

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

«ЗВАРЮВАННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ»

Методичні вказівки до практичних занять
для студентів усіх форм навчання напряму 6.050504 „ЗВАРЮВАННЯ”
Затверджено Вченою радою ЗФ НТУУ «КПІ»

Київ
НТУУ „КПІ”
2013

„Зварювання спеціальних матеріалів”. [Текст]: Методичні вказівки до практичних занять для студентів усіх форм навчання напряму підготовки 6.050504 „Зварювання” / Укладач: Бойко В.П. – К.: 2013. 10с.

*Гриф надано Вченою радою ЗФ НТУУ «КПІ»
(Протокол № 7 від 18.03.2013 р.)*

Навчальне видання

„ЗВАРЮВАННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ”

Методичні вказівки до виконання практичних робіт
для студентів усіх форм навчання напряму 6.050504 „ЗВАРЮВАННЯ”

Укладач: Бойко Віталій Петрович,

Рецензент: Р.М. Рижов, д.т.н. професор

Відповідальний редактор:
д.т.н., професор В.М. Прохоренко

ВСТУП

Вивчення дисципліни „Зварювання спеціальних матеріалів” розраховано на 1 семестр. На цей семестр заплановано виконання домашньої роботи. Заняття спрямовані на відпрацювання методики виконання окремих етапів домашньої роботи, спрямованих на практичну підготовку студента з технології. Тематика практичних занять визначається метою і задачами дисципліни, а саме: *навчити студента розробляти рекомендації з технології зварювання конкретної марки конструкційного матеріалу із числа таких кольорових металів та сплавів на їх основі, як: нікель, мідь, алюміній, магній, титан, ванадій, ніобій, тантал, молібден, вольфрам, хром.*

При розробленні рекомендацій з технології зварювання плавленням конструкційного матеріалу заданої марки студент повинен вирішити низку задач:

- 1) навести характеристику матеріалу (хімічний склад, хімічні, фізичні і механічні властивості, групу за легуванням, структурний клас або тип сплаву, стан термічної або термомеханічної обробки);
- 2) оцінити здатність до зварювання (вплив хімічних і фізичних властивостей, легуючих елементів і шкідливих домішок на утворення пор, гарячих і холодних тріщин, схильність до крихких руйнувань і корозії, однорідність властивостей і забезпечення рівномірності зварного з'єднання);
- 3) запропонувати способи зварювання з обґрунтуванням їх вибору;
- 4) вибрати з урахуванням зварності зварювальні матеріали;
- 5) дати рекомендації щодо техніки і режимів зварювання з урахуванням зварності і способів зварювання;
- 6) рекомендувати при необхідності термічну або термомеханічну обробку зварних з'єднань.

Заняття 1

ХАРАКТЕРИСТИКА КОНСТРУКЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ

Мета – здобуття студентом навичок підготовки початкових даних для розробки рекомендацій щодо технології зварювання конструкційного матеріалу заданої марки.

Хімічний склад є основною характеристикою матеріалу, яка разом зі станом термічної або термомеханічної обробки визначає хімічні, фізичні і механічні властивості, структуру, а також здатність до зварювання. Для отримання хімічного складу матеріалу, в першу чергу, можна скористуватися стандартами, які є в Інтернеті. Перелік стандартів наведено в списку літератури до методичних вказівок. Можна також скористатися довідниками на сталі і кольорові метали та їх сплави.

В цих джерелах, як правило, наводяться **механічні властивості** після тієї чи іншої термічної або термомеханічної обробки.

Фізичні властивості необхідно привести для кольорових металів у порівнянні з залізом і низьковуглецевою сталлю, щоб оцінити їх вплив на зварність і технологію зварювання в цілому. Фізичні властивості можна знайти в Інтернеті, а також у спеціальній довідниковій літературі.

Маючи наведені попередні відомості можна визначити **групу матеріалу за легуванням** і його **структурний клас**, що необхідне для подальшої оцінки зварності матеріалу.

Стандарти і довідники на матеріали мають відомості про **стан постачання матеріалу**: холодно - чи гарячекатаний, після контрольованої прокатки, вид і режим термічної обробки, відливка чи поковка тощо.

Заняття 2

ОЦІНКА ЗДАТНОСТІ ДО ЗВАРЮВАННЯ

Мета – оцінка здатності до зварювання конструкційного матеріалу заданої марки.

Визначення групи матеріалу дає напрям для пошуку інформації про його зварність. У підручнику і більшості довідників зміст розбито на глави, назва яких визначається назвою групи матеріалу, а саме:

- 1) нікель і нікелеві сплави (корозійностійкі, жаростійкі і жароміцні);
- 2) мідь і мідні сплави (латуні і бронзи);
- 3) алюміній і його сплави;
- 4) магнієві сплави;
- 5) титан і його сплави;
- 6) сплави на основі ванадію, ніобію, танталу;
- 7) сплави на основі молібдену, вольфраму, хрому;
- 8) різномірні метали і сплави.

При оцінці зварності треба обов'язково врахувати вплив фізичних і хімічних властивостей на зварність. Необхідно звернути увагу на те, що легування суттєво впливає на фізичні властивості і відповідно на технологію зварювання. В зв'язку з цим треба окремо розглядати зварність чистих металів і сплавів на їх основі. Домішки в цих металах задають чимало проблем, що теж треба обов'язково враховувати при оцінці зварності.

Заняття 3

ВИБІР З ОБГРУНТУВАННЯМ СПОСОБІВ ЗВАРЮВАННЯ І ЗВАРЮВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Мета – визначення з обґрунтуванням всіх можливих способів зварювання конструкційного матеріалу заданої марки, а також зварювання матеріалів для цих способів.

В завданні указана марка матеріалу без зв'язку з конструкцією виробу. Тому необхідно навести всі доцільні способи зварювання плавленням заданого матеріалу без урахування товщини металу, типу з'єднання, положення зварювання та інших умов зварювання. Як відомо, в залежності від виду джерела нагрівання і форми захисту зони зварювання всі процеси зварювання плавленням поділяють на 10 способів (в дужках умовне позначення українською і англійською мовами):

- 1) дугове зварювання покритим електродом (Е/ММА);
- 2) дугове зварювання в активному газі плавким електр. (АП/МАГ);
- 3) дугове зварювання в інертних газах плавким електр. (ІП/МІГ);
- 4) дугове зварювання під флюсом(Ф/SAW);
- 5) електрошлакове зварювання (Ш/ESW);
- 6) газове зварювання (Г/Г);
- 7) дугове зварювання в інертних газах неплавким електр. (ІН/ТІГ);
- 8) плазмове зварювання (П/РІ);
- 9) зварювання електронним променем (ЕП/ЕВW);
- 10) лазерне зварювання (Л/Л).

Для вибору способу зварювання можна користуватися таблицею.

Обґрунтування вибору способу зварювання повинно мати пояснення чому вибрані одні способи зварювання і чому інші не застосовують або застосовують обмежено.

Методика вибору зварювальних матеріалів, які використовують при зварюванні сталей була розглянута в „Методичних вказівках до практичних занять” з модуля М1 дисципліни „Технологія та устаткування зварювання плавленням”.

Електроди для зварювання кольорових металів наведені в каталогах-довідниках і спеціальній літературі.

При виборі **захисних газів** доцільно скористатися класифікацією МІЗ, яка приведена в таблиці „Методичних вказівок до практичних

занять” з модуля М1 дисципліни „Технологія та устаткування зварювання плавленням”.

Для зварювання нікелю та нікелевих сплавів використовують тільки інертні гази «група И2». Для зварювання міді та мідних сплавів теж використовують інертні гази «група И2», а також азот ГОСТ 9293-74 «Азот газообразный и жидкий».

Для вибору дротів для **зварювання нікелю** можна скористатися стандартом ГОСТ 492-2006 «Никель, сплавы никелевые и медно-никелевые, обрабатываемые давлением», для **зварювання міді** - ГОСТ 16130-90 «Проволока и прутки из меди и сплавов на медной основе сварочные». Основна інформація про зварювальні матеріали для кольорових металів можна отримати із довідника С.М.Гуревича [].

Заняття 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ТЕХНІКИ І РЕЖИМІВ ЗВАРЮВАННЯ ТА ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ

Мета – розробка рекомендацій загального характеру щодо обмежень до техніки і режимів зварювання та призначення термічної обробки зварних з'єднань після зварювання.

На цьому практичному занятті студент повинен вирішити питання необхідності попереднього, супутнього чи підігрівання після зварювання, використання самопідігрівання за рахунок зварювання каскадом або гіркою. Також повинен призначити параметри підігрівання для заданого матеріалу і способу зварювання.

Що стосується обмежень режиму зварювання, то необхідно в першу чергу показати допустимий рівень погонної енергії зварювання:

$$q_n = \frac{\eta_e \cdot I_z \cdot U_z}{V_z}$$

Треба довести необхідність застосування зварювання на мінімальній, оптимальній чи великій погонній енергії або показати недоцільність обмеження погонної енергії. Визначений рівень погонної енергії дає можливість показати обмеження щодо режимів зварювання.

Щоб зменшити погонну енергії іноді, наприклад, слід рекомендувати замість потужного однопрохідного зварювання багато прохідне зварювання валиками невеликого перерізу. Як бачимо, у цьому розділі не потрібно наводити докладні таблиці режимів зварювання.

Треба показати вплив коефіцієнту теплопровідності і питомого електричного опору на параметри зварювання: погонну енергію, обмеження вильоту дроту, сили струму і довжини та діаметра покритих електродів тощо.

На призначення термічної обробки зварного з'єднання після зварювання впливає багато факторів: група матеріалу, його легування і стан постачання до зварювання, термічна або термомеханічна обробка; легування металу шва подібне до основного металу чи відрізняється, спосіб зварювання і погонна енергія, вимоги до механічних властивостей, збереження форми і точності розмірів конструкції після зварювання та інше.

Якщо потрібно знизити рівень залишкових напружень і стабілізувати розміри виробу після наступної механічної обробки, то рекомендується високий відпуск.

ЛІТЕРАТУРА

Характеристика конструкційного матеріалу

1. ГОСТ 492-2006 Никель, сплавы никелевые и медно-никелевые, обрабатываемые давлением.
2. ГОСТ 859-2001 Медь.
3. ГОСТ 5017-2006 Бронзы оловянные, обрабатываемые давлением.
4. ГОСТ 18175 Бронзы безоловянные, обрабатываемые давлением.
5. ГОСТ 493-79 Бронзы безоловянные литейные.
6. ГОСТ 15527-2004 Сплавы медно-цинковые (латуни), обрабатываемые давлением.
7. ГОСТ 17711-93 Сплавы медно-цинковые (латуни) литейные.
8. Гуревич С.М. Справочник по сварке цветных металлов. / Отв. ред Замков В.Н. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Наук. думка, 1990. – 512с.

Оцінка здатності до зварювання

9. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. / Под ред. Б. Е. Патона. – М.: Машиностроение, 1974. - 768 с.
10. Сварка в машиностроении. Справочник. Т.3 / Под ред. В.А. Винокурова. – М.: Машиностроение, 1979. – 567 с.
11. Сливінський О.А. Здатність до зварювання конструкційних матеріалів. Навч. посібник. – Київ: НТУУ «КПІ», 2010. – 260 с.
12. Гуревич С.М. Справочник по сварке цветных металлов. / Отв. ред. В.Н.Замков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Наук. думка, 1990. – 512 с.

Вибір способів зварювання

13. Акулов А.И., Бельчук А.К., Демянцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением: Учебник. – М.: Машиностроение, 1977. - 432 с.
14. Сварка в машиностроении. Справочник. Т.2 / Под ред. А.И Акулова. – М.: Машиностроение, 1978. – 462 с.
15. Терещенко В.П., Лабанов А.В. Выбор и применение способов сварки при изготовлении конструкций. – Киев: Наук. думка, 1987. – 192 с.

Вибір зварювальних матеріалів

16. Закс И.А. Электроды для дуговой сварки сталей и никелевых сплавов. Справочное пособие. СПб.: Welcome, 1996. – 381с.
17. ГОСТ 2179-75 Проволока из никеля и кремнистого никеля.
18. ГОСТ 1049-74 Проволока из марганцевого никеля.

19. ГОСТ 16130-90 Проволока и прутки из меди и сплавов на медной основе сварочные.
20. ГОСТ 9293-74 Азот газообразный и жидкий.
21. ТУ 0271-135-31323949 – 2005 Гелий очищенный. Марки А и Б.
22. ГОСТ 10157-79. Аргон газообразный и жидкий.
23. ГОСТ 23949-80. Вольфрамовые электроды.

Рекомендації щодо техніки і режимів зварювання

24. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. / Под ред. Б. Е. Патона. – М.: Машиностроение, 1974. - 768 с.
25. Сварка в машиностроении. Справочник. Т.1 / Под ред. Н.А. Ольшанского. – М.: Машиностроение, 1978. – 502 с.
26. Техника сварки: Справ. изд. В 2-х ч. Руге Ю. – Ч.1. Метериалы.Ч.2. Процессы и подготовка производства. Пер. с нем. – М.: Металлургия, Машиностроение. 1984. – 552с.

Рекомендації щодо термічної і термомеханічної обробки

27. Лифшиц Л.С., Хакимов А.Н. Металловедение сварки и термической обработки сварных соединений. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989. – 336с.
28. Грабин В.Ф. Металловедение сварки плавлением. – К.: Наук. думка. 1982. – 416с.