

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 «Дослідження функціональних можливостей
зварювального джерела TPS 2700 СМТ»

Виконав: студент групи Маш-61

Спеціальності 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

Горідько Анатолій Юрійович

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

Горідку Анатолію Юрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Дослідження функціональних можливостей зварювального джерела TPS 2700 СМТ»

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 апарата TPS 2700 СМТ, каталоги зварювального обладнання, витратних матеріалів та газів, типові технологічні процеси зварювання, методики оцінки якості зварних з'єднань, інструкції з охорони праці.

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

4.1. Загальні відомості про процес MIG/MAG зварювання та зварювальний апарат TPS 2700 СМТ; 4.2. Аналіз режимів роботи джерела зварювального струму TPS 2700 СМТ; 4.3. Методика та результати експериментальних досліджень; 4.4. Охорона праці.

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 | Швець О.П. доц. каф. машинобудування | | | |
| 4 | Городецький І.М. доц. каф. УПБВ | | | |

7. Дата видачі завдання “ ____ ” _____ 20__ року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів роботи | Строк виконання етапів роботи | Відмітка про виконання |
|-------|---|-------------------------------|------------------------|
| 1 | Загальні відомості про процес MIG/MAG зварювання | 27.09.24 | |
| 2 | Аналіз режимів роботи джерела зварювального струму TPS 2700 СМТ | 18.10.24 | |
| 3 | Методика та результати експериментальних досліджень | 08.11.24 | |
| 4 | Охорона праці | 18.11.24 | |
| 5 | Оформлення пояснювальної записки | 29.11.24 | |
| 6 | Оформлення графічної частини | 11.12.24 | |

Студент

_____ (підпис)

Горідько А. Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Швець О.П.

(прізвище та ініціали)

УДК 621.791

Горідько А. Ю. «Дослідження функціональних можливостей зварювального джерела TPS 2700 СМТ». /Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024. 70 с.

Проведено аналіз технологічного процесу механізованого зварювання плавким електродом в середовищі захисних газів. Проаналізовано основні конструктивні особливості зварювального джерела TPS 2700 СМТ та визначено можливі способи вибору та встановлення необхідних параметрів процесу зварювання.

Проаналізовано можливі режими роботи зварювального апарату та визначено межі регулювання технологічних параметрів процесу зварювання.

Розроблено методику дослідження впливу параметрів зварних деталей на необхідні значення параметрів процесу їх зварювання. Визначено вплив товщини деталей на технологічні параметри процесу. Досліджено вплив значень технологічних параметрів роботи джерела живлення на ефективність та якість виконання зварних швів.

Розглянуто питання охорони праці під час виконання операцій механізованого зварювання.

Табл. 6; рис. 35; бібліогр. джерел 15.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП | 6 |
| 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПРОЦЕС MIG/MAG ЗВАРЮВАННЯ ТА ЗВАРЮВАЛЬНИЙ АПАРАТ TRANS PULS SYNERGIC 2700 CMT | 7 |
| 1.1 Аналіз процесу MIG/MAG зварювання | 7 |
| 1.2 Принцип роботи зварювального апарату для MIG/MAG зварювання | 10 |
| 1.3 Типи перенесення металів зварювальною дугою | 11 |
| 1.4 Аналіз конструкції ба функціональних можливостей зварювального апарату Trans Puls Synergic (TPS) 2700 CMT | 15 |
| 1.4.1 Загальна характеристика зварювального апарату | 15 |
| 1.4.2 Спеціальні моделі Trans Puls Synergic 2700 | 16 |
| 1.4.3 Роз'єми, перемикачі та механічні компоненти джерела струму TPS 2700 CMT | 18 |
| Висновки за розділом | 25 |
| 2 АНАЛІЗ РЕЖИМІВ РОБОТИ ДЖЕРЕЛА ЗВАРЮВАЛЬНОГО СТРУМУ TRANS PULS SYNERGIC 2700 CMT | 26 |
| 2.1 Способи та режими зварювання | 26 |
| 2.2 Цикли процесу MIG/MAG зварювання | 27 |
| 2.3 2-тактний режим зварювання | 28 |
| 2.4 4-тактний режим зварювання | 29 |
| 2.5 Спеціальний 4-тактний режим | 29 |
| 2.6 Режим точкового зварювання | 31 |
| 2.7 Режим SynchroPuls | 32 |
| 2.8 Режим роботизованого зварювання | 34 |
| Висновки за розділом | 36 |
| 3 МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ | 37 |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.1 | Програма експериментальних досліджень | 37 |
| 3.2 | Технологічне обладнання | 37 |
| 3.3 | Методика налаштування зварювального півавтомата | 39 |
| 3.3.1 | Налаштування апарата для MIG/MAG зварювання в режимі Synergic | 39 |
| 3.3.2 | Налаштування апарата для стандартного MIG/MAG зварювання у ручному режимі | 42 |
| 3.3.3 | Налаштування апарата для зварювання в режимі СМТ | 43 |
| 3.4 | Результати дослідження параметрів роботи джерела живлення TPS 2700 СМТ | 48 |
| 3.5 | Результати дослідження процесу MIG/MAG зварювання | 52 |
| | Висновки за розділом | 57 |
| 4 | ОХОРОНА ПРАЦІ | 58 |
| 4.1 | Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників на мікроклімат | 58 |
| 4.2 | Моделювання процесу формування і виникнення травмонебезпечної ситуації під час зварювання | 61 |
| 4.3 | Шляхи покращення безпеки праці | 63 |
| | Висновки за розділом | 67 |
| | ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ | 68 |
| | БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК | 69 |

ВСТУП

Зварювання належить до числа великих винаходів людства. Воно докорінно змінило суть багатьох технологічних процесів виробництва машин і механізмів, будівництва суден і споруд, відіграє важливу роль в освоєнні космосу.

Зварювання зіграло важливу роль на усіх етапах розвитку виробництва у світі, індустріалізації нашої країни. В даний час зварювання перетворилось на великий самостійний вид виробництва. Воно застосовується для створення і зведення принципово нових конструкцій і споруд, для ремонту машин і апаратів, для отримання виробів зі спеціальними властивостями. Зварні конструкції працюють при надвисоких і наднизьких температурах, з тисками, що значно перевищують атмосферний, і в умовах космічного вакууму. Сучасні досягнення в галузі зварювання дозволяють з'єднувати не тільки метали, а й пластмаси, скло, кераміку та інші матеріали. При цьому елементи, що зварюються, можуть мати розміри від декількох мікрон (у радіоелектроніці) до десятків метрів (у машинобудуванні і будівництві).

До сфери зварювальних технологій відносять також різання металів; наплавлення одного металу на інший; напилювання і металізацію. Паяння, хоча і відрізняється за своєю природою від зварювання, також традиційно належить до зварювальних технологій.

Коло проблем, які охоплюються нині зварюванням, вимагає великих знань в таких галузях знань, як матеріалознавство, фізична хімія, фізика високих енергій, квантова механіка, обчислювальна техніка та ін. Можна стверджувати, що зварювання в ланцюзі незупинного технічного прогресу є його істотною ланкою. Надзвичайно широкі можливості зварювання та народжених ним суміжних технологій забезпечують широке ефективне застосування цих методів на всіх етапах життєвого циклу машин та інших конструкцій: виготовлення, сервіс (з ремонтом включно), утилізація.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПРОЦЕС MIG/MAG ЗВАРЮВАННЯ ТА ЗВАРЮВАЛЬНИЙ АПАРАТ TRANS PULS SYNERGIC 2700 CMT

1.1 Аналіз процесу MIG/MAG зварювання

Зварювання MIG/MAG - це високошвидкісний метод зварювання. Його ще називають електродуговим зварюванням у захисному газі. Існує різниця між зварюванням металевим електродом у середовищі інертних газів (MIG) і в середовищі активних газів (MAG). Наразі MIG/MAG є найпоширенішим процесом зварювання, який дає змогу розвивати надзвичайно високу швидкість зварювання. Його можна використовувати вручну, механізовано або автоматизовано [3, 14].



Рисунок 1.1 - Процес MIG/MAG зварювання

Під час MIG/MAG зварювання присадний матеріал або зварювальний дріт запалює зварювальну дугу в момент доторкання до деталі. Витратний дріт використовують у якості присадки.

Щоб захистити зварювальну дугу від реактивного кисню в навколишньому середовищі, через газове сопло також подається «захисний газ». Це зменшує надходження кисню під час зварювання й у такий спосіб запобігає оксидуванню на зварювальній дузі та у зварювальній ванні.

У зварюванні MAG використовуються активні гази, такі як чистий CO₂ або суміш газів (Ar, CO₂, O₂) у різноманітних складах. Вони дуже реактивні. Процес

MAG використовується для нелегованих, низьколегованих і високолегованих матеріалів [7].

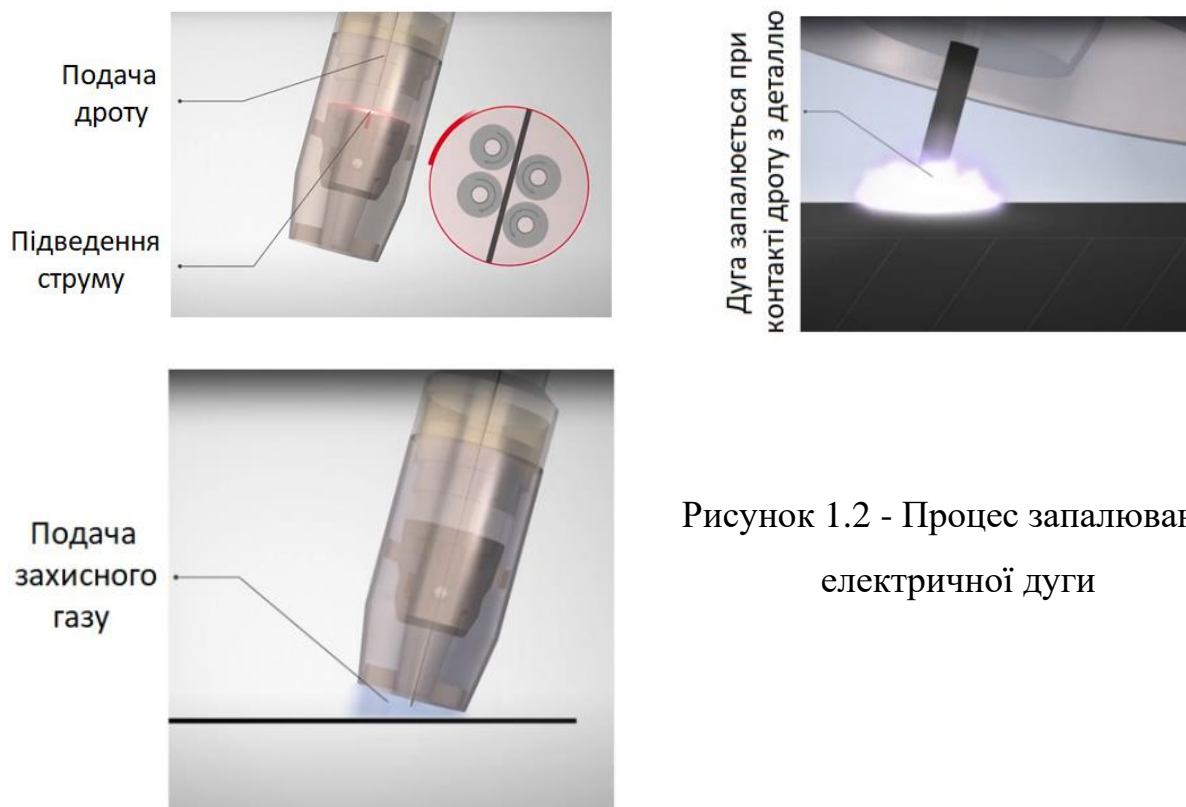


Рисунок 1.2 - Процес запалювання електричної дуги

Під час MIG зварювання використовуються інертні, тобто неактивні, гази, такі як чистий аргон і гелій або суміші аргону й гелію. Процес підходить для таких зварювальних матеріалів: алюмінію, міді, магнію і титану та їх сплавів.

Зварювальна ванна формується на поверхні деталі під дією теплоти горіння зварювальної дуги з розплавленого основного матеріалу.

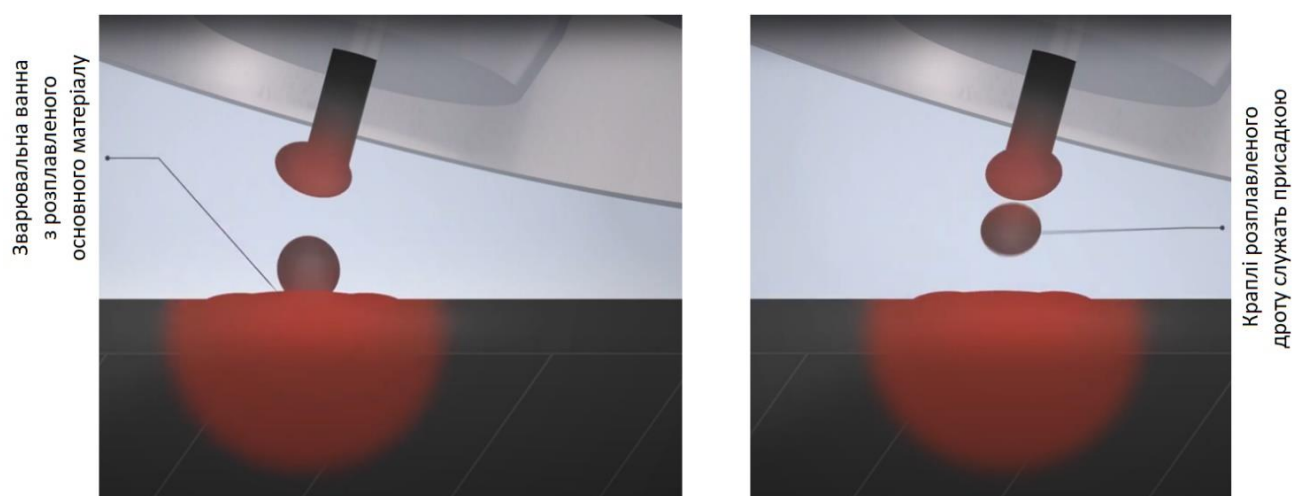


Рисунок 1.3 - Формування зварювальної ванни та перенесення розплавленого дроту

Під дією penetрації зварювальна ванна поглиблюється і збільшується в розмірах. Збільшенню розмірів зварювальної ванни сприяє перенесений метал розплавленого електродного дроту.

Охолонувши, матеріал зварювальної ванни кристалізується. В ньому відбуваються металургійні процеси, які забезпечують з'єднання розплавленого основного металу з присадковим матеріалом. В результаті такого процесу формується зварний шов.

Структура установки для MIG/MAG зварювання наведена на рис. 1.6.

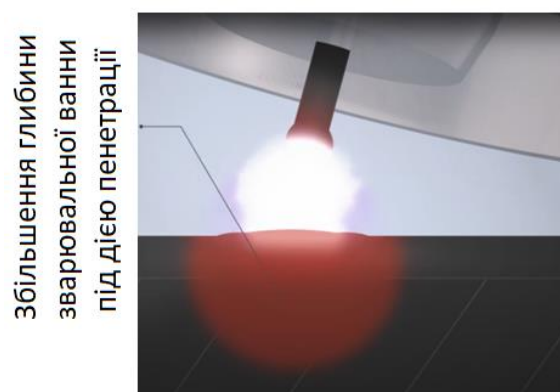


Рисунок 1.4 - Збільшення зварювальної ванни

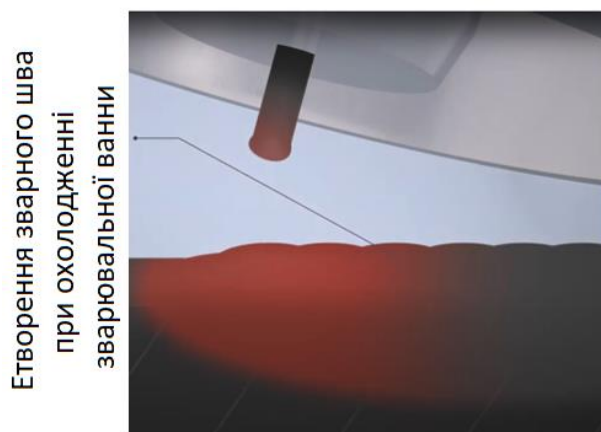


Рисунок 1.5 - Формування зварного шва



Рисунок 1.6 - Зварювальний апарат для ручного MIG/MAG зварювання
 1 - підключення до електромережі; 2 - джерело живлення; 3 - шланговий пакет; 4 - кабель заземлення; 5 - зварювальний пальник; 6 - клемма заземлення; 7 - деталь; 8 - присадний матеріал; 9 - захисний газ

1.2 Принцип роботи зварювального апарату для MIG/MAG зварювання

Для MIG/MAG зварювання здебільшого застосовують постійний (DC) струм. Зварювання дуга горить між виробом та електродним дротом. Основний принцип роботи установки для MIG/MAG зварювання полягає в тому, що електродний дріт 2 (рис. 1.7) подається з котушки до контактної наконечника 3 за допомогою подаючих роликів 1. Виліт електродного дроту є невеликим, що дозволяє використовувати високу силу струму [8].

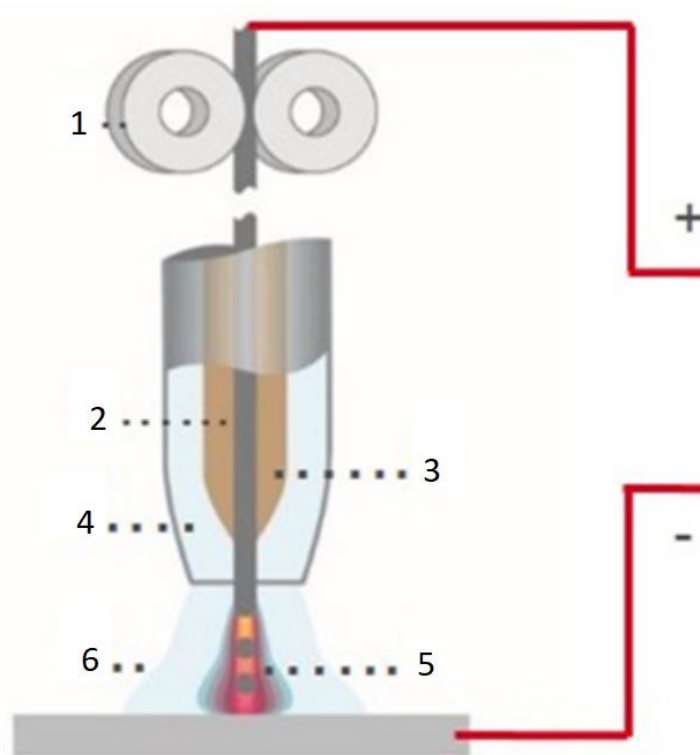


Рисунок 1.7– Принципова схема процесу MIG/MAG зварювання

1 - подаючі ролики 2 – зварювальний дріт; 3 – контактний наконечник;
4 – сопло; 5 – зварювальна дуга; 6 – газовий захист

Захисний газ 6 протікає в середині сопла 4 та опускається навколо електродного дрота до виробу забезпечуючи газовий захист зварювальної електричної дуги 5 та зварювальної ванни від атмосферного впливу.

1.3 Типи перенесення металів зварювальною дугою

Основною умовою для створення електричної зварювальної дуги є утворення замкнутого зварювального контуру (рис. 1.8).

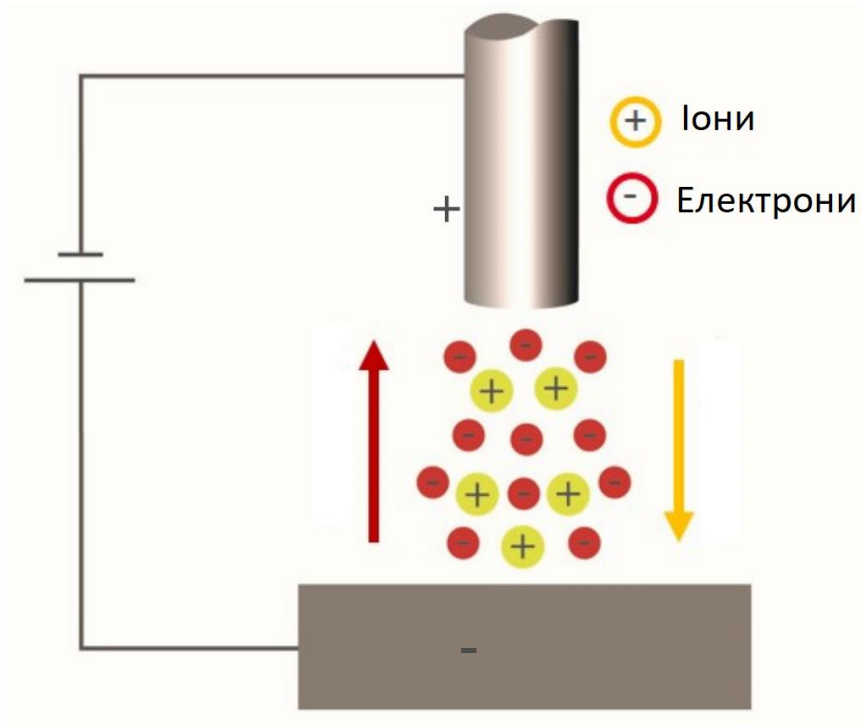


Рисунок 1.8 – Схема замкнутого зварювального контуру

Схема замкнутого зварювального контуру з постійним струмом має позитивний анод та негативний катод. Під час короткого замикання на поверхні катоду накопичується надлишок електронів, які притягуються позитивно зарядженим анодом. Це створює направлений потік електронів від катоду до аноду, який і називають електричною дугою. Джерело живлення забезпечує безперервний потік електронів під час процесу зварювання [3, 8].

Під час MIG/MAG зварювання розплавлений матеріал динамічно передається через дугу до зварювальної ванни. Перенос металу може відбуватись як з коротким замиканням так і без нього. Тип переносу металу залежить від сили струму та напруги на дузі (рис. 1.9).

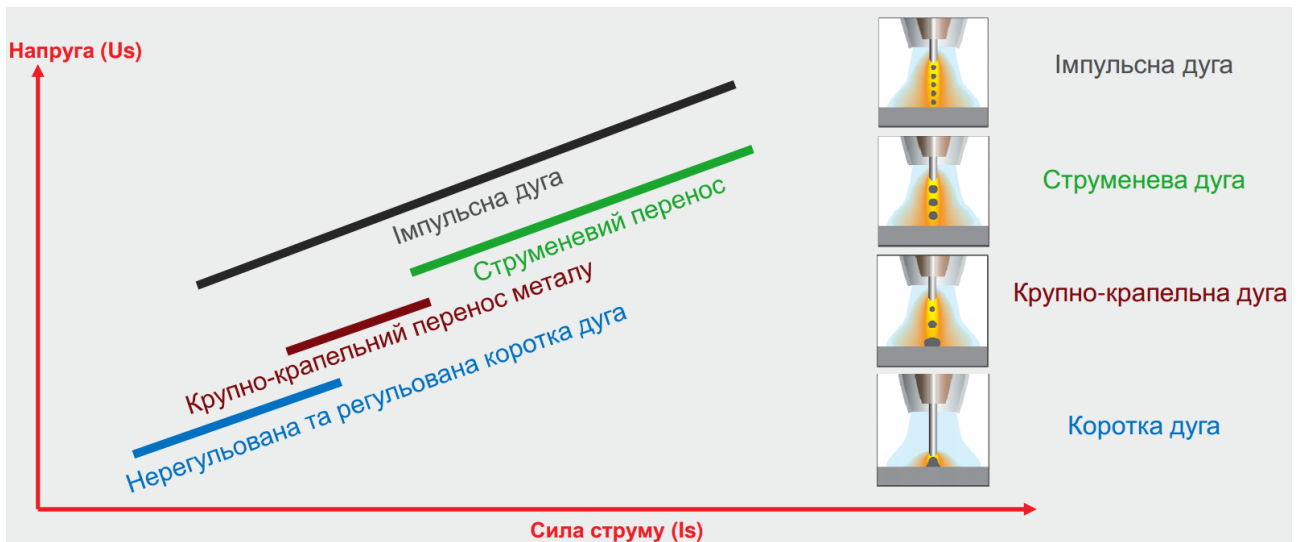


Рисунок 1.9 – Залежить типу переносу металу від сили струму та напруги на дузі

Коротка дуга формується за низьких енергетичних параметрів. Вона запалюється після того, як відбувається коротке замикання. Це провокує різкий стрибок струму, що можна бачити з діаграми на рис. 1.10.

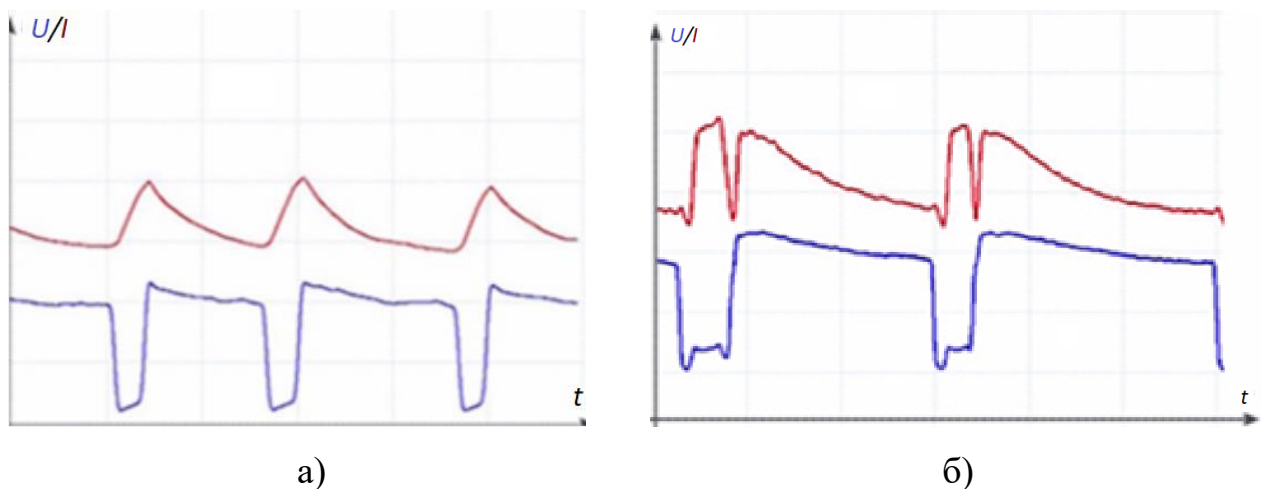


Рисунок 1.10 – Діаграми зміни струму та напруги під час зварювання некерованою (а) та керованою (б) короткою дугою

Різновидом короткої дуги є керована коротка дуга з функцією LSC (Low-Spatter Control). Ця функція дає можливість отримувати коротку дугу з надзвичайною стабільністю. Принцип LSC оснований на розриванні короткого замикання при низькому рівні струму, що приводить до повторного підпалу дуги та стабільного процесу зварювання [14].

При дузі з крупно крапельним переносом даному типі короткі замикання та перехід в струменевий перенос проходить з нерегулярними інтервалами. При цьому можливе підвищене розбризкування, оскільки більш високий струм має більший вплив на перенос металу. Перехідна дуга – проміжок енергетичних характеристик зварювання при яких з крупно-крапельний перенос металу змінюється на струменевий. З цих причин майже неможливо ефективно використовувати перехідну дугу і її потрібно уникати.

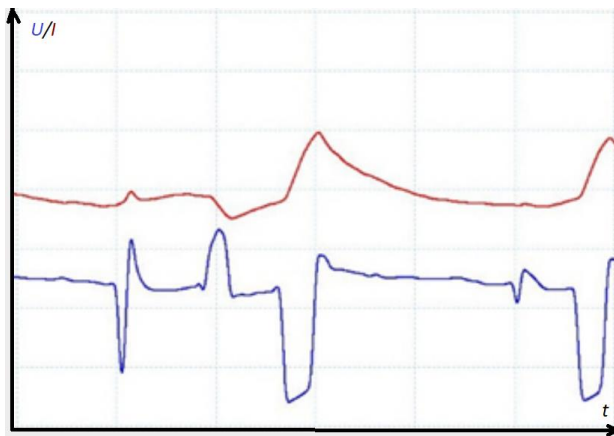


Рисунок 1.11 – Діаграми зміни струму та напруги під час зварювання перехідною дугою

Струменева дуга горить безперервно та без короткого замикання. Передача присадкового матеріалу відбувається дуже швидко у вигляді дрібних крапель. Для струменевого переносу характерна висока швидкість усадки та глибоке проплавлення, тому здебільшого вона застосовується для зварювання деталей товщиною не менше 5 мм.

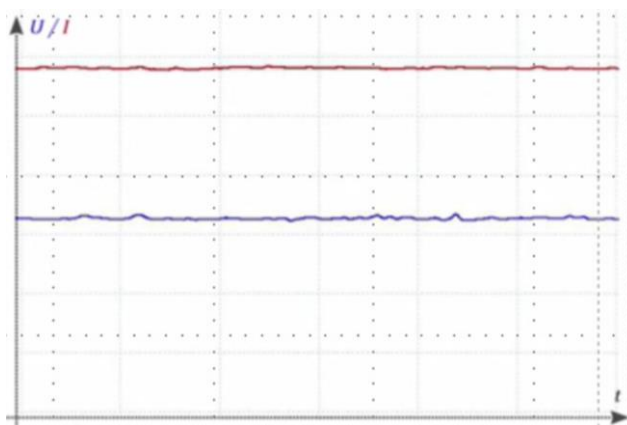


Рисунок 1.12 – Діаграми зміни струму та напруги під час зварювання струменевою дугою

В імпульсній дузі перенос металу регулюється імпульсами струму. Під час фази пониженого струму подача енергії зменшується, дуга горить слабо та

поверхня деталі попередньо нагрівається. В фазі подачі імпульсу струму крапля відривається та переноситься у зварювальну ванну.

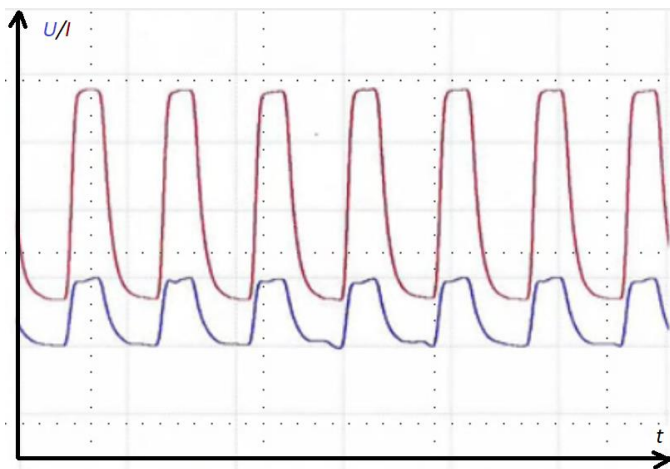


Рисунок 1.13 – Діаграми зміни струму та напруги під час зварювання імпульсною дугою

Комбінована дуга зазвичай складається з фази короткої дуги та фази імпульсної дуги. В фазі імпульсної дуги генерується необхідна кількість енергії для проплавлення металу, а в фазі короткої дуги відбувається охолодження зварювальної ванни.

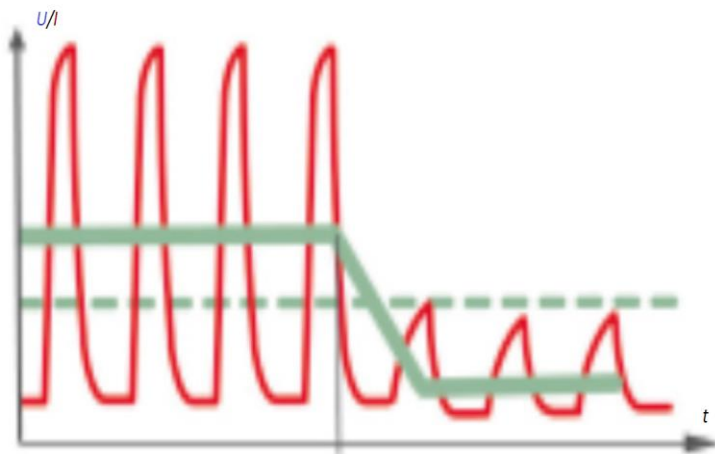


Рисунок 1.14 – Діаграми зміни струму та напруги під час зварювання комбінованою дугою

Ще одним видом є обертова дуга, яка потужніша за струменеву й використовується при зварюванні товстих листів, для яких потрібна висока швидкість наплавлення. Перехід крапель металу у зварювальну ванну відбувається з обертовим рухом. Таку дугу ще називають високоефективною зварювальною дугою [8].

1.4 Аналіз конструкції та функціональних можливостей зварювального апарату Trans Puls Synergic (TPS) 2700 CMT

1.4.1 Загальна характеристика зварювального апарату

Зварювальний апарат Trans Puls Synergic (TPS) 2700 CMT, являє собою цифрове джерело струму інверторного типу з мікропроцесорним керуванням.

Його модульна конструкція та можливість підключення системних додатків забезпечують високу гнучкість його застосування і може бути налаштоване на виконання робіт практично у будь-яких умовах.



Рисунок 1.15 – Джерело живлення Trans Puls Synergic 2700 CMT та його додаткове обладнання

Апарат Trans Puls Synergic 2700 CMT має вбудований 4-роликівий механізм подачі зварювального дроту, а отже, з'єднувальний шланговий пакет між ним та джерелом струму не потрібен. Завдяки компактній конструкції TPS 2700 CMT чудово підходить для мобільного виконання робіт.

Даний апарат підтримує декілька процесів [15]:

- Зварювання МІГ/МАГ;
- Зварювання стрижневим електродом.

Весь зварювальний процес та джерело струму керується спільно центральним блоком керування та з'єднаним з ним цифровим обробником сигналів. У процесі зварювання апарат безперервно проводить збір фактичних даних та негайно реагує на виявлені зміни. Керуючі алгоритми дозволяють підтримувати заданий стан, в результаті чого досягаються: висока точність процесу зварювання; точна відтворюваність отриманих результатів; чудові зварювальні характеристики.

Зварювальний апарат TPS 2700 CMT застосовуються в промисловості та на невеликих підприємствах для ручного та автоматизованого зварювання звичайної сталі, оцинкованих металевих листів, хромонікелевих сплавів та алюмінію.

Завдяки вбудованому 4-роликовому механізму подачі дроту, високій продуктивності та невеликій вазі джерело струму TPS 2700 CMT чудово підходить для мобільного виконання робіт, наприклад, на будівельному майданчику або в ремонтних майстернях.

1.4.2 Спеціальні моделі Trans Puls Synergic 2700

Для професійної обробки різних матеріалів потрібні відповідні програми зварювання. Цій вимозі відповідають спеціальні моделі цифрових джерел струму: найважливіші зварювальні програми доступні безпосередньо з панелі керування апарату. Крім того, у таких джерелах струму реалізовані також серійні функції, які допомагають оператору виконувати зварювання різноманітних матеріалів [13].

Моделі для зварювання алюмінію

Такі джерела струму призначені для якісного та ощадного зварювання виробів з алюмінію. Спеціальні програми зварювання забезпечують професійну обробку алюмінію. Моделі для зварювання алюмінію серійно підтримують такі функції:

- Спеціальні програми для зварювання алюмінію

- Функція Synchro Puls

Моделі для зварювання хромонікелевих сплавів

Такі джерела струму призначені для якісного та ощадного зварювання виробів із хромонікелевих сплавів. Спеціальні програми зварювання забезпечують професійне оброблення високосортної сталі. Моделі для зварювання хромонікелевих сплавів серійно підтримують такі функції:

- Спеціальні програми для зварювання хромонікелевих сплавів
- Функція Synchro Puls
- Функція TIG-Comfort-Stop
- Підключення зварювального пальника WIG
- Електромагнітний газовий клапан

Моделі CMT

Поряд із стандартними методами зварювання, моделі CMT підтримують зварювальний процес CMT (Cold Metal Transfer, спеціальне зварювання MIG короткою дугою). Особливістю цього процесу є незначна подача тепла та керований перехід металу під впливом невеликого струму. Метод CMT може використовуватися для:

- MIG паяння практично без бризок
- зварювання тонких металевих листів із незначною деформацією
- з'єднання сталі з алюмінієм (зварювання-паяння)

Моделі Yard

Моделі джерел струму Yard спеціально призначені для використання на суднобудівних верфях та для робіт у відкритому морі. Зварювальні програми в основному використовуються для сталі і хромонікелевих сплавів з масивним та порошковим дротом.

Моделі Steel Edition

Моделі джерел струму Steel Edition спеціально призначені для використання у сталеливарній галузі. На панелі керування можна встановити спеціальні графічні характеристики для стандартної та імпульсної зварювальної дуги.

1.4.3 Роз'єми, перемикачі та механічні компоненти джерела струму

TPS 2700 CMT

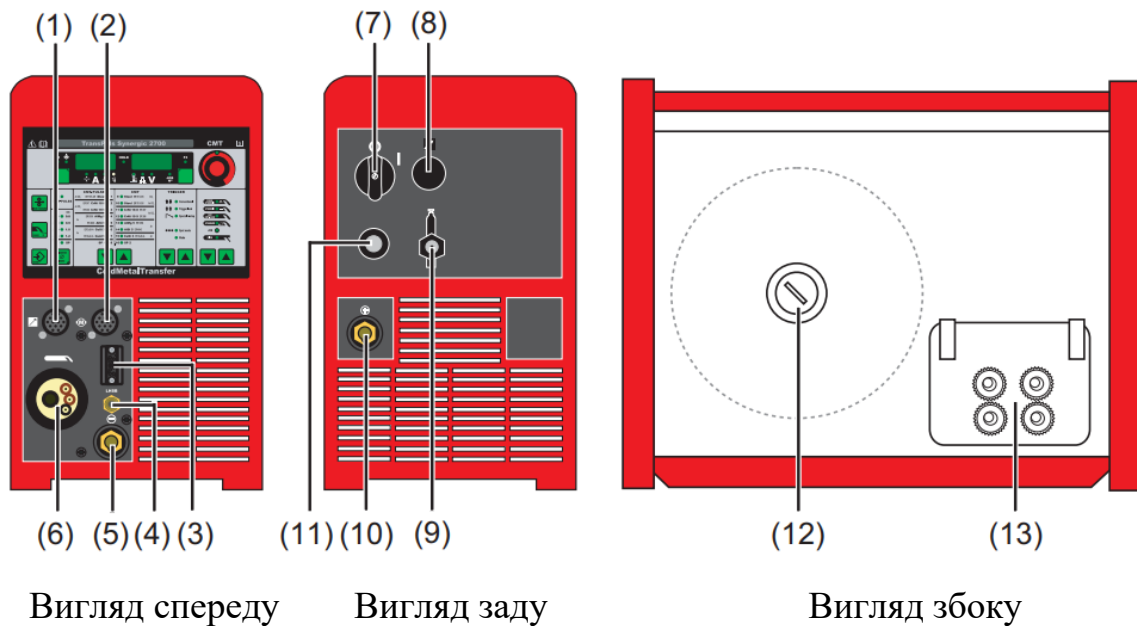


Рисунок 1.16 – Роз'єми, перемикачі та механічні компоненти джерела струму TPS 2700 CMT

Таблиця 1.1 - Роз'єми, перемикачі та механічні компоненти джерела струму TPS 2700 CMT

| № | Назва | Функція |
|---|---|---|
| 1 | Роз'єм LocalNet | Стандартне гніздо для підключення системних додатків (наприклад, дистанційного керування, зварювального пальника JobMaster тощо). |
| 2 | Гніздо керування двигуном | Для підключення керуючого кабелю приводного модуля CMT |
| 3 | Роз'єм для керування зварювальним пальником | Для підключення керуючого штекера зварювального пальника |
| 4 | Роз'єм LHSB | Для підключення кабелю LHSB від приводного модуля CMT (LHSB = LocalNet High-Speed Bus) |

Продовження таблиці 1.1

| | | |
|----|---------------------------------------|--|
| 5 | (-) - Гніздо з байонетним роз'ємом | Призначене для підключення: - кабелю маси при зварюванні MIG/MAG - струму для зварювального пальника WIG - електродного кабелю або кабелю маси при зварюванні стрижневим електродом (залежно від полярності зварювання) |
| 6 | Гніздо зварювального пальника | Для підключення зварювального пальника |
| 7 | Мережевий вимикач | Для увімкнення/вимкнення джерела струму |
| 8 | Заглушка | Призначена для гнізда LocalNet |
| 9 | Штуцер | Для під'єднання подачі захисного газу від балона |
| 10 | (+) - Гніздо з байонетним роз'ємом | Призначене для підключення: - кабелю маси при зварюванні WIG - електродного кабелю або кабелю маси при зварюванні стрижневим електродом (залежно від полярності зварювання) |
| 11 | Мережний кабель | Для підключення джерела живлення до електричної мережі |
| 12 | Кріплення для котушки дроту з гальмом | Для встановлення стандартних котушок дроту вагою до 16 кг та діаметром до 300 мм. |
| 13 | 4-роликівий механізм подачі | Для автоматичної подачі зварювального дроту до пальника |

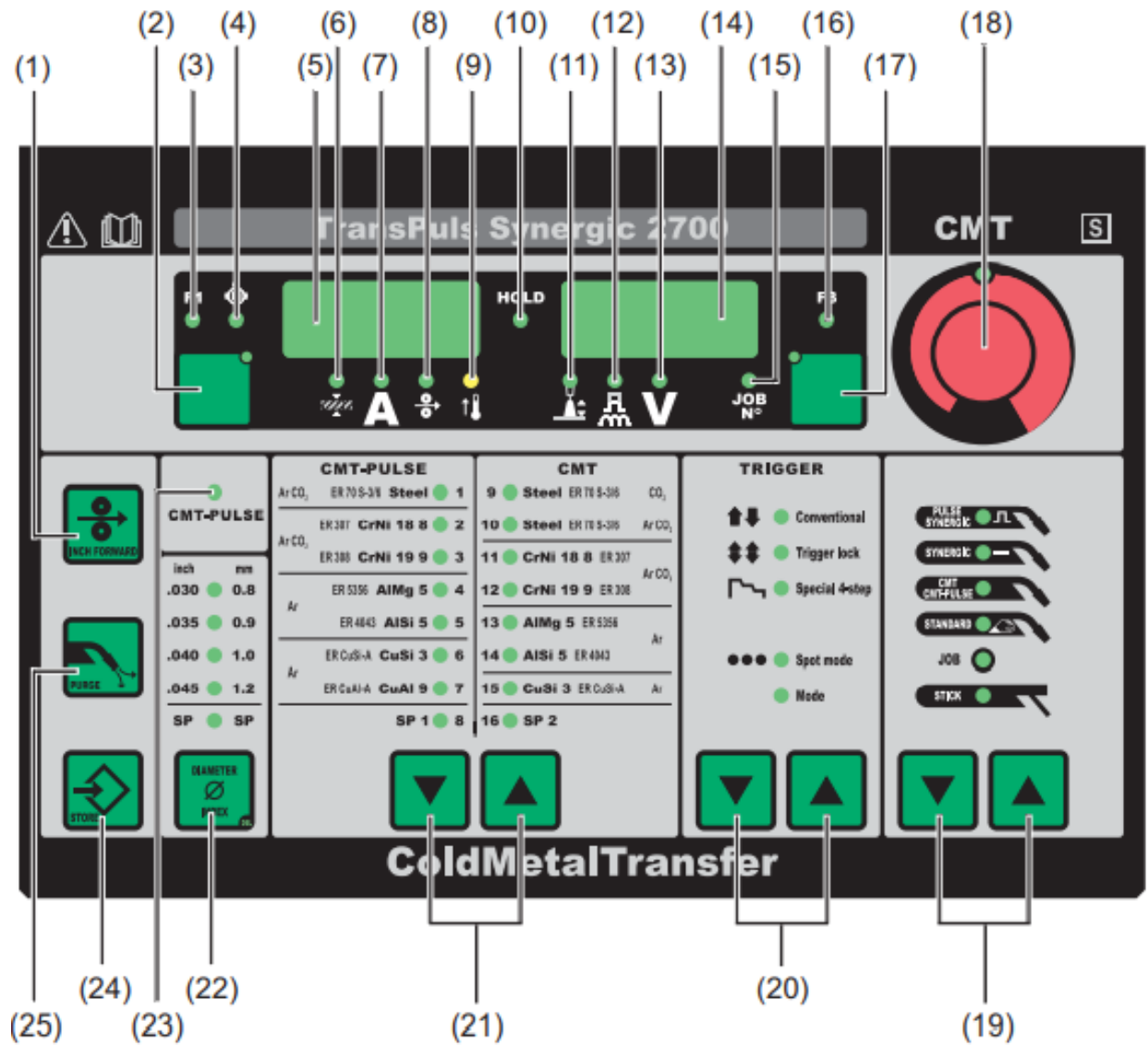








Рисунок 1.17 – Панель керування джерела струму TPS 2700 CMT

Таблиця 1.2 - Елементи та символи панелі керування джерела струму
TPS 2700 CMT

| № | Індикатор | Назва та функції | Призначення |
|---|---|---|---|
| 1 |  | Кнопка Inch Forward (Заправка дроту) | Для заправки електродного дроту без подачі газу та струму через шланговий пакет до пальника |
| 2 | | Кнопка «Вибір параметра» | Для вибору одного з наступних параметрів: |
| |  | Товщина листа ¹⁾ | Вибір товщини листа в мм або in. |

| | | | |
|---|---|--|--|
| |  | Зварювальний струм ¹⁾ | Вибір зварювальний струм в А Перед початком зварювання автоматично відображається орієнтовне значення, розраховане на підставі запрограмованих параметрів. Під час зварювання відображається поточне фактичне значення. |
| |  | Швидкість подачі дроту ¹⁾ | Вибір швидкості подачі дроту м/хв або ірт. |
| |  | Індикатор F1 | Для індикації споживання електроенергії приводом модуля «тягни-штовхай» |
| |  | Індикатор споживання електроенергії приводом механізму подачі дроту | Для індикації споживання електроенергії приводом механізму подачі дроту |
| <p>Відображений (вибраний) параметр можна налаштувати за допомогою регулятора (19), якщо горить індикатор кнопки «Вибір параметра» (3) та індикатор на регуляторі (19).</p> <p>¹⁾ Якщо вибрати цей параметр при імпульсному зварюванні MIG/MAG з режимом Synergic або стандартному зварюванні MIG/MAG з режимом Synergic, то разом з ним автоматично змінюватимуться всі інші параметри, і навіть зварювальна напруга.</p> | | | |
| 3 | | Індикатор F1 (світлодіод) | Горить, якщо вибрано параметр F1 |
| 4 | | Індикатор (світлодіод) споживання електроенергії приводом механізму подачі дроту | Горить, якщо вибрано параметр «Споживання електроенергії приводом механізму подачі дроту» |

| | | | |
|----|--|---|---|
| 5 | | Лівий цифровий дисплей | |
| 6 | | Індикатор товщини листа (світлодіод) | Горить, якщо вибрано параметр «Товщина листа» |
| 7 | | Індикатор зварювального струму (світлодіод) | Горить, якщо вибрано параметр «Зварювальний струм» |
| 8 | | Індикатор швидкості подачі дроту (світлодіод) | Горить, якщо вибрано параметр «Швидкість подачі дроту» |
| 9 | | Індикатор перегріву | Спалахує, якщо зростає температура джерела струму (наприклад, через перевищення тривалості включення). |
| 10 | | Індикатор HOLD | При завершенні кожного зварювання поточні фактичні значення зварювального струму та зварювальної напруги зберігаються – індикатор HOLD світиться. |
| 11 | | Індикатор корекції довжини дуги | Горить, якщо вибрано параметр «Корекція довжини дуги» |
| 12 | | Індикатор корекції сили відриву крапель / коригування динаміки / динаміки | Горить, якщо вибрано параметр «Корекція сили відриву крапель» / «Корекція динаміки» / «Динаміка» |
| 13 | | Індикатор зварювальної напруги (світлодіод) | Горить, якщо вибрано параметр «Зварювальна напруга» |
| 14 | | Правий цифровий дисплей | |

| | | | |
|----|---|--|---|
| 15 | | Індикатор номера завдання (світлодіод) | Горить, якщо вибрано параметр «Завдання №» |
| 16 | | Індикатор F3 (світлодіод) | Горить, якщо вибрано параметр індикації F3 |
| 17 | | Кнопка «Вибір параметра» | Для вибору одного з наступних параметрів: |
| |  | Корекція довжини дуги | Для корекції довжини дуги |
| |  | Корекція сили відриву крапель / Корекція динаміки / Динаміка | Функції різняться залежно від вибраного методу зварювання. |
| |  | Зварювальна напруга | Вказується зварювальна напруга у В. Перед початком зварювання автоматично відображається орієнтовне значення, розраховане на підставі запрограмованих параметрів. Під час зварювання відображається поточне фактичне значення. |
| |  | Завдання № | У режимі завдань – для виклику збережених наборів параметрів за номером. |
| |  | Індикація F3 | Для індикації фактичної витрати енергії у кДж. Параметр фактичної витрати енергії має бути активований на 2 рівні меню налаштування – параметр EnE. Якщо індикація не активована, то |

| | | | |
|----|---|---|--|
| | | | відображається витрата охолоджувальної рідини за наявності охолоджуючого модуля FK 4000 Rob. |
| | Відображений (вибраний) параметр можна налаштувати за допомогою регулятора (18) у випадку, якщо горить індикатор кнопки «Вибір параметра» (17) та індикатор на регуляторі (18). | | |
| 18 |  | Регулятор | Для налаштування параметрів. Вибраний параметр можна налаштувати, якщо горить індикатор на регуляторі. |
| 19 | | Кнопки «Метод» | Для вибору методу зварювання |
| |  | Імпульсне зварювання MIG/MAG із режимом Synergic | |
| |  | Стандартна технологія зварювання MIG/MAG Synergic | |
| |  | СМТ, імпульсне зварювання СМТ | |
| |  | Стандартна технологія зварювання MIG/MAG вручну | |
| |  | Режим Job | |
| |  | Зварювання стрижневим електродом | |
| | Після вибору методу загоряється індикатор позаду відповідного символу. | | |
| 20 | | Кнопка «Режим роботи» | Для вибору одного з наступних режимів: |
| |  | 2-тактний режим | |
| |  | 4-тактний режим | |
| |  | Спеціальний 4-тактний режим (початок зварювання алюмінію) | |
| |  | Точкове зварювання | |
| |  | Режим Mode | |
| | Коли вибрано режим роботи, засвітиться індикатор позаду відповідного символу. | | |

| | | | |
|--|---|---------------------------------------|---|
| 21 | | Кнопка «Тип матеріалу» | «Тип матеріалу» Для вибору використовуваного присадкового матеріалу та захисного газу. |
| <p>Параметри SP1 та SP2 зарезервовані за додатковими матеріалами. Коли вибрано тип матеріалу, світиться індикатор (світлодіод) позаду відповідного присадкового матеріалу.</p> | | | |
| 22 |  | Кнопка Diameter/Index (Діаметр дроту) | Для налаштування діаметра дроту. |
| <p>Параметр SP призначений для додаткових діаметрів дроту. Коли вибрано значення, засвітиться індикатор позаду відповідного діаметра дроту.</p> | | | |
| 23 | | Індикатор імпульсного зварювання СМТ | Горить, якщо вибрано графічну характеристику СМТ/імпульс |
| 24 |  | Кнопка «Зберегти» | Для входу в меню налаштування |
| 25 |  | Кнопка Purge «Перевірка газу» | Для налаштування необхідної витрати газу на редукторі. |
| <p>Після натискання кнопки протягом 30 секунд подається газ. Щоб перервати подачу, натиснути кнопку ще раз.</p> | | | |

Висновки за розділом

Виконаний в першому розділі аналіз конструкції зварювального апарату TPS 2700 СМТ показав можливість його використання в різних технологічних процесах зварювання завдяки наявності значної кількості методів та режимів MIG/MAG та та зварювання. Його органи керування дозволяють швидко налаштувати необхідні параметри процесу, є досить інформативними та зручними. Інформація, відображена в інструкції з експлуатації зварювального апарату, є достатньою для швидкої підготовки джерела живлення та введення зварювального апарату в роботу.

2 АНАЛІЗ РЕЖИМІВ РОБОТИ ДЖЕРЕЛА ЗВАРЮВАЛЬНОГО СТРУМУ TRANS PULS SYNERGIC 2700 CMT

2.1 Способи та режими зварювання

Джерело зварювального струму Trans Puls Synergic (TPS) 2700 CMT інверторного типу фірми Fronius з мікропроцесорним керуванням здатне забезпечувати процес механізованого та автоматичного зварювання суцільним дротом в середовищі захисних газів, порошковим дротом, а також ручне електродугове зварювання штучними покритими електродами. Крім того воно дозволяє виконувати процес MIG/MAG зварювання в кількох режимах [15]:

- режим імпульсного синергетичного MIG/MAG зварювання (Pulse Synergic);
- режим синергетичного MIG/MAG зварювання (Synergic);
- режими холодного перенесення металу (CMT, CMT-Pulse);
- режим звичайного ручного MIG/MAG зварювання.

Вибір необхідного способу зварювання відбувається шляхом натискання кнопок 19 (рис. 1.17). Після вибору потрібного методу загоряється індикатор біля відповідного символу.

В залежності від обраного виду зварювання процес зварювання можна виконувати в різних режимах. Необхідний режим зварювання вибирається шляхом перемикавання кнопок 20 (рис. 1.17) на панелі керування. Натискаючи на них можна вибрати:

- 2- тактний режим;
- 4-тактний режим;
- спеціальний 4-тактний режим (для зварювання алюмінію);
- режим зточкового варювання.

Вибір необхідного режиму підтверджується засвічуванням світлодіоду біля відповідного символу.

Виконання процесу зварювання в заданому режимі передбачає відповідне керування зварювальним пальником. Характеристика основних маніпуляцій з кнопкою на пальнику наведена на рис. 2.1.

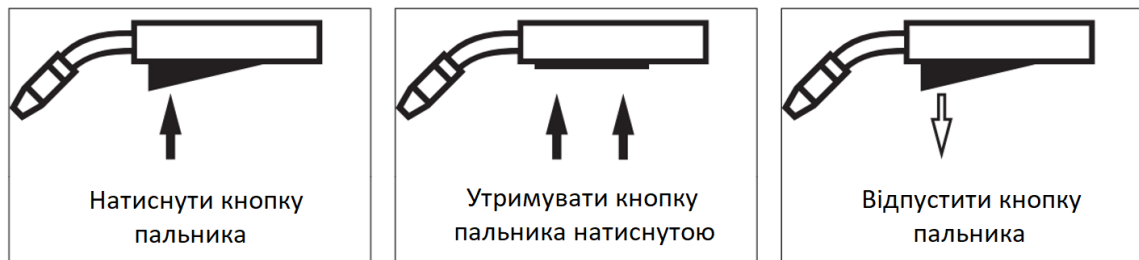


Рисунок 2.1 – Маніпуляції з кнопками зварювального пальника

В процесі зварювання зварювальник має правильно керувати пальником щоб досягти максимальної якості виконання процесу.

2.2 Цикли процесу MIG/MAG зварювання

Увесь процес зварювання можна розділити на окремі цикли (фази). Першим з них є попередня подача газу. Його суть полягає у випередженні подачі захисного газу перед увімкненням механізму подачі дроту та запалюванням дуги. Наступним є безпосередньо цикл зварювання, який може відбуватись на стартовому, основному та кінцевих струмах. Фаза стартового струму забезпечує швидке нагрівання основного металу, незважаючи на значне відведення тепла на початку зварювання. Основний струм вибирають за товщиною зварюваних деталей або швидкістю подачі дроту. Фаза кінцевого струму (зварювання кратера) дозволяє уникнути локального перегріву сновного металу через акумуляцію тепла в кінці шва (провалювання зварювального шва). В залежності від вибраного режиму можна вмикати, вимикати чи змінювати ці струми. Завершується процес циклом продування захисного газу. Він триває ще деякий час з моменту вимкнення струму дуги та забезпечує хороший захист розігрітого металу зварного шва під час його кристалізації, а також хороше охолодження сопла та пальника.

2.3 2-taktний режим зварювання

При комплектуванні зварювального апарату TPS 2700 СМТ пальниками для ручного, автоматизованого чи роботизованого зварювання технологічний процес може виконуватися в 2-тактному режимі [12-15]. Цикли такого процесу відображені діаграмою на рис. 2.2.

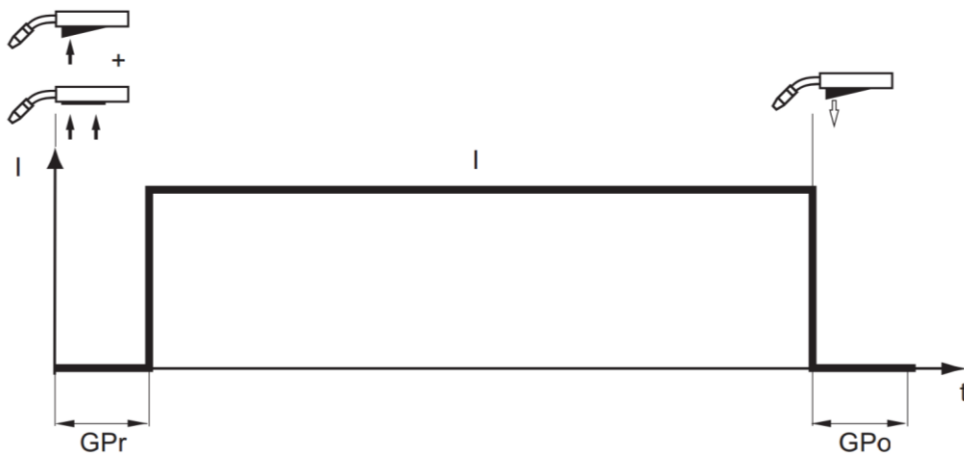


Рисунок 2.2 – Діаграма процесу зварювання в 2-тактному режимі

GPr – час попередньої подачі газу; I – основний зварювальний струм; GPo – час продування газу

Процес зварювання розпочинається шляхом натискання та утримування в натиснутому положенні кнопки зварювального пальника. Після завершення фази попередньої подачі газу GPr вмикається привід механізму подачі електродного дроту, а джерело струму вмикає подачу основного зварювального струму I . Зварювання триватиме до тих пір, поки зварювальник не відпустить кнопку пальника. В цей момент припиниться живлення зварювальної дуги і почнеться фаза продування газу GPo . Тривалість фаз подачі захисного газу та величина основного зварювального струму налаштовуються перед початком зварювання і зберігаються в пам'яті джерела живлення до наступного переналаштування.

2-тактний режим підходить для виконання прихваток, коротких зварних швів, а також автоматичного та роботизованого зварювання.

2.4 4-тактний режим зварювання

Коли зварна конструкція передбачає виконання довгих (понад 0,5 м) зварних швів, заповнення розроблених зварних кромок товстостінних деталей або виконання великих катетів технологічний процес зварювання зручніше виконувати в 4-тактному режимі. Роботу зварювального апарата та необхідні маніпуляції зі зварювальним пальником в такому режимі показано на рис. 2.3.

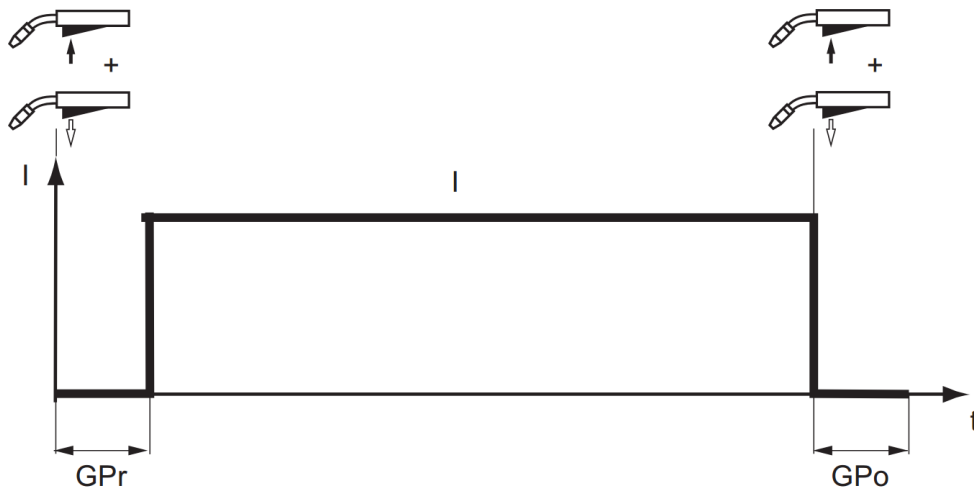


Рисунок 2.3 – Діаграма процесу зварювання в 4-тактному режимі

В 4-тактному режимі немає потреби утримувати кнопку пальника під час зварювання. Для початку зварювання достатньо на короткий проміжок часу натиснути і образу відпустити кнопку. Після завершення фази попередньої подачі газу GPr розпочнеться зварювання на основному зварювальному струму I . Для завершення процесу зварювальнику необхідно ще раз натиснути та відпустити кнопку пальника. Зварювання як і в 2-тактному режимі завершується фазою продування газу GPo .

2.5 Спеціальний 4-тактний режим

Спеціальний 4-тактний режим роботи зварювального джерела TPS 2700 СМТ в першу чергу призначений для зварювання виробів з алюмінію. Подача

зварювального струму здійснюється з урахуванням високої теплопровідності алюмінію.

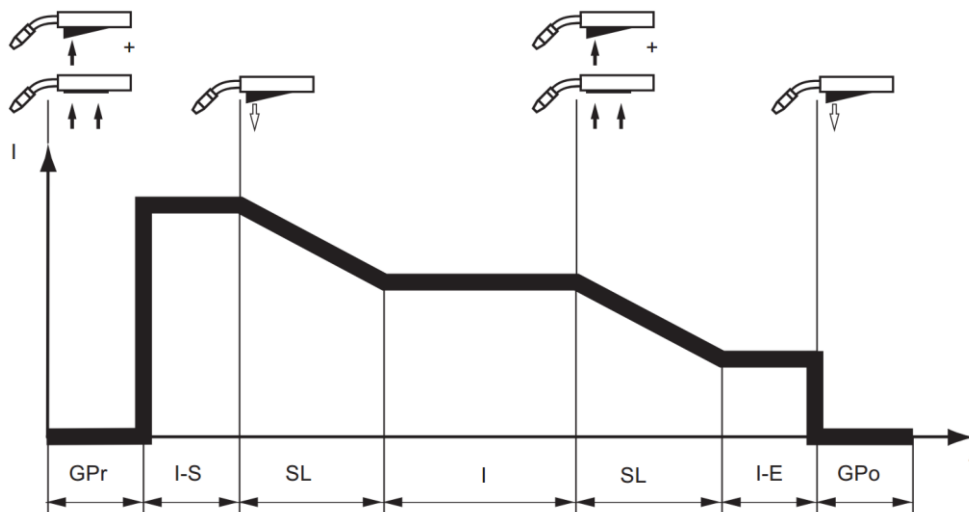


Рисунок 2.4 – Діаграма процесу зварювання в спеціальному 4-тактному режимі

На рис. відображено діаграму процесу зварювання в спеціальному 4-тактному режимі, яка відрізняється від розглянутих попередньо наявністю фази заварювання стартовим струмом I-S, фази SL (Slope/спад) плавного зниження стартового струму до основного зварювального струму (або основного зварювального струму до струму заварювання кратера) та фази заварювання кінцевого кратера I-E [15].

Особливістю зварювання алюмінію є необхідність використання алюмінієвого зварювального дроту для напівавтомата. На цей технологічний процес впливають два фактори:

- на поверхні розплавленого активного алюмінію миттєво утворюється тугоплавка оксидна плівка, без видалення якої шов не буде міцним.
- алюміній має високу теплопровідність при низькій температурі плавлення, що при його зварюванні півавтоматом приводить до зміни геометрії деталей.

Руйнування оксидної плівки при зварюванні алюмінію в спеціальному 4-тактному режимі відбувається завдяки наявності фази стартового

зварювального струму I-S. Його значення є вищим від основного струму, а отже до деталі підводиться більше теплоти, за рахунок якої вдається зруйнувати оксидну плівку.

Оскільки напівавтоматичне зварювання алюмінію передбачає наявність високих температур в робочій зоні, то для запобігання деформації від місцевого перегріву деталі, її пропалювання та розтікання металу його нагрівають до оптимальної температури за рахунок зниження стартового струму до рівня основного. Час, за який стартовий струм зменшується до основного, а основний до струму зварювання кратера I-E на діаграмі відображений параметром SL, значення якого налаштовують перед початком зварювання при заданні стартового, основного і кінцевого струмів.

Для керування апаратом у спеціальному 4-тактному режимі на початку зварювання оператор натискає і утримує кнопку пальника. Після завершення фази продування газу дуга запалюється на стартовому струмі, який в заводських налаштуваннях задається на 50 % вишим від основного. Після відпускання кнопки апарат знижує струм зварювання до основного і зварювання відбувається при нижчих температурах. При наступному натисканні і утримуванні кнопки пальника джерело живлення знизить струм до кінцевого (зварювання кратера), що дозволяє уникнути локального перегріву основного металу через акумулювання тепла в кінці шва (провалювання зварювального шва). Відпустивши кнопку пальника дуга згасає і процес завершується наступною продувкою захисного газу. Правильний вибір значень стартового, основного та кінцевого струмів, а також часу їх спадання дозволяє якісно виконувати технологічний процес зварювання алюмінію за допомогою півавтомата.

2.6 Режим точкового зварювання

Режим точкового зварювання призначений для зварювання металевих листів внапуск. Він схожий на звичайний 2- або 4-тактний режим, а відрізняється

способом маніпуляції пальника та наявністю заданого періоду SPt виконання точки (рис. 2.5).

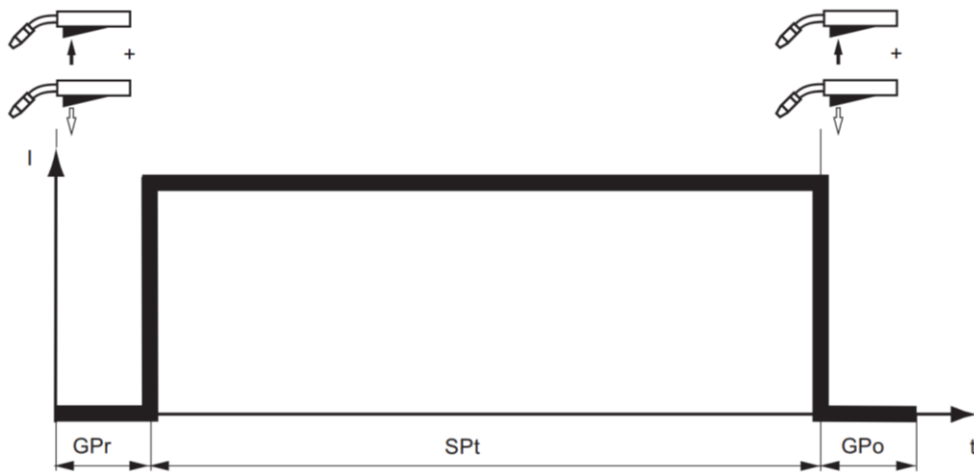


Рисунок 2.5 - Діаграма процесу точкового зварювання

Для створення зварної точки необхідно утримувати зварювальний пальник вертикально по відношенню до зварюваних деталей. Для початку зварювання потрібно натиснути та відпустити кнопку пальника. Під час зварювання не потрібно переміщати пальник вздовж деталей, а утримувати його у попередньому положенні. Коли дуга згасне не потрібно відводити пальник, а слід дочекатися завершення фази продування газу. Після цього можна піднімати зварювальний пальник. Простановка наступної точки відбувається в тій же послідовності [15].

Якщо необхідно достроково завершити процес зварювання, оператору необхідно повторно натиснути на кнопку пальника і відпустити її.

2.7 Режим SynchronPuls

Функцію SynchronPuls рекомендується використовувати для зварних з'єднань з алюмінієвими сплавами зі створенням шва, який має вигляд

накладених одна на одну лусочок. Цей ефект досягається за рахунок зварювальної потужності, яка змінюється між двома робочими точками.

Обидві робочі точки виникають через позитивну та негативну зміну зварювальної потужності на встановлене в меню налаштування значення dFd (зміщення зварювальної потужності 0,0 – 2,0 м/хв або 0,0 – 78.74 ipm). Розглянемо принцип роботи зварювального апарату в режимі SynchronPuls на прикладі спеціального 4-тактного режиму (рис. 2.6).

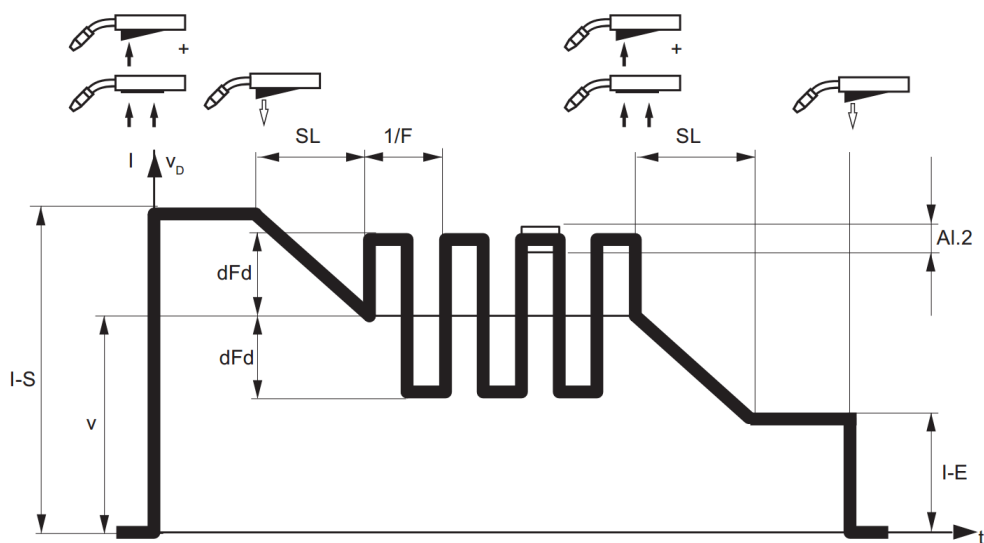


Рисунок 2.6 - Діаграма процесу зварювання в режимі SynchronPuls

dFd - зміщення зварювальної потужності; v - швидкість подачі дроту;

F - частота переходу між робочими точками

Іншими параметрами режиму SynchronPuls є частота F переходу між робочими точками, яка встановлюється через меню налаштування джерела живлення. Корекцію довжини дуги для нижньої робочої точки встановлюють через параметр «Корекція довжини дуги» на панелі керування зварювального апарату. Корекція довжини дуги для верхньої робочої точки встановлюється через меню налаштування параметром $Al.2$.

Щоб активувати режим SynchronPuls, достатньо в меню налаштування встановити для параметра F (частота) замість OFF і задати одне із значень в діапазоні від 0,5 до 5 Гц [13, 15].

Слід зауважити, що в джерелах струму, починаючи з версії OFFICIAL UST V2.70.1 є можливість здійснювати зовнішнє увімкнення функції SynchronPuls. Також важливим є факт, що дана функція підтримується лише за умови облаштування зварювального апарату додатковим пристроєм подачі дроту «тягни-штовхай» від компанії Fronius. Функція SynchronPuls не підтримується у разі вибору режиму стандартного ручного зварювання.

2.8 Режим роботизованого зварювання

Зварювальне джерело струму Trans Puls Synergic 2700 CMT можна використовувати для роботизованого зварювання в тандемі зі зварювальними роботами. Для роботизованого управління джерелом струму до нього має бути підключено інтерфейс робота або система з інтерфейсом польової шини. При підключенні інтерфейсу робота ROB 4000/5000 або системи з інтерфейсом польової шини автоматично налаштовується 2-тактний режим зварювання. Редагувати режим зварювання за допомогою кнопки «Режим роботи» можна лише після від'єднання інтерфейсу робота або системи з інтерфейсом польової шини від гнізда LocalNet.

Якщо підключено інтерфейс робота ROB 3000, можна вибирати будь-який режим зварювання (2-тактний, 4-тактний, спеціальний 4-тактний тощо).

Коли до гнізда LocalNet зварювального апарату підключено інтерфейс робота або система з інтерфейсом польової шини стає доступний спеціальний 2-тактний режим (рис. 2.7).

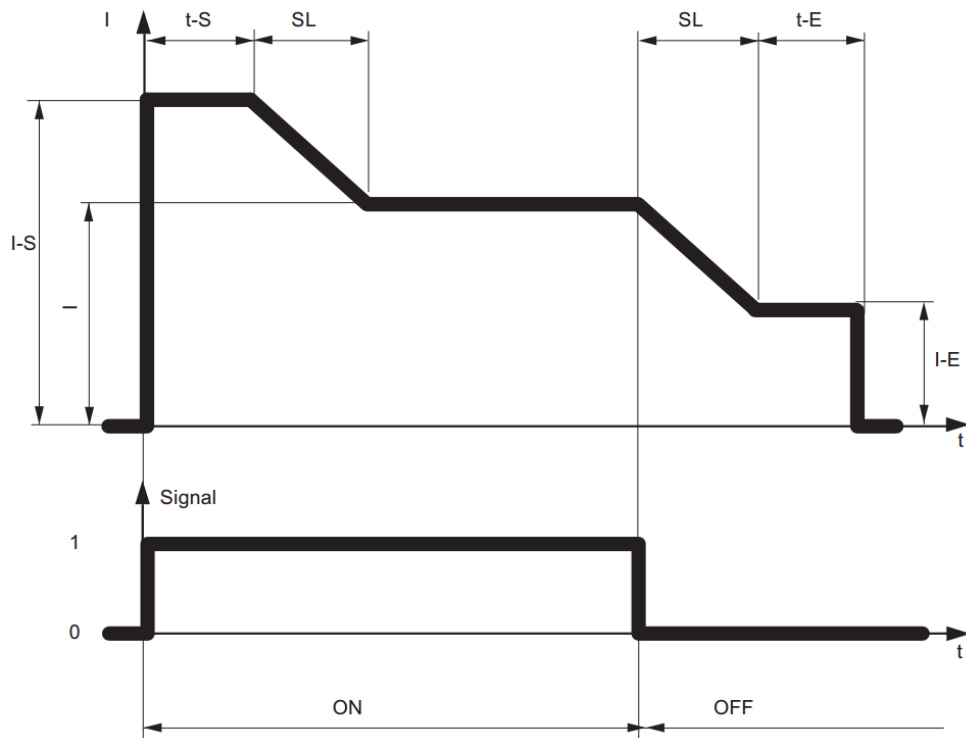


Рисунок 2.7 – Діаграма процесу зварювання в роботизованому режимі
 Signal - сигнал робота; ON - зварювання увімкнено; OFF - зварювання
 вимкнено; t-S – тривалість фази стартового струму; t-E – тривалість фази
 кінцевого струму

Діаграма спеціального 2-тактного режиму для інтерфейсу робота складається з двох частин. Одна характеризує роботу джерела струму, а інша (нижня) – роботу зварювального робота. Аналізуючи їх бачимо, що початок зварювання (запалювання дуги на стартовому струмі) відбувається в момент надходження сигналу (ON) від інтерфейсу робота. Зварювання почнеться на стартовому струмі I-S, тривалість дії якої визначається параметром t-S. Основний процес здійснюється на основному струмі.

В момент припинення подачі сигналу від інтерфейсу робота (OFF) відбувається спад основного струму до значення I-E зварювання кратера. Зварювання на цьому струмі буде тривати впродовж заданого часу t-E, після чого зварювальна дуга згасає.

Висновки за розділом

З поміж можливих способів зварювання, які може забезпечувати зварювальне джерело TPS 2700 СМТ особливої уваги заслуговують режими MIG/MAG зварювання. Проаналізувавши його функціональні можливості встановлено можливість виконання механізованого зварювання у восьми різних режимах, серед яких імпульсне та синергетичне зварювання, зварювання з холодним перенесенням металу та звичайне ручне MIG/MAG зварювання.

Розглянувши особливості налаштування кожного з доступних процесів зварювання було сформовано чіткий алгоритм послідовності та меж регулювання параметрів роботи джерела живлення, та сформовано практичні рекомендації щодо підготовки його до роботи.

3 МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Програма експериментальних досліджень

Експериментальні дослідження проводились з метою визначення функціональних можливостей зварювального півавтомата Trans Puls Synergic 2700 СМТ, а саме встановлення залежностей між параметрами його роботи та характеристиками зварювальних деталей. Під час експериментів досліджувались наступні залежності:

- залежності струму та напруги зварювання від товщини зварюваних деталей;
- вплив діаметра зварювального дроту на швидкість його подачі, струм та напругу зварювання;
- вплив корекції довжини дуги на якість зварних швів;
- вплив сили відриву краплі на якість зварних швів;
- вплив режиму роботи півавтомата на якість зварних швів.

В процесі досліджень півавтомат міг працювати в чотирьох різних режимах роботи: Standard – стандартний; Synergic – синергетичний; Pulse Synergic – пульсуючий синергетичний; Cold Metal Transfer – холодне перенесення металу. Ницих режимах здійснювали дослідження функціональних можливостей півавтомата та впливу параметрів процесу зварювання на якість зварних швів.

3.2 Технологічне обладнання

Для досліджень функціональних можливостей зварювального апарата інверторного типу Trans Puls Synergic 2700 СМТ використовували зварювальний півавтомат фірми Fronius з вбудованим 4-роликівим механізмом подачі зварювального дроту. Апарат був оснащений пальником Fronius PullMig з додатковим механізмом протяжки зварювального дроту. З системою подачі

дроту від основного механізму подачі він з'єднаний шланговим пакетом Pull Mig Job Master з демпферним пристроєм.



Рисунок 3.1 – Загальний вигляд експериментального зварювального півавтомата Trans Puls Synergic 2700 CMT

Процес зварювання виконувався в середовищі захисного газу, а саме суміші $\text{Ar } 82 \% + \text{CO}_2 \text{ } 18 \%$ [3, 4]. Як присадковий матеріал для зварювання використовували спеціальний зварювальний дріт G4Si1 (Св-08Г2С) діаметром 1,2 мм. Під час експериментів виконували зварні шви з використанням пластин сталі 09Г2С різної товщини.

Зварювальний дріт G4Si1 від фірми «Моноліт» - цеякісна присадка для автоматичного та напівмеханізованого зварювання в середовищі захисних газів вуглецевих та низьколегованих конструкційних сталей, таких як 09Г2, 10ХСНД,

15ХСНД, 14ХГС, тощо. Він підходить для зварювальних робіт як у газових сумішах (міксах) так у чистому CO₂ виробів, деталей та конструкцій з вуглецевих та низьколегованих сталей у нижньому, вертикальному та стельовому положенні. Його рекомендують використовувати під час монтажних робіт, виготовлення посудин, які працюють під тиском, виготовленні будівельних металоконструкцій, автомобільній галузі та сільськогосподарському машинобудуванні.



До переваги зварювального дроту т G4Si1 можна віднести:

- можливість зварювання постійним струмом зворотної полярності у всіх просторових положеннях;
- підходить для роботи в аргоновому та вуглекислому захисному середовищі;
- низький рівень розбризкування металу;
- високий тимчасовий опір на розрив (882...1323 МПа);
- не утворює пор та напливів на зварювальному швів;
- підтримує стійку зварювальну дугу.

3.3 Методика налаштування зварювального півавтомата

3.3.1 Налаштування апарата для MIG/MAG зварювання в режимі Synergic




Особливості налаштування параметрів, необхідних для MIG/MAG зварювання в режимах Synergic та Pulse Synergic (стандартне/імпульсне), розглянемо на прикладі панелі керування Comfort.

Перед початком зварювання необхідно вибрати потрібний спосіб зварювання. Перемикаючи кнопки 19 (рис. 1.17) вибирають стандартне MIG/MAG зварювання в синергетичному режимі (Synergic)  або імпульсне зварювання в режимі Pulse Synergic .

Далі за допомогою кнопки 21 «Тип матеріалу» вибрати присадковий матеріал та необхідний захисний газ. Після цього за допомогою кнопки 22 «Діаметр дроту» налаштовують діаметр дроту.


Натискаючи на кнопки 20 «Режим роботи» (рис. 1.17) вибирають потрібний режим роботи апарата (2-тактний, 4-тактний, спеціальний 4-тактний або точкове зварювання).

Слід пам'ятати, що у деяких випадках параметри налаштовані на панелі управління одного з компонентів системи (наприклад, пристрої подачі дроту або пульта дистанційного керування), не можна змінити на панелі керування джерела струму.

За допомогою кнопки 2 «Вибрати параметр» (рис.) вибирають параметр, за яким буде задаватися потужність зварювання: товщина листа , зварювальний струм , швидкість подачі дроту . Далі за допомогою регулятора налаштовують потрібне значення вибраного параметра. Це значення відображається на розташованому над ним цифровому дисплеї.

Значення, товщина листа, зварювальний струм, швидкість дроту та напруга зварювання безпосередньо пов'язані між собою. Більшість сучасних зварювальних півавтоматів працюють в синергетичному режимі. Його суть полягає в тому, що для налаштування режиму зварювання достатньо змінити один із цих параметрів, щоб інші були автоматично налаштовані потрібним чином.


Під час використання пальників з функцією регулювання, всі значення параметрів, задані за допомогою регулятора та кнопок на зварювальному пальнику, зберігаються до наступної зміни. Це правило діє також, якщо джерело струму було тимчасово вимкнено і знову увімкнено.

Для захисту електричної дуги та зварювальної ванни використовують захисні гази. Для їх подачі в зону зварювання відкривають клапан балона з газом та налаштовують потрібну витрату захисного газу. Роботу системи подачі газу перевіряють натиснувши кнопку 25 «Перевірка газу» . При цьому витрата


газу може змінитися. Тому для її корегування повертають гвинт на нижній стороні редукційного клапана до тих пір, поки манометр не покаже потрібну витрату газу.

Після виконання наведених вище операцій зварювальний півавтомат буде готовий до роботи. Натиснувши на кнопку пальника виконують пробне зварювання.

У деяких випадках для досягнення оптимальних результатів зварювання необхідно корегувати процес під час зварювання шляхом зміни додаткових параметрів, а саме довжини та динаміки дуги.

Для корекції довжини дуги за допомогою кнопки 17 «Вибрати параметр» (рис. 1.17) вибирають параметр, «Корекція довжини дуги» . Цей параметр можна задавати:

- менша довжина дуги
- 0 середня довжина дуги
- + велика довжина дуги

Функцію корекції сили відриву крапель/корекція динаміки/динаміка  можна задавати під час імпульсного MIG/MAG зварювання із режимом Synergic для плавної корекції енергії відриву крапель розплавленого металу. Цей параметр можна задавати:

- невелика сила відриву крапель
- 0 нейтральна сила відриву крапель
- + підвищена сила відриву крапель

При стандартному MIG/MAG зварюванні із режимом Synergic зміна динаміки короткого замикання в момент переходу крапель металу забезпечується:

- більш жорстка та стабільна дуга
- 0 нейтральна дуга
- + м'якша дуга з меншою кількістю бризок.

Для налаштування коригованих параметрів за допомогою кнопки 17 «Вибрати параметр» вибирають потрібний параметр. За допомогою регулятора

налаштовують потрібне значення вибраного параметра. Це значення відображається на розташованому над ним цифровому дисплеї.

На стандартній панелі керування довжину дуги не можна налаштувати на самій панелі керування. Корекцію динаміки можна змінити як фоновий параметр з меню налаштування.

3.3.2 Налаштування апарата для стандартного MIG/MAG зварювання у ручному режимі


Технологія стандартного ручного MIG/MAG зварювання – це зварювання без функції Synergic. Зміна одного з параметрів автоматично не змінює налаштування інших параметрів. Усі параметри процесу потрібно налаштувати окремо згідно вимогам процесу зварювання.

Налаштування параметрів, необхідних для виконання стандартного MIG/MAG зварювання в ручному режимі, розкриємо на прикладі панелі керування Comfort.

У разі вибору стандартного MIG/MAG зварювання в ручному режимі користувачу доступні такі параметри:

- швидкість подачі дроту 0,5 м/хв (19.69 ipm.), (максимальна швидкість подачі дроту 22,0 м/хв (866.14 ipm.);
- зварювальна напруга 10,0 – 34,0 В;
- доступна корекція динаміки короткого замикання в момент переходу крапель металу;
- зварювальний струм відображається лише як індикатор фактичного значення.

Для реалізації стандартної технології MIG/MAG зварювання вручну необхідно за допомогою кнопки «Метод» вибрати стандартне зварювання

MIG/MAG у ручному режимі . Вибір матеріалу дроту та його діаметра, захисного газу та режиму роботи здійснюють так само, які і під час налаштування режимів Synergic.

За допомогою кнопки 2 «Вибір параметра» вибирають параметр «Швидкість дроту» та налаштовують її на потрібне значення за допомогою регулятора. Далі за допомогою кнопки 17 «Вибір параметра» вибрати параметр «Напруга зварювання» та налаштовують значення напруги на потрібну величину за допомогою регулятора. Це значення відображається на цифровому дисплеї, що розташований над ним.

Для індикації фактичного зварювального струму в процесі зварювання за допомогою кнопки 2 «Вибір параметра» виберіть параметр «Зварювальний струм». Під час зварювання на цифровому дисплеї буде відображатися фактичний зварювальний струм.

Корекція динаміки короткого замикання в момент переходу крапель металу в стандартному режимі ручного MIG/MAG зварювання можлива зі значеннями:

0 більш жорстка та стабільна дуга;

10 м'якша дуга з меншою кількістю бризок.

Налаштування корекції дуги здійснюється аналогічно до попередньо описаного режиму.

3.3.3 Налаштування апарата для зварювання в режимі СМТ

Для налаштування параметрів, необхідних для зварювання з використанням СМТ процесу, потрібно за допомогою кнопки «Метод» вибрати зварювання «СМТ/імпульсний СМТ»



Присадковий матеріал та захисний газ вибирають за допомогою кнопки «Тип матеріалу». Для процесу СМТ зварювання доступні наступні види присадкових матеріалів:

- | | | |
|---|-------------|-----------|
| 1 | ER 70 S-3/6 | Сталь |
| 3 | ER 308 | CrNi 19 9 |
| 5 | ER 4043 | AlSi 5 |
| 6 | ER CuSi-A | CuSi 3 |

| | | |
|----|-------------|-----------|
| 8 | 1) | SP 1 |
| 10 | ER 70 S-3/6 | Сталь |
| 12 | ER 308 | CrNi 19 9 |
| 14 | ER 4043 | AlSi 5 |
| 15 | ER CuSi-A | CuSi 3 |
| 16 | 1) | SP2 |

Для зварювання із застосуванням інших присадкових матеріалів необхідно вибрати метод імпульсного чи стандартного MIG/MAG зварювання в режимі Synergic або стандартне ручне MIG/MAG зварювання.

Режим зварювання та діаметр дроту вибирається як і у випадках, описаних в п. 3.3.2.

За допомогою кнопки 2 «Вибрати параметр» вибирають параметр, через який буде задаватися потужність зварювання: товщина листа, зварювальний струм чи швидкість подачі дроту. Потрібне значення вибраного параметра налаштовують за допомогою регулятора. Це значення відобразиться на розташованому над ним цифровому дисплеї. Як і для способу Synergic при СМТ зварюванні товщина листа, зварювальний струм, швидкість дроту та зварювальна напруга пов'язані між собою.

Корекція довжини дуги при СМТ зварюванні здійснюється аналогічно до способу Synergic.

Корекція динаміки в режимі СМТ, залежно від обраного присадного матеріалу та діаметра дротяного електрода дозволяє регулювати різні значення:

1) Корекція підвищення - налаштування додаткового струму для керування тепловим впливом на матеріал

-5 мінімальний додатковий струм

0 нейтральний додатковий струм

+5 максимальний додатковий струм

Потреба корекції підвищення виникає у разі застосування наступних присадкових матеріалів:

- CrNi 19 9/Ar + 2,5% CO₂/1,2 мм

- CuSi 3/100% Ar/0,8 мм

- CuSi 3/100% Ar/1,0 мм

- CuSi 3/100% Ar/1,2 мм

2) Корекція динаміки використовується для зміни динаміки короткого замикання в момент переходу крапель металу:

-5 більш жорстка та стабільна дуга

0 нейтральна дуга

+5 м'якша дуга з меншою кількістю бризок

Потреба корекції динаміки виникає у разі застосування наступних присадних матеріалів:

- G3Si 1/Ar + 18% CO₂/1,0 мм

- G3Si 1/Ar + 18% CO₂/1,2 мм

3) Пульсування при гарячому старті для налаштування циклів пульсування при гарячому старті:

-5 0 імпульсів

+5 100 імпульсів

Потреба корекції пульсування при гарячому старті виникає у разі застосування наступних присадних матеріалів:

- AlMg 4,5 Mn/100% Ar/1,2 мм (СМТ 0875)

4) Час гарячого старту для налаштування часу гарячого старту:

-5 час гарячого старту = 0

+5 час гарячого старту = 200 мс

Потреба корекції пульсування при гарячому старті виникає у разі застосування наступних присадних матеріалів:

- AlMg 4,5 Mn/100% Ar/1,2 мм (СМТ 0874) ¹⁾

- AlSi 5/100% Ar/1,2 мм

- CrNi 19 9/Ar + 2,5% CO₂/0,8 мм

- CrNi 19 9/Ar + 2,5% CO₂/1,0 мм

- CuAl 5 Ni 2/100% Ar/1,0 мм

5) Корекція імпульсу для плавного регулювання сили відриву крапель:

-5 невелика сила відриву крапель

0 нейтральна сила відриву крапель

+5 підвищена сила відриву крапель

Потреба корекції імпульсу виникає у разі застосування наступних присадних матеріалів:

- AlMg 4,5 Mn/100% Ar/1,2 мм ²⁾

- AlSi 5/100% Ar/1,2 мм (СМТ 0880) ^{2) 3)}

- AlSi 5/100% Ar/1,2 мм (СМТ 0881) ^{2) 4)}

- CrNi 19 9/Ar + 2,5 % CO₂/0,8 мм ²⁾

- CrNi 19 9/Ar + 2,5 % CO₂/1,0 мм ²⁾

- CrNi 19 9/Ar + 2,5 % CO₂/1,2 мм ²⁾

- CuAl 8/100% Ar/1,0 мм ²⁾

- CuSi 3/100% Ar/1,0 мм ²⁾

Примітки

1) Процес запалення відрізняється від графічної характеристики СМТ 0875.

2) Комбінація графічної характеристики СМТ та імпульсної графічної характеристики.

3) Графічна характеристика СМТ/імпульс, у якої цикли пульсування більше, ніж циклів СМТ.

4) Графічна характеристика СМТ/імпульс, у якої цикли пульсування менше, ніж циклів СМТ.

Для налаштування параметрів корекції дуги, як і для інших способів слід за допомогою кнопки 17 (рис. 1.17) «Вибрати параметр» виберіть потрібний параметр. Далі за допомогою регулятора налаштовують потрібне значення вибраного параметра. Це значення відображається на розміщених над ним цифровому дисплеї 14.

3.4 Результати дослідження параметрів роботи джерела живлення TPS 2700 СМТ

Джерело живлення TPS 2700 СМТ, як і більшість сучасних зварювальних півавтоматів, здатне забезпечувати ефект синергетичного керування. Цей ефект (синергетика) базується на використанні мікропроцесорних систем (мікроконтролерів) для вибору та забезпеченню оптимальних величин, параметрів імпульсів і виду зварювального струму, з урахуванням марки, товщини та властивостей металу виробу, а також особливостей зварювальних

матеріалів: діаметра та марки дроту, виду та складу захисного газу тощо. Синергетика дозволяє користувачу змінювати всі налаштування зварювального апарата, змінюючи лише один з параметрів процесу зварювання. Якщо, наприклад, змінити на апараті товщину зварюваних деталей, це спричинить зміну зварювального струму та напруги, швидкості подачі дроту і вплине на індуктивність дуги і кількість імпульсів в ланцюзі змінного струму [4, 12].

Завдання експериментальними дослідженнями полягало у визначенні впливу синергетики на параметри процесу MIG/MAG зварювання. В налаштуваннях джерела живлення задавалась постійна товщина зварюваної деталі та визначали значення струму зварювання $I_{зв}$, швидкості подачі дроту V_d , та напруги зварювання $U_{зв}$ на різних режимах роботи півавтомата. Під час досліджень значення діаметра зварювального дроту було задано 1,2 мм. Отримані результати досліджень наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Результати досліджень впливу товщини металу на параметри процесу MIG/MAG зварювання півавтоматом TPS 2700 CMT (при $d_d = 1,2$ мм)

| Товщина деталі δ , мм | Струм зварювання $I_{зв}$, А | Швидкості подачі дроту V_d , м/хв | Напруги зварювання $U_{зв}$, В |
|---------------------------------|----------------------------------|--|------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Pulse Synergic | | | |
| 1 | 47 | 1,3 | 17,2 |
| 4 | 186 | 5,0 | 23,3 |
| 7 | 257 | 7,2 | 25,6 |
| Synergic | | | |
| 2 | 136 | 3,6 | 16,3 |
| 4 | 216 | 5,6 | 18,7 |
| 6 | 270 | 7,3 | 26,2 |
| CMT | | | |
| 1 | 92 | 4,3 | 10,1 |
| 2 | 202 | 8,7 | 18,8 |
| 3 | 225 | 9,6 | 20,5 |
| Standard | | | |
| * | - | 22 | 17,5 |

* в режимі Standard значення товщини деталі і струму на дисплеї джерела живлення Fronius TPS 2700 CMT не відображаються. Можна змінювати тільки швидкість подачі дроту. Інші параметри можна визначити тільки під час горіння дуги.

Залежності параметрів процесу зварювання від товщини металу відображені на рис. 3.2-3.4.

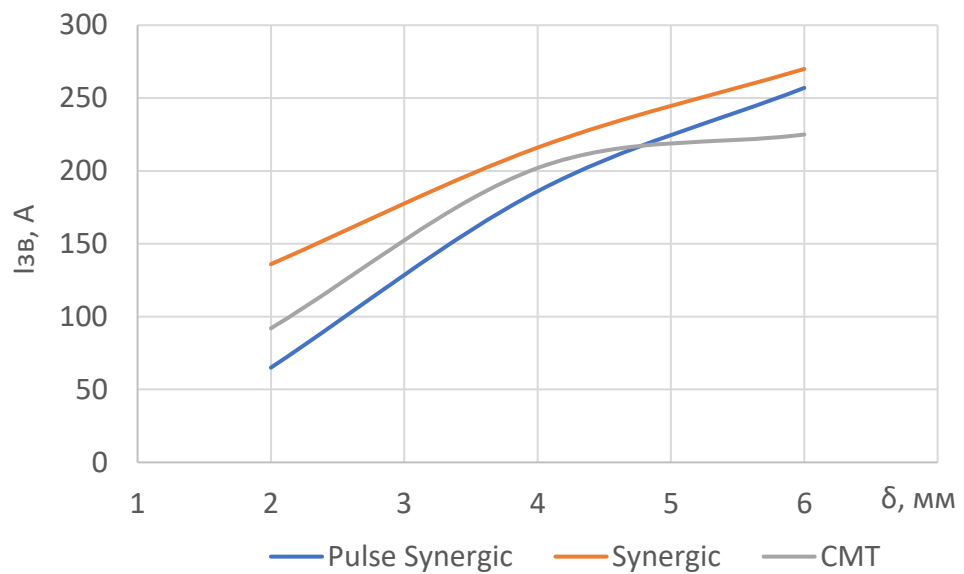


Рисунок 3.2— Залежності сили зварювального струму від товщини деталі

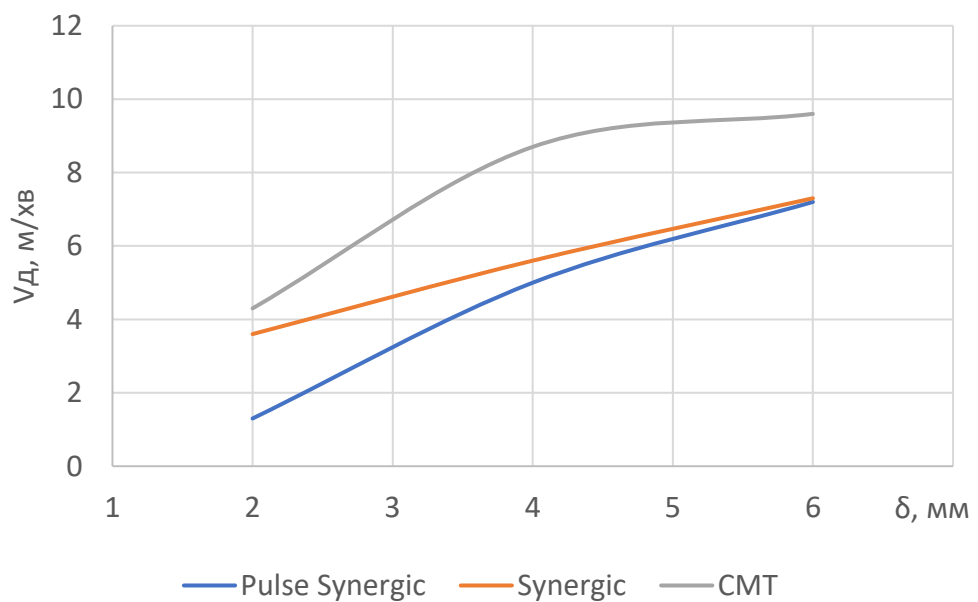


Рисунок 3.3 – Залежності швидкості подачі дроту від товщини деталі

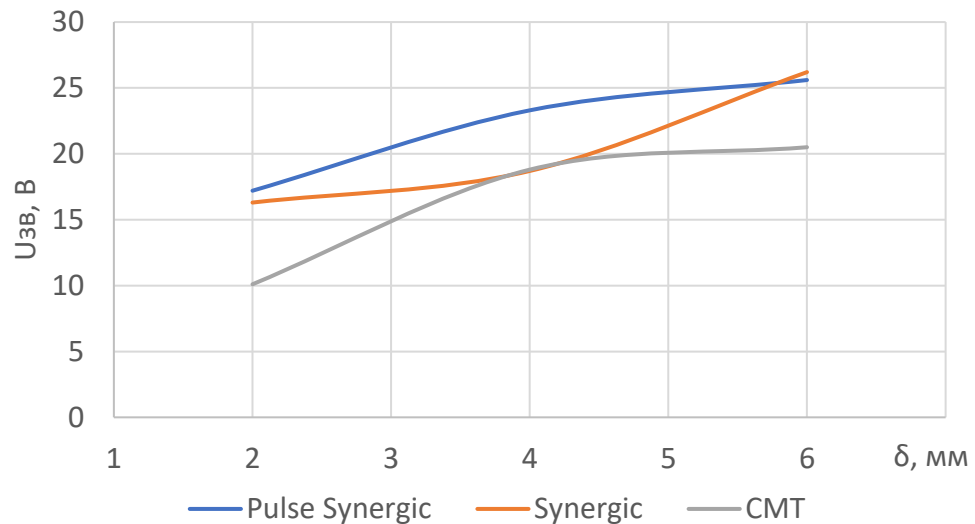


Рисунок 3.4 – Залежності напруги зварювання від товщини деталі

З метою визначення впливу діаметра дроту на параметри процесу, які задає джерело живлення з врахуванням синергетичного ефекту досліджували ті ж характеристики при встановленні значення діаметра дроту 0,8 мм. Результати наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Результати досліджень впливу товщини металу на параметри процесу MIG/MAG зварювання півавтоматом TPS 2700 CMT (при $d_d = 0,8$ мм)

| Товщина деталі δ , мм | Струм зварювання $I_{зв}$, А | Швидкості подачі дроту V_d , м/хв | Напруги зварювання $U_{зв}$, В |
|---------------------------------|----------------------------------|--|------------------------------------|
| Pulse Synergic | | | |
| 2 | 73 | 6,0 | 19,6 |
| 4 | 135 | 12,0 | 23,7 |
| 6 | 174 | 16,3 | 25,5 |
| 8 | 225 | 22,0 | 28,7 |
| Synergic | | | |
| 2 | 112 | 6,7 | 18,0 |
| 4 | 175 | 14,0 | 23,4 |
| 6 | 200 | 19,0 | 27,8 |
| 8 | 245 | 22,0 | 31,5 |

Впливу товщини зварювального дроту на параметри процесу MIG/MAG зварювання з врахуванням синергетики джерела живлення на прикладі режиму Synergic відображені на рис. 3.5-3.7.

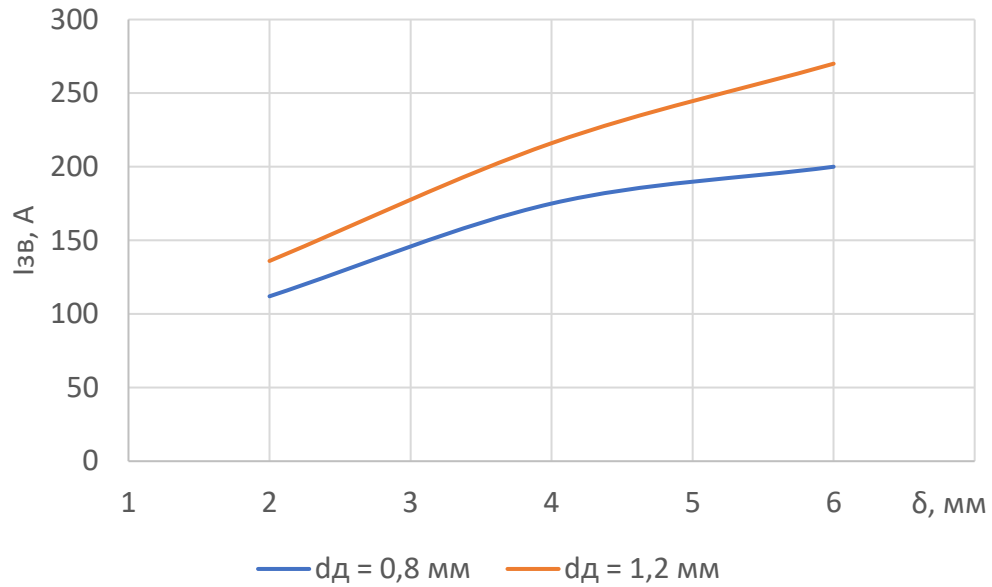


Рисунок 3.5 – Залежності швидкості подачі дроту від діаметра дроту

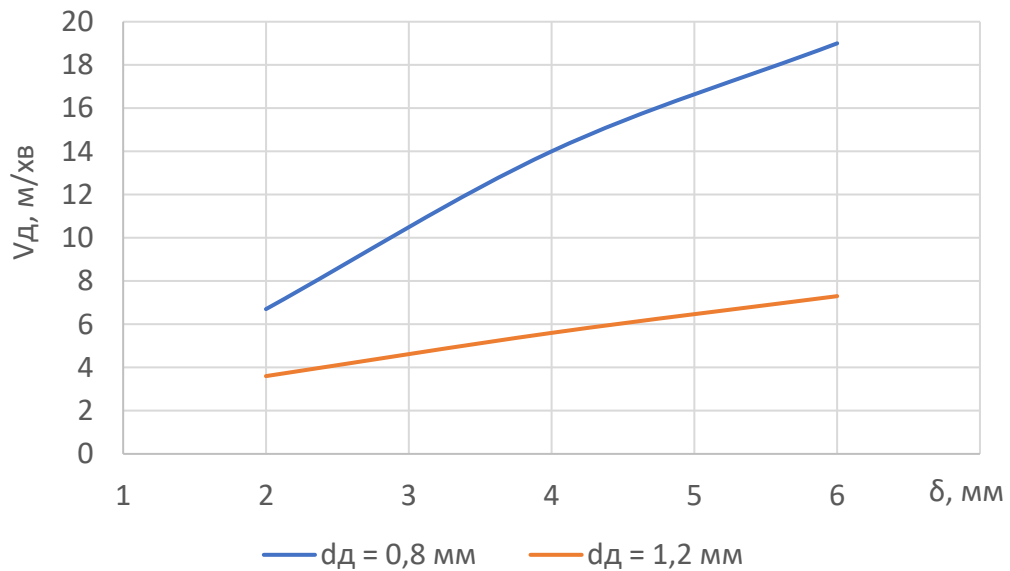


Рисунок 3.6 – Залежності зварювального струму від його діаметра

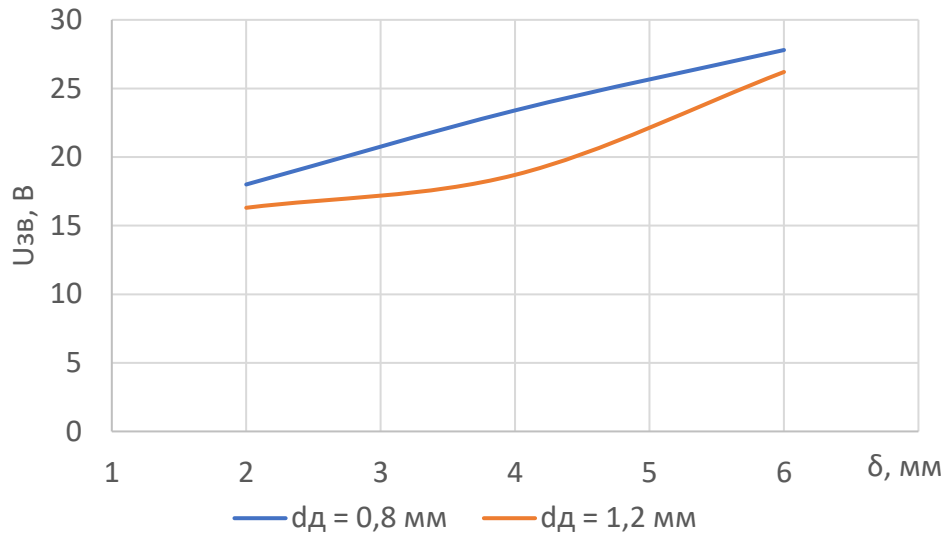


Рисунок 3.7 – Залежності напруги зварювання від діаметра дроту

Під час експериментальних досліджень впливу корекції дуги на інші параметри роботи зварювального півавтомата було встановлено, що даний параметр не впливає на значення зварювального струму та подачі дроту. Вплив корекції дуги проявляється тільки на значеннях напруги зварювання, про що свідчать дані, наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Результати досліджень впливу корекції довжини дуги на параметри роботи півавтомата TPS 2700 CMT (режим Synergic)

| Товщина деталі δ , мм | Струм зварювання $I_{зв}$, А | Швидкості подачі дроту V_d , м/хв | Напруги зварювання $U_{зв}$, В |
|---------------------------------|----------------------------------|--|------------------------------------|
| Корекція -15 | | | |
| 2 | 113 | 6,8 | 15,3 |
| 4 | 176 | 14,2 | 20,1 |
| 6 | 200 | 19,0 | 23,7 |
| Корекція +15 | | | |
| 2 | 111 | 6,6 | 17,9 |
| 4 | 175 | 14,1 | 23,4 |
| 6 | 201 | 19,1 | 27,9 |

Залежність напруги зварювання від корекції дуги відображає рисунок 3.8.

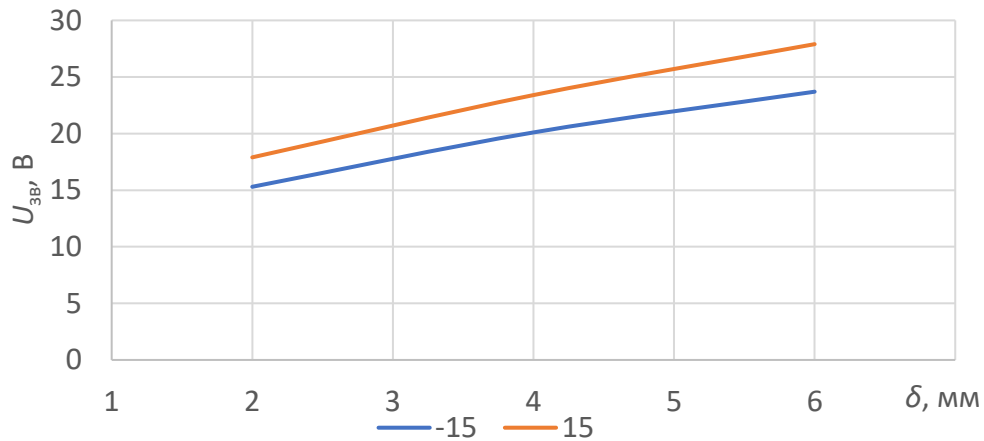


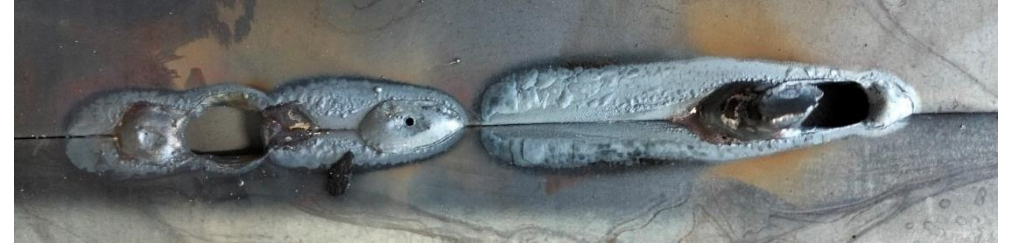
Рисунок 3.8 – Залежності напруги зварювання від корекції дуги

3.5 Результати дослідження процесу MIG/MAG зварювання

Дослідження впливу режиму роботи півавтомата на якість зварних швів проводили шляхом виконання зварних з'єднань різних типів за різних налаштувань джерела живлення.

Результат ручного зварювання в значній мірі залежить від кваліфікації зварювальника, зокрема від його вміння забезпечувати сталу швидкість зварювання через рівномірне переміщення зварювального пальника вздовж зварюваних кромки. Після натискання кнопки пальника електродний дріт починає подаватись до зварювальної ванни із заздалегідь обраною швидкістю. Пальник нахиляється у напрямку зварювання на 10...20 °. Пальник вздовж кромки деталей можна вести як кутом назад, так і кутом уперед. Відстань до деталі має бути такою, щоб довжина зварювальної дуги становила приблизно 10...12 діаметрів дроту.

При виборі оптимальної швидкості зварювання керуються товщиною зварюваних деталей, наявністю розробки зварних кромки, положенням та розмірами зварного шва. Також суттєвий вплив на якість швів має дотримання зазорів між зварюваними деталями. Від них залежатиме здатність формування якісного провару за заданої швидкості переміщення пальника. На рис. 3.6 наведено кілька зразків стикових швів, виконаних на різних швидкостях зварювання.



а)



б)



в)

Рисунок 3.6 – Зразки стикових зварних швів

Під час експерименту виконували зварювання листів сталі Ст 3 товщиною 4 мм дротом 1,2 мм на струмі 120 А. На рис. 3.6,а показаний результат, коли зварювальником моделювалась низька швидкість переміщення пальника. За таких умов виникають постійні пропали деталей, шов нерівномірний та переривчастий, присутні суттєві підтікання розплавленого металу на зовнішній бік зварного з'єднання.

Надто швидке переміщення пальника (рис. 3.6,б) призводить до формування нерівномірного зварного шва за шириною та висотою. Крім того відсутній повний провар деталі, що видно з відсутності виходу розплавленого металу із зазору між деталями.

Якісне зварне з'єднання, отримане за оптимальної швидкості переміщення пальника за заданих налаштувань зварювального апарата представлене на рис. 3.6,в. Як видно з рисунка, шов вийшов рівномірним по ширині та за висотою напливу. Крім того на зворотньому боці з'єднання чітко видно провар за наявністю незначного витікання розплавленого металу із зазору між зварюваними деталями.

На форму зварних швів та глибину провару деталей впливає також спосіб ведення пальника під час зварювання. Розрізняють три основних способи ведення пальника: кутом вперед, перпендикулярно і кутом назад [3, 4].

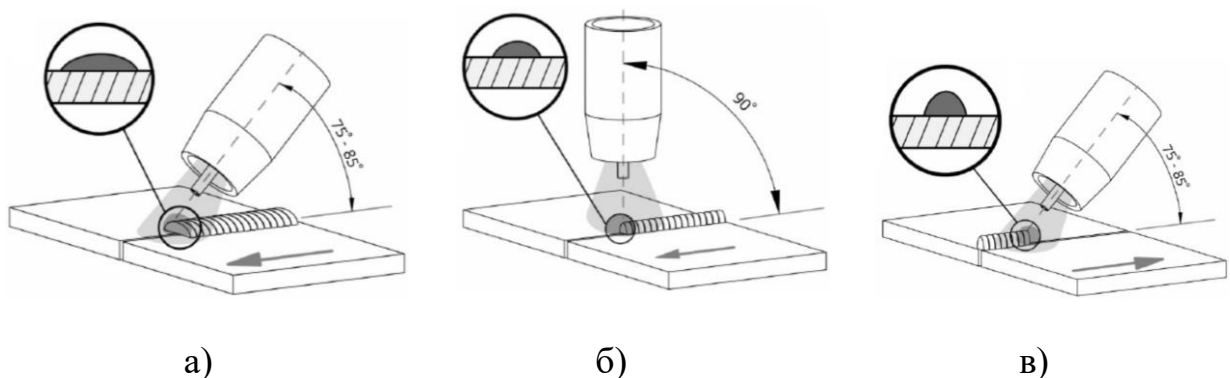


Рисунок 3.7 – Схеми способів ведення пальника

а – кутом вперед; б – перпендикулярно; в – кутом назад

Фото зварних швів кутового зварного з'єднання, виконані кутом вперед та кутом назад представлені на рис. 3.8.



а)



б)

Рисунок 3.8 – Зразки зварних з'єднань, виконаних способом кутом вперед (а) та кутом назад (б)

Аналізуючи рис. можна зробити висновок, що спосіб ведення пальника кутом вперед дозволяє отримати ширший та рівномірніший зварний шов (рис. 3.8,а). При веденні шва кутом назад шов виходить тоншим, випуклішим, близький до ниткового (рис. 3.8,б).

Вплив корекції дуги на якість процесу зварювання можна оцінити за світлинами зварних швів, представлених на рис. 3.9. Під час досліджень встановлювали мінусові значення корекції довжини дуги, після чого виконували зварне з'єднання таврового шва без зазорів. Інший шов виготовляли за додатних значень корекції дуги. Результати дослідження впливу корекції дуги на значення інших параметрів роботи джерела живлення наведені в табл. 3.3. Максимальні значення корекції становлять -30 та +30. Зразки зварних швів, виконаних при корекції -15 та +15 в режимі Synergic наведені на рисунку 3.9.



а)



б)

Рисунок 3.9 – Кутові зварні шви, виконані при корекції довжини дуги
-15 (а) та +15 (б)

В результаті експерименту встановлено, що мінусові значення корекції дуги дозволяють отримувати менш випуклий зварний шов. Розбризування металу мінімальне і характеризується дрібними бризками (рис. 3.9,а). При зварюванні з додатковим значенням корекції дуги шов більш нерівномірний по ширині та висоті, а процес зварювання супроводжувався розбризуванням крупніших частинок розплавленого металу (рис. 3.9,б).

Приклади зварних швів, виконаних при різних варіантах налаштування динаміки дуги наведені на рис. .Під час експериментальних досліджень динаміку дуги змінювали від мінімального -5 до максимального +5 значень. Зварювання виконували в режимі Pulse Synergic.

Як видно з рис. 3.10,а, зварний шов, виконаний з мінімальною динамікою дуги вийшов більш тоншим, в порівнянні з іншими варіантами. Крім того, «лусочки» шва мали більшу протіжність вздовж шва.



а)



б)



в)

Рисунок 3.10 – Зварні шви, виконані на різній динаміці дуги

При зварюванні на нульовій динаміці дуги шов більш розпливчастий з чіткою рівномірною лускатістю по всій довжині (рис. 3.10,б).

Максимальне значення динаміки дуги забезпечує м'якшу дугу з меншою кількістю бризок. Крім того шов виходить розпливчастий з дрібною лускатістю (рис. 3.10,в).

Висновки за розділом

В результаті досліджень функціональних можливостей зварювального джерела TPS 2700 СМТ отримані залежності: сили зварювального струму від товщини зварюваних деталей та діаметра дроту; швидкості подачі дроту від його діаметра та товщини деталі; напруги зварювання від товщини деталі, діаметра дроту та корекції дуги.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

В даній кваліфікаційній роботі було проведене для впливу режимів механізованого зварювання на якісні параметри зварних швів. Основний вид зварювання - автоматичне та напівавтоматичне в середовищі захисного газу ($Ar+CO_2$), отже основні проблеми з якими ми зіштовхнемося це:

- зменшення викиду шкідливих домішок в повітря;
- захист зорової системи від випромінювання в різних діапазонах (ультрафіолетове, видиме, інфрачервоне);
- забезпечити пожежну безпеку і електробезпечність;
- забезпечення захисту від окалин, бриск і виплесків розплавленого металу, іскор;
- безпечну експлуатацію механізмів зварювального апарату.

4.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників на мікроклімат

Метеорологічні умови або мікроклімат у виробничих умовах досліджується такими параметрами: температурою повітря T , $^{\circ}C$; відносною вологістю W , %; швидкістю потоку повітря на робочому місці V , м/с; барометричним тиском на робочому місці P , мм.рт.ст [10]. Задовільні допуски температури, відносної вологості, швидкості потоку повітря в робочій зоні і барометричному тиску для даної категорії приведені в табл.4.1.

Таблиця 4.1 Оптимальні параметри мікроклімату

| Період року | T , $^{\circ}C$ | W , % | V , м/с | P , мм.рт.ст. |
|-------------|-------------------|---------|-----------|-----------------|
| Холодний | 17...19 | 40...60 | 0,3 | ~760 |
| Теплий | 20...22 | 40...60 | 0,4 | ~760 |

Зрівнюючи дані параметри з параметрами мікроклімату на ділянці цеху (табл. 4.1) можна зробити припущення, що не потрібно проводити додатковий розрахунок спеціальних засобів зміни мікроклімату для цієї ділянки цеху.

При MIG/MAG зварюванні в зону дихання людини будуть потрапляти зварювальні домішки, що містять у собі окисли різноманітних металів (Mn, Cr, Ni, Cu, Ti, Al, Fe, W і ін.). Ось ці окисли й інші з'єднання, а також токсичні гази (окис вуглецю, азот, фтористий водень та інші). При використанні MIG/MAG зварювання у середовищі вуглекислого газу (CO₂) на 1 кг наплавленого металу виділяється в середньому: 8...15 г пилу; 0,2...1,8 г окислів Mn; 0,02...2 г окислів Cr; 0,1...0,5 г окислів Ni; 2,7 г окислів C; 0,062 г окислів N [10].

Сучасне промислове освітлення висуває високі вимоги не тільки з гігієнічної точки зору, але й з технічної та економічної. Достатнє однорідне світло повинно бути забезпечене тільки на робочій поверхні, але і в навколишньому просторі. Освітлення робочого місця повинно відповідати зоровим вимогам роботи відповідно до санітарних норм праці.

При природному освітленні повинні бути передбачені затіняючі пристрої(жалюзі, козирки, люмінесцентні склоблоки, склопластик) для запобігання потрапляння в приміщення прямих сонячних променів і створення різких тіней. Рівень освітленості повинен бути постійним протягом тривалого часу. У полі зору не повинно бути прямих і відбитих відблисків. Необхідно дотримуватися оптимальної спрямованості світлового потоку. Необхідний спектральний склад світла повинен бути підібраний таким чином, щоб забезпечити правильну передачу кольору.

Газорозрядні лампи слід використовувати в першу чергу для освітлення промислових об'єктів, незалежно від використовуваної системи освітлення, оскільки вони більш економічні і мають більші переваги в освітленні в порівнянні з лампами розжарювання.

Мінімальна величина освітленості встановлюється за умовами зорової роботи, що визначаються мінімальним розміром об'єкта розрізнення, контрастом

між об'єктом і фоном та характеристикою фону. Роботи, що виконуються робітниками, відносяться до робіт з низькою точністю і віднесені до розряду 5.

Основними джерелами механічного шуму та вібрації є каналні та напівавтоматичні зварювальні апарати (двигуни, редуктори та механізми з окремими кінематично пов'язаними рухомими елементами, що викликають тертя та зіткнення). Джерелами аеродинамічного шуму є електромагнітні шуми від вентиляторного обладнання, трансформаторів, випрямлячів та інших електричних машин. У цьому випадку вібрація незначна через низьку швидкість і відносно великі розміри рухомих частин.

Випромінювання під час зварювання відбувається автоматично, тому шкідливі ультрафіолетові промені мало впливають на організм людини, але кінець осі захищений листовим металевим екраном, щоб повністю захистити зварювальника. Інфрачервоне випромінювання: покриття поверхні у внутрішніх порожнинах. За цих умов використовується режим зварювання низьким струмом (а отже, низька тепловіддача), а час зварювання відносно короткий. Це означає, що небезпека від теплового випромінювання не є смертельною і не впливає на організм людини.

На робочому місці використовується обладнання та прилади з мережевим живленням 220 В та 380 В. Основними причинами ураження електричним струмом є випадковий дотик до струмоведучих частин або наближення до них на небезпечну відстань, потрапляння напруги на металеві конструктивні частини (корпуси, кожухи) електрообладнання внаслідок пошкодження ізоляції або з інших причин, потрапляння напруги при відключенні струмоведучих частин, які обслуговує обслуговуючий персонал, в результаті випадкового включення обладнання, якщо воно знаходиться під напругою, або при короткому замиканні в електричному кабелі і подачі напруги на площину землі.

Промислові установки є особливо небезпечними з точки зору ураження електричним струмом. Основним фактором, що визначає ступінь ураження людини електричним струмом, є його інтенсивність, яка визначається за трьома

критеріями: пороговий бетонний (5-7 мА постійного струму), пороговий нерозрядний (50-80мА) і пороговий оптоволоконний (до 300 мА) [10].

Джерелами травм на даній ділянці можуть бути рухомі частини пристрою.

За вибухопожежною та пожежною небезпекою наші будівлі належать до категорії "Г" (негорючі речовини, а також гарячі та розплавлені речовини з виділенням тепла, іскор, полум'я, горючих газів і рідин). Клас вогнестійкості "1" (вогонь не поширюється на основні конструкції будівлі).

При обладнанні зварювальних апаратів балонами не допускається носити балон на плечі, навіть на короткі відстані. Існує ризик травмування, зіткнення з твердими предметами або вибуху балону. Не нагрівайте замерзлі балони або СО₂-редуктори полум'ям пальника або струменем пари; можна відігрівати балони водою при температурі 20-25°C. Під час роботи зріджений СО₂ буде випаровуватися. Балони необхідно встановлювати на відстані не менше 5 м від найближчого електронагрівального приладу. На робочому місці балони повинні бути розміщені вертикально в спеціальних шафах або стелажах або розміщені і закріплені горизонтально.

4.2 Моделювання процесу формування і виникнення травмонебезпечної ситуації під час зварювання

Одним з основних методів моделювання небезпечних ситуацій є графічне схематичне логічне моделювання потенційних аварій, травм і катастроф. Цей метод базується на створенні робочих (операторських) схем, відмов і помилок в різних системах. Для того, щоб визначити ймовірність настання травматичної аварійної події, дані повинні бути оброблені математично. Метою такого розрахунку є зниження виробничого травматизму.

Шляхом вивчення моделі процесу та ймовірності настання травматичних та аварійних подій від початку небезпечного процесу до настання небезпечного результату. Якщо проводиться розслідування, то завжди можна знайти події (явища), які спричиняють травмонебезпечні та аварійні ситуації.

Розглянемо нещасний випадок на виробництві, що стався під час автоматичного зварювання. У цьому випадку працівник може бути травмований внаслідок ураження електричним струмом, отруєння токсичними газами або опіків. Основні події розміщуються у верхній частині аркуша, а інші події - зверху вниз. У моделі головна подія має форму кола. Непояснені основні події зображені у вигляді ромбів, а прямокутники - як події, що відбуваються в результаті дії факторів.

Математичний процес моделі починається з крайньої лівої гілки, події якої пронумеровані знизу вгору, починаючи з головної події і закінчуючи головною подією. Значення подій відображаються безпосередньо в символах відображення подій. Ймовірність виробничих подій визначається виробничими даними. Наприклад, базовою подією є "охорона праці". Щоб визначити ймовірність, необхідно визначити, наскільки (%) завод має ідеальний рівень адекватного управління. Якщо цей рівень управління встановлений на рівні 20% або 30%, то ймовірність становить 0,2 і 0,3 відповідно [2]. Якщо управління не здійснюється, ймовірність "не здійснюється" дорівнює 1; якщо управління є повним, відповідна ймовірність дорівнює 0. Для математичного обчислення ймовірності випадкової події в логічній імітаційній моделі використовується наступне рівняння, як зазначено.

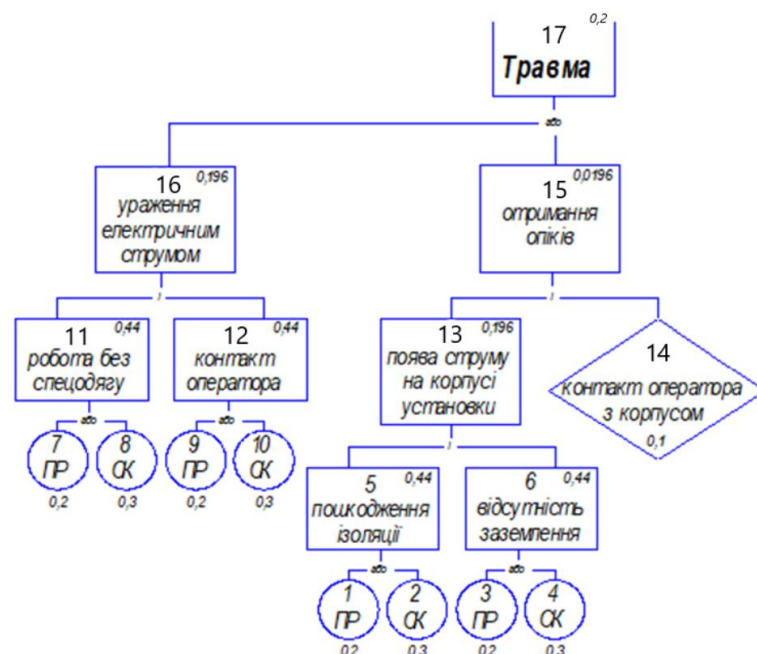


Рисунок 4.1 - Модель процесу формування та виникнення травми

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} , буде рівною події P_5 , оскільки базові події для них є однаковими.

Ймовірність події P_{13}

$$P_{13} = P_5 \cdot P_6 = 0,44 \cdot 0,44 = 0,194 \quad (4.2)$$

Ймовірність події P_{15}

$$P_{15} = P_{13} \cdot P_{14} = 0,194 \cdot 0,1 = 0,0194 \quad (4.3)$$

Ймовірності подій P_{16} буде рівною події P_{13} , оскільки події P_5, P_6, P_{15}, P_{16} рівні між собою.

Ймовірність події P_{17}

$$P_{17} = P_{15} + P_{16} - P_{15} \cdot P_{16} - P_{15} \quad (4.4)$$

$$P_{17} = 0,0194 + 0,194 - 0,0194 \cdot 0,194 - 0,0194 = 0,2$$

Таким чином, на робочому місті під час зварювання елементів металоконструкцій автоматом для зварювання в середовищі захисних газів за наявності і можливості виникнення існуючих небезпек та небезпечних діях на 100 робочих місць ймовірність виникнення травмонебезпечної ситуації становить 0,20 (20 %).

Такий середній показник пояснюється великою кількістю небезпечних факторів та високими вимогами щодо кваліфікації працівників, якості виконання технологічного процесу та умов безпеки праці.

4.3 Шляхи покращення безпеки праці

Для оздоровлення повітряного середовища в зварювальному цеху передбачені такі заходи:

- місцевий відсмоктувач;
- загально обмінна приточно-витяжна вентиляція.

Застосування місцевої витяжної вентиляції засновано на уловлюванні і видаленні шкідливих речовин безпосередньо у джерела їхніх утворень. У системі приточно-витяжної вентиляції повітря надається в помешкання приточною вентиляцією, а видаляється витяжною, працюючими одночасно. Місце для забору свіжого повітря вибирається з урахуванням переважного напрямку вітру, удалині від місць забруднень.

Відповідно до чинних норм штучне освітлення повинно бути не менше 300лк. Рекомендується збільшити освітленість до 350-400лк. Для якісного освітлення робочих місць передбачені такі заходи:

- коефіцієнт природної освітленості варто приймати не нижче 1,28% при верхньому і комбінованому освітленні, і не нижче 1% при бічному освітленні;

- використання газорозрядних джерел світла, що дають можливість підвищити рівень освітленості на місцях зварювальних робіт до 150лк, при загальному освітленні без додаткових витрат електроенергії;

- обмеження прямого відбитка за рахунок добору конструкцій світильників; очищення світильників і вікон не рідше 1 разу в 3 місяця; фарбування стін титановим або цинковим білилом із високим коефіцієнтом відбитка для видимого світла і з низьким коефіцієнтом відбитка для ультрафіолетового світла.

Для захисту від ультрафіолетового випромінювання застосовуються:

- екранування робочих місць ширмами, щитами;
- спеціальне малювання приміщень (фарбами світлого забарвлення з додавання оксиду цинку);

- засоби індивідуального захисту (захисні щитки або маски зі спеціальними світофільтрами, що відповідають інтенсивності випромінювання, відповідно до 12.4.080-79).

- засоби індивідуального захисту (спецодяг який не підтримує горіння, стійкого до променистої енергії матеріалу, світофільтри згідно нормам стандартів.

Для захисту від шуму передбачено:

- зниження рівня вібрації в джерелі за рахунок зменшення невірноваженності обертаючихся має допустиме балансуванням відповідно до ГОСТ22061 -76, використання підшипників ковзання замість кочення, що дозволяє зменшення рівня вібрацій у шпindelьних вузлах;

- віброізоляція машин, обладнання за рахунок використання гумових ізоляторів;

- пасивна ізоляція звуку (вібро-ізольована підлога, підставки на робочих місцях). У результаті рівень вібрації L знижується на 37% (ГОСТ26568-85).

Крім цього передбачені:

- архітектурно-інженерно планувальні заходи: доцільне розміщення робочих місць, місця шумозахисту;

- організаційно-технічні заходи: використання обладнання з малим рівнем шуму.

Балони слід зберігати в спеціальному приміщенні, а в разі зберігання на відкритому повітрі - під накриттям для запобігання від атмосферних явищ і прямих сонячних променів. У робочій зоні наповнені газом балони повинні бути закріплені по середині ланцюгами або хомутами.

Загальні вимоги до зварювального обладнання з електробезпеки:

- ступінь захисту джерел струму для дугового зварювання та шаф керування, призначених для роботи у закритих приміщеннях, повинна бути IP11 по ГОСТ 14254–69;

- напруга холостого ходу джерел струму для дугового зварювання при номінальній напрузі в мережі не повинно перевищувати: 100 В ефективного значення – для джерел струму постійного струму.

- обмежувач напруги повинен знижувати напругу холостого ходу на вихідних обжимах зварювального ланцюгу до значення, що не перевищує 12В, не пізніше, ніж через 1 с після розмикання зварювального ланцюгу.

- номінальна напруга двигунів зварювальної установки не повинно перевищувати 42В змінного струму чи 110В постійного.

- на видимому місці корпусу зварювального випрямляча класів захисту 01 и 1 по ГОСТ 12.2.007.0–75 повинен бути напис «Без заземлення не включать!».

- шланг для подачі зварювального дроту від механізму подачі до пальника шлангового напівавтомату для дугового зварювання повинен бути покритий електроізоляційним матеріалом.

- Електричні вироби з точки зору безпеки мусять відповідати вимогам ГОСТ 2.2.007.0-75.

Відповідно до ГОСТів: 12.2.007.0 – 75; 12.1.019 – 79; 12.2.007.8 – 75; для зварювального обладнання необхідно виконати:

- установку ізоляційних огорожень та інших засобів, що забезпечують недоступність струмоведучих частин;

- надійна ізоляція частин, що знаходяться під струмом від випадкового дотику рук зварника до зварювальних виробів. Опір ізоляції окремої ділянки мережі не менш ніж 0,5 МОм;

- вибір електрообладнання з урахуванням категорії, груп вибухонебезпеки сумішей, рівня і виду вибухо-пуску (ГОСТ 18620 – 73, ГОСТ 12.2.020 - 76).

Так як у даному випадку маємо електромережу з глухо-заземленою нейтраллю, а максимальна напруга не перевищує 1 кВ, найбільш придатним та економічно доцільним засобом є система захисного нуля тобто занулення.

Пожежна безпека (за ГОСТ 12.1.004-85) забезпечується:

- запобіганням спалаху ізоляції при короткому замиканні за рахунок максимального захисту від діючого струму;

- застосування пожежної сигналізації з датчиком диму тощо;

- при організації технологічного процесу дотримання всього спектру вимог електростатичної безпеки ГОСТ 12.1.018-79.

При автоматичному зварюванні з використання діоксиду вуглецю допускається розлітання розплавленого металу, яке може призвести до виникнення пожежі, тому легкозаймісті предмети повинні знаходитись від робочих місць на 5м. Пошкодження кабелів зможе призвести до створення пожежі, тому в таких приміщеннях вона повинна бути в ПВХ гофрах або метало

рукаві. Первинними пристроями гасіння пожежі на робочому місці є протипожежні щити, пожежний гідрант, вогнегасники (ВП-9, ОП-1).

Робоче місце повинно бути обладнано засобами колективного й індивідуального захисту працюючих працівників від небезпечних чинників пожежі і проти-димного захисту. При виникненні пожежі працівники евакуюються через проходи в сусідні помешкання і через хвіртки на вулицю.

Електроустаткування в цеху відповідає класу зони пожаро- і вибухово-безпеки (нормального виконання).

Висновки за розділом

Для захисту навколишнього середовища використовуються наступні досягнення наукового прогресу в області екологічної інженерії. Повітря очищається від викидів двоступеневою фільтрацією з використанням фільтр грубої очистки, який затримує частинки бруду до 100мкм на першому етапі та тканини FPP-15(фільтрація частинок бруду 15мкм) на другому етапі, з ефективністю очищення 0,99, що зменшує шкоду навколишньому середовищу на 18-24%.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Аналіз конструкції зварювального апарата TPS 2700 СМТ показав можливість його використання в різних технологічних процесах зварювання завдяки наявності значної кількості методів та режимів MIG/MAG та ММА зварювання. Його органи керування дозволяють швидко налаштувати необхідні параметри процесу, є досить інформативними та зручними. Однак, інформація, відображена в інструкції з експлуатації зварювального апарату, не завжди дозволяє швидко підготувати джерело живлення до роботи.

З поміж можливих способів зварювання, які може забезпечувати зварювальне джерело TPS 2700 СМТ особливої уваги заслуговують режими MIG/MAG зварювання. Проаналізувавши його функціональні можливості встановлено можливість виконання механізованого зварювання у восьми різних режимах, серед яких імпульсне та синергетичне зварювання, зварювання з холодним перенесенням металу та звичайне ручне MIG/MAG зварювання.

Розглянувши особливості налаштування кожного з доступних процесів зварювання було сформовано чіткий алгоритм послідовності та меж регулювання параметрів роботи джерела живлення, а також сформовано практичні рекомендації щодо підготовки його до роботи.

В результаті досліджень функціональних можливостей зварювального джерела TPS 2700 СМТ отримані залежності параметрів його роботи на ефективність та якість процесів зварювання. Встановлено, що значення сили зварювального струму, швидкості подачі дроту та напруги зварювання залежать від товщини зварюваних деталей та діаметра дроту. Крім того дані залежності мають різний характер для різних режимів зварювання. Також встановлено, що значення досліджуваних параметрів суттєво впливають на форму та розміри зварних швів.

Отримані результати досліджень можуть бути використані під час розробки практичних рекомендацій щодо особливостей використання зварювального апарата TPS 2700 СМТ на різних зварювальних операціях.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Березін Л.Я., Хоменко М.М., Карпенко А.С. Засоби технологічного оснащення зварювального виробництва. Навчальний посібник. Чернігів: ЧДТУ, 2003. 142 с.
2. Городецький І. В, О. Тимочко. 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. Драган С.В., Лабарткава А.В. Практикум зі зварювання: Навчальний посібник. Миколаїв: НУК, 2008. 68 с
5. ДСТУ 2456-94. Зварювання дугове і електрошлакове. Вимоги безпеки. [Чинний від 1995-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 1994. 48 с.
6. ДСТУ EN ISO 14171:2015 Зварювальні матеріали. Дроти електродні суцільні й порошкові та комбінації дрiт електродний/флюс для дугового зварювання під флюсом нелегованих та дрібнозернистих сталей. Класифікація (EN ISO 14171:2010, IDT; ISO 14171:2010, IDT): http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=82838.
7. ДСТУ ISO 14175:2004 Матеріали зварювальні. Захисні гази для дугового зварювання та різання (ISO 14175:1997, IDT): http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=50209
8. Квасницький В. В. Спеціальні способи зварювання. Навчальний посібник. Миколаїв: УДМТУ, 2003. 437 с.
9. Контроль якості та технічна діагностика зварних конструкцій. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для підготовки бакалаврів з прикладної механіки за спеціалізацією «Технології та устаткування зварювання». /Укл. Болотов Г.П., Болотов М.Г. Чернігів: ЧНТУ, 2019. 31 с.

10. Пістун І.П., Березовецький А.П., Городецький І.М. Охорона праці на автомобільному транспорті: Навчальний посібник. Львів: «Тріада плюс», 2009. 320 с.
11. Чертов І.М. Зварні конструкції: підручник. Київ: Арістей, 2006. 376 с. ISBN 966-8458-88-5.
12. 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.
13. Швець О. П. Технології та обладнання зварювання металів і пластмас. Методичні рекомендації до виконання практичної роботи на тему «Вивчення конструкції та органів керування зварювального апарата Trans Puls Synergic 2700 CMT» студентами ОС «Бакалавр» спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування», 208 «Агроінженерія», 274 «Автомобільний транспорт», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Дубляни: ЛНУП, 2023. 15 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.
15. 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>