

Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи

з дисципліни “Основи теорії напівнаплення” для студентів
освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості
деталей і конструкцій» усіх форм навчання

2016

Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» усіх форм навчання / Укл. Овчинников О.В., О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016 – 22 с.

Укладач: О.В. Овчинников, д-р техн. наук, проф.

О.Є. Капустян, ст. викладач

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

Коректор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено

на засіданні кафедри ОТЗВ

Протокол № 8 від 1.06.2016

Затверджено

на засіданні НМК ІФФ

Протокол № 10 від 21.06.2016

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 ТЕМИ ЛЕКЦІЙ.....	5
2 ПЕРЕЛІК РОБІТ	11
3 ПИТАННЯ РУБІЖНИХ КОНТРОЛІВ	13
Перший рубіжний контроль	13
Другий рубіжний контроль.....	13
Третій рубіжний контроль	14
Четвертий рубіжний контроль.....	15
4 МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	16
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	20
Основна	20
Додаткова	20
Журнали	22

ВСТУП

Вивчення дисципліни "Основи теорії наплавлення", ставить своєю метою глибоке засвоєння студентами питань утворення з'єднання основного та наплавленого металів, основ фізичної хімії, металургійних, теплових та термодформаційних процесів при наплавленні, а також технологічної здатності до зварювання металів, сталей і стопів.

Дисципліна "Основи теорії наплавлення" базується на знаннях, надбаних студентами при вивченні курсів: "Хімія", "Фізика", "Вища математика", "Матеріалознавство", "Теплотехніка" та інші і підготовлює студентів до засвоєння дисциплін: "Зварювання плавленням", "Зварювання тиском", "Газополуменева обробка металів і пластмас", "Контроль якості зварювання", "Напруження та деформації при зварюванні" та ін.

Досягнення поставленої мети забезпечується читанням лекцій з курсу в обсязі 72 годин, лабораторних робіт у обсязі 88 годин, двох РГЗ (розрахунково-графічні завдання), та виконанням самостійної роботи. Лекційний курс включає в себе читання лекцій і самостійну роботу за такою тематикою.

При вивченні дисципліни ОТН студенти виконують розрахунково-графічні завдання (РГЗ) у четвертому семестрі РГЗ № 1 або РГЗ № 2, та у шостому семестрі РГЗ № 3.

Практичні навички та теоретичні знання студенти також набувають при виконанні лабораторних робіт за курсом "Теорія зварювальних процесів".

Виконання всіх видів роботи студентами з курсу ОТН надає їм можливість набрати дев'ять кредитів.

1 ТЕМИ ЛЕКЦІЙ

Теми лекцій, їх зміст і рекомендована література до їх вивчення наведені в табл. 1.1

Таблиця 1.1

№	Тема лекції	Стислий зміст лекції	Рекомендова на література, стор.
1	2	3	4
1	Задачі курсу. Історія та перспективи розвитку зварювання.	Розділи курсу, послідовність їх вивчення, задачі та мета курсу. Історія розвитку. Перспективи розвитку питань теорії зварювання.	[1] с. 3-7 [2] с. 3-9
2	Суть процесу зварювання. Фізична природа утворення зварного з'єднання.	Види міжатомних зв'язків. Будова кристалічної ґратки. Міжатомні взаємодії. Двостадійність процесу зварювання. Що таке "зварювання"?	[1] с. 7-20 [2] с. 10-30 [3] с. 9-16
3	Класифікація процесів зварювання та джерел живлення.	Класифікаційні ознаки. Енергія активації. Технологічні особливості видів зварювання. Енергетичні властивості процесу зварювання. Обґрунтування вибору джерел живлення.	[1] с.21-35 [3] с. 16-39, с. 123-129
4	Іонізація у дузі. Електронне збудження. Термічна іонізація. Рекомбінація. Рівняння Саха.	Іонізація у дузі. Потенціал іонізації. Ефективний потенціал іонізації газової суміші.	[1] с. 42-76 [2] С. 56-77 [3] с. 98-103
5	Будова дуги	Процеси у катодній та анодній областях. Процеси у стовпі дуги. Автоелектронна емісія.	[1] с.77-107 [2] с. 78- 90 [3] с. 104-113

1	2	3	4
		Термоємисія. Падіння напруги в дузі. Рівняння Айртона.	
6	Вольт-амперна характеристика дуги. Баланс енергії дуги. Плазмово-дугові процеси. Електронно-променеве джерело. Сили, діючі у дузі.	Будова вольт-амперної характеристики дуги. Використання ділянки ВАХ. Гази для плазмово-дугових процесів. Електронно-променеве джерело для зварювання. Види переносу.	[1] с.108-134 с.142-160; [2] с. 79-82 с. 221-226 [3] с. 120-125
7	Основи фізичної хімії та їх використання у зварюванні	Перший початок термодинаміки. Ентальпія. Внутрішня енергія. Слідства першого закону. Другий закон термодинаміки. Ентропія.	[1] с. 163-194 [2] С. 160-170 [3] с. 39-51
8	Ізотермні потенціали. Максимальна робота системи. Хімічна рівновага. Гомогенні системи.	Ізобарно-ізотермний потенціал. Рівняння Уліха. Хімічна рівновага у гомогенній системі.	[1] с.197-214 [2] С. 171-176 [3] с. 51-58
9	Хімічна рівновага у гетерогенній системі.	Правило фаз Гіббса. Максимальна робота як міра спорідненості. Обчислення констант рівноваги.	[1] с. 218-228 [2] С. 178-185 [3] с.58-62
11	Явища у рідких середовищах та на межах розділу фаз.	Закон Генрі. Закон Ернста. Використання законів у зварюванні. Поверхнева енергія. В'язкість рідини. "Довгі" та "короткі" флюси.	[1] с.228-234 [2] С.188-197 [3] с. 76-84
12	Дифузія при зварюванні.	Закони дифузії. Механізми дифузії. Вплив на дифузію деяких факторів. Дифузійні	[1] с.243-245 [2] С.204-216

1	2	3	4
		процеси при зварюванні.	
13	Корозія зварних з'єднань.	Умови і фактори корозії. Механізми корозії. Гомогенна та гетерогенна ЕХК.	[1] с.3-36
14	Металургійні основи зварювання плавленням.	Зварювальні ванни. Потоки у зварювальній ванні. Взаємодія металів з киснем. Взаємодія зі складними газами. Вплив кисню на властивості сталей.	[1] с. 261-289 [2] С. 218-233 [3] с. 197-205
15	Поглинання газів при зварюванні. Механізм утворення пор. Шлакові включення.	Поглинання водню. Поглинання азоту. Засоби захисту від поглинання газів. Вплив водню та азоту на властивості. Умови утворення пор. Умови утворення шлакових включень.	[1] с. 328-339 [2] С. 234-238 с. 274-282 [3] с. 216-232 с. 323-328
16	Зварювальні шлаки.	Функції шлаків при зварюванні. Фізичні властивості шлаків. Состави, класифікація шлакових фаз. Основні компоненти шлакових фаз. Взаємодія у шлакових фазах. Взаємодія шлаків з металами. Шлаки для зварювання. Рафінування шлаками. Легування при зварюванні.	[1] с. 296-352 с. 362-365 [2] С. 238-266 [3] с. 245-262 с. 265-284
17	Металургія зварювання покритими електродами, порошковими дротами. Металургійні процеси при зварюванні у захисних газах.	Склад покриття. Класифікація. Металургія зварювання з покриттями кислого, основного, рутілового та ільменітового типу. Класифікація порошкових дротів.	[1] с.352-374 [3] с.233-245 с.263-265
18	Теплові процеси	Ізотерма. Температурне поле.	[1] с.377-391

1	2	3	4
	при зварюванні. Основні поняття.	Закони теплопровідності Фур'є. Диференціальне рівняння теплопровідності. Схеми тіл, що нагріваються.	[2] с. 95-106 [3] с. 86-90 с.132-148
19	Джерела теплоти при зварюванні.	Миттєві джерела нагрівання. Розповсюдження тепла від дії миттєвих джерел. Рухомі джерела. Зварювальна дуга. Електрошлаковий процес.	[1] с.391-401 [2] С.107-118 [3] с. 149-164
20	Процеси розповсюдження тепла від рухомих зосереджених джерел постійної потужності.	Нагрівання полуобмеженого масивного тіла точковим джерелом. Періоди нагрівання тіл. Нагрівання рухомим лінійним джерелом. Розрахунки у періоді вирівнювання температур.	[1] с.403-432 [2] с.118-135 [3] с. 165-192
21	Вплив обмеженості і розмірів тіла на процес розповсюдження тепла.	Наплавлення на поверхню плоского шару. Нагрівання поблизу краю тіла та від краю тіла. Зварювання двох вузьких пластин. Нагрівання тіл обертання. Розрахунки температур при зварюванні різнородних металів. Проплавлення металу зварювальною дугою. Нагрівання та плавлення електроду або дроту.	[1] с.432-450 с.455-470 с.475-479 с.482-492 [2] С. 136-158
22	Утворення та розрахунки деформацій та напружень при зварюванні.	Власні напруження. Механізм утворення. Переміщення. Теплофізичні властивості металів та їх залежність від температури. Утворення напружень при однопрохідному зварюванні листів устик.	[2] С.32-48 с.297-305 [3] с.382-387 [4] С.5-51
23	Методи	Графоаналітичні методи. Метод	[3] с.386-406

1	2	3	4
	визначення напружень	Ніколаєва Г.О. Метод Онкерблому Н.О. Метод Гатовського К.М. Аналітичні методи розрахунків деформацій та переміщень при зварюванні. Вплив зварювальних деформацій та напружень на якість зварних конструкцій.	с.445-456 [4] С.52-64
24	Кристалізація металу при зварюванні.	Теорія неперервної кристалізації. Теорія вибіркової кристалізації. Методи регулювання первинної кристалізації. Вторинна кристалізація металу шва та колошовної зони.	[1] с.514-545 [2] С. 267-274 с.281-292 [3] с. 286-315 с.330-350
25	Технологічна міцність зварних з'єднань	Гарячі тріщини. ТІК. Механізми утворення. Кристалізаційні та полігонізаційні тріщини. Вплив різних факторів на технологічну міцність. Методи оцінки опірності утворенню гарячих тріщин. Запобігання гарячих тріщин.	[1] с.546-567 [2] С.294-297 с.307-319 [3] с.316-323
26	Холодні тріщини при зварюванні.	Термічний цикл. Термокінетичні діаграми. Вплив водню. Структура і властивості ЗТВ при зварюванні сталей що загартовуються та чавунів. Еквівалентна кількість вуглецю запобігання холодних тріщин.	[1] с. 569-584 [2] с. 319-326 [3] с. 345-351, с. 367-376
27.	Здатність до зварювання металів сталей та стопів	Критерії оцінювання здатності до зварювання. Здатність до зварювання вуглецевих сталей. Здатність до зварювання низьколегованих сталей.	[2] с. 327-333 [3] с. 470-503
28.	Здатність до зварювання	Труднощі зварювання середньолегованих сталей,	[2] с. 330-338

1	2	3	4
	середньолегованих сталей	зварювання з'єднань, для яких виконується термообробка і для яких термообробка не виконується	
29.	Здатність до зварювання середньо легованих сталей	Здатність до зварювання сталей мартенситного та феритного класів. Діаграми стану хромистих сталей. Міжкристалітна корозія. 475 ⁰ С крихкість	[2] с. 339-345 [3] с. 351-357
30	Здатність до зварювання високо легованих сталей	Труднощі зварювання. Діаграма Шефлера. Міжкристалічна та "ножова" корозія. Стигматизація. Термообробка зварних з'єднань.	[2] с. 345-357 [3] с. 346-357
31.	Здатність до зварювання чавунів	Сірі та білі чавуни. Графітізація. Проблеми та методи зварювання.	[2] с. 357-364
32	Здатність до зварювання міді та її сплавів; нікелю	Здатність до зварювання міді, латуней, бронз; нікелю.	[2] с. 364-375 [3] с. 357-359
33.	Здатність до зварювання алюмінію та його сплавів; титану та його сплавів; цирконію; молібдену	Труднощі зварювання алюмінію та його сплавів. Утворення пор та шлакових включень. Труднощі зварювання титану та його сплавів. Труднощі зварювання цирконію. Труднощі зварювання молібдену.	[2] с. 375-412 [3] с. 359-361
33	Особливості структури швів, зварених багатшаровими швами	Мікроструктури швів при двошаровому зварюванні та багатшаровому зварюванні. Відпалюючий валик. Розрахунки довжини шву.	[1] с. 470-476 [3] с. 361-367

2 ПЕРЕЛІК РОБІТ

При вивченні дисципліни студенти повинні надбати практичні навички з теорії зварювальних процесів. Це відбувається при проведенні лабораторних робіт (табл. 2.1), практичних занять (табл. 2.2) і розрахунково-графічних робіт.

Таблиця 2.1 – Перелік лабораторних робіт

№	Найменування роботи	К-сть годин	Графік виконання, тиждень
1.	Дослідження змін складу метала шва при електродуговому наплавленні	4	1
2.	Дослідження процесу легування метала шва при автоматичному наплавленні під флюсом	4	3
3.	Дослідження металургійних процесів при наплавленні в атмосфері захисних газів	4	5
4.	Дослідження пороутворення в металі при дуговому наплавленні низьковуглецевих сталей	4	7
5.	Дослідження легованого наплавленого металу крізь керамічний флюс	4	9
6.	Дослідження впливу режиму наплавлення і основності керамічного флюсу на перехід легуючих елементів	4	11
7.	Дослідження дугового розряду між металевими електродами	4	13
8.	Дослідження переносу електродного металу при ручному дуговому наплавленні плавленням	4	1
9.	Дослідження переносу електродного металу при напівавтоматичному наплавленні плавленням	4	3
10	Дослідження схильності наплавленого металу до утворення холодних тріщин	4	5
11	Дослідження структури зварних з'єднань	4	7
12	Дослідження власних напружень при наплавленні	4	9
13	Дослідження вольт-амперної характеристики оксидних катодів електричної дуги	4	11
14	Дослідження дугового розряду між вугільними	4	13

	електродами		
15	Дослідження якості захисту при аргоно-дуговому зварюванні титану	4	1
16	Дослідження залишкових напружень при наплавленні	4	3
17	Фізико-металургічні процеси при дуговому наплавленні	4	5
18	Дослідження та розрахунки термічного циклу нагріву та остигання металу при наплавленні	4	7
19	Використання електрошлакового процесу для зварювання	4	9
20	Дослідження плавлення зварювальної проволочки та витратного електроду при електрошлаковому наплавленні	4	11
21	Дослідження дугового розряду у дуготроні	4	13

Таблиця 2.2 – Перелік практичних робіт

№	Найменування роботи	К-сть годин	Графік виконання, тиждень
1.	Дослідження легування наплавленого металу через керамічний флюс	4	1
2.	Розрахунок покриття електродів	4	3
3.	Розрахунок параметрів ЕШН деталей машин	4	5
4.	Розрахунок зварюваності металів	4	7

Таблиця 2.2 – Перелік розрахунково-графічних робіт

№	Найменування роботи	К-сть годин	Графік виконання, тиждень
1.	Розрахунок напрямку протікання хімічних реакцій	4	8
2.	Оцінка окислювальної здібності газової фази при зварюванні за допомогою пружності дисоціації оксидів	4	10

3 ПИТАННЯ РУБІЖНИХ КОНТРОЛІВ

Перший рубіжний контроль

1. Види міжатомних зв'язків.
2. Види кристалічних ґраток.
3. Перекручення кристалічної структури.
4. Що таке зварювання?
5. Енергія активації.
6. Класифікаційні ознаки зварювання.
7. Види іонізації у дузі.
8. Потенціал іонізації.
9. Процеси у катодній області.
10. Процеси в анодній області.
11. Процеси у стовпі дуги.
12. Автоелектронна емісія. Термоемісія.
13. Падіння напруги у дузі.
14. Рівняння Айртона.
15. ВАХ дуги.
16. Гази для плазмово-дугових процесів та їх призначення/
17. Види переносу у дузі.
18. Перший закон термодинаміки.
19. Внутрішня енергія. Ентальпія.
20. Тепловий ефект реакції.
21. Сили, діючі у дузі на краплю.
22. Другий закон термодинаміки.
23. Ентропія зворотних та незворотних процесів.

Крім того, кожен студент повинен виконати та захистити чотири лабораторні роботи.

Другий рубіжний контроль

1. Хімічна рівновага.
2. Хімічна рівновага у гомогенній системі.
2. Правило фаз Гіббса.
4. Оцінка спорідненості елементів до кисню.

5. Пружність дисоціації оксидів. Залежність її від температури.:
6. Закон розчинності Генрі.
7. Закон розподілу Нернста.
8. Поверхнева енергія
9. В'язкість рідин.
10. "Короткі" та "довгі" шлаки. Їх використання.
11. Дифузія. Види дифузії.
12. Вплив на дифузію деяких факторів.
13. Корозія зварних з'єднань. Фактори.
14. Гомогенна корозія.
15. Гетерогенна корозія.
16. Види зварювальних ванн.
17. Потоки у зварювальних ваннах.
18. Взаємодія заліза с киснем.
19. Взаємодія заліза зі складними газами.
20. Взаємодія з киснем міді, алюмінію, титану.
21. Вплив кисню на властивості сталей.
22. Захист металів від кисню.
23. Поглинання водню.
24. Засоби захисту від водню.
25. Поглинання азоту.
26. Засоби захисту від азоту.
27. Умови утворення пор.

Крім того, кожен студент повинен виконати та захистити чотири лабораторні роботи.

Третій рубіжний контроль

1. Шлакові включення.
2. Функції шлаків при наплавленні.
3. Фізичні властивості шлаків.
4. Класифікація шлакових фаз
5. Основні компоненти шлакових фаз. Коефіцієнт основності.
6. Легування при наплавленні
7. Коефіцієнт переходу
8. Рафінування шлаками

9. Призначення компонентів покриття електродів
10. Класифікація електродних покриттів
11. Ізотерма. Температурне поле.
12. Схеми тіл, що нагріваються.
13. Миттєві джерела нагрівання.
14. Періоди нагрівання тіл.
15. Розрахунки у період вирівнювання температур
16. Нагрівання від краю тіла.
17. Нагрівання тіл обертання
18. Власні напруження. Механізм утворення.
19. Види переміщень.
20. Утворення напружень при однопрохідному зварюванні листів

у стик.

21. Вплив зварювальних деформацій та напружень на якість наплавлених конструкцій.
22. Теорія безперервної кристалізації.
23. Теорія вибіркової кристалізації.
24. Методи регулювання первинної кристалізації.
25. Вторинна кристалізація шву та колошовної зони.
26. Технологічна міцність.
27. Механізм утворення гарячих тріщин та їх види.
28. Вплив різних факторів на технологічну міцність.
29. Методи оцінки опірності утворенню гарячих тріщин.
30. Запобігання утворенню гарячих тріщин.

Крім того, кожен студент повинен зробити та захистити три лабораторні

Четвертий рубіжний контроль

1. Холодні тріщини. Причини утворення.
2. Будова ЗТВ сталей, що загартовуються.
3. Методи попередження утворення холодних тріщин.
4. Технологічна здатність до наплавлення.
5. Проблеми зварювання вуглецевих сталей.
6. Проблеми зварювання низьколегованих сталей.
7. Проблеми зварювання середньолегованих сталей.

8.Здатність до наплавлення сталей, що підлягають термообробці і наплавлення сталей, що не підлягають термообробці.

9.Проблеми наплавлення сталей мартенситного класу.

10 Проблеми наплавлення сталей феритного класу.

11 Міжкристалічна корозія.

12.Проблеми наплавлення сталей аустенітного класу.

13."Ножова" корозія.

14.Сигматизація.

15.Чавуни. Здатність до наплавлення.

16.Проблеми здатності до наплавлення міді та її сплавів.

17.Проблеми здатності до наплавлення нікелю та його сплавів.

18.Проблеми здатності до наплавлення алюмінію та його сплавів.

19.Здатності до наплавлення титану та його сплавів.

20.Вплив термічного циклу при дво- та багатопшаровому наплавленні.

Крім того, кожен студент повинен зробити та захистити шість лабораторних робіт і друге РГЗ.

4 МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

1. Методичні вказівки до лабораторної роботи № 1 з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. - 10 с

2. Методичні вказівки до лабораторної роботи № 2 з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. - 10 с

3. Методичні вказівки до лабораторної роботи № 3 з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя:

ЗНТУ, 2016. - 10 с

4. Методичні вказівки до лабораторної роботи № 4 з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. - 10 с

5. Методичні вказівки до лабораторної роботи № 5 з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2012. - 14 с

6. Методичні вказівки до лабораторної роботи № 6 з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2012. - 10 с

7. Методичні вказівки до лабораторної роботи № 7 з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. - 10 с

8. Методичні вказівки до лабораторної роботи № 8 з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян, Д.М. Тимофієнко – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – 10 с.

9. Методичні вказівки до лабораторної роботи № 9 з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – 6 с.

10. Методичні вказівки до лабораторної роботи № 10 з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2012. - 10 с

11. Методичні вказівки до лабораторної роботи № 11 з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої

програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. - 14 с

12.Методичні вказівки до лабораторної роботи № 12 з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – 10 с.

13.Методичні вказівки до лабораторної роботи № 13 з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» для всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. - 10 с

14.Методичні вказівки до лабораторної роботи № 14 з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – 6 с

15.Методичні вказівки до лабораторної роботи № 15 з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. - 10 с

16.Методичні вказівки до лабораторної роботи № 16 з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – 10 с.

17.Методичні вказівки до лабораторної роботи № 17 з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. - 6 с

18.Методичні вказівки до лабораторної роботи № 18 з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – 10 с.

19.Методичні вказівки до лабораторної роботи № 19 з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. - 10 с

20.Методичні вказівки до лабораторної роботи № 20 з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. - 10 с

21.Методичні вказівки до розрахунково-графічного завдання № 1 з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» для всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. - 6 с

22.Методичні вказівки до розрахунково-графічного завдання № 2 з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. - 6 с

23.Методичні вказівки до практичної роботи № 1 з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. - 14 с

24.Методичні вказівки до практичної роботи № 2 з дисципліни «Теорія зварювальних процесів» для студентів напряму підготовки 6.050504 «Зварювання» для всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – 38 с.

25.Методичні вказівки до практичної роботи № 3 з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. - 18 с.

26.Методичні вказівки до практичної роботи № 4 з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. -

22 с.

27.Методичні вказівки до курсового проекту № 1 з дисципліни «Теорія зварювальних процесів» для студентів напряму підготовки 6.050504 «Зварювання» для всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – 14 с.

28.Методичні вказівки до курсового проекту № 2 з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – 22 с.

29.Конспект лекцій з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. - 34 с.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Теория сварочных процессов / Под ред. В.В. Фролова. - М.: Высшая школа, 1988. – 560 с.
2. Багрянский К.В. и др. Теория сварочных процессов. - К.: Вища школа, 1976. - 502 с.
3. Петров Г.Л., Тумарев А.С. Теория сварочных процессов. Учебник для вузов. Изд. 2-е перераб. - М.: Высшая школа, 1977. - 302 с.
4. Винокуров В.А., Григорьянц А.Г. Теория сварочных деформаций и напряжений. - М.: Машиностроение, 1984. - 279 с.

Додаткова

5. Лесков Г.И. Электрическая сварочная дуга. - М.: Машиностроение, 1970. - 334 с.
8. Кох Б.А. Основы термодинамики металлургических процессов сварки. - Л.: Судостроение, 1975. – 240 с.

9. Славянов Н.Г. Электрическая отливка металлов. - М.: Машгиз, 1954.
10. Походня И.К. Газы в сварных швах. - М.: Машиностроение, 1972. – 255 с.
11. Алов А.А. Основы теории сварки и пайки. - М.: Машиностроение, 1972. – 272 с.
12. Новожилов Н.М. Основы металлургии дуговой сварки в активных защитных газах. - М.: Машиностроение, 1972. - 230 с.
13. Елистратов П.С. Металлургические основы сварки чугуна. - М.: Машгиз, 1957. - 54 с.
14. Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. - М.: Машиностроение, 1974. – 240 с.
15. Шоршоров М.Х. Металловедение сварки сплавов титана. - М.: Наука, 1965. – 330 с.
16. Медовар Б.И. Сварка жаропрочных аустенитных сталей и сплавов. - М.: Машиностроение, 1966 - 429 с.
17. Земзин В.Н. Сварные соединения разнородных сталей. - М.: Машиностроение, 1966. - 230 с.
18. Прохоров Н.Н. Физические процессы в металлах при сварке. - М.: Металлургия, 1975. - 596 с.
19. Каховский Н.И. Сварка высоколегированных сталей. — К.: Техніка, 1975. - 376с.
20. Сварка в машиностроении: Справочник в 4-х томах / Редкол.: Г.А. Николаев (пред.) и др. - М.: Машиностроение, 1978 - т.1 / Под ред. Н.А. Ольшанского. 1978. - 504 с.
21. Стеклов О.И. Стойкость материалов и конструкций к коррозии под напряжением. М.: Машиностроение, 1990. - 353 с.
22. Гуревич С.М. Справочник по сварке цветных металлов. - К.: Наукова думка. - 1981. - 608 с.
23. Винокуров В.А. Отпуск сварных конструкций для снижения напряжений. - М.: Машиностроение, 1973. - 215 с.
24. Краткий справочник физико-химических величин / Под ред. А.А. Равделя. - Л.: Химия, 1983. - 231 с.
25. Мазель А.Г. Технологические свойства электрической дуги. – М.: Машиностроение, 1969. – 178 с.
26. Сидорец В. Н., Пентегов И. В. Детерминированный хаос в нелинейных цепях с электрической дугой. - К.: Международная ассоциация «Сварка», 2013. – 272 с.

27.Лакомский В. И., Лакомский В. В. Азот в жидких сталях и шлаках. Под ред. академика Б. Е. Патона. — К.: Наук, думка, 2012. — 142 с.

28.Сварка и наплавка меди и сплавов на ее основе. Составители: В.М. Илюшенко, Е.П. Лукьянченко. — К.: Международная ассоциация «Сварка», 2013. — 396 с.

29.Современные технологии ремонта, восстановления и реновации. – К.: Международная ассоциация «Сварка», 2012. — 172 с.

30.Металлургия дуговой сварки и сварочные материалы. – К.: Академперіодика, 2012. — 526 с.

31.Лакомский В.И. Оксидные катоды электрической дуги. - Запорожье: Интеграл, 1977. - 188 с.

32.Сварка и термическая обработка живых тканей. Теория. практика. Перспективы. IX Международная научно-практическая конференция. Программа конференции. Сборник тезисов докладов. 28—29 ноября 2014 г., Киев, Украина. Международная ассоциация «Сварка», 2014. – 68 с.

33.Сварка и родственные технологии – настоящее и будущее. Программа и сборник тезисов стендовых докладов международной конференции. 25—26 ноября 2013 г., Киев, Украина. Международная ассоциация «Сварка», 2013. – 222 с.

34.Сварка и термическая обработка живых тканей. Теория. Практика. Перспективы. VIII Международная научно-практическая конференция. Программа конференции. Сборник тезисов докладов. 29—30 ноября 2013 г., Киев, Украина. Международная ассоциация «Сварка», 2013. – 70 с.

35.Математическое моделирование и информационные технологии в сварке и родственных процессах. Сборники трудов Международных конференций. пос. Кацевели, Крым, Украина.

Журнали

1. Сварочное производство
2. Автоматическая сварка
3. Сварщик
4. Современная электрометаллургия