

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до самостійної роботи з дисципліни «Напруження та деформації при
зварюванні» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»
усіх форм навчання

2019

Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни
«Напруження та деформації при зварюванні» для студентів
спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання / Укл.:
І.М. Білоник, О.Є. Капустян - Запоріжжя: ЗНТУ, 2019 - 10 с.

Укладачі: І.М. Білоник, канд. техн. наук, доцент

О.Є. Капустян, старш. викл.;

Рецензент: А.О. Шумілов, канд. техн. наук, доцент

Редактор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено

на засіданні кафедри ОТЗВ

Протокол №15 від 22.5.2019 р.

Рекомендовано

до видання НМК ІФФ

Протокол №8 від 20.06.2019 р.

1 ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

Теоретичний курс дисципліни спрямований на отримання глибоких знань та відомостей, необхідних для вирішення задач підвищення надійності та довговічності деталей машин і конструкцій, а також вивчення технологічних методів запобігання чи усунення надлишкових деформацій чи напружень, з метою їх практичного застосування.

Вивчення дисципліни відбувається на основі сучасних уявлень про напруги та деформації при зварюванні. Це дозволить оволодіти знаннями які будуть застосовуватися при розробці зварних конструкцій та технологічних процесів зварювання, а також при вирішенні конкретних практичних задач.

При вивченні дисципліни студенти повинні користуватися основною та додатковою літературою. Крім цього потрібно вивчити основні нормативні документи та правила вимірювань.

Практичний досвід з цих питань вивчається на лекційних та лабораторних заняттях.

З метою отримання більш глибоких знань студентам потрібно самостійно, перед прослуховуванням лекцій та лабораторними роботами, прочитати рекомендовану літературу до цієї теми.

2 РОБОЧА ПРОГРАМА І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ВИВЧЕННЯ ТЕМ ДИСЦИПЛІНИ

Вступ. Важливість дисципліни для потреб сучасного виробництва. Основні поняття міцності. Пружна та пластична деформації. Види руйнування матеріалів. Оцінка схильності матеріалів до крихкого руйнування. Вплив типу напруженого стану на характер руйнування.

Лекція - 2 год.

Самостійна робота - 8 год.

Література: 1,2,3.

Тема: Виникнення напружень та деформацій при зварювальних роботах.

Теорія пружності. Теорія напружень. Теорія плинності. Лінійна механіка руйнування. Деформації та переміщення. Вплив низької та високої температури на властивості металу. Методи підвищення холодостійкості. Застосування критеріїв механіки руйнування до оцінки міцності зварних з'єднань. Одно, двох та трьох вимірні задачі. Розрахунки за методами Г.А Николаєва та П.П. Трочуна.

Лекція - 8 год.

Лабораторні роботи - 8 год.

Самостійна робота - 38 год.

Література: 1,2,3,4,5.

Тема: Основні фізичні явища та фактори які впливають на величини напружень, деформацій та перемішень.

Дилатометричне явище. Розповсюдження теплоти й утворення температурного поля. Вплив анізотропії властивостей, нерівномірність нагріву, температурних та пластичних деформацій на утворення напружень та деформацій при зварюванні. Вплив структурних перетворень в сталях на утворення напружень та деформацій при зварюванні. Концентрація напружень в зварних з'єднаннях. Вплив концентраторів напружень на розподіл напружень та деформацій. Тимчасові та залишкові напруження при зварюванні.

Лекція - 4 год.

Лабораторні роботи - 7 год.

Самостійна робота - 33 год.

Література: 1,2,3,4,5,6.

Тема: Методи зниження остаточних напружень та деформацій.

Класифікація зварювальних деформацій. Методи оцінки деформацій та напружень. Тверді та м'які прошарки в зварних з'єднаннях. Найбільш використовувані методи виміру остаточних деформацій. Методи попередження та усунення остаточних деформацій та напружень.

Лекція - 3 год.

Лабораторні роботи - 2 год.

Самостійна робота - 22 год.

Література : 1,2,3,4,5,6,7,8,9.

3 ПЕРЕЛІК ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

При вивченні дисципліни студенти повинні надбати практичні навички. Це відбувається при проведенні лабораторних робіт (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Перелік практичних робіт

№	Найменування роботи	К-сть годин	Графік виконання, тиждень
1	Визначення коефіцієнтів концентрації напружень в різних зварних з'єднаннях	2	1
2	Дослідження деформацій зварних з'єднань різних матеріалів у процесі зварювання та охолодження з різною швидкістю	2	3
3	Дослідження неоднорідності властивостей металу зварних з'єднань	2	5
4		2	7
5		2	9
6		2	11
7		2	13

4 КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

4.1 Методичні вказівки до виконання контрольних завдань

Після вивчення теоретичного матеріалу в повному обсязі студент пише контрольну роботу з метою закріплення теоретичних знань і самоконтролю по вивченому предмету.

На всі питання слід давати чіткі, вичерпні відповіді згідно з програмою курсу; при необхідності ілюструвати відповіді рисунками, схемами, діаграмами і т.п. До характеристик обладнання відносять його тип і галузі використання, а також техніко-економічні показники. Визначення параметрів режиму повинно бути комплексним і вміщувати розрахунки окремих параметрів та вибір іншої інформації з довідкової літератури.

Перед кожним питанням повинен стояти його номер, а сам текст питання повністю переписаний.

В процесі вивчення даного предмету можна користуватися не тільки рекомендованою літературою, аналізувати інформацію, подану в Інтернеті, сучасних періодичних технічних виданнях тощо.

Контрольне завдання підписує студент.

Заміна питань або варіантів контрольного завдання без дозволу викладача неприпустима.

Контрольна робота повинна бути виконана і надіслана на кафедру для рецензування відповідно з терміном, вказаним в учбовому плані, але не пізніше, як за два тижні до початку заліково-екзаменаційної сесії.

4.2 Контрольні завдання

1. Основні поняття міцності, види руйнування.
2. Діаграма розтягу при одноосному навантаженні.
3. Вплив типу напруженого стану на характер руйнування.
4. Пружна та пластична деформації.
5. Вплив низьких температур на механічні властивості матеріалів.
6. Вплив високих температур на механічні властивості матеріалів.
7. Оцінка схильності матеріалів до крихкого руйнування.
8. Методи підвищення холодостійкості зварних з'єднань.
9. Енергетична умова Грифітса.
10. Утворення та розповсюдження тріщин.
11. Теорія пружності.
12. Теорія напружень.
13. Критерії оцінки напруженого й деформованого стану.
14. Рівняння рівноваги тіла.
15. Рівняння напруженого стану в крапці тіла.
16. Деформації, напруження й переміщення при зварюванні.
17. Одно, двох та трьох вимірні задачі.
18. Метод П.П. Трочуна.
19. Метод Г.А. Николаева.

20. Проектування зварних конструкцій з урахуванням виникнення напружень та деформацій.
21. Основні фізичні явища які впливають на величини напружень, деформацій та переміщень.
22. Фактори які впливають на величини напружень, деформацій та переміщень.
23. Вплив температурних та пластичних деформації, анізотропії властивостей, нерівномірність нагріву на утворення напружень та деформацій при зварюванні.
24. Вплив структурних перетворень в сталях на утворення напружень деформацій при зварюванні.
25. Вплив концентраторів напружень на розподіл напружень та деформацій
26. Тверді та м'які прошарки в зварних з'єднаннях.
27. Сумісний вплив неоднорідності властивостей та концентраторів напружень на міцність.
28. Що є головною причиною зварювальних деформацій?
29. Що є головною причиною зварювальних напружень?
30. Що потрібно для зменшення остаточних деформацій та напружен під час зварювання?
31. Що потрібно для зменшення остаточних деформацій та напружен після зварювання?
32. Механізм виникнення та розподілу остаточних напружень.
33. Тимчасові та залишкові напруги.
34. Тимчасові та залишкові деформації.
35. Методи оцінки деформацій та напружень.
36. Класифікація зварювальних деформацій.
37. Найбільш використовувані методи виміру остаточних деформацій
18. Методи попередження остаточних деформацій та напружень.
38. Методи усунення остаточних деформацій та напружень.
39. Розробка технологічного процесу зварювання з урахуванням виникнення напружень та деформацій.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Винокуров В.А. Сварочные деформации и напряжения. - М.: Машиностроение, 1968. 236 с.
2. Винокуров В.А., Григорьянц А.Ц. Теория сварочных деформаций и напряжений. - М.: Машиностроение, 1984.
3. Касаткин В.С., Прохоренко В.М., Чертков И.М. Напряжения и деформации при сварке. К.: Вища школа, 1987.
4. Николаев Г.А., Куркин С.Л., Винокуров В.А. Сварочные конструкции. Прочность сварных соединений и деформаций инструкций. - М.: Высшая школа, 1982.
5. Николаев Г.А., Винокур В.А. Сварные конструкции. Расчет и проектирование. - М.: Высшая школа, 1990.

Додаткова

6. Вильдеман В.Э. (ред.) Экспериментальные исследования свойств материалов при сложных термомеханических воздействиях М.: Физматлит, 2012. — 204 с.
7. Винокуров В.А. Отпуск сварных конструкций для снижения напряжений. - М.: Машиностроение, 1973. - 215 с.
8. Гордиенко В.Е. Пассивный феррозондовый контроль структуры металла и внутренних напряжений в элементах сварных МК СПб.: СПбГАСУ, 2010. — 83 с. — ISBN 978-5-9227-0234-8.
9. Забродин В.П., Серёгин А.А. и др. Экспериментальные методы определения напряжений и деформаций Учебное пособие. — Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт, 2016. — 107 с.
10. Кудрявцев П.И. Остаточные сварочные напряжения и прочность соединений М.: Машиностроение, 1964. — 95 с.
11. Навроцкий Д.И. Расчет сварных соединений с учетом концентрации напряжений М.: Машиностроение, 1968. — 170 с.
12. Окерблом Н.О. Сварочные деформации и напряжения. Теория и ее применение Монография. — М.-Л.: МАШГИЗ, 1948. —

252 с.

13. Прохоров Н.Н. Физические процессы в металлах при сварке Том 1. Элементы физики металлов и процесс кристаллизации М.: Металлургия, 1968. — 695 с.

14. Прохоров Н.Н. Физические процессы в металлах при сварке. Том 2. Внутренние напряжения, деформации и фазовые превращения. - М.: Металлургия, 1976. — 600 с.

15. Сагалеви́ч В.М. Методы устранения сварочных деформаций и напряжений М.: Машиностроение, 1974. — 248 с.

16. Талыпов Г.Б. Сварочные деформации и напряжения Л.: Машиностроение, 1973. — 280 с.

17. Тро́чун И.П. Внутренние усилия и деформации при сварке М.: Машгиз, 1964. - 248 с.

18. Фри́дман Я.Б. Механические свойства металлов. Часть 1. Деформация и разрушение Монография. - М.: Машиностроение, 1972. - 472 с.

19. Мозберг Р.К. Матеріалознавство. М.: Вища школа 1991. 448 с.

20. Современные методы наплавки и наплавочные материалы. - К.: Наукова думка, 1978.

21. Серенко А.П., Крумбольдт М.Н., Багрянский К.В. Расчет сварочных соединений и конструкций, примеры и задачи. Учебное пособие. - К.: Вища школа, 1977.

22. Касаткин Б.С., Кудрин А.Б., Лобанов Л.М., Пивторак В.А., Полухин П.И., Чиченев Н.А. Экспериментальные методы исследования деформаций и напряжений: Справочное пособие под ред. В.С. Касаткина. К.: Наук. думка. 1981. — 584 с.

23. Золотаревский В.С. Механические свойства металлов. - М.: Металлургия, 1983.

24. Гуляев А.П. Металознавство. М.: Металургія. 1978. - 648 с.

25. Циммерман Р., Гюнтер К. Металургія і матеріалознавство. Пер. з нім. М.: Металургія. 1982. - 480 с

26. Брок Д. Основы механики разрушения. Пер. с англ. - М.: Высшая школа, 1980.

27. Сварка в машиностроении. Справочник. Т.3. - М.: Машиностроение. 1979.

28. Кархин В.А., Копельман Л.А. Концентрация напряжений в стыковых соединениях. // Сварочное производство. 1976. № 2. С. 6-7.

29. Турмов Г.П. Определение коэффициента концентрации напряжении. //Автоматическая сварка. 1976. № 10. С. 14-16.

30. Бакши О.А., Зайцев Н.Л., Шрон Л.Б. Влияние геометрии угловых швов на коэффициенты концентрации и градиенты напряжении в тавровых соединениях. Сварочное производство. 1982. №8. С. 3-5.

31. Гузь И.С., Иосевич И.С., Гайдамака А.В. Влияние геометрии стыковых швов на напряженное состояние. Автоматическая сварка. 1979. №6. С. 5-7.