

# ТЕХНОЛОГІЯ ПІДВОДНОГО ЗВАРЮВАННЯ ЗДВОЄНИМ ЕЛЕКТРОДОМ

Вінницький національний технічний університет

## *Анотація*

*Запропоновано технологію підводного зварювання здвоєним електродом, яка дозволяє запалювати дугу як над поверхнею води і проводити зварювальні роботи на невеликій глибині, так і в товщі води, для зварювання на більших глибинах. Встановлено, що при використанні електродів типу Е 42-46 для мокрого зварювання низьковуглецевих конструкційних сталей формуються шви з структурою атермічного мартенситу з малою твердістю.*

**Ключові слова:** зварювання під водою, здвоєний електрод, структура, атермічний мартенсит.

## *Abstract*

*The technology of underwater welding dual electrode that allows light curve as of the water and carry out welding works in shallow water and in the water column, welding at great depths. It is established that the use of electrodes such as E 42-46 wet welding low carbon structural steel joints formed with martensite structure athermanous low hardness.*

**Keywords:** welding underwater, dual electrode structure, athermanous martensite.

## Вступ

Підводне зварювання знайшло широке застосування як при виготовленні трубопроводів для газо-нафтопереробної галузі так і в ремонтному виробництві завдяки своїй оперативності та простоті виконання [1, 2]. Однак воно має значні труднощі як технологічного так і металургійного характеру. Технологічні труднощі полягають у необхідності забезпечення герметичності обладнання та матеріалів для запалювання дуги під водою, що потребує використання трубчастих електродів і додаткового обладнання для подачі газу, що створює міхур у якому запалюється дуга. Металургійні труднощі зумовлені воднево-кисневою атмосферою парогазового міхура, який формується уже в процесі зварювання під водою і сприяє окисленню легуючих елементів та насиченню металу зварювальної ванни воднем, а прискорене охолодження навколишньою водою призводить до його затримки в металі шва і утворенню гартівних структур [3].

## Результати дослідження

Для підводного зварювання використано технологію зварювання здвоєним електродом, яка полягає в розміщенні електродів паралельно один одному і підключення їх до клем джерела живлення змінного струму (рис. 1) [4, 5]. Така технологія дозволяє запалювати дугу між електродами над водою і заглиблювати її на невелику глибину до місця зварювання. Запалювання дуги під водою можливо за допомогою осцилятора. В такому випадку кінці електродів необхідно ізолювати, наприклад термоклеєм, із забезпеченням повітряного каналу між їх торцями. Після запалення дуги електроди наближають до деталей. Як тільки відстань між електродами і виробом стає меншою за відстань між самими електродами дуга починає горіти між електродами і деталлю, що дозволяє виконувати як зварювання так і різання металу.

Реалізація такого способу підводного зварювання можлива з використанням звичайних штучних електродів з попередньо нанесеним на їх поверхню водовідштовхувальним ізоляційним покриттям. Однак підводне зварювання окрім технологічних труднощів, має ряд металургійних пов'язаних з насиченням металу зварювальної ванни воднем та прискореним охолодженням. Для дослідження впливу цих факторів були проведені експерименти із використанням для підводного зварювання електродів марок АНО-21, МР-3, УОНИ 13/45. Всі вони дозволяють формувати у воді якісний зварний шов з металічним блиском характерним аустенітним нержавіючим сталям. Однак

проведеними металографічними дослідженнями було встановлено, що всі вони мають структуру подібну атермічному мартенситу (рис. 2).

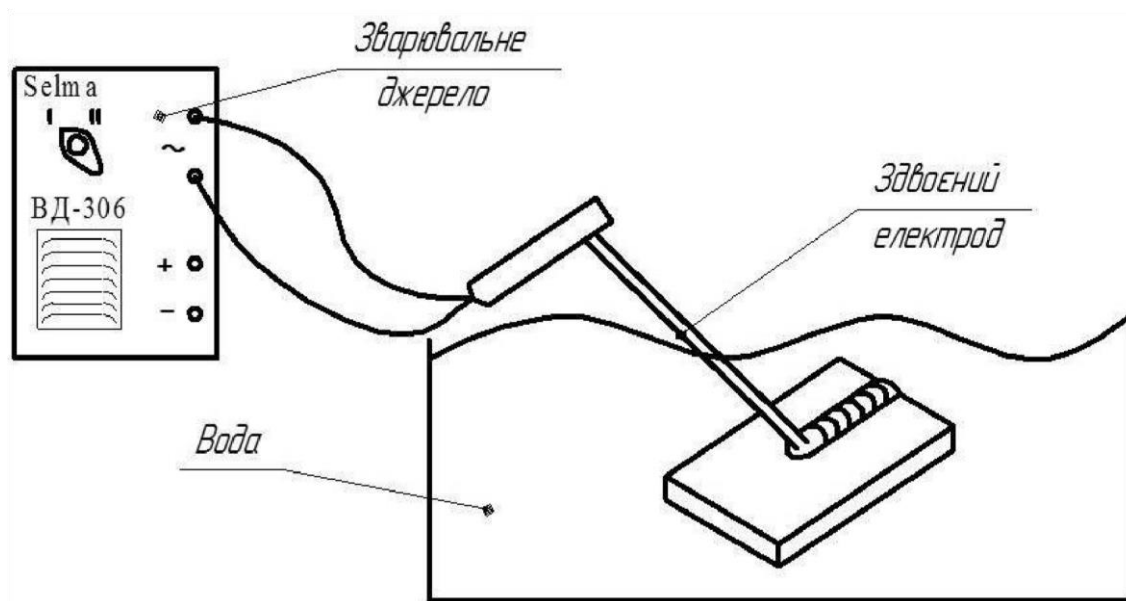


Рис.1. Схема зварювання здвоєним електродом

Загальновідомо, що високовуглецеві сталі з мартенситною структурою мають високу твердість і малу пластичність. Твердість мартенситу залежить від вмісту вуглецю в сталі і мало змінюється від наявності легуючих елементів. Крихкість сталі збільшується зі збільшенням вмісту вуглецю і укрупненням мартенситних голок [3]. Однак високу твердість мартенситу Г. В. Курдюмов, наприклад, пояснює дрібноблочною будовою мартенситних кристалів, межі яких сильно ускладнюють переміщення дислокації. Проте сильно розвинена блокова структура загартованої низьковуглецевої сталі є основною причиною її високої статичної міцності, а роль вуглецю в цьому незначна. Ним встановлено, що в загартованій низьковуглецевій сталі при деформації дислокації деяких типів відрізняються великою рухливістю. Вони сприяють деформації сталі без утворення при цьому тріщин. Ці висновки мають істотне значення для встановлення здатності зварних швів заварених під водою нести експлуатаційні навантаження. Проведені нами дослідження мікротвердості показали, що лише поверхневі шари мають порівняно високу твердість  $HV = 750 \dots 780$  МПа натомість мікротвердість усього перерізу шва становить лише  $HV = 210 \dots 260$  МПа.



Рис.2. Структура металу шва

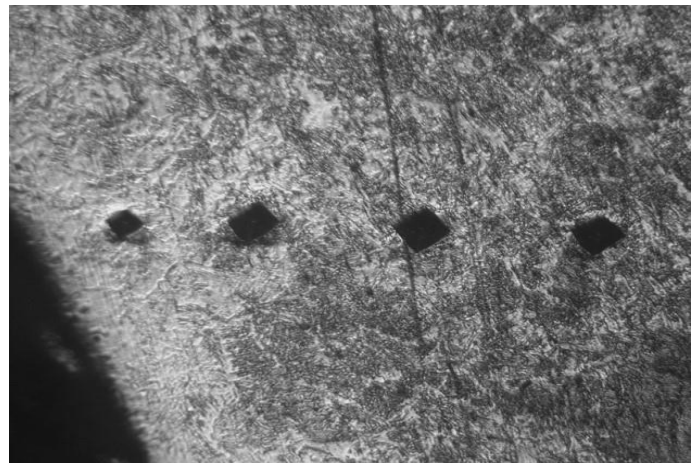


Рис.3. Вимірювання мікротвердості металу шва

## Висновки

Запропонована технологія двоелектродного підводного зварювання штучними електродами типу E42-46 на ряду зі своєю простотою у використанні показала високу ефективність при виконанні зварних з'єднань на різній глибині. Отримані з'єднання мають високу якість і структуру з невеликою твердістю по глибині, що дозволяє робити висновок про придатність запропонованої технології до використання у промисловості.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. McKeown D., Abson D. Wet welding repairs // Shipping World and Shipbuilder. — 2006. — 207, № 5. — P. 24–26, 28.
2. Rowe M., Liu S. Recent developments in underwater wet welding // Sci. and Technology of Welding & Joining. — 2001. — 6, № 6. — P. 387–396.
3. Максимов С. Ю. Мокрая подводная сварка низколегированных сталей повышенной прочности / С. Ю. Максимов, И. В. Ляховая // Автоматическая сварка. - 2013. - № 8. - С. 43-46. - Режим доступа: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/as\\_2013\\_8\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/as_2013_8_8).
4. Бакалець Д. В. Електродотримач для зварювання здвоєним електродом [Електронний ресурс] / Д. В. Бакалець, В. М. Тарасюк // Тези доповідей IV-ої міжнародної інтернет-конференції «Проблеми довговічності матеріалів, покриттів та конструкцій». – Вінниця : ВНТУ, 2016. – Ч. 1. - С. 19 – 20. - Режим доступу : [http://conference.vntu.edu.ua/pdmpk/2016/tezy\\_tpz-2016.pdf](http://conference.vntu.edu.ua/pdmpk/2016/tezy_tpz-2016.pdf).
5. Бакалець Д. В. Конструкція електродотримача для зварювання здвоєним електродом [Електронний ресурс] / Д. В. Бакалець, В. М. Тарасюк // Матеріали XLV Науково-технічної конференції ВНТУ, Вінниця, 23-24 березня 2016 р. - Електрон. текст. дані. - 2016. - Режим доступу: <http://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2016/paper/view/1042>

**Бакалець Дмитро Віталійович** —ст. викладач, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, email: [BacaletsDima@gmail.com](mailto:BacaletsDima@gmail.com).

**Вергелес Василь Володимирович** — студент групи 13В–13б, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [illintsi1@gmail.com](mailto:illintsi1@gmail.com);

**BacaletsDmutro V.** — P. teacher, VinnytsiaNationalTechnicalUniversity, Vinnitsa, e-mail: [BacaletsDima@gmail.com](mailto:BacaletsDima@gmail.com).

**VehelesVasyl V.** — studentof 1 Zv-13b, FacultyofEngineeringandTransport, VinnytsiaNationalTechnicalUniversity, Vinnytsia,e-mail: [illintsi1@gmail.com](mailto:illintsi1@gmail.com);