

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Перший проректор з науково-
педагогічної роботи по організації
навчального процесу та його
науково-методичного забезпечення

_____ Романюк О. Н.

“__27__” _____05_____2013 року

Напруження і деформації при зварюванні

(назва навчальної дисципліни)

ПРОГРАМА
нормативної навчальної дисципліни

підготовки _____ бакалавра _____

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

напряму _____ 6.050504 «Зварювання» _____

(шифр і назва напряму)

Вінниця 2013 рік

РОЗРОБЛЕНО ТА ВНЕСЕНО:

кафедрою технології підвищення зносостійкості
(повна назва кафедри)

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Савуляк В.І., д.т.н., проф. кафедри ТПЗ

Заболотний С.А., к.т.н., доцент кафедри ТПЗ

Програма нормативної навчальної дисципліни «Напруження і деформації при зварюванні» затверджена на засіданні кафедри технології підвищення зносостійкості

Протокол від « 25 » _____ 12 _____ 20 12 року № 13 _____

Завідувач кафедри _____ (проф. Савуляк В. І.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Заступник директора з НМР _____ к.т.н., доцент Петров О.В.

Схвалено Методичною радою Інституту машинобудування та транспорту

Протокол від « 13 » _____ 02 _____ 20 13 року № 6 _____

Голова Методичної ради ІнМТ _____ (проф. Буренніков Ю. А.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Схвалено Методичною радою ВНТУ

Протокол від « 23 » _____ 05 _____ 20 13 року № 10 _____

Голова _____ (проф. Романюк О. Н.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Вступ

Програма вивчення нормативної навчальної дисципліни складена з урахуванням вимог освітньо-професійних програм підготовки *бакалаврів* *напрямку* 6.050504 «Зварювання»

Предметом вивчення навчальної дисципліни «Напруження і деформації при зварюванні» є особливості технологій зварювання та наплавлення, які забезпечують мінімальне жолоблення конструкцій під впливом джерела тепла.

Міждисциплінарні зв'язки: знання, що здобувають студенти під час вивчення дисципліни «Напруження і деформації при зварюванні» використовуються ними в подальшому навчанні при опануванні наступних нормативних дисциплін програми підготовки бакалаврів.

Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів:

1. Узагальнені поняття про напружено-деформований стан у точці деформівного середовища
2. Моделювання термодеоформаційних процесів при зварюванні
3. Визначення зварювальних деформацій, напружень
4. Визначення переміщень конструктивних елементів при зварюванні
5. Вплив залишкових напружень на міцність конструкцій
6. Зменшення залишкового напружено-деформованого стану зварних конструкцій

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання дисципліни «Напруження і деформації при зварюванні» — дати студентам ґрунтовні знання необхідні для розробки технології зварювання конструкцій та застосування її у виробництві, що відповідають заданим технічним умовам.

1.2. Завдання дисципліни «Напруження і деформації при зварюванні»

- вивчення механізмів утворення деформацій, напружень і переміщень, що викликані процесом зварювання;
- вивчення наближених методів розрахунку зварних деформацій і переміщень;
- освоєння практичних навиків по визначенню залишкових напружень в зварних конструкціях.

1.3. Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні:

— **знати:**

- механізми утворення деформацій, напружень і переміщень, що викликані процесом зварювання;
- наближені методи розрахунку зварних деформацій і переміщень;
- методи мінімізації та усунення деформацій, напружень і переміщень, що викликані процесом зварювання.

— **вміти:**

- визначати залишкові деформації в зварних конструкціях;
- визначати залишкові напруження в матеріалі зварної конструкції;
- виконувати зварювання типових конструкції з мінімальними деформаціями та залишковими напруженнями;
- користуватись сучасною комп'ютерною технікою та відповідним програмним забезпеченням, з метою моделювання полів напружень та деформації, що виникають в процесі зварювання.

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 144 годин, 4 кредити ECTS.

2. Інформаційний обсяг навчальної дисципліни

Навчальний модуль 1. Причини та особливості виникнення зварювальних напружень і деформацій.

Тема 1. Вступ. Основні закони теплопровідності

Диференційне рівняння теплопровідності.

Початкові та граничні умови.

Методи розв'язання задач теплопровідності.

Тема 2. Температурні поля під час електродугового зварювання.

Джерела тепла під час зварювання.

Джерела миттєвої дії.

Джерела безперервної дії.

Температурні поля рухомих джерел безперервної дії.

Граничний стан розповсюдження тепла під час дугового зварювання.

Побудова ізотермічних поверхонь.

Тема 3. Температурні деформації і напруження в пружній області.

Деформації і напруження при нерівномірному нагріванні.

Потенціал термопружних переміщень.

Методи рішення рівнянь термопружності.

Напружений стан матеріалу

Тема 4. Температурні деформації і напруження в пружно-пластичній області.

Ізотермічні пружно-пластичні деформації

Неізотермічні пружно-пластичні деформації

Тема 5. Утворення зварювальних деформацій і напружень при місцевому нагріванні металу.

Зміна механічних властивостей металу при нагріванні

Залежність механічних властивостей сталі від температури.

Нагрівання сталевого стрижня.

Вільний стрижень.

Закріплений стрижень.

Нагрівання сталевого стрижня, обмеженого жорсткою опорою.

Затиснений стрижень.

Нагрівання сталевого стрижня, закріпленого в нерухомих опорах.

Тема 6. Утворення зварювальних деформацій і напружень при зварюванні встик.

Місцеве нагрівання пластини із прорізами

Площа перетину середньої смуги F_1 дорівнює або менше площі перетину крайніх смуг F_2 .

Діаграма зміни напружень активних σ_t і реактивних σ_2 у процесі нагрівання і охолодження середньої смуги пластини із прорізами.

Площа перетину середньої смуги F_1 більше площі перетину крайніх смуг F_2 .

Нагрівання смуги, зміщеної щодо центральної осі пластини.

Тема 7. Утворення зварювальних напружень і деформацій при місцевому нагріванні металу.

Зварювання стикових з'єднань.

Нагрівання краю пластини (наплавлення валика на крайку; плазмове, газове різання пластини).

Вплив технологічних параметрів на величину зварювальних напружень і деформацій.

Усадка металу як причина виникнення кутової деформації зварних з'єднань.

Кутова деформація від усадки металу при зварюванні стикового з'єднання з V-образним обробленням крайок.

Навчальний модуль 2. Методи визначення, прогнозування та усунення зварювальних напружень і деформацій.

Тема 8. Розрахункові методи визначення зварювальних деформацій і напружень.

Короткий історичний огляд робіт, присвячених теоретичному визначенню зварювальних деформацій і напружень.

Метод фіктивних сил.

Методи, що використовують апарат температурної задачі деформуємого середовища.

Тема 9. Зміни, що відбуваються в основному металі зони шва, та керування ними.

Постановка задачі.

Зміна структури основного металу зони шва.

Механічні властивості металу в окремих зонах термічного впливу.

Проблема керування структурою і механічними властивостями основного металу зони шва.

Проблема керування зварювальними деформаціями (напруженнями).

Тема 10. Основи наближеної теорії зварювальних деформацій і напружень.

Основні наближення та гіпотези.

Можливі шляхи уточнення теоретичного вирішення, отриманого на базі основної гіпотези.

Тема 11. Вплив зварювальних напружень на міцність з'єднання і конструкції в загальному.

Вплив залишкових зварювальних напружень на міцність при статичному навантаженні.

Вплив зварювальних напружень на міцність при втомі.

Вплив зварювальних напружень на міцність при ударі.

Вплив зварювальних напружень на стійкість.

Накладання деформацій (напружень) від зовнішніх сил на зварювальні деформації (напруження).

Тема 12. Методи визначення залишкових напружень в матеріалі зварного з'єднання.

Імітаційні методи, на основі кінцево-елементного аналізу.

Експериментальні методи визначення залишкових напружень.

Вимірювання за допомогою тензометрів.

Метод галографічної інтерферометрії.

Тема 13. Методи зменшення та усунення зварювальних напружень і деформацій.

Складання конструкції з врахуванням подальшої деформації.

Виготовлення деталей із врахуванням подальшої деформації.

Жорстке закріплення конструкції.

Пружний згин.

Пружний розтяг.

Методи зменшення негативних наслідків напружень і деформацій на стадії проектування конструкції.

Тема 14. Раціональна послідовність накладання зварних швів та вибір режимів зварювання.

Виконання повздовжніх швів.

Виконання поперечних швів.

Зварювання деталей різної товщини.

Зварювання деталей із різних матеріалів.

3. Рекомендована література

Базова

1. Василик А.В. Теплові розрахунки при зварюванні / А.В. Василик, Я.А. Дрогомирецький, Я.А. Криль. – Івано-Франківськ: Факел, 2004. – 209с.

2. Николаев Г.А., Куркин С.А., Винокуров В.А. Сварные конструкции. Прочность сварных соединений и деформаций конструкций: Учебное пособие. –М.: Высшая школа, 1989. – 272 с.

3. Винокуров В.А. Сварочные напряжения і деформации. – М.: Машиностроение., 1998. – 236с.

4. Серенко А.Н. Расчет сварных соединений и конструкций. Примеры и задачи. Учебное пособие / А.Н. Серенко, М.А. Крумбольдт, К.В. Багрянский // Под ред. А.Н. Серенко. –К.: Вища школа, 1987. –336 с.

5. Касаткин Б.С., Прохоренко В.М., Чертов И.М. Напряжения и деформации при сварке. – К.: Высшая школа, 1987. – 246 с.

Допоміжна

6. Сварка в машиностроении. Справочник. Том 3. главы 3-9 – М.: Машиностроение. 1979. –567 с.

7. Золотаревский В.С. Механические свойства металлов: Учебник. – М.: Металлургия. 1983. –350 с.

8. Брок Д. Основы механики разрушения.–М.: Высшая школа,1980.–368с.

9. Усталость и хрупкость металлических материалов. Под ред. В.С. Ивановой. –М: Наука, 1992.

10. Винокуров В.А. Специальные главы прочности сварных конструкций. Учебное пособие. –М.: МВТУ им.Баумана, 1973.

11. Резников А.Н. Тепловые процессы в технологических системах. Учебник / А.Н. Резников, Л.А. Резников. – М.: Машиностроение, 1990. – 288с.

4. Форми підсумкового контролю — д. залік.

5. Засоби діагностики успішності навчання

Поточний контроль, який здійснюється у формі фронтального, індивідуального чи комбінованого контролю знань студентів під час практичного заняття, тестування, колоквиум, контрольна робота (для студентів заочної форми навчання), залік.