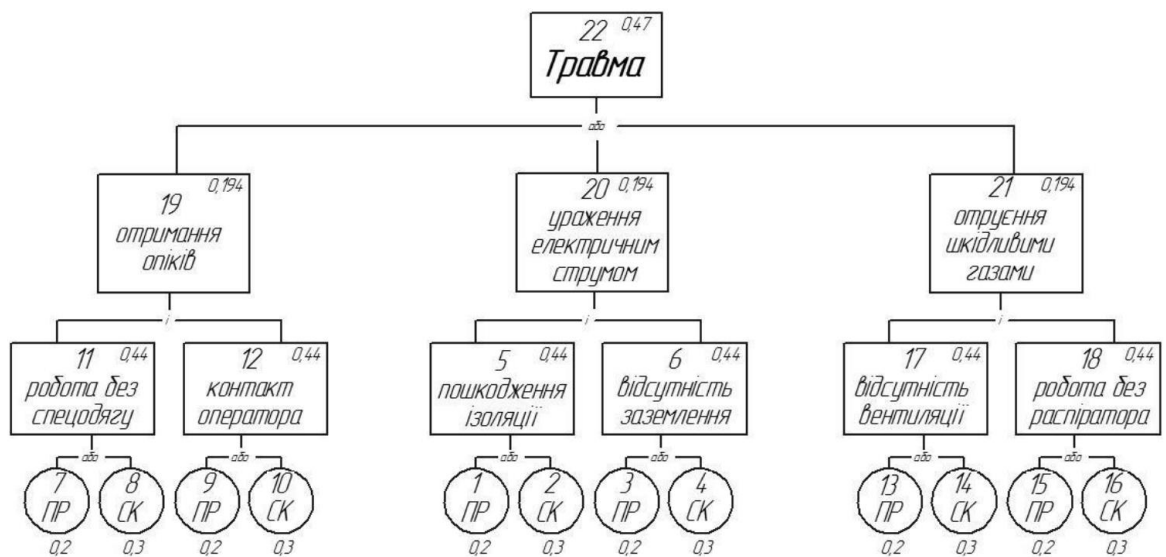


Рисунок 4.1. Модель процесу формування та виникнення травми



На даній схемі графічно відображено математичну обробку даних на виробництві про нещасні випадки.

Ймовірність події  $P_5$  визначаємо наступним чином

$$P_5 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2 = 0,2 + 0,3 - 0,2 \cdot 0,3 = 0,44 \quad (4.1)$$

Ймовірність подій  $P_6, P_{11}, P_{12}, P_{17}$  і  $P_{18}$  буде рівною події  $P_5$ , оскільки базові події для них є однаковими.

Ймовірність події  $P_{19}$

$$P_{19} = P_{11} \cdot P_{12} = 0,44 \cdot 0,44 = 0,194 \quad (4.2)$$

Ймовірності подій  $P_{20}$  і  $P_{21}$  будуть рівною події  $P_{19}$ , оскільки події  $P_5, P_6, P_{17}, P_{18}$  рівні між собою.

Ймовірність події  $P_{22}$

$$P_{24} = P_{19} + P_{20} + P_{21} - P_{19} \cdot P_{20} - P_{19} \cdot P_{21} - P_{20} \cdot P_{21} \quad (4.3)$$

$$P_{24} = 0,194 + 0,194 + 0,194 - 0,194 \cdot 0,194 - 0,194 \cdot 0,194 - 0,194 \cdot 0,194 = 0,47$$

Таким чином, на робочому місті під час виконання операцій

### 4.3 Рекомендації щодо покращення безпеки праці

Для запобігання небезпеки ураження електричним струмом необхідно, щоб джерела живлення мали автоматичні пристрої, що відключають їх при обриві дуги протягом не більше 0,5 с.

З метою зменшення небезпеки ураження електричним струмом зварювальнику слід дотримуватися наступних заходів [11]:

- надійна ізоляція всіх, проводів, пов'язаних з живленням джерела струму і зварювальної дуги;

- надійний пристрій електродотримача з гарною ізоляцією, яка гарантує, що не буде випадкового контакту струмоведучих частин електродотримача зі зварним виробом або руками зварника;

- робота у справно-сухому спецодязі і рукавицях. При роботі в тісних відсіках і замкнутих просторах обов'язкове використання гумових калош і килимків, джерел освітлення з напругою не більше 6-12 В;

Для запобігання небезпеки ураження бризками розплавленого металу і шлаку використовують спецодяг (брюки, куртку і рукавиці) з брезентової або спеціальної тканини. Куртки при роботі не слід вправляти у штани, а взуття повинне мати гладкий верх, щоб бризки розплавленого металу не потрапляли всередину одягу, так як в цьому випадку можливі важкі опіки.

### **Висновки за розділом**

Впровадження рекомендацій щодо покращення безпеки праці в систему охорони праці на зварювальному виробництві дозволить уникнути небезпечних ситуацій та травматизму, передбачених логічною моделлю.

## 5 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВАРТОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВОГО ОБЛАДНАННЯ

### 5.1 Розрахунок капітальних вкладень

До складу капітальних вкладень на впровадження нового обладнання включаються витрати на придбання, доставку, монтаж нового обладнання, будівельні роботи, тощо:

$$K = C_{об} + C_{дм} + C_{тр} + C_{буд}, \quad (5.1)$$

де  $C_{дм}$  - витрати на монтаж та демонтаж обладнання, грн.;

$C_{буд}$  - вартість будівельних робіт,  $C_{буд} = 0$  грн;

$C_{об}$  - вартість обладнання, яке планується придбати, грн.;

$C_{тр}$  - витрати на транспортування обладнання, грн.;

Витрати на монтаж обладнання приймаються рівними 4 % від вартості обладнання, грн.

$$C_{дм} = 0,04 \cdot C_{об}, \quad (5.2)$$

Якщо планується встановлювати обладнання від фірми FRONIUS, то слід врахувати, що його планується монтувати на наявний на підприємстві робот АВВ 1400. Зварювальний апарат Fronius TPS 500i має живлення від стандартної трифазної мережі змінного струму 380 В та використовує балони із захисним газом, то монтажні роботи не передбачаються, а отже  $C_{дм} = 0$  грн.

Прийнявши середню вартість зварювального апарата Fronius TPS 500i за ціною 5590 €, що в перерахунку на курс НБУ 43,79 грн/€ становитиме 244786,1 грн матимемо:

Витрати транспортування приймаються 2,5 % вартості устаткування, грн.

$$C_{тр} = 0,0025 \cdot C_{об}, \quad (5.3)$$

$$C_{тр} = 0,0025 \cdot 244786,1 = 611,97 \text{ грн}$$

Капітальні вкладення, грн.

$$K = 244786,1 + 611,97 = 245398,07 \text{ грн.}$$

Як бачимо, сумарні капіталовкладення на придбання нового зварювального апарата складуть 245398,07 грн.

## 5.2 Кошторис витрат за виконання робіт

Кошторис витрат на виконання робіт визначає загальну суму витрат виробничого підрозділу на плановий період та необхідний для розрахунку собівартості робіт підрозділу. У проектах з виготовлення металоконструкцій кошторис зазвичай складається за економічними елементами: заробітна плата робітників, нарахування на соціальне страхування, матеріали, запасні частини, накладні витрати.

До фонду заробітної плати включаються фонди основної зарплати. Він в свою чергу включає всі види оплати праці за фактично відпрацьований час.

Для розрахунку приймемо кількість робітників, зайнятих на дільниці зварювання – зварювальник 4 розряду в кількості 1 людина.

Заробітна плата робітників складатиме:

$$Z_o = C_{\text{год}} \cdot T \quad (5.4)$$

де  $C_{\text{год}}$  - годинна тарифна ставка робочого відповідного розряду, грн. Для розрахунків приймаємо  $C_{\text{год}} = 180$  грн.

$T$  - річний обсяг робіт, люд.год.

$$T = t_{\text{зм}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot D \cdot n, \quad (5.5)$$

де  $t_{\text{зм}}$  – тривалість зміни, год;

$K_{\text{зм}}$  – коефіцієнт використання часу зміни,  $K_p = 80\%$  [12];

$D$  – кількість робочих днів в році, ( $D = 259$  днів);

$n$  – кількість зварювальників, грн.

Тоді

$$T = 8 \cdot 0,8 \cdot 259 \cdot 1 = 1657,6 \text{ люд.год.}$$

Затрати на основну заробітну плату робітника тоді становитимуть:

$$Z_o = 180 \cdot 1657,6 = 298368 \text{ грн.}$$

Нарахування на зарплатню визначимо за формулою:

$$H_z = Z_o \cdot P_{\text{пз}} / 100, \quad (5.6)$$

де  $P_{\text{пз}}$  - відсоток нарахування на заробітну плату, грн. При утриманні із зарплат працівників податки 18% податку на доходи фізичних осіб (ПДФО) та 1,5% військового збору (ВЗ) для розрахунків можемо записати:

$$H_3 = 298368 \cdot 0,18 + 298368 \cdot 0,015 + 298368 \cdot 0,22 = 117222,72 \text{ грн}$$

Середньомісячна заробітна плата робітників, грн.

$$Z_{\text{міс}} = Z_o / (n \cdot 12), \quad (5.7)$$

$$Z_{\text{міс}} = 298368 / (1 \cdot 12) = 24864 \text{ грн.}$$

Під час розрахунку роботи крім прямих виробничих витрат, необхідно враховувати також накладні витрати.

Вартість силової електроенергії на рік визначається за формулою:

$$C_e = W_e \cdot C_e, \quad (5.8)$$

де  $W_e$  - потреба в силівій електроенергії. При споживанні зварювальним апаратом  $w_e = 10,5 \text{ кВт} \cdot \text{год}$  матимемо

$$W_e = w_e \cdot D \cdot t_{\text{зм}} \cdot K_{\text{зм}} = 10,5 \cdot 259 \cdot 8 \cdot 0,3 = 6526,8 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$C_e$  – вартість 1 кВт·год. силової електроенергії,  $C_e = 4,6 \text{ грн.}$

Тоді

$$C_e = 6526,8 \cdot 4,6 = 30023,8 \text{ грн.}$$

Витрати на ремонт обладнання можна прийняти 5% від його вартості, а виробничих будівель 3% вартості будинків [12]. Тоді

$$C_{\text{тро}} = 0,05 \cdot C_{\text{об}}, \quad (5.9)$$

$$C_{\text{тро}} = 0,05 \cdot 245398,07 = 12269,9 \text{ грн.}$$

Для визначення загального кошторису виконання робіт всі результати розрахунків зводимо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Основні статті затрат

Статті затрат	Сума, грн
Основна заробітна плата	298368
Нарахування на заробітну плату	117222,72
Вартість електроенергії	30023,8
Вартість обслуговування і ремонту нового обладнання	12269,9
Всього	457884,52

### 5.3 Розрахунок показників економічної ефективності

Передбачуваний прибуток підрозділу з урахуванням всіх відрахувань, визначимо за формулою:

$$\Pi = T_o \cdot C_{\text{год}}, \quad (5.10)$$

де  $C_{\text{год}}$  - мінімальна вартість нормогодини роботи для клієнта, грн.  $C_{\text{год}} = 350 \dots 810$  грн;

$$\Pi = 1657,6 \cdot 600 = 994560 \text{ грн.}$$

Чистий прибуток визначається за формулою:

$$\Pi_{\text{ч}} = \Pi - Z_{\text{н}}, \text{ грн} \quad (5.11)$$

де  $Z_{\text{н}}$  - накладні затрати, грн;

$$\Pi_{\text{ч}} = 994560 - 457884,52 = 536675,48 \text{ грн.}$$

Рентабельність капітальних вкладень становитиме:

$$P = \frac{100 \cdot \Pi_{\text{ч}}}{K}, \quad (5.12)$$

де  $K$  - капітальні вкладення, грн;

$$P = \frac{100 \cdot 536675,48}{245398,07} = 218,7 \%$$

Термін окупності капітальних вкладень, років

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\Pi_{\text{ч}}} = \frac{245398,07}{536675,48} = 0,46 \text{ роки} \quad (5.13)$$

Техніко-економічні показники представлені у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Техніко-економічні показники

Показники	Значення
Трудомісткість робіт, люд год.	1657,6
Кількість робітників, осіб.	1
Середньомісячна заробітна плата, грн/міс.	24864
Накладні витрати, грн	457884,52
Орієнтовний дохід, грн	994560
Чистий дохід, грн	536675,48
Капітальні вкладення, грн	245398,07
Термін окупності, років	0,46

### **Висновки за розділом**

В результаті проведеного економічного розрахунку впровадження запропонованого обладнання, яке замінить наявне на підприємстві зварювальне обладнання обійдеться підприємству в 245398,07 грн. При річному завантаженні обладнання 1657,6 люд.год. ці капіталовкладення окупляться за 0,46 року.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Аналіз виробничої діяльності підприємства показав, що на ньому виготовляється значна кількість продукції з нержавіючої та оцинкованої сталі. Незважаючи на наявний парк машин і обладнання, а також високий рівень автоматизації виробництва підприємство має потенціал до удосконалення технологій та якості проукції.

Аналіз технологічного процесу виготовлення елементів систем для водовідведення в умовах ТОВ “Асо Індастріс” на прикладі решітки для системи ACO Vario показав, що її деталі виготовляються з оцинкованої сталі товщиною 1,5...3 мм. Наявне на підприємстві обладнання, а саме зварювальні апарати не дозволяють виконувати процеси зварювання з мінімальним термічним впливом на деталі та без пошкодження захисного покриття оцинкованої сталі.

За результатами обґрунтування для удосконалення технології виготовлення решіток в умовах ТОВ “Асо Індастріс” вибрано зварювальний півавтомат Fronius TPS 500i, який дозволяє виконувати зварювання на режимах, які забезпечують мінімальні тепловкладення та збереженням захисного покриття сталевих листів.

На користь обраного зварювального апарату говорить той факт, що він легко адаптується до роботи зі зварювальними роботами. Тому під даний зварювальний апарат пропонується роботизована зварювальна система TPS/i Robotics PUSH, яка завдяки процесам Puls, LSC та PMC дозволяє виконувати зварювання листової сталі з мінімальними тепловкладеннями та без розбризування металу дроту.

Вартість впровадження запропонованого обладнання становитиме 245398,07 грн. При його річному завантаженні в 1657,6 люд.год. усі капіталовкладення окупляться за 0,46 роки.



## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. АСО в Україні. <https://www.aso.ua/>
2. Городецький І.М. Тимочко В., О. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях: методичні рекомендації до виконання розділу у роботах ОКР "Магістр" студентами факультету механіки та енергетики. Львів: Львівський НАУ, 2011. 16 с.
3. Гуменюк І.В. Іваськів О.В., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: Підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.
4. Допоміжні системи з підтримкою рішень для роботизованого зварювання. URL: <https://www.fronius.com/uk-ua/ukraine/zvaryvalni-tekhnologiyi/informatsiya-pro-produkt/systemy-dopomohy-robotam>
5. ДСТУ EN 1090-2:2019 (EN 1090-2:2018, IDT). Виконання сталевих та алюмінієвих конструкцій. Частина 2. Технічні вимоги до сталевих конструкцій. URL: <https://uscc.ua/uploads/page/images/normativnye%20dokumenty/dstu>
6. ДСТУ 2456-94. Зварювання дугове і електрошлакове. Вимоги безпеки. [Чинний від 1995-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 1994. 48 с.
7. Квасницький В. В. Спеціальні способи зварювання. Навчальний посібник. Миколаїв: УДМТУ, 2003. 437 с.
8. Матвієнків О.М. Збереження захисного покриття при з'єднанні оцинкованих труб дуговим паянням. Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ: всеукр. наук.-техн. журн. Івано-Франківськ: Факел, 2016, № 4. С. 7- 14.
9. Матвієнків, О. М. Напружено-деформований стан MIG-паяних з'єднань оцинкованих труб. Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, (1(54)). І. Франківськ: ІФНТУНГ, 2023. с. 23–30.
10. Оцинкована сталь: види, особливості, застосування. URL: <https://metinvest-smc.com/ua/articles/otsinkovannaya-stal-vidy-osobennosti->

primenenie/?srsltid=AfmBOopIaTAgHzsWf1xqVEPkCZzLE0LfnmF4EiP5APOd6o0l-SkRY4fe

11. Пістун І.П., Березовецький А.П., Городецький І.М. Охорона праці на автомобільному транспорті: Навчальний посібник. Львів: «Тріада плюс», 2009. 320 с.

12. Польшаков В.І, Сахно Є.Ю. Економіка організація та управління технічним обслуговуванням і ремонтом машин. Київ: «Центр навчальної літератури», 2004. 328 с.

13. Швець О.П. Вивчення обладнання для механізованого зварювання в середовищі захисних газів (MIG/MAG): методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Технології та обладнання зварювання металів і пластмас» студентами ОС «Бакалавр» спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування», 208 «Агроінженерія», 274 «Автомобільний транспорт», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Львів: ЛНАУ, 2018р. 19 с.

14. MIG/MAG. Навчальні документи. [Електронний ресурс]: Режим доступу: [https://www.fronius.com/~/downloads/Perfect%20Welding/Training%20Documents/PW\\_TD\\_MIG\\_MAG\\_RU.pdf](https://www.fronius.com/~/downloads/Perfect%20Welding/Training%20Documents/PW_TD_MIG_MAG_RU.pdf).

15. TPS/i Robotics Push welding system. Інструкції з експлуатації. URL: <https://manuals.fronius.com/html/4204260183/uk.html>

16. Trans Synergic 4000/5000 Trans Puls Synergic 2700 Trans Puls Synergic 3200/4000/5000 TIME 5000 Digital CMT 4000 Advanced. Джерела струму MIG/MAG. Інструкція з експлуатації. URL: <https://www.fronius.com/~/downloads/Perfect%20Welding/Operating%20Instructions/42%2C0426%2C0114%2CRU.pdf>

17. TPS 320i / 400i / 500i / 600i. Operating Instructions. URL: <https://www.fronius.com/~/downloads/Perfect%20Welding/Operating%20Instructions/42,0426,0114.pdf>.