

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи № 1

«Дослідження металургійних і технологічних умов створення
різнорідних з'єднань» з дисципліни «Зварювання різнорідних і
композитних матеріалів» для студентів спеціальності 131 «Прикладна
механіка» освітня програма «Технології та устаткування зварювання»
всіх форм навчання

2020

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 1 «Дослідження металургійних і технологічних умов створення різнорідних з'єднань» 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

Вивчити загальну методику підходу до рішення задачі зварювання пар різнорідних металів, ознайомитися з теоретичними основами утворення різнорідних зварних з'єднань.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Часто оптимальні експлуатаційні властивості виробів можна одержати лише при умові використання окремих зварних вузлів з різнорідних металів. Це дає можливість найбільш повно реалізувати властивості, притаманні кожному окремому металу. Так, шляхом поєднання зварюванням алюмінію з міддю, можна суттєво скоротити витрати дефіцитної міді, особливо, при виготовленні струмоведучих деталей електромашин, трансформаторів, шинопроводів, енергоємних агрегатів і т.і.

В електрохімічній промисловості, гальванотехніці для електролітичного очищення кольорових металів потребується використання спеціальних виробів – титаномідних катодів і титаноалюмінієвих анодів електролізерів, а також трубчастих перехідників, біметалевих кронштейнів, які складаються з титанових труб з кінцівками із алюмінієвих сплавів і т.і.

Дуже ефективним є поєднання конструкційних сталей з титаном і алюмінієм, що дає можливість значно знизити вагу конструкції (у суднобудуванні) і підвищити корозійну стійкість плакованої емної конструкції (у хімічній промисловості, целюлознопаперовому виробництві і т.і). Використання таких комбінованих вузлів взагалі дозволяє створювати принципово нові види конструкцій, раніше відсутніх.

При зварюванні різнорідних металів з'являються труднощі, пов'язані з особливістю їх взаємодій у рідкому і твердому стані. Вже на стадії розглядання бінарних діаграм стану поєднуваних металів виявляється наявність вкрай обмеженої їх взаємної розчиненості у рідкому і твердому стані з утворенням більшої чи меншої кількості

інтерметалідів, які мають високу твердість і крихкість і руйнуються самі по собі під дією температурних напружень при охолодженні зварного шва.

Ці інтерметаліди виділяються на границі сплавлення основного метала у вигляді суцільного дифузійного прошарку різної товщини, який залежить від температури і часу взаємодії. При невеликій товщині 2-3 мкм прошарок не впливає на міцність зварного з'єднання, при більшій – різко знижує цей показник. Тому металургійні дії при зварюванні треба направляти не тільки на його зменшення, але і на формуванні не суцільної, а переривчастої його будови. Поряд з металургійними труднощами існують і технологічні, пов'язані із значною різницею поєднуємих матеріалів в питомій вазі, температурі плавлення, теплоємності і теплопровідності, а також коефіцієнті лінійного розширення. Останнє дуже суттєво впливає на властивості зварного з'єднання: зварювальні напруження, уникнути яких неможливо, залишаються в ньому, бо зняти їх шляхом термічної обробки неможливо, нагрівання зробить їх ще більшими.

Ці труднощі долаються більш високим попереднім підігріванням метала з меншим коефіцієнтом лінійного розширення, або застосуванням проміжкових металів – компенсаторів, у вигляді метала, наплавленого чи напиленого на зварювані кромки, або біметалевої вставки. Останнє широко практикується при зварюванні у твердій фазі - дифузійному у вакуумі, тертям і т.і.

При зварюванні плавленням треба застосовувати таку технологію і техніку зварювання, при якій потужність джерела нагрівання зміщувалось би у бік більш теплопровідного метала, а більш тугоплавкий метал захищався від розплавлення за допомогою спеціального охолоджуючого пристрою. Такі прийоми лежать в основі способу поєднання різнорідних металів у твердо-рідкому стані під назвою зварювання - паяння, коли один з них має меншу температуру плавлення. Необхідні міцні зв'язки у такому з'єднанні утворюються у процесі змочування рідким металом поверхні твердого металу і подальшою дифузією. Таке зварювання може бути успішним при умові ретельного додержання параметрів режиму і часу контактування між рідким і твердим металом. Нанесення на поверхню твердого металу покриттів, які збільшують цей час, дозволяє розширити діапазон параметрів режиму. Ці покриття вміщують елементи, які не утворюють хімічних сполук зі зварюваними металами

і сприяють гальмуванню дифузійних процесів на границі їх контакту або підвищують взаємну розчиненість елементів, впливаючих на утворення хімічних сполук.

Зварювання у твердій фазі дає найкращі результати при поєднанні різнорідних металів за умовою ведення процесу при температурі не більше 0,4 $T_{пл}$ більш легкоплавкого метала при достатній активації поверхні більш міцного метала.

Для зварювання різнорідних металів використовують ті ж самі види з'єднань, що і для однорідних - стикові, внапустку і кутові, але для максимального зменшення тепловкладення кут розчищення кромки зменшується, і перевага віддається стиковим швам. Поверхні підготовлюються до зварювання відповідно рекомендацій для кожного із зварюваних металів.

Треба мати на увазі, як умови експлуатації таких конструкцій, так і технологію і техніку зварювання з використанням біметалевих перехідників, що вони передбачають перебування шва різнорідного з'єднання при температурі не вище 300-400°C, інакше внаслідок протікання дифузійних процесів буде утворюватися проміжковий прошарок із відповідних інтерметалідів, що у свою чергу призведе до руйнування конструкції.

Дослідження можливості безпосереднього зварювання таких різнорідних композицій, як сталь-алюміній, сталь-титан, сталь-ніобій, алюміній-титан, мідь-титан, і т.і. звичайно починається з розглядання і вивчення діаграми стану основних складових сплаву залізо-алюміній, залізо-титан, алюміній - титан і т.і. При цьому необхідно встановити, які сполуки утворюються у всьому діапазоні концентрацій, їх властивості, структурний стан і т.і.

Виходячи з того, що найкращу зварюваність мають такі метали і сплави, які в необмеженій мірі взаємно розчиняються як у рідкому, так і у твердому стані, треба оцінити реально з цих позицій одержане завдання.

Згідно існуючої теорії, запропонованою А.С. Даркеном і Р.В. Гуррі, взаємна розчиненість елементів визначається подібністю кристалевих ґраток розчинника і розчиненого компонента, різницею в атомних радіусах елементів і величиною електронегативності, яка характеризує енергію зв'язку між двома елементами.

Звичайно по вісі абсцис позначаються атомні радіуси елементів, а по вісі ординат - електронегативність, яка є мірою вимірювання

енергії зв'язку і має розмірність $\sqrt{EB/zv}$ 'язок.

Розчиненість металів визначається таким чином: метали, які знаходяться в межах внутрішнього еліпса з великою віссю розміром $\pm 0,2$ одиниці електронегативності і малою віссю $\pm 8\%$ різниці в атомних радіусах, необмежено розчинені у твердому стані у метали розчинителя, Метали, які знаходяться за внутрішнім еліпсом, але не виходять за межі зовнішнього з великою віссю розміром $\pm 0,4$ одиниці електронегативності і малою віссю $\pm 15\%$ різниці в атомних радіусах, мають обмежену розчинність у твердому стані у металі матриці.

Однак тут можуть бути і винятки. Тверді розчини можуть, утворюватися при достатній подібності у будові електронних оболонок атомів елементів, визначеної тільки однією кількісною характеристикою - електронегативністю. Існує декілька способів її підрахування, які хоча і базуються на різних методиках, але основою їх є валентність елементів. Тому, діаграми розчиненості, які побудовані з використанням різних методик, хоча і можуть мати різне взаємне розташування еліпсів, але завжди однозначно свідчитимуть про реальне співвідношення валентного і розмірного факторів і пов'язаною з ним теоретичною і практичною можливістю розчиненості елементів і їх зварюваності. Інколи можна застосовувати якісь треті проміжкові метали, які мають достатньо великі концентрації розчиненості в обох зварюваних металах, тоді необхідно нанести їх характеристики на побудованих діаграмах і розглянути можливість їх використання.

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 ПІДГОТОВЛЕНОСТІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Яка необхідність у різнорідних зварних з'єднаннях?
2. Які основні труднощі виникають при зварюванні пар різнорідних металів?
3. Яким чином визначається здатність різнорідних матеріалів до зварювання?
4. Що таке електронегативність, як вона визначається?
5. Яким чином долається проблема утворення крихких інтерметалідних фаз?
6. Що таке інтерметаліди, яка природа їх утворення?
7. Що таке евтектика, перитектика?
8. Що таке зварювання-паяння, які особливості протіканню цього процесу?

5 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

1. Зразки різнорідних зварних з'єднань.
2. Структура зварних швів і перехідних зон.
3. Варіанти зварюваних пар металів:
4. Сталь Ст3 + АМг3;
5. Сталь 10Х18Н10Т + ВТ1-0;
6. АМг3 + ВТ 1-0;
7. АМг3+М1;

8. Сталь Ст3 + Цирконій;
9. ВТ1-0 + Ванадій;
10. ВТ1-0 + М1;
11. Сталь Ст3 + М1.

6 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

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

7 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Користуючись даними літературних джерел, побудувати діаграму стану зварювальних матеріалів згідно свого варіанта
2. виконати необхідні розрахунки і креслення
3. сформулювати висновки по темі.

8 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Сутність підходу до технології зварювання різнорідних металів.
2. Діаграми стану зварюваних матеріалів.
3. Креслення еліпсів.
4. Висновки, щодо зварюваності визначених пар і пропозиції по поліпшенню.

9 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Сварка разнородных металлов и сплавов / В.Р.Рябов, Д.М.Рабкин, Р.С.Курочко, Л.Г.Стрижевская. – М.:Машиностроение, 1984, - 239с.
2. Хансен М., Андерко К., Структуры двойных сплавов. – М.: ГНТИЛЧУМ, 1962, - 1488с.
3. Даркен А.С., Гурри Р.В. Физическая химия металлов. – М.: Металлургиздат, 1960. – 563с.
4. Бацанов С.С. Электроотрицательность и эффективные заряды атомов. – М.: Знание, 1971. – 47с.
5. Сварка алюминия и его сплавов с другими металлами / Рябов В.Р. – К.: Наукова думка, 1983. – 264с.
6. Биковський О.Г. Довідник зварника. – К.: Основа, 2014. – 448с.
7. Биковський О.Г. Зварювання та різання кольорових металів. – К.: Основа, 2011. – 392с.
8. Технология и оборудование сварки плавления и термической резки: Учебник для вузов. 2-е издание испр. и доп. / А.И.Акулов, В.П.Алехин, С.И.Ермаков и др. Под редакцией А.И.Акулова. М.: Машиностроение, 2003. – 560с.