

УДК 621.791.4.03

Матвієнків О. М.

### ПРИВАРЮВАННЯ МАНЖЕТІВ ТА РОЗТРУБІВ ДО ТРУБ ПМТП-150 ДУГОКОНТАКТНИМ ЗВАРЮВАННЯМ З МАГНІТНИМ КЕРУВАННЯМ ДУГИ

Збірно-розбірні польові магістральні трубопроводи ПМТП-150 використовуються для перекачування нафти, нафтопродуктів, води, рідких відходів та інших рідин у великих об'ємах на малі та середні відстані. Зокрема при умовному діаметрі трубопроводу 150 мм і робочому тиску 6,0 МПа, можна перекачувати до одного мільйона тон нафти (нафтопродуктів) за один рік.

Фахівці перераховують наступні якості металевих збірно-розбірних трубопроводів ПМТП-150, що обумовлюють ефективність їх застосування в нафтогазовій галузі при освоєнні малих і середніх родовищ:

- високі темпи спорудження лінійної частини при відносно невеликих об'ємах трудовитрат;
- здатність до прокладення і експлуатації в будь-яких природно-кліматичних умовах, на місцевості з рельєфом різної складності при мінімальному об'ємі проектно-дослідницьких і інженерних робіт, внаслідок чого до мінімуму знижується шкідлива дія будівництва на довкілля;
- наявність високоефективної і низькозатратної технології спорудження, простота підготовки обслуговуючого персоналу;
- автономність експлуатації незалежно від наявності зовнішніх джерел енергопостачання;
- висока надійність і екологічна безпека;
- модульність конструкції, можливість спорудження трубопровідних ліній різної протяжності;
- низька собівартість транспортування та інші.

При прокладанні трубопроводів ПМТП-150 труби з'єднуються з'єднанням в розтруб (рис. 1).



Рис. 1. З'єднання трубопроводу ПМТП-150

1 – труба; 2 – раструб; 3 – манжета; 4 – пористе гумове кільце; 5 – металеве фіксує кільце; 6 – гумове ущільнює кільце

Основною проблемою при експлуатації цих трубопроводів є зношування манжетів та розтрубів, тому що дані трубопроводи є тимчасовими і їх досить часто приходится монтувати та демонтувати. При зношуванні манжети або розтруба доводиться виводити з експлуатації цілу трубу, при цілком придатному тілі труби, що є економічно не вигідно.

Одним із шляхів вирішення даної проблеми є відрізання пошкоджених манжетів і розтрубів та приварювання нових.

Метою даної роботи є дослідження процесу дугоконтактного зварювання з магнітним керуванням дуги та його застосування для приварювання манжетів і розтрубів до труб ПМТП-150.

Труби для польових магістральних трубопроводів виготовляють із низьколегованої сталі марки 16ГС, діаметром 150 мм та товщиною стінки 4 мм, а для запобігання впливу корозії їх оцинковують.

Для зварювання труб малих діаметрів найбільш часто застосовують наступні способи зварювання: ручне дугове, напівавтоматичне та автоматичне в захисних газах, газове, контактне стикове. Перспективним способом зварювання для приварювання манжетів та розтрубів до труби може бути дугоконтактне зварювання з магнітним керуванням дуги.

В Україні вперше процес дугоконтактного зварювання з магнітним керуванням дуги почали досліджувати та впроваджувати на початку 70-х років минулого століття, професор Гаген Ю. Г., а також науковці ІЕЗ ім. Є. О. Патона. Хоча цей спосіб не набув широкого застосування він має ряд переваг при зварюванні труб невеликих діаметрів. Такими перевагами є автоматизація процесу зварювання, висока продуктивність зварювання, малий час зварювання, відсутність зварювальних матеріалів.

Суть процесу дугоконтактного зварювання базується на переміщенні електричної дуги в щілині стику труб поперечним магнітним полем. Для створення магнітного поля на стику труб встановлюються постійні або електричні магніти (рис. 2) [1, 2].

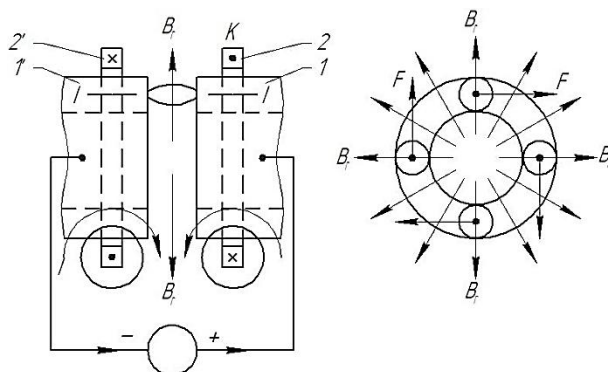


Рис. 2. Схема процесу дугоконтактного зварювання з магнітним переміщенням дуги: 1 та 1' – зварювані труби; 2 та 2' – обмотки електромагнітів

Зварювані труби, з щілиною між торцями, та електромагніти розташовуються на одній вісі в затискних пристроях машини. Електромагніти створюють магнітні потоки, які спрямовані на зустріч один одному. Внаслідок чого, в щілині між трубами створюється складова індукція магнітного поля. Дугу збуджують між кромками труб при взаємодії струму дуги  $I$  та радіальної складової магнітного поля  $B_r$ , що створює зусилля  $F$ , яке надає дузі обертального руху. Ця сила є перпендикулярною до струму дуги та напрямку магнітного поля і заставляє дугу переміщуватись по поверхні торців зі швидкістю до 280 м/с. При багаторазовому обертанні дуги по торцях труб вони рівномірно розігріваються по всьому периметру [3].

Процес зварювання виконується шляхом нагрівання торців труб до стану пластичної деформації металу, після чого проводиться їх осаджування.

Основним параметрам даного процесу, що впливає на його продуктивність є швидкість обертання дуги. Суттєвий вплив на швидкість обертання дуги має індукція магнітного поля в щілині між деталями та зварювальний струм. При рівних значеннях радіальної індукції в щілині збільшення зварювального струму мало впливає на швидкість переміщення дуги. Швидкість переміщення дуги зростає нелінійно зі збільшенням радіальної індукції в щілині та зварювального струму. Головною причиною нелінійного характеру цієї залежності є зростання аеродинамічного опору зі зростанням швидкості переміщення дуги [1, 2, 4].

При постійній щілині між трубами, зварювальному струмі та радіальній індукції в щілині, швидкість дуги буде тим більшою чим менша товщина стінки труби. Така залежність пояснюється тим що зі зменшенням товщини стінки збільшується питома потужність джерела нагріву, зростає температура електродних поверхонь та рухливість дуги [4].

Зміна величини щілини між деталями в межах допустимих для запалювання та стійкого горіння дуги, не впливає на зміну її швидкості.

Необхідною умовою отримання якісного зварного з'єднання є надійне збудження та стійке горіння дуги протягом всього періоду нагріву до зварювальної температури. Збудження дуги полегшується зі збільшенням напруги холостого ходу джерела живлення. Мінімально допустима напруга складає 50 В.

Результатами досліджень багатьох вчених було встановлено що характеристики дуги є падаючими, тому джерело живлення повинно володіти падаючою зовнішньою характеристикою, а також повинно забезпечувати високу швидкість наростання зварювального струму [2, 4].

Стійкість горіння дуги залежить також від радіальної індукції магнітного поля в щілині, та зварювального струму. Кожному значенню зварювального струму відповідає певне значення радіальної індукції в щілині, що забезпечує рух дуги з наростаючою силою в початковий період її обертання. При радіальній індукції, меншій за відповідне значення, в початковий період спостерігається блукання дуги по її торцях і вона гасне. Зі збільшенням зварювального струму стійкість дуги підвищується. При надмірно сильних полях стійкість дуги порушується і її викидає із щілини.

Суттєвий вплив на дугу має також повздовжня складова магнітного поля, яка деформує стовп дуги. При значній деформації дуги джерело струму не може забезпечити потрібну для стійкого горіння дуги напругу і дуга гасне. Тому повздовжня складова повинна бути по можливості невеликою, а зустрічні магнітні поля були симетричними в просторі щілини.

Стабільність горіння дуги також суттєво залежить від величини щілини та її рівномірності по периметру. Відхилення розмірів щілини від номінальних може привести до обриву дуги, або до короткого замикання зварювального кола, а його нерівномірність по периметру до неоднакових механічних властивостей по периметру труби.

Формування з'єднань при дугоконтактному зварюванні має ряд особливостей основною з яких є те що швидкість обертання дуги значно перевищує швидкість плавлення металу а відповідно і швидкість зварювання. Через велику швидкість переміщення дуги за один її оберт оплавляється дуже мала ділянка труб а розміри ділянки оплавлення збільшуються, із розвитком процесу зварювання, до утворення рідкої плівки по всьому периметру. При дугоконтактному зварюванні в процесі нагріву потрібно забезпечити на торцях зварюваних труб появу рідкої плівки розплавленого металу, достатньої для надійного захисту металу зварюваних труб від окислення. Крім того рідка плівка не повинна закристалізуватись до закриття стику при осаджуванні. Величина зусилля осадки повинна забезпечувати видалення розплаву та окислів зі стику [1, 4].

Для дугоконтактного зварювання труб ІЕЗ ім. Є. О. Патона розроблено ряд установок, але враховуючи особливості форми приварюваних розтрубів та манжетів, а саме можливості їх фіксування в зварювальній машині, було розроблено спеціалізовану експериментально-промислову установку для приварювання манжетів та розтрубів до труб ПМТП-150. Схема зварювальної установки показана на рис. 3.

Конструкція даної установки дозволяє встановлювати трубу та розтруб або манжет на одній вісі за рахунок використання спеціальних фланців. Поперечне магнітне поле створюється котушками електромагнітів, які є включеними в зварювальне коло і живляться від зварювального випрямляча ВКСМ-1000.

Для створення зусилля осадки використовується гідравлічна система, яка складається із гідронасоса з розподільником та двох гідроциліндрів.

Основною проблемою при стиковому зварюванні труб є наявність внутрішнього та зовнішнього грату після осадки. Зовнішній грат ніякого негативного впливу крім естетичного вигляду зварного з'єднання не має, а внутрішній грат буде впливати на пропускну здатність труби.

Тому для зняття внутрішнього грату в конструкції зварювальної установки передбачено спеціальний гратознімач. Видалення внутрішнього грату відбувається за рахунок його витискання гратознімачем відразу після завершення процесу осадки.

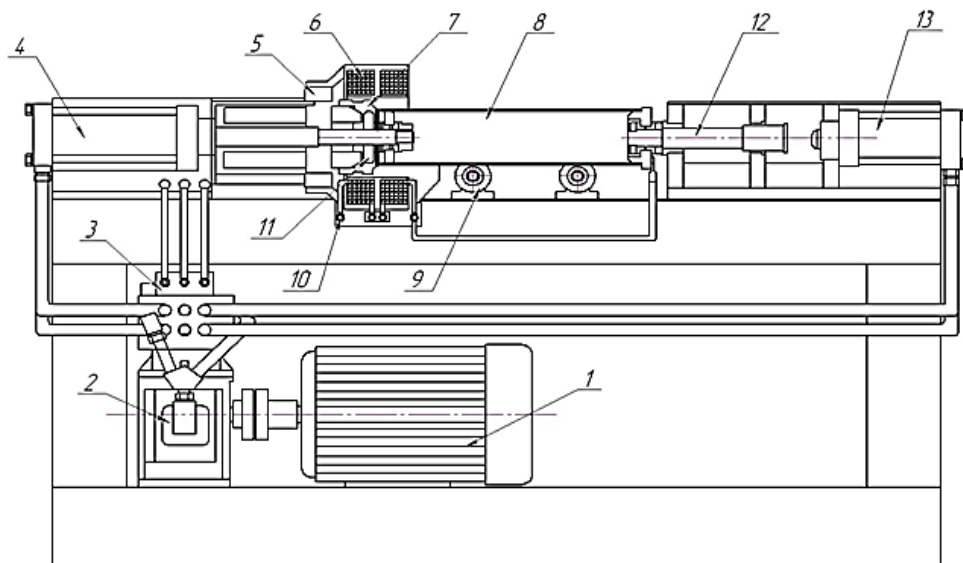


Рис. 3. Схема дослідно-промислової установки:

1 – електродвигун; 2 – гідронасос; 3 – гідророзпридільник; 4, 13 – гідроциліндри; 5 – кронштейн; 6 – котушка електромагніту; 7 – розтруб; 8 – труба; 9 – опорні ролики; 10 – клеми; 11 – фланець; 12 – шток

Застосування дугоконтактного зварювання з магнітним керуванням дуги для приварювання манжетів та розтрубів до труби має ряд вагомих переваг у порівнянні з іншими способами зварювання, а саме:

- висока продуктивність зварювання за рахунок великої швидкості обертання дуги та швидкого розігріву зварюваних кромки;
- відсутність зварюваних матеріалів на відміну від дугових способів зварювання;
- мале споживання електроенергії у порівнянні зі стиковим зварюванням оплавленням;
- можливість повної автоматизації процесу зварювання;
- немає необхідності залучення зварників високої кваліфікації;
- зварні з'єднання виконані даним способом відрізняються високою якістю та стабільними механічними властивостями.

## ВИСНОВКИ

Дугоконтактне зварювання з магнітним керуванням дуги є найбільш оптимальним способом для приварювання манжетів та розтрубів до труб ПМТП-150. Застосування цього способу дозволить значно скоротити час ремонту труб, знизити трудомісткість процесу (за рахунок його автоматизації) та енергетичні затрати, при цьому забезпечуючи необхідну міцність зварних з'єднань.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гаген Ю. Г. Сварка магнитоуправляемой дугой / Ю. Г. Гаген, В. Д. Таран. – М. : Машиностроение, 1970. – 160 с.
2. Сварка и свариваемые материалы. Справочник в 3-х томах. Т. 2. Технология и оборудование / [под. общей ред. В. Н. Волченко]. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1996. – 574 с.
3. Кучук-Яценко С. И. Пресовая сварка магнитоуправляемой дугой труб и трубопроводов из высокопрочных сталей нефтяного сортамента / С. И. Кучук-Яценко, В. С. Качинский, М. П. Коваль // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2011. – № 4. – С. 36–43.
4. Квасницький В. В. Спеціальні способи зварювання : навчальний посібник / В. В. Квасницький. – Миколаїв : УДМТУ, 2003 р. – 437 с.

Стаття надійшла до редакції 11.10.2012 р.