

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи № 11 «Дослідження якості захисту
при аргоно-дуговому зварюванні титану»
з дисципліни «Теорія процесів зварювання» для студентів
спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання

2017

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 11
«Дослідження якості захисту при аргоно-дуговому зварюванні
титану» з дисципліни «Теорія процесів зварювання» для студентів
спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання / Укл.:
О.Є. Капустян, Р.А. Куликовський – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. - 10 с.

Укладачі: О.Є. Капустян, ст. викладач;
Р.А. Куликовський, канд. техн. наук, доцент
Рецензент: М.Ю. Осіпов, канд. техн. наук, доцент
Редактор: І.П. Аверченко
Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено
на засіданні кафедри ОТЗВ
Протокол № 8 від 27.03.2017

Рекомендовано до видання
НМК ІФФ
Протокол № 8 від 15.04.2017

1 МЕТА РОБОТИ

Вивчити особливості технології зварювання активних металів та сплавів на прикладі титану; визначити умови якісного захисту зварювальної ванни, шву, пришовної зони та кореню шву; визначити вплив відстані сопла пальника від поверхні та витрат аргону на якість захисту по плямі нагріву.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Головною умовою отримання якісних зварних з'єднань з титану є захист від взаємодії з повітрям не тільки розплавленого металу зварного шву, а і дільниць металу, які нагріваються вище 350°C - температури активного поглинання газів з повітря: кисню, азоту, водню як з лицевої, так з кореневої сторони шву.

Титан починає взаємодію з киснем та воднем при температурах вище 350° С, з азотом - вище 400° С. Насичення газами дуже окрихчує титан і є головною причиною руйнування зварних виробів з титану та його стопів. У зв'язку з цим, необхідно налагоджувати щільний захист зони зварювання, обмеженої температурою вище 350° С. Основним візуальним показником якості захисту є срібно-металевий колір зварного з'єднання. Колір від солом'яного до сірого визначає насиченість металу газами.

Азот різко підвищує міцність і знижує пластичність титану. При температурі 800° С утворюється нітрид титану, температура плавлення якого досягає 2950° С. Тому максимальний вміст азоту в титанових сплавах не повинен перевищувати 0,04-0,05 %.

Водень, навіть при малому вмісті у титані, сприяє підвищенню крихкості і негативному впливу кисню й азоту на здатність титану поглинати велику кількість водню призводить до утворення гідриду титану (TiH₂). При нагріванні проходить розпад гідриду титану та відновлюється ударна в'язкість. Гідриди, що накопичуються усередині зерен і на їх межах, мають великий об'єм, що викликає появу тріщин. Водень також є джерелом утворення пор. Тому для зварювання необхідно використовувати сплави з мінімальною кількістю водню (не

більше 0,010 %), а електродний дріт піддавати відпалу.

Вуглець сприяє зниженню пластичності титану та його сплавів. Низька розчинність його в титані (декілька десятих відсотка) призводить до виділення карбідів, підвищення міцності й зниження пластичності.

У результаті активності титану до поглинання кисню, азоту та водню при зварюванні необхідний особливо надійний захист від цих газів. Такий захист здійснюється при дуговому зварюванні в інертних газах (аргоні, гелії) або флюс-пастою, яку наносять на кромки зварюваних деталей.

Технічний титан з'єднують аргонодуговим, дуговим під флюсом, зварюванням тиском та ін. способами.

Для зварних виробів використовують технічний титан, який містить домішки кисню, азоту, водню, марок ВТ1-00, ВТ1-0 та сплави титану із домішками алюмінію, олова, марганцю, ванадію, церію, марок ВТ5, ВТ5-1, ВТ6, ВТ8, ВТ14.

Вимоги до технології складання титанових виробів і присаджувального матеріалу.

Конструкції з титану та його сплавів необхідно складати з особливою відповідальністю тому, що точність складання й чистота кромки визначають якість зварного з'єднання.

Для захисту від окиснення зворотного боку з'єднання та зменшення деформацій вироби складають на сталевих або мідних підкладках, через середню частину яких при зварюванні продувають інертний газ. При цьому забезпечують щільне прилягання кромки до підкладки по всій довжині.

Складати рекомендують у пристосуваннях, а за їх відсутності застосовують прихватки. Деталі з технічного титану - без присадки, а леговані титанові сплави прихватують тільки із використанням присаджувального металу. Довжина прихваток становить 30-50 мм, крок — 300 мм, їх виконують із зворотного боку шва для уникнення перегріву. На початку і в кінці стику прихватують технологічні пластини, призначені для запалювання дуги і виводу кратера. Зазор — не більше 0,3-0,5 мм, а притуплення кромки — не більше 10 % товщини металу.

Зварювальний дріт, прутки та пластини повинні мати чисту, не насичену воднем і не забруднену маслом поверхню. У випадку забруднення присаджувальний метал чистять піскоструминною

обробкою, протравлюють або застосовують механічну обробку.

Для зручності зварювання дрiт рубають на стержні довжиною 300-400 мм. Дрiт діаметром від 1,2 до 7,0 мм постачають після вакуумного відпалу при температурі 900-1000° С протягом 4 год.

Ручне зварювання титану вольфрамовим електродом використовують для коротких криволінійних швів. При товщині титану 0,5-1,5 мм зварювання виконують без присаджувального металу і без зазору; при товщині 1,5-4,0 мм у деяких випадках застосовують присадку; при товщині понад 4 мм виконують розчищення кромки із застосуванням присаджувального металу за декілька проходів. Підготовка кромки вказана в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Підготовка кромки при аргонодуговому зварюванні титану неплавким електродом

Стикове з'єднання	Товщина металу, мм	Зазор, мм	Притуплення, мм	Кут розчищення, град
Без скосу кромки	До 4	До 0,5	-	-
З V-подібним розчищенням	4-10	0,4-1	1,5-2	70-90
З X-подібним розчищенням	10-25	1-2,5	1,5-2	50-70
З U-подібним розчищенням	>25	>2,5	1,5-2	30

Захисний газ повинен подаватися до початку запалювання дуги. Зварюють поверхневою або зануреною дугою (для деталей товщиною понад 3 мм). При зварюванні поверхневою дугою довжина її повинна бути в межах 0,5-2 мм. При зварюванні зануреною дугою електрод занурюють у кратер і переміщують по лінії шва. Коли товщина металу більше 3 мм, зварюють у декілька проходів без коливальних рухів із наступним охолодженням до температури 100° С і зачищенням металу після кожного проходу.

Ознакою задовільної якості зварювання титану та його сплавів є відсутність кольорів мінливості на поверхні шва. Темні кольори мінливості аж до синього свідчать про недостатній захист металу при зварюванні.

Для зварювання титану товщиною 3 мм в якості присаджувального металу використовують технічний титан марки

BT1. При більшій товщині і для зварювання титанових сплавів, які мають границю міцності більше 900 МПа, використовують присаджувальний метал, за хімічним складом наближений до основного металу або легований алюмінієм (марки BT5) та іншими елементами.

Зварні з'єднання, виконані ручним аргонодуговим зварюванням, піддають відпалу для запобігання появи тріщин. Температура відпалу зварних деталей із титану BT1, OT4-1 становить 550-600°C, із титану марок BT5, BT5-1, OT4, BT4, OT4-2 - 600-650° С. Витримування при відпалі дорівнює 20-40 хв, охолодження — на повітрі.

Режими ручного аргонодугового зварювання вольфрамовим електродом титанових сплавів наведено в табл. 2.2

Таблиця 2.2 - Орієнтовні режими аргонодугового зварювання стикових з'єднань титанових сплавів

Товщина металу, мм	Діаметр вольфрамового електрода, мм	Діаметр присаджувального дроту, мм	I _{зв} , А	U _д , В	Витрата аргону (л/хв) для захисту	
					дуги	зворотного шва
	Без розчищення кромки					
0,8	1,0	0,8-2,0	30-50	12-15	8-12	3-4
1,0	1,0-1,5	1,0-2,0	40-60	12-15	8-12	3-4
1,5	1,5	1,0-2,0	60-80	14-16	8-12	3-4
2,0	1,5-2,0	2,0	90-100	14-16	10-12	3-4
2,5	2,0	2,5-3,0	110-120	14-16	10-12	3-4
3,0	2,0	2,5-3,0	120-140	14-16	12-14	3-4
	V-подібна підготовка кромки під кутом 60°					
4,0	2,0	2,5-3,0	120-130	14-16	12-12	3-4

Використовується зварювання титану неплавким електродом із застосуванням флюсів-паст (АН-ТА, АН-Т17А, АН-Т23А та ін.).

Деякі технологічні вказівки зі зварювання титану та його сплавів вольфрамовим електродом в аргоні наведені нижче.

1. Зварювання здійснювати постійним струмом при прямій полярності.

2. Запалювання дуги здійснювати дотиком вольфрамового електрода о виріб, що зварюється, причому тільки при наявності газового захисту.

3. При наплавленні валика вольфрамовий електрод розташовувати під кутом $70-85^{\circ}$ до поверхні виробу, що зварюється, а присадний матеріал під $90-100^{\circ}$ до осі електрода.

4. Виліт вольфрамового електрода має бути рівним 6-8 мм. Довжина дуги повинна підтримуватися постійною в межах 1-2 мм.

5. Присадний матеріал вводити в зону зварювання рівномірно, без поперечних коливань, спираючись кінцем стержня на край зварювальної ванни. Нагрітий кінець присадного стержня не повинен виводитися із зони газового захисту.

6. Пальник переміщати рівномірно-поступально без поперечних коливань.

7. Гасити дугу слід вимиканням зварювального струму кнопкою, на пальнику, попередньо заплавити кратер.

8. Припиняти подачу захисного газу через пальник і відведення її від виробу здійснювати лише через 5-10 с після потемніння шва.

9. При багатопрхідному зварюванні після кожного проходу здійснювати ретельну зачистку зварних швів від окисної плівки.

Для захисту зворотної сторони шва добре підганяють мідні і сталеві підкладки, які залишаються, підкладки з технічного титану, в яких (або в кишнях уздовж зварного шва) по спеціальних канавках піддувають аргон.

При виконанні кутових і напусткових з'єднань великогабаритних виробів, коли піддув аргону ускладнений, зварювання можна робити без захисту зворотної сторони шва на ділянках довжиною 15-20 мм з перервами при мінімальному розігріві зварюваних елементів.

З КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Що становить основні труднощі зварювання титану?
2. Як впливає повітря на властивості зварних з'єднань із титану?
3. Які загальні технологічні труднощі виникають при зварюванні активних металів?

4. Які методи використовуються для захисту зони зварювання?
5. Які захисні гази використовуються при зварюванні титану?
6. Для яких технологічних випробувань може використовуватися методика досліджень по плямі нагріву?

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

1. Пластини з титану.
2. Установка аргано-дугового зварювання УДГУ-251.
3. Балон з аргоном ГОСТ 949-73.

5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. До лабораторної роботи допускаються студенти після інструктажу з охорони праці та пожежної безпеки.
2. Забороняється вмикати електричні прилади та обладнання без дозволу завідуючого лабораторією або викладача.
3. У випадку виявлення неполадок обладнання студент мусить негайно повідомити викладача або завідуючого лабораторією.
4. У випадку виникнення пожежі або ураження електричним струмом, студенти повинні діяти у відповідності із затвердженою інструкцією № 47 з охорони праці та пожежної безпеки.

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Вплив відстані сопла від поверхні та витрат аргону треба досліджувати по плямі нагрівання. При перевірці по плямі нагрівання вольфрамовий електрод повинен знаходитися перпендикулярно поверхні деталі, яку треба ретельно зачистити до металевого блиску.

Запалити дугу і держати її, доки розмір плями розплавленого металу не стане більше $\varnothing$ 10 мм. Згасити дугу і охолоджувати розплавлений метал під струмом захисного газу не менше 15 с. Після повного охолодження провести огляд плями та зони навколо її, дати опис кольору металу. Якщо поверхня має срібно-металевий колір - добре; жовтий, синій або сірий - недопустимо.

2. Відстань від сопла до деталі змінювати у межах 5, 10, 15, 20, 25 мм. Зробити висновки.

3. Вплив розходу аргону Q на якість захисту досліджувати у межах 2, 5, 10, 15, 20 л/хв. Результати іспитів занести до табл. 6.1.

Таблиця 6.1- Результати досліджень

№	Умови проведення досліджень			Оцінка результатів, колір		Оцінка якості захисту
	I _{зв} , А	Q, л/хв	l, мм	шву	КШЗ	

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Тема та мета роботи.
2. Технологічні вказівки зі зварювання титану та його сплавів.
3. Результати досліджень у вигляді табл. 6.1.
4. Детальний аналіз отриманих результатів.
5. Висновки з поясненнями.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. - М.: Машиностроение, 1974. – 240 с.
2. Шоршоров М.Х. Металловедение сварки сплавов титана. - М.: Наука, 1965. – 330 с.
3. Гуревич С.М. Справочник по сварке цветных металлов. - К.: Наукова думка. - 1981. - 608 с.

4. Теория сварочных процессов / Под ред. В.В. Фролова. - М.: Высшая школа, 1988. – 560 с.
5. Багрянский К.В. и др. Теория сварочных процессов. - К.: Вища школа, 1976. - 502 с.
6. Петров Г.Л., Тумарев А.С. Теория сварочных процессов. Учебник для вузов. Изд. 2-е перераб. - М.: Высшая школа, 1977. - 302 с.
7. Новожилов Н.М. Основы металлургии дуговой сварки в активных защитных газах. - М.: Машиностроение, 1972. - 230 с.