

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи № 2

«Дослідження особливостей будови і зварювання композитних матеріалів, маючих основу кольорових металів» з дисципліни «Зварювання різномірних і композитних матеріалів» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітня програма «Технології та устаткування зварювання» всіх форм навчання

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 2 «Дослідження особливостей будови і зварювання композитних матеріалів, маючих основу кольорових металів» з дисципліни «Зварювання різнорідних і композитних матеріалів» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітня програма «Технології та устаткування зварювання» всіх форм навчання / Укл.: О.Г. Биковський, – Запоріжжя, Національний університет «Запорізька політехніка», 2020 – 9 с.

Укладач: О.Г. Биковський, проф., д.т.н.
Рецензент: Ю.М. Савонов, доц., к.т.н.
Відповідальний за випуск: О.Г. Биковський, проф., д.т.н.

Затверджено
на засіданні кафедри ОТЗВ
Протокол № 2 від 31.08.2020 р.

Рекомендовано до видання
НМК ІФФ
Протокол № 1 від 04.09.2020р.

1 МЕТА РОБОТИ

При виконанні лабораторної роботи студенти повинні вивчити призначення, будову і склад композитних матеріалів (КМ), ознайомитися з сучасними методами зварювання КМ, технологією і технікою ведення процесів зварювання.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

КМ дозволяють реалізувати комплекс протилежних властивостей - високу міцність і жорсткість при розтягненні і стисканні з високими показниками витривалості і роботи руйнування у поєднанні з низькою питомою густиною. Це матеріали, утворені з двох чи більшої кількості інгредієнтів, наприклад, металева матриця, зміцнена безперервними або короткими волокнами, ниткоподібними кришталами, частинками і т.і. Матричний сплав передає навантаження на несучі волокна і перерозподіляє їх, перешкоджає розповсюдженню тріщин через переріз деталі, формує волокна і захищає їх від зовнішнього впливу.

В якості матриць (табл.) для металевих КМ в найбільшій мірі застосовується алюміній, магній, титан, нікель і кобальт. У свою чергу зміцнюючі компоненти завдяки високій температурі плавлення, малій густині, відсутності фазових перетворень в зоні робочих температур, мінімальній розчинності в матриці і т.і. надають КМ спеціальні властивості. Це високоміцні, високомодульні волокна, ниткоподібні вуса, частки карбідів і оксидів металів, дисперсійнозміцнюючі компоненти, псевдосплави і т.і.

Дисперсійно зміцнювані композитні матеріали (ДЗМК) мають в матриці рівномірно розподілені дрібнодисперсні частки іншої речовини. При навантаженні всі зусилля сприймає матриця, в якій більшість практично нерозчинених часток зміцнюючої фази утворює структуру, яка ефективно протистоїть пластичній деформації.

При створенні сучасних об'єктів нової техніки виникає необхідність використання не тільки окремих вузлів, виготовлених з КМ, але і поєднання їх між собою, а також з однорідними матеріалами, що пов'язано з певними труднощами.

Хімічний склад сплавів для матриць

Марка сплаву	Вміст елементів, % (мас.)											
ВЖ98	0,1	0,7	25	осн.	0,4	0,6	15,7		0,4			
ЭК64	0,05	0,21	24,7	осн.	0,56		3,3		0,34	0,1		0,02
Н6ПЛ	0,01							осн.				
Н6ЦУ	0,11							осн.			1,2	
ВТ1-0	0,07	0,1		од		осн.			0,18			

2.1 Температура плавлення матриці лежить у межах 600- 1700 °С, а зміцнювача - 1500-2500 °С, що призводить при зварюванні плавленням до порушення цілостності зміцнювача, можливості вступу до хімічної реакції між ним і матричним сплавом, наслідком чого може бути насичення зварного шва газами і утворення крихких інтерметалідних сполук. В результаті КМ втрачає свої властивості.

2.2 Армування матричного сплава змінює характер розповсюдження тепла в матриці, що залежить від розташування армуючих волокон і їх об'ємної частки. Це вимагає ретельного контролю введення тепла при зварюванні, що досягається введенням присадного металу, який, розплавляючись, захищає верхні шари зміцнювача від впливу високотемпературної дії джерела нагріву, проникає і змочує нижчележачі волокна. Деякі волокнисті матеріали, наприклад, бор, графіт, Al_2O_3 не змочуються присадними металами, сумісними з матричними сплавами. Зварювання таких КМ ведеться із зазором і відповідними присадними металами. Так, проблема поганої змочуваності вуглецевих волокон вирішується шляхом добавок цинка або хрому, які взаємодіють з вуглецевими волокнами до утворення карбідів, маючих кращу змочуваність.

2.3 Значна різниця в коефіцієнтах теплоємності і теплопровідності, а також в коефіцієнтах лінійного розширення матриці і зміцнювача, що спонукає виникненню значних температурних напружень. Останні виникають також в процесі зварювання тиском навіть без підігріву внаслідок різних значень модулів пружності складових компонентів.

2.4 На відміну від традиційних матеріалів міцність КМ залежить від безперервності волокон по всій площині в напрямку, поперечному основній вісі напружень, а при порушенні цієї умови при зварюванні, майже повністю втрачаються механічні властивості КМ.

2.5 При зварюванні деталей з накладками або внапустку внаслідок концентрації напружень знижуються міцнісні характеристики і збільшується вага виробу з КМ.

Тому при виборі способу зварювання і призначенні технології і техніки виконання зварювальних робіт необхідно забезпечити одержання безпористого зварного з'єднання без втрати міцності, без розплавлення зміцнювача, без взаємодії компонентів КМ між собою. Спосіб зварювання має бути придатним також для зварювання КМ з однорідними металами. Серед металічних КМ найбільше розповсюдження отримали алюмінієві і магнієві сплави, армовані борними волокнами марок ВКА-1, ВКА-2, ВКМ-1, вуглецевими волокнами марки ВКУ-1, сталевим дротом марок КАС-1, КАС-1А, тонкими волокнами або вусами з карбіду кремнію і т.і. КМ на мідній основі з волокнами ніобію, арматури з вольфраму чи молібдену, зміцнення її тугоплавкими оксидами (Al_2O_3 , BeO , ThO_2) використовуються в електротехніці у виробництві напівпровідників, т.і. Армування титана і його сплавів волокнами карбіда кремнія, бора і вуглеця, а також металевими дротами дозволяє збільшити діапазон робочих температур до 700- 800 °С.

Зварювання плавленням КМ хоча і є найбільш технологічним способом їх поєднання, але і дуже складним, що пов'язано із розшаруванням в пришовній зоні і пористістю. Причиною останнього явища є волога повітря, реагуюча з алюмінієвим порошком з утворенням гідратів або гідрооксидів під час виготовлення КМ. Достатній рівень властивостей з'єднань КМ може бути досягнутий при зварюванні плавленням при таких умовах:

- слід вибирати способи і режими, які забезпечують мінімальне тепловкладення в зону зварювання;
- використовувати цей спосіб тільки для КМ, які складаються із сумісних компонентів (легкі сплави, армовані керамічними наповнювачами або наповнювачами з бар'єрними покриттями);
- застосовувати присадні матеріали або матеріали проміжкових прокладок з легуючими добавками, які обмежують розчинення

армуючого компонента і утворення крихких продуктів міжфазної взаємодії в процесі зварювання і подальшої експлуатації зварних вузлів. Так, при зварюванні КМ систем AlSiC , Al-C доцільним є використання присадок з більшим вмістом кремнія, цирконія, титана або інших карбідоутворюючих елементів,

попереджаючих утворення карбіда Al_4C_3 , а при зварюванні КМ $\text{Al-Al}_2\text{O}_3$ присадок з магнієм;

- для отримання рівномірності при зварюванні дисперсійно-зміцнених КМ доцільно використовувати присадки, які вміщують відповідні керамічні компоненти з об'ємною часткою 15-25%;
- волокнисті і шаруваті КМ доцільно зварювати внапустку при співвідношенні довжини перекриття до товщини матеріала більше 20, такі з'єднання можуть бути додатково підсилені заклепочними або болтовими з'єднаннями.

КМ, армовані частинками, короткими волокнами, нитковидними кришталами можна зварювати встик при виборі відповідних способів, зварювальних матеріалів і режиму зварювання, а також при умові, що КМ виготовлені методами рідиннофазової технології. Якщо ж вони виготовлені методом порошкової металургії, то в зоні зварювання можливо утворення ділянок підвищеної пористості, особливо, на границі сплавлення, і міцність таких з'єднань знижується. Тому перед зварюванням треба проводити вакуумну дегазацію для вилучення водню, оскільки при розплавленні КМ у більшості випадків порушується їх первинна структура, що призводить до зниження або різкого змінення фізичних і механічних властивостей, важливо розподілити їх в залежності від особливостей міжфазної взаємодії. Це дозволяє сформулювати критерії, по яким можна оцінити зварюваність КМ.

Так, якщо компоненти КМ при плавленні утворюють однорідну рідину, а в твердому стані практично нерозчинені одне в одному (системи Al-Be , Ti-Mg), при їх плавленні і кристалізації одержується однорідна гетерогенна структура з чередуючимися частками матриці і зміцнювача. Зварювання плавленням таких матеріалів дає можливість отримати зварний шов з властивостями, майже не відрізняючимися від основного матеріалу, тому що конструкція композита спотворюється в найменшій мірі.

Якщо компоненти при розплавленні і кристалізації мають

обмежену або необмежену розчиненість (системи Ni-W, Al-Si), утворюються тверді розчини з евтектикою і перитектикою або з плавно змінюючоюся концентрацією. Як і в попередньому випадку, властивості зварного шва близькі до основного матеріалу.

Якщо компоненти КМ взагалі не взаємодіють при зварюванні у зв'язку з великою різницею в температурах плавлення (системи Al-Be-Mg, Fe-Cu-Pb), вони зварюються погано, необхідно вживати спеціальні прийоми для запобігання випарювання більш легкоплавкого компонента.

Якщо компоненти КМ не змішуються у рідинному стані (системи Al-Pb, Fe-Cu-Pb), зварювання плавленням їх неможливе, тому що зварні з'єднання легко руйнуються по місцю сплавлення. Найбільше розповсюдження отримали КМ на алюмінієвій матричній основі АД1 і АМг6, КАС-1А з армуючими волокнами із сталевого дроту діаметром 0,15 мм і ВКА-2 з армуючими волокнами з бору $\varnothing$ 0,15 мм з об'ємною часткою волокон 25-40%, а також АМг5+12% SiC дисперсійно зміцнюваний композитний матеріал (ДЗКМ). Як матриця, можуть застосовуватися і інші алюмінієві сплави.

3. ЗАВДАННЯ НА ПІДГОТОВКУ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ.

Перед виконанням слід ознайомитися з літературними джерелами по темі роботи, зробити необхідні виписки із джерел.

4 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

4.1 Яка необхідність у композитних конструкційних матеріалах?

4.2. Як будуються КМ, що є основою, а що наповнювачем, які їх функції?

4.3. Які труднощі виникають при зварюванні КМ?

4.4. Які основні технологічні підходи існують при зварюванні КМ?

4.5. Яку техніку зварювання використовують, щоб уникнути

пошкодження наповнювачів?

5. МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

5.1. Зразки КМ.

5.2. Структури зварних швів і перехідних зон.

6. ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

Сумлінно виконувати всі вимоги техніки безпеки згідно з існуючою інструкцією у лабораторії зварювання плавленням.

7. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

7.1 Користуючись даними літературних джерел, призначити варіанти зварювання КМ різних сплавів: форму підготовки кромок, проміжкових вставок, спосіб і параметри режиму зварювання, послідовність виконання зварних швів.

7.2 Описати структуру утворених зварних швів КМ.

8. ЗМІСТ ЗВІТУ

8.1 Сутність підходу до технології зварювання композитних матеріалів.

8.2 Форми підготовки кромок до зварювання.

8.3 Структури зварних швів КМ.

9 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Пилиповский Ю.Л. Композиционные материалы в машиностроении. К.: «Техника» 1990, – 141 с.
2. Сварка композиционных материалов: Обзор / В.Р.Рябов. – Киев.: ИЭС им. Патона, 1990, – 60 с.
3. Лавренко А.С. Механічні властивості шаруватого композиційного матеріалу Nb-Ti-Mo, армованого волокнами із вольфраму. Металознавство та обробка металів – 2000. – №1. – с. 53 – 57.
4. Ольшанецкий В.Н., Шнякин В.Н., Лавренко А.С. Исследование технологии получения листовых жаропрочных металлокомпози́тов методом импульсной сварки. Металловедение и термическая обработка – 2001. №10. – с. 9 – 13
5. Ольшанецкий В.Е., Виниченко В.С., Коробко А.В., Лавренко А.С. Высокотемпературные металлокомпози́ты для тонкостенных оболочек. Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні Науковий журнал ЗНТУ. – 2005. №1 – с. 81 – 86.
6. Биковський О.Г. Зварювання та різання кольорових металів: Довідковий посібник. – К.: Основа, 2011. – с. 392.