

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторної роботи № 15
з дисципліни «Теорія зварювальних процесів» для студентів напрямку
підготовки 6.050504 «Зварювання» для всіх форм навчання

2016

Методичні вказівки до лабораторної роботи № 15 з дисципліни «Теорія зварювальних процесів» для студентів напряму підготовки 6.050504 «Зварювання» для всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. - 10 с*.

Укладач: О.Є. Капустян, ст. викладач
Рецензент: А.О. Шумілов, канд. техн. наук, доцент
Коректор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено
на засіданні кафедри ОТЗВ
Протокол № 8 від 1.06.2016

Затверджено
на засіданні НМК ІФФ
Протокол № 10 від 21.06.2016

* Методичні вказівки складено на основі «Методичних вказівок до виконання лабораторних занять з дисципліни «Теорія зварювальних процесів» для студентів спеціальності: 6.092301 для всіх форм навчання / Укл.: Ю.М. Ткаченко»

ЗМІСТ

1 МЕТА РОБОТИ.....	4
2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	4
3 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ.....	9
4 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ	9
5 ЗМІСТ ЗВІТУ	10
6 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ.....	10
7 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ	10

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ЗАХИСТУ ПРИ АРГОНО-ДУГОВОМУ ЗВАРЮВАННІ ТИТАНУ

1 МЕТА РОБОТИ

Вивчити особливості технології зварювання активних металів на прикладі титану; визначити умови якісного захисту зварювальної ванни, шву, колошовної зони та кореню шву; визначити вплив відстані сопла горілки від поверхні та розходу 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°C , з азотом - вище 400°C . 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°C . 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°C утворюється нітрид титану, температура плавлення якого досягає 2950°C . 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 (TiO_2). 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, зварювання тиском (дифузійним та ін.)

Для зварних виробів використовують технічний титан, який містить домішки кисню, азоту, водню марок ВТ1-00, ВТ1-0 і з 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 виробу складають на сталевих або мідних підкладках, через середню частину яких при зварюванні продувають інертний газ. При цьому забезпечують щільне прилягання кромки до підкладок 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 й 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 дріт рубають на стержні довжиною 300-400 мм. Дріт 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 ВТ1. 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 ВТ5) та іншими елементами.

Зварні з'єднання, виконані ручним аргонодуговим зварюванням, піддають відпалу для запобігання появи тріщин. Температура відпалу зварних деталей із титану ВТ1, ОТ4-1 становить 550-600°С, із титану марок ВТ5, ВТ5-1, ОТ4, ВТ4, ОТ4-2 - 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 кромок						
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 кромок 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 виробляти постійним струмом при прямій

полярності.

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

3. при наплавленні валика вольфрамовий електрод розташовувати йод 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. Присадочний матеріал вводити в зону зварювання рівномірно, без поперечних коливань, спираючись кінцем стержня на край зварювальної ванни. Нагрітий кінець присадочного стержня не повинен виводитися з 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 багатопрохідному зварюванні після кожного проходу виробляти 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 нахлесточних сполук великогабаритних виробів, коли піддув аргону утруднений, зварювання можна робити без захисту зворотної сторони шва на ділянках довжиною 15-20 мм з перервами при мінімальному розігріві зварюваних елементів.

3 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

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

4 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Вплив відстані сопла від поверхні та розходу 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/мін. Результати іспитів занести до табл. 4.1.

Таблиця 4.1- Результати досліджень

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

5 ЗМІСТ ЗВІТУ

У звіті навести умови виконання досліджень та результати у вигляді табл.; висновки з поясненнями.

6 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

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?

7 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 повинен негайно повідомити викладача або завідуючого лабораторією.
4. У випадку виникнення пожежі або поразки електричним струмом, студенти повинні діяти у відповідності з затвердженою інструкцією № 47 з охорони праці та пожежної безпеки.