

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою ВНТУ

протокол № 12

від «30» березня 2017 р.

професор з наукової роботи



С. В. Павлов

ПРОГРАМА

вступного іспиту до аспірантури за спеціальністю

132 – матеріалознавство

галузь знань 13 – механічна інженерія

Розглянуто і схвалено

Секцією Науково-технічної ради ВНТУ

протокол № 5

від «22» лютого 2017 р.

голова секції НТР

О. В. Грушко

НАУКОВИЙ БЛОК

«МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»

1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА

1.1. Кристалічна будова металів

Типи міжатомного зв'язку: іонні, ковалентні, металічні та молекулярні зв'язки. Основні типи просторових решіток в металах та їх характеристика. Поліморфізм. Анізотропія фізичних властивостей кристалів. Класифікація дефектів решіток: точкові, лінійні, поверхневі та об'ємні. Вектор Бюргерса.

1.2. Основи електронної теорії твердих тіл

Електронна теорія міжатомного зв'язку. Теплопровідність, електропровідність та електронна теплоємність металів. Напівпровідникові і діелектричні властивості твердих тіл. Магнітні властивості матеріалів. Діамагнетизм, парамагнетизм, феромагнетизм. Металеві та керамічні магніти.

1.3. Основи молекулярно-кінетичної теорії металів

Тепловий рух атомів у металах. Коливання решітки, теплоємність і теплове розширення, його зв'язок з кристалічною будовою і властивостями металів.

Дифузія в твердому тілі. Механізми дифузії.

1.4. Кристалізація

Термодинаміка процесу кристалізації. Утворення та зростання зародків твердої фази. Кінетика кристалізації, фактори, що впливають на кристалізацію. Величина зерна. Модифікування рідкого металу. Форма кристалів, побудова зливка. Одержання монокристалів.

1.5. Основи теорії сплавів

Основи термодинаміки сплавів. Умови термодинамічної рівноваги. Визначення системи, фази, структури. Будова сплавів. Механічна суміш, хімічне з'єднання, тверді розчини. Фазові та структурні перетворення в твердому стані. Вторинна кристалізація. Внутрішньокристалічна ліквідація, ліквідація по густині. Діаграми стану сплавів, що створюють тверді розчини з необмеженою розчинністю. Застосування правила фаз і правила відрізків. Діаграми стану сплавів з обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані. Діаграми з евтектичним та перитектичним перетвореннями. Діаграми стану сплавів з поліморфним та евтектоїдним перетворенням.

1.6. Основні фазові перетворення в сталі

Механізм і кінетика утворення аустеніту. Гомогенізація аустеніту. Розпад аустеніту. Ізотермічні та термокінетичні діаграми. Вплив складу на процес розпаду аустеніту. Мартенситне перетворення. Природа та структура мартенситу. Перетворення мартенситу та залишкового аустеніту при відпуску сталі.

2. МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ

2.1. Міцність і пластичність матеріалів.

2.1.1. Плоский напружений стан. Концентрація напружень. Механічні характеристики матеріалів.

2.1.2.Пластична деформація. Системи ковзання. Діаграми розтягування. Деформаційне зміцнення. Вплив пластичної деформації на структуру і властивості матеріалів. Вплив розміру зерна на механічні властивості.

2.1.3.Руйнування матеріалів. Види і механізми руйнування. Зароджування тріщин. В'язкість руйнування. Конструкційна міцність. Критерії конструкційної міцності. Надійність і довговічність. Чистота сталі і її вплив на конструкційну міцність.

2.1.4.Повзучість, тривала міцність, релаксація напружень. Вплив нагрівання на будову та властивості деформованого металу. Рекристалізаційні процеси.

2.1.5.Витривалість (втомна міцність) металів при циклічних механічних впливах. Термічна втомленість, термічний удар, термостійкість.

3.СТАЛІ В МАШИНОБУДУВАННІ

3.1. Основи легування сталі

Легуючі елементи в сталях. Вплив на критичні точки діаграми залізо-вуглець та властивості фериту і аустеніту. Класифікація легованих сталей за складом і призначенням. Маркування. Вплив легуючих елементів на процеси перетворення при відпуску, на процеси спікання та зварюваність.

3.2. Технологія термічної обробки сталі

Види процесів термічної обробки сталі та їх характеристика. Вплив режимів термічної обробки на властивості конструкційних матеріалів та зварні з'єднання. Види термомеханічної обробки. Окислення і зневуглецювання сталі, захисні середовища. Вплив водню на механічні властивості. Воднева крихкість. Відпал та нормалізація сталі. Гартування сталі. Гартувальні середовища. Відпуск та старіння сталі. Термомеханічна обробка. Види термомеханічної обробки.

3.3. Поверхнева обробка сталі

Електроіскрове і лазерне зміцнення та відновлення поверхні деталей машин і інструменту. Газополум'яне, детонаційне та плазмове напилення, електродугова металізація. Електронно-променева та іонно-променева технології нанесення покриттів.

Хіміко - термічна обробка. Види та призначення. Цементация у твердому карбюризаторі, рідкому і газовому середовищах. Азотування. Ціанування, нітроцементация сталі. Дифузійна металізація. Алітування. Хромування. Силіціювання. Поверхнєве гартування при індукційному чи газополум'яному нагріваннях.

3.4. Промислові сталі

Вуглецева сталь. Вуглецеві сталі звичайної якості та високоякісні. Високоміцні сталі. Корозійностійкі сталі. Загальні принципи легування. Жароміцні сталі і сплави. Інструментальні сталі. Класифікація і маркірування інструментальних сталей.

4. ЧАВУНИ

4.1.Сірий чавун з пластинчастим графітом. Класифікація, маркірування.

4.2. Ковкий чавун. Структура та властивості ковкого чавуну.

4.3.Високоміцний чавун. Сфероїдируючі елементи.

- 4.4. Чавун з вермикулярним графітом.
- 4.5. Чавун з дрібнодисперсним компактним графітом.
- 4.6. Теорія гартування чавунів.
- 4.7. Легування чавунів.

5. СПЛАВИ КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ

5.1. Мідь, її сплави та композити. Галузі застосування міді і її сплавів. Принципи легування.

5.2. Титан та його сплави. Класифікація сплавів. Механічні і хімічні властивості титанових сплавів.

5.3. Алюмінієві сплави та їх класифікація. Дюралюміній. Сплави що деформуються. Ливарні алюмінієві сплави. Силуміни. Галузі застосувань алюмінієвих сплавів.

5.4. Тугоплавкі метали (молібден, вольфрам, хром, тантал і ніобій) та їх сплави. Принципи легування. Галузі застосування.

5.5. Легкоплавкі метали (цинк, свинець, олово) та їх сплави. Припої на олов'яній, свинцевій та мідній основі. Антифрикційні сплави.

6. МЕТАЛИ І СПЛАВИ З ОСОБЛИВИМИ ФІЗИЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Магнітні матеріали. Класифікація за магнітними властивостями. Низькочастотні і високочастотні магнітом'які матеріали. Магнітотверді сплави. Матеріали з особливими тепловими властивостями. Матеріали з особливими тепловими і пружними властивостями.

7. НЕМЕТАЛЕВІ КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

7.1. Полімери і пластичні маси

Класифікація полімерних матеріалів. Структура та методи отримання полімерів. Фазові і фізичні стани полімерів. Особливості механічних властивостей полімерів, обумовлені їх будовою. Пластичні маси на основі термопластичних полімерів. Пластичні маси на основі термореактивних полімерів.

7.2. Аморфні сплави, ситали, керамічні і інші неорганічні матеріали

Вуглець та його модифікації. Переробка для отримання композиційних матеріалів. Використання. Аморфні сплави. Будова, властивості і види технічного скла та ситалів. Технічна кераміка, вогнетривкі та конструкційні керамічні матеріали. Скляні мастила і захисні покриття.

7.3 Композиційні матеріали

Композити на металевій матриці. Композити на полімерній матриці. Високоміцні і високомолекулярні волокна (органічні, силікатні, металічні). Армвані і наповнені металополімерні матеріали та вироби з них. Склопластики, деревосклопластики, вуглепластики та боропластики. Властивості, методи виготовлення та галузі застосування. Волокнисті композиційні матеріали. Структура та властивості.

8. ІНШІ КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

8.1. Напівпровідникові матеріали

Напівпровідникові матеріали. Класифікація та застосування. Будова та властивості напівпровідникових матеріалів. Методи отримання надчистих напівпровідникових матеріалів. Легування напівпровідникових матеріалів.

8.2. Клеючі та гумові матеріали

Клеючі матеріали. Класифікація, склад та властивості. Гумові матеріали. Класифікація, склад та властивості.

8.3. Монокристали та надтверді матеріали

Методи синтезу монокристалів алмазу, карбідів та інших надтвердих матеріалів. Класифікація та застосування. Будова та властивості.

9. ТЕРТЯ І ЗНОСОСТІЙКІСТЬ МАТЕРІАЛІВ

Зносостійкі, корозійностійкі та жароміцні покриття. Методи нанесення. Покриття, отримані наплавленням. Структура та зносостійкість наплавлених покриттів. Характеристика зношування. Антифрикційні та фрикційні матеріали.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение: Учебник для вузов. - М.: Машиностроение, 1990. - 528 с.
2. Л. Ван Флек. Теоретическое и прикладное материаловедение.- М.: Атомиздат, 1975.
3. Материаловедение / под ред. Арзамасова Е.Н. - М.: Машиностроение, 1986.
4. Шаскольская М.П. Кристаллография. - М: «Высшая школа», 1976.
5. Разрушение / под ред. Либовитца. - М.: Машиностроение, 1979.
6. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов и сплавов. - М.: Metallurgy, 1986. – 478 с.
7. Уманский Я.С., Скаков А.А. Физика металлов. - М.: Атомиздат, 1978.
8. Методы испытания, контроля и исследования машиностроительных материалов / под ред. А.Т.Туманова, т.1 - 3. - М.: Машиностроение, 1971-1974.
9. Иванов В.С., Копьев И.М. и др. Металлы, упрочненные волокнами. – М.: Наука, 1974.
10. Волоконные композиционные материалы / под ред. Дж. Уитона и Э. Скала. Пер. с англ. – М.: Metallurgy, 1978.
11. Металлополимерные материалы и изделия / под ред. В.А. Белого. - М.: Химия, 1979.
12. Гуль В.Е. Структура и прочность полимеров. - М.: Химия, 1978.
13. Композиционные материалы, в 8-ми томах / под ред. Л. Браутмана и Р. Крока. Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1978.
14. Захарченко Э.В., Левченко М. и др. Отливки из чугуна с шаровидным и вермикулярным графитом. – К.: Наук. думка, 1986.
15. Неижко Н.Г. Графитизация и свойства чугуна. – К.: Наук. думка, 1989.
16. Крагельский И.В. Трение и износ. - М.:Машиностроение, 1968.
17. Бернштейн М.Н., Займовский В.А. Механические свойства металлов. – М.: Metallurgy, 1979.

ДОДАТКОВА ЛІТЕРАТУРА

18. Гуляев А.П. Металловедение: Учебник для вузов. - М.: Металлургия, 1985. – 542 с.
19. Большаков И.В., Дворкин Л.И. Строительное материаловедение: учебное пособие для студентов строительных специальностей вузов. - Днепропетровск: РВА «Дніпро - VAL», 2004. – 677 с.
20. Арзамасов Б.Н., Макарова В.И., Мухин Г.Г., Рыжов Н.М., Силаева В.И. Материаловедение/ 6-е издание. - М.- изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 648 с.
21. Металознавство: підручник / О.М. Бялік, В.С. Черненко, В.М. Писаренко, Ю.Н. Москаленко. – К.: ІВЦ "Політехніка", 2001, - 375 с.
22. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: учеб. пособие / под ред. В.С. Чередниченко. – 2-е изд., перераб. – М.: Омега-Л, - 2006. – 752 с.
23. Волошко С.М., Сидоренко С.І. Матеріалознавство високотемпературних надпровідників. - К.: Вища школа, 1995. - 207 с.
24. Блатнер М.Е. Теория термической обработки. – М.: Металлургия, 1984. – 327 с.
25. Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. Специальные стали. – М.: Металлургия, 1985. – 367 с.
26. Брик В.Б. Диффузия и фазовые превращения в металлах и сплавах. – К.: Наук. думка, 1985. - 232 с.
27. Бокштейн Б.С., Бокштейн С.З., Жуховицкий А.А. Термодинамика и кинетика диффузии в твердых телах. - М.: Металлургия, 1974. - 248 с.
28. Бокштейн Б.С. Диффузия в металлах. - М.: Металлургия, 1978. - 247 с.
29. Суперсплавы II / кн.1. - М.: Металлургия, 1995. - 384с.
30. Суперсплавы II / кн.2. - М.: Металлургия, 1995. - 368с.
31. Новиков И.И. Дефекты кристаллического строения металлов. - М.: Металлургия, 1983. – 232 с.
32. Сидоренко С.І., Пащенко В.М., Кузнецов В.Д. Матеріалознавчі основи інженерії поверхні. - К.: Наук. думка, 2002, 482 с.
33. Інженерія поверхні / К. А. Ющенко, Ю. С. Борисов, В. Д. Кузнецов, В. М. Корж. - К.: Наук. думка, 2007р. - 558 с.
34. Уманский Я.С., Скаков А.А. Физика металлов. - М.: Атомиздат, 1978.
35. Бялік О.М. Структурний аналіз металів. - К.: ІВЦ "Політехніка", 2006. - 326 с.
36. Трибологія: підручник / М.В. Кіндрачук, В.Ф. Лабунец, М.І. Пашечко, Є.В. Корбут. – К.: Вид-во Нац. авіа. ун-ту «НАУ». – 2009. – 392 с.
37. Золоторевский В.С. Механические свойства металлов. – М.: Металлургия, 1983. - 351с.
38. Киселев В.Ф., Козлов С.Н., Зотеев А.В. Основы физики поверхности твердого тела. М.: Изд-во Московского университета, 1999. – 284 с.
39. Неорганическое материаловедение в 2-х томах. Энциклопедическое издание / под ред. Г.Г. Гнесина, В.В. Скорохода. – К.: Наук. думка, 2008.
40. Савуляк В.І. Синтез зносостійких композиційних матеріалів та поверхневих шарів з екзотермічних компонентів : монографія / В. І. Савуляк. – Вінниця, ВНТУ. 2002. – 160 с.

41. Савуляк В.І. Побудова та аналіз моделей металевих сплавів : монографія. / В. І. Савуляк, А.О. Жуков, Г.О. Чорна. – Вінниця, УНІВЕРСУМ. 1999. – 200 с.
42. Савуляк В.І. Економічні технології високоміцних графітізованих сплавів заліза : монографія / В. І. Савуляк, О.Б. Янченко. – Вінниця, ВНТУ. 2014. – 160 с.
43. Савуляк В.І. Наплавлення висовуглецевих зносостійких покриттів : монографія/ В. І. Савуляк, В. Й. Шенфельд. – Вінниця, ВНТУ. 2016.

Посилання на навчальні сайти

1. Слайд - лекції по курсу «Материаловедение»:
http://metall-2006.narod.ru/metall_slaid_lekcia.html
2. Все о металлах и материаловедении:
<http://materiall.ru/>
3. Книги по материаловедению (скачать бесплатно):
<http://supermetalloved.narod.ru/books.htm>
4. Конспекты лекций, учебные пособия http:
<http://www.twirpx.com/files/machinery>
5. Зносостійкі наплавлення
<http://www.mec-castolin.ru/Dopolnitel-no/Novosti/Zaschita-ot-abrazivnogo-iznosa.-Naplavochnye-materialy>.
<http://www.zntu.edu.ua/base/i2/iff/k3/ukr/tribos/books/vospovizn/02.htm>

НАУКОВИЙ БЛОК **«ДІАГНОСТИКА МАТЕРІАЛІВ І КОНСТРУКЦІЙ»**

- Тема 1.** Загальні питання технічної діагностики. Основні поняття та визначення.
- Тема 2.** Основні типи зварювальних дефектів. Основні методи неруйнівного контролю якості матеріалів і конструкцій.
- Тема 3.** Метод акустичної емісії: фізичні основи, загальні відомості, фізична та математична моделі. Практичне застосування методу акустичної емісії.
- Тема 4.** Ультразвукова дефектоскопія: фізичні основи, принципи роботи акустичних випромінювачів: будова електромагнітно-акустичних перетворювачів, відображення, заломлення і перетворення ультразвукових коливань, дефектоскопія на основі п'єзоелектричних перетворювачів, контроль зварних з'єднань, отриманих за допомогою дугових способів зварювання, контроль зварних швів, отриманих стиковим контактним зварюванням, визначення умовних розмірів та форм дефектів.
- Тема 5.** Фізичні основи та загальна характеристика вихореструменевого контролю. Глибина проникнення електромагнітного поля в провідне середовище. Робочі частоти, критерії їх вибору. Типи вихореструменевих перетворювачів, їх конструкції і сфери застосування.
- Тема 6.** Магнітний контроль. Фізичні основи магнітних методів неруйнівного контролю. Доменна структура феромагнетиків. Основні характеристики магнітних полів та магнітних властивостей феромагнітних матеріалів. Петля гістерезису та її параметри. Визначення коерцитивної сили за індукцією та за намагніченістю. Статичні та динамічні характеристики феромагнітних матеріалів. Ефект Баркгаузена.
- Тема 7.** Оптичні методи НК. Методи і засоби оптичної мікроскопії для діагностики поверхонь матеріалів і зварних з'єднань.
- Тема 8.** Тепловий метод НК. Метод інфрачервоної емісії. Розсіювання теплових полів у металоконструкціях під напруженням. Тепловізори.
- Тема 9.** Радіаційні методи неруйнівного контролю Промислового класичного та обчислювального томографія.
- Тема 10.** Залишковий ресурс конструкцій. Загальні положення. Екстраполяція результатів контролю. Статистичні методи обробки результатів.
- Тема 11.** Методи лазерної інтерферометрії: загальні відомості. Голографічна інтерферометрія (ГІ). Суть методу. Оптичні схеми інтерферометрів. Застосування ГІ для виявлення дефектів в конструкціях та матеріалах. Спекл-

інтерферометрія (СІ). Суть методу. Оптичні схеми інтерферометрів. Застосування СІ для вимірювання переміщень та контролю дефектів.. Електронна спекл-інтерферометрія (ЕСІ). Суть методу. Оптичні схеми інтерферометрів. Застосування ЕСІ. Електронна ширографія (ЕШ). Суть методу. Оптичні схеми інтерферометрів. Застосування ЕШ для контролю якості матеріалів та конструкцій. Области застосування ЕШ.

Тема 12. Зварні конструкції. Конструкційні матеріали. Загальна характеристика зварних з'єднань. Деформації та напруження, які виникають внаслідок дії термічного циклу при зварюванні плавленням. Способи зниження напружень та деформацій в зварних конструкціях. Залишкові напруження в зварних з'єднаннях та елементах конструкцій. Експериментальні методи визначення залишкових зварних напружень та деформацій. Суть методів.

Тема 13. Механічні властивості зварних з'єднань та методи їх визначення, вплив дефектів та напруженого стану на статичну та циклічну міцність зварних з'єднань. Крихке руйнування зварних з'єднань. Методи оцінки опору конструкційних матеріалів крихкому руйнуванню. Види корозійного руйнування зварних з'єднань. Методи оцінки корозійної стійкості. Деградація властивостей матеріалів.

Основна література.

1. Недосека А.Я. Основы расчета и диагностики сварных конструкций / Под ред. Б.Е.Патона. – К.: Индпром, 2001. – 815 с.(397-406,508-515)
2. Троицкий В.А. Краткое пособие по контролю качества сварных соединений, 316 ,2006 (3-6,7-16).
3. Сварные строительные конструкции / Под ред. чл.-корр. НАН Украины Л.М.Лобанова. – Т.1. – Основы проектирования конструкций. – К.: Наук. думка, 1993. – 416
4. Сварные строительные конструкции / Под ред. чл.-корр. НАН Украины Л.М.Лобанова. – Т.3. – Контроль качества. – К.: Наук. думка, 2003.378с.(225-293)
5. Герасимов В.Г., Покровский А.Д., Сухоруков В.В. Неразрушающий контроль. Т.1-5. Практическое пособие. /Под ред. В.В. Сухорукова. – М.: Высш. шк., 1992. – 1500 с.
6. Лобанов Л.М., Пивторак В.А., Олейник Е.М., Киянец И.В. /Методика, технология и аппаратура ширографического неразрушающего контроля материалов и элементов конструкций //Техническая диагностика и неразрушающий контроль, № 3, 2004. – с. 25-28.
7. Методика определения остаточных напряжений в сварных соединениях и элементах конструкций с использованием электронной спекл-интерферометрии /Л.М.Лобанов, В.А.Пивторак, В.В.Савицкий, Г.И.Ткачук //Автомат.сварка. – 2006. - № 1. – с. 25-30.

8. Винокуров В.А., Григорьянц А.Г. Теория сварочных деформаций и напряжений. – М.: Машиностроение, 1984. – 280 с.
9. Николаев Г.А. и др. /Расчет, проектирование и изготовление сварных конструкций. М.: Машиностроение, 1971. – 760 с.

Додаткова література

1. Винокуров В.А., Куркин С.А., Николаев Г.А. Сварные конструкции. Механика разрушения и критерии работоспособности /Под ред. Б.Е.Патона. – М.: Машиностроение, 1996. – 576 с.
2. Скальський В.Р., Андрейків О.Є. Оцінка об'ємної пошкодженості матеріалів методом акустичної емісії. – Львів: Вид-во Львівського нац. ун-ту, 2005. – 330 с.
3. Назарчук З.Т., Кошовий В.В., Скальський В.Р. Неруйнівний контроль і технічна діагностика. / Механіка руйнування та міцність матеріалів. т.5. – Львів, ФМІ, 2001. – 1034 с.
4. Коллакот Р. Диагностика повреждений. /Под ред. П.Г.Бабаевского. – М.: Мир, 1989. – 512 с.
5. 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.- К.: Наукова думка.- 1981.-583 с.
6. Троицкий В.А., Радько В.П., Демидко В.Г. Дефекты сварных соединений и средства их обнаружения. - Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1983. -144 с.
7. Троицкий В.А., Радько В.П., Демидко В.Г., Бобров В.Т. Неразрушающий контроль качества сварных конструкций. -К. Техника. -1986. -159с.
8. Троицкий В.А. Ультразвуковой контроль. Дефектоскопы. Нормативные документы. Стандарты по УЗК, 221 с., 2006 г.
9. Островский Ю.И., Бутусов М.М., Островская Г.В. Голографическая интерферометрия. – М.: Наука, 1977 – 339 с.
10. Криксунов Л.З., Падалко Г.А. Тепловизоры. – К.: Техніка, 1987. – 166 с.
11. Левшина Е.С., Новицкий П.В. Электрические измерения физических величин. – М.: Энергоатомиздат, 1983 – 320 с.
12. Осипович Л.А. Датчики физических величин. – М.: Машиностроение, 1979. – 159 с.
13. Герасимов В.Г., Ключев В.В., Шатерников В.Е. Методы и приборы электромагнитного контроля промышленных изделий. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 272 с.
14. Троицкий В.А. Магнитопорошковый контроль сварных соединений и деталей машин, 300 с., 2002
15. Білокур І.П. Елементи дефектології при вивченні неруйнівного контролю. – Київ: НМК ВО, 1990. – 252 с..
16. Алешин Н.Н., Щербинский В.Г. Радиационная, ультразвуковая и магнитная дефектоскопия металлоизделий. – М.: Высшая школа. – 1991. – 271 с.
17. Неразрушающий контроль и диагностика: Справ. /В.В. Ключев, Ф.Р. Соснин, В.Н. Филинов и др.; Под ред. В.В. Ключева. – М.: Машиностроение, 1995. – 488 с.

НАУКОВИЙ БЛОК

«ПРОЦЕСИ ТА МАШИНИ ОБРОБКИ ТИСКОМ»

1. Теоретичні основи проектування технологічних процесів обробки металів тиском

Основи механіки процесів обробки металів тиском. Основні задачі теорії обробки металів тиском як прикладної дисципліни. Деформований стан. Тензорні характеристики деформації. Схеми та види деформації. Кінематичні та динамічні граничні умови. Поля швидкостей деформацій. Напружений стан. Поняття про тензор напружень. Види напруженого стану. Схеми напружень. Рівняння руху та рівноваги. Статичні граничні умови. Рівняння зв'язку між напруженнями і деформаціями у пружній та пластичній областях. Граничні стани. Деформаційне зміцнення. Крива течії. Діаграми пластичності. Ступінь використання ресурсу пластичності.

2. Фізичні основи обробки металів тиском

Будова металів та сплавів. Дефекти кристалічних ґраток. Холодна пластична деформація монокристалів та полікристалів. Зміна структури металів внаслідок пластичної деформації. Динамічне повернення та рекристалізація. Вплив температури, швидкості, ступеня деформації на опір деформуванню. Вплив різних видів деформації на структуру та механічні властивості металів.

3. Контактне тертя в процесах деформації

Контактне тертя активної та опірної дії. Особливості тертя в процесах ОМТ. Три види тертя в ОМТ. Основні фактори, що впливають на характер тертя та опір деформуванню. Способи задавання статичних граничних умов в теоретичних рішеннях. Мастила для ОМТ: вимоги до властивостей, умови застосування.

4. Основні закони пластичної деформації

Закон сталості об'єму. Закон сталості критичного дотичного напруження. Закон найменшого опору. Закон нерівномірності деформації і додаткових напружень. Закон подібності. Моделювання процесів ОМТ.

5. Методи аналізу процесів пластичної деформації

Класифікація методів аналізу процесів пластичної деформації. Аналітичні та експериментально-аналітичні методи. Модель процесу пластичної деформації. Точність моделі і її залежність від прийнятого методу та точності вихідних даних. Інженерний метод: основні допущення і визначальні рівняння; типові задачі, що розв'язані інженерним методом. Енергетичний метод: розривні поля швидкостей як основа методу; допущення; два основних рівняння енергетичного методу. Експериментально-аналітичні методи: експериментальні поля швидкостей або переміщень як основа методів; згладжування полів, що побудовані експериментально. Візіопластичний метод; основні рівняння

візіопластичного методу та їх використання для аналізу напружено-деформованого стану.

6. Задачі аналізу процесів обробки металів тиском.

Види задач теоретичного аналізу та методи їх розв'язання. Можливості і обмеження щодо використання аналітичних та експериментально-аналітичних методів розв'язання задач аналізу процесів ОМТ. Використання ЕОМ для теоретичного аналізу процесів ОМТ. Урахування зміцнення в теоретичних рішеннях. Аналіз граничного формозмінення. Аналіз навантажень на інструмент. Основні методи аналізу плоских та вісесиметричних задач. Способи інтегральних оцінок навантажень на інструмент. Аналіз силового режиму процесів ОМТ.

7. Основи технологи кування та штампування.

Історія розвитку ковальсько-штампувального виробництва: ручне кування на універсальному інструменті та в підкладних штампах. Машинне кування на універсальному інструменті та в підкладних штампах. Об'ємне штампування у відкритих та закритих штампах. Спеціальні методи обробки металів тиском. Класифікація технологічних процесів кування, об'ємного та листового штампування за різними ознаками. Техніко-економічні показники різних варіантів технології виготовлення деталей в залежності від обсягу виробництва.

8. Розрахунки основних видів ковальсько-штампувальних машин.

Кривошипні преси. Структурна схема. Класифікація. Принципові особливості. Гідравлічні преси. Структурна схема. Класифікація. Принципові особливості. Молоти. Принцип дії. Класифікація. Принципові особливості. Гвинтові преси. Принцип дії. Класифікація. Принципові особливості. Вібраційні машини обробки тиском (преси, молоти, розкочувальне та прокатне обладнання). Класифікація вібраційних приводів. Принципові особливості.

9. Експериментальні методи дослідження роботи обладнання.

Методи та апаратура, первинні перетворювачі для визначення переміщень, швидкостей, прискорень робочих частин обладнання, тиску газів та рідин, зусиль у вузлах та деталях машин, енергетичних витрат. Розшифровування та обробка експериментальних даних. Визначення похибок та довірчих інтервалів.

10. Теоретичні основи моделювання механічних систем – машин, механізм, пристроїв тощо.

Види моделей і рівні моделювання механічних систем. Фізичні (динамічні) моделі механічних систем та їх функціональних частин. Математичні моделі механічних систем як абстрактні моделі. Рівні моделювання: структурний (імітаційний); логічний; кількісний (аналіз). Динамічні та математичні моделі механічних систем. Одномасові та багатомасові динамічні моделі. Характеристика рушійних сил і сил опору. Побудова математичних моделей механічних систем на основі їх динамічних моделей. Методи побудови та аналізу

математичних моделей механічних систем. Методи спрощення математичних моделей та їх аналізу. Адекватність математичної моделі та об'єкта досліджень. Види та методи оптимізації механічних систем. Основні поняття та означення оптимізації. Критерії оптимальності – цільові функції. Класифікація математичних методів оптимізації. Загальний алгоритм процесу оптимізації. Способи задавання цільової функції. Основні поняття про параметричне оптимальне проектування статичних і динамічних механічних систем і його методи.

11. Гідроімпульсний привод і технологічні машини (пристрої тощо) на його основі.

Означення та основні характеристики гідроімпульсного приводу. Основні ланки гідроімпульсного приводу. Генератори імпульсів тиску (ГІТ) як одні із основних механізмів (вузлів) гідроімпульсного приводу. Типи ГІТ та їх класифікація. Основні принципові схеми ГІТ. Типові алгоритми розрахунку ГІТ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аверкиев Ю.А. Технология холодной штамповки / Ю.А. Аверкиев, А.Ю.Аверкиев. - М.: Машиностроение, 1989. - 304 с.
2. Соломенцева Ю.М. Автоматизированное проектирование И производство в машиностроении / Под общей ред. Ю.М. Соломенцева и В.Г. Митрофанова. - М.: Машиностроение, 1986. - 256 с.
3. Алиев Ч.А. САПР технологии горячей объемной штамповки / Ч.А.Алиев, Г.П.Тетерин. - М.: Машиностроение, 1987. - 224 с.
4. Берник П.С. Технологічні методи забезпечення надійності машин / П.С.Берник, Т.С.Афтаназів, І.О.Сивак. - К.: КИТ, 2004. - 148 с.
5. Бочаров Ю.А. Винтовые Пресс / Ю.А.Бочаров. - М.: Машиностроение, 1976. - 247 с.
6. Бочаров Ю.А. Гидропривод кузнечно-прессовых машин / Ю.А.Бочаров. - М.: Высшая школа, 1969. - 246 с.
7. Дорошко В.И. Математическое моделирование процессов комбинированной витяжки / В.И.Дорошко, О.В.Сергиенко. - Луганск: ВНТУ им. В. Даля, 2003. - 136 с.
8. Евстратов В.А. Теория обработки металлов давлением / В.А. Евстратов. - Харьков: Вища школа, 1981. - 248 с.
9. Живов Л.И. Кузнечно-штамповочное оборудование. Молоты / Л.И.Живов, А.Г.Овчинников. - К.: Вища школа, 1984. - 279 с.
10. Живов Л.И. Кузнечно-штамповочное оборудование. Пресс / Л.И.Живов, А.Г.Овчинников. - К.: Вища школа, 1981. - 319 с.
11. Илюкович Б. М. Теоретические основы обработки металлов давлением: В 2 Т / Б. М.Илюкович, А. П.Огурцов, Н. Е.Нехаев. - Д.: РВА "ДніпроВАЛ", 2001. - 189 с.
12. Искович-Лотоцкий Р. Д. Вибрационные прессы: Обзор / Искович-Лотоцкий Р. Д., Матвеев И. Б. - М.: НИИМаш, 1979. – 50 с.

13. Искович-Лотоцкий Р. Д. Машины вибрационного и виброударного действия / Р. Д.Искович-Лотоцкий, И. Б.Матвеев, В. А. Крат. - Киев: Техніка, 1982. - 208 с.
14. Искович-Лотоцкий Р.Д., Новое оборудование для прессования порошковых материалов / Р. Д.Искович-Лотоцкий.- Киев: Вища школа, 1989.- 60 с.
15. Керимов З. Г., Багиров С.А. Автоматизированное проектирование конструкций / З. Г.Керимов, С.А.Багиров. - М.: Машиностроение, 1985. - 220 с.
16. Семенов Е.И. Ковка и штамповка: Справочник в 4-х томах / Под ред. Е.И.Семенова. - М.: Машиностроение, 1987.
17. Колодницький М.М. Основи теорії математичного моделювання систем / М.М.Колодницький. - Житомир: ЖІТІ, 2001. - 718 с.
18. Власов В.И. Кривошипные кузнечно-прессовые машины / Под ред. В.И. Власова. - М.: Машиностроение, 1982. - 424 с.
19. Крячко В.П. Теоретические основы САПР / В.П.Крячко.- М.: Энергоиздат, 1987. - 400 с.
20. Банкетов А.Н. Кузнечно-штамповочное оборудование / А.Н.Банкетов, Ю.А. Бочаров, Н.О.Добринский и др. - М.: Машиностроение, 1982. - 576 с.
21. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести / Н.Н.Малинин. - М.: Машиностроение, 1975. - 400 с.
22. Можаровський М.С. Теорія пружності, пластичності і повзучості / М.С.Можаровський. - К.: Вища школа, 2002. - 308 с.
23. Монятовский С.С. Виброизоляция шаботных кузнечных молотов / С.С.Монятовский, Т.С.Сушкова, Ю.И.Гутько. - Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2003. - 120 с.
24. Норицын И.А. Автоматизация и механизация технологических процессовковки и штамповки / И.А.Норицын, В.И.Власов. - М.: Машиностроение, 1976. - 388 с.
25. Огородников В.А. Деформируемость и разрушение металлов при пластическом формоизменении / В.А.Огородников. - К.: УМК ВО, 1989. - 152 с.
26. Огородников В.А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением / В.А.Огородников. - К.: Вища школа, 1983. - 175 с.
27. Евстратов В.А. Оптимизация технологических процессов и конструкций штампов для холодногo и полугорячего выдавливания: Методические рекомендации / В.А. Евстратов, О.М. Иванов, В.М. Кузьменко и др. - М.: ВРП/ШТЭМР, 1989. - 192 с.
28. Зайцев Г.Ф. Основы автоматического управления и регулирования / Г.Ф.Зайцев и др. - К.: Техника, 1975. - 495 с.
29. Охрименко Я.М. Технология кузнечно-штамповочного производства. / Я.М.Охрименко. - М.: Машиностроение, 1976. - 560 с.
30. Рей Р.И. Кузнечно-штамповочное оборудование. Прессы кривошипные / Р.И.Рей, С.С.Монятовский.- Луганск: Изд-во СНУ, 2000. - 216 с.
31. Ровинский Г.Н. Листоштамповочные механические Пресс / Г.Н.Ровинский, С.Л.Злотников. - М.: Машиностроение, 1968. - 376 с.

32. Скрябин С.А. Изготовление поковок из алюминиевых сплавов горячим деформированием / С.А.Скрябин.- К.: КВТЦ, 2004.- 346 с.
33. Рудман Л.М. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка / Под общей ред. Л.М. Рудмана. - М.: Машиностроение, 1988. - 496 с.
34. Сторожев М.В. Теория обработки металлов давлением / М.В.Сторожев, Е.А.Попов. - М.: Машиностроение, 1977. - 423 с.
35. Соколова Л.Н. Теория и технологияковки / Под ред. Л.Н. Соколова.- Киев: Вища школа, 1989. - 317 с.
36. Унксов В.П. Теорияковки и штамповки / Под общей ред. В.П. Унксова и А.Г. Овчинникова. 2-е изд. - М.: Машиностроение, 1992. - 720 с.
37. Тарновский И.Я. Теория обработки металлов давлением / И.Я. Тарновский, А.А. Поздеев, О.А. Ганаго и др. - М.: Металлургия, 1963. - 672 с.
38. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического управления / В.А. Бесекерский и др. - М.: Наука, 1975. - 767 с.
39. Яловой Н.И. Тепловые процессы при обработке металлов и сплавов давлением / Н.И. Яловой, М.А. Тылкин, П.И. Полухин, Д.И. Васильев. - М.: Высшая школа, 1973. - 631 с.
40. Трубин В.Н. Автоматизация проектирования технологииковки на молотах / В.Н.Трубин.- М.: Машиностроение, 1974. - 157 с.
41. Яковлев С.П. Теория и технология изотермической штамповки труднодеформируемых и малопластичных сплавов: Учебное пособие / С.П.Яковлев, В.Н.Чудин, С.С. Яковлев и др.- Тула: Тул ГУ, 2000.- 220 с.
42. Молчанов А. А. Моделирование и проектирование сложных систем / А. А. Молчанов. – К. : Выща шк., Головное изд-во, 1988. – 359 с.
43. Асташев В. К. Динамика машин и управление машинами : справочник/ Асташев В. К., Бабицкий В. И., Вульфсон И. И. и др.; под ред. Г. В. Крейна. – М. : Машиностроение, 1988. – 240 с.
44. Іскович-Лотоцький Р. Д. Генератори імпульсів тиску для керування гідроімпульсними приводами вібраційних та віброударних технологічних машин : монографія / Іскович-Лотоцький Р. Д., Обертюх Р. Р., Архипчук М. Р. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця 2008. – 171 с.
45. Обертюх Р. Р. Пристрої для віброточіння на базі гідроімпульсного привода : монографія / Р. Р. Обертюх, А. В. Слабкий. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 164 с.
46. Іскович-Лотоцький Р. Д. Використання гідроімпульсного приводу в обладнанні переробних виробництв : монографія / Іскович-Лотоцький Р. Д., Обертюх Р. Р., Поліщук О. В. . – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 116 с.
47. Савуляк В. В. Пластичне деформування тонколистового матеріалу в умовах значних локалізацій деформацій та напружень : Монографія / Савуляк В. В., Сивак І. О., Савуляк В.І. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця 2008. – 150 с.
47. Ковалёва А. С. Управление колебательными и виброударными системами (Теор. основы техн. кибернетики) / А. С. Ковалёва. – М. : гл. ред. физ.– мат. лит. Наука, 1990.– 256 с.

НАУКОВИЙ БЛОК

«ЗВАРЮВАННЯ ТА СПОРІДНЕНІ ПРОЦЕСИ І ТЕХНОЛОГІЇ»

1. Найважливіші способи зварювання (класифікація, принципи, значення, перспективи).

Дугове зварювання плавленням. Плазмове і мікроплазмове зварювання. Електрошлакове зварювання. Газове зварювання. Зварювання електронним променем. Зварювання лазером. Контактне зварювання (стикове, шовне, точкове). Конденсаторне зварювання. Мікрозварювання. Високочастотне зварювання. Дифузійне зварювання. Зварювання тиском у вакуумі. Зварювання тертям. Зварювання вибухом.

2. Зварювальна дуга.

Відмінні риси дугового розряду. Електронна емісія. Явища в катодній області. Процеси в стовпі. Температура стовпа дуги. Анодна область. Баланс енергії на катоді і аноді. Вольт-амперна характеристика дуги. Умови стійкої роботи зварювальної дуги з плавленням електродів. Саморегулювання дуги. Фактори, що визначають проплавлювальну здатність зварювальної дуги. Вплив компонентів флюсів, захисних газів і електродів на проплавлювальну здатність дуги.

3. Інші джерела зварювального нагрівання.

Шлакова ванна як джерело зварювального нагрівання. Електропровідність шлаку в залежності від температури. Нагрівання при контактному зварюванні опором, вплив тиску і стану поверхні. Ацетилено-кисневе полум'я; склад газів полум'я і його температура. Електронний промінь як джерело нагрівання. Лазерне випромінювання як джерело нагрівання при зварюванні. Плазма як джерело зварювального нагрівання. Особливості високочастотного нагрівання з індукційним і контактним підведенням струму.

4. Поширення тепла під час зварювання.

Основні фізичні процеси, що визначають поширення тепла у виробі під час зварювання. Основи розрахункових методів нагрівання виробу зварювальними джерелами тепла. Рівняння теплопровідності. Розрахункові схеми процесів нагрівання металу дугою.

5. Термічні цикли у виробі при зварюванні.

Основні характеристики простого термічного циклу (миттєва швидкість охолодження, максимальна температура, тривалість нагрівання вище даної температури). Регулювання термічних циклів при зварюванні і наплавленні. Відмінні риси термічних циклів при електрошлаковому, електронно-променевому, лазерному, контактному і газовому зварюванні. Методи математичного моделювання теплових процесів при зварюванні.

6. Перенесення металу при зварюванні плавленням.

Особливості плавлення електрода при різних способах зварювання. Кінетика плавлення і перенесення. Сили, що діють на краплю. Види переносу електродного металу. Вплив режимів зварювання, складу покриттів (флюсів, газів) на перенесення. Роль полярності струму. Управління переносом металу при дуговому зварюванні плавленням.

7. Формування шва і зварювальна ванна.

Вплив параметрів режиму на форму і розміри зварювальної ванни при дуговому і електрошлаковому зварюванні. Температура зварювальної ванни і методи її вимірювання. Перемішування металу в зварювальній ванні та причини, що його викликають. Методи впливу на цей процес.

8. Захисні гази, що застосовуються при зварюванні. Взаємодія між металом і газами при зварюванні.

Окислювальні, відновлювальні та інертні захисні гази. Вуглекислий газ, вимоги до його складу. Аргон і гелій. Суміші газів, їх склади і властивості.

Газова фаза при дуговому зварюванні. Розчинність газів в металах, вплив температури. Хімічна взаємодія газів і металу. Методи попередження пор при зварюванні сталі електродами, під флюсом, при зварюванні дротом з внутрішнім захистом, при зварюванні в захисних газах, при електрошлаковому зварюванні.

9. Зварювальні шлаки.

Класифікація зварювальних шлаків. Будова шлаків. Діаграма стану системи FeO - MnO. Поняття про концентрацію і активності компонентів шлаку. Зміна в'язкості і електропровідності шлаків при зміні температури. "Довгі" і "короткі" шлаки. Віддільність шлаку з поверхні шва.

10. Взаємодія шлаків і металу під час зварювання.

Відновлення і окиснення кремнію і марганцю. Окислення вуглецю під час зварювання. Вміст кисню в металі шва і неметалеві включення. Вміст сірки і фосфору в металі шва. Вплив режиму зварювання на інтенсивність взаємодії шлаку і металу.

11. Типи електродних покриттів.

Класифікація електродів за вітчизняним і міжнародним стандартами. Особливості металургійних процесів зварювання електродами з різними типами покриттів (Руднокислі, рутилові, фтористо-кальцієві, органічні). Захист розплавленого металу від повітря в покриттях різного типу. Особливості взаємодії металу з газами і шлаком. Причини пористості швів при зварюванні електродами різних типів і методи боротьби з пористістю. Гігієнічна характеристика електродів.

12. Типи флюсів і зварювальних дротів для дугового і електрошлакового зварювання.

Основні вимоги до флюсу для дугового зварювання. Плавлені та керамічні флюси. Типи і марки зварювальних і наплавних флюсів та дротів.

13. Легування та модифікування наплавленого металу.

Порівняльна характеристика легування через дріт, через покриття покритих електродів і через флюс. Доцільні області застосування різних шляхів легування. Розрахунок складу наплавленого металу і металу шва при зварюванні під флюсом в захисних газах.

14. Первинна кристалізація металу.

15. Структура металу шва.

Первинна і вторинна структури при зварюванні маловуглецевих, низьколегованих і високолегованих сталей. Вплив швидкості охолодження і складу на структуру швів. Аналіз структури сталевих швів зі застосуванням термодинамічних діаграм перетворення аустеніту.

16. Зона термічного впливу зварювання.

Структура ділянок, по-різному віддалених від границі сплавлення при зварюванні маловуглецевих, зміцнюємих, легованих сталей. Розміри і структура зони в залежності від способу і режимів зварювання. Особливості структури ділянки перегріву при зварюванні плавленням.

17. Тріщини в зварних з'єднаннях.

Класифікація тріщин. Особливості утворення гарячих і холодних тріщин в околовшовній зоні і металі шва при зварюванні вуглецевих і легованих сталей. Залежність утворення гарячих тріщин від хімічного складу металу, від умов кристалізації.

18. Деформації та напруження при зварюванні.

Класифікація зварювальних напружень і деформацій. Механізм утворення поздовжніх напружень і деформацій в найпростіших елементах зварних конструкцій. Механізм утворення поперечних напружень та деформацій. Методи вимірювання залишкових напружень, викликаних зварюванням. Методи боротьби зі зварювальними напруженнями.

19. Механічні властивості зварних з'єднань.

Механічні властивості металу шва і зварного з'єднання при основних способах зварювання плавленням і тиском (дугове зварювання покритими електродами, під флюсом, в захисних газах, порошковим дротом, голим легованим дротом; електрошлакове зварювання; електронно-променеве зварювання; дифузійне зварювання). Твердість у зоні термічного впливу. Заходи підвищення витривалості зварних з'єднань.

20. Крихке руйнування зварних конструкцій.

Основні характеристики крихкого руйнування сталей і зварних з'єднань. Вплив температури, концентрації напружень, в'язкості та надрізу на опірність конструкційних матеріалів крихкому руйнуванню, роль залишкових напружень у виникненні крихких тріщин. Опірність сталей і зварних з'єднань виникненню і поширенню крихкої тріщини.

21. Технологічні особливості зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей.

Склад і властивості низьковуглецевих і низьколегованих сталей. Особливості їх зварювання. Особливості зварювання середньо- і високовуглецевих сталей. Зварювання термічно зміцнених низьковуглецевих і низьколегованих сталей. Зварювання напівспокійних низьковуглецевих і низьколегованих сталей.

22. Технологічні особливості зварювання середньолегованих сталей.

Склад і властивості середньолегованих сталей, вплив легуючих елементів на їх структуру і властивості. Особливості зварювання середньолегованих сталей. Вплив термічного циклу зварювання, складу зварювальних матеріалів, коливань електрода, нахилу електрода або виробу та інших технологічних факторів на структуру і властивості зварних швів.

23. Технологічні особливості зварювання високолегованих сталей.

Класифікація високолегованих сталей за структурою і призначенням. Загальні правила зварювання нержавіючих сталей. Класифікація електродів для зварювання нержавіючих сталей. Вплив легуючих елементів на структуру вуглецевих сталей і зварних швів. Діаграма Шефлера.

24. Металургійні і технологічні особливості зварювання кольорових металів.

Найважливіші особливості та основні способи зварювання алюмінію, титану, міді і сплавів на їх основі. Дефекти при зварюванні кольорових металів зі сталями і між собою. Найважливіші особливості зварювання хімічно активних тугоплавких металів: ніобію, молібдену, вольфраму та інших, а також сплавів на їх основі. Причини утворення пор і тріщин. Заходи щодо їх усунення.

25. Зносостійке наплавлення.

Наплавлення для відновлення розмірів і для підвищення стійкості. Абразивне зношування і вимоги до наплавленого металу. Зношування при підвищених температурах і термічна стійкість. Зносостійкість наплавлених деталей машин. Мікроструктура наплавленого металу і зносостійкість. Найважливіші способи наплавлення (дугове наплавлення під флюсом, в захисному газі, самозахисними порошковими дротами і стрічками, штучними електродами, електрошлакове, плазмове, індукційне, газополуменеве, електроконтактне). Плакування вибухом і прокатуванням. Наплавлення для відновлення розмірів і для підвищення стійкості деталей. Основні види

зношування. Методи випробувань на зносостійкість. Класифікація і характеристика найважливіших типів наплавленого металу, принципи вибору. Структура наплавленого металу.

26. Суміжні процеси (принципи, значення для зварювальної технології).

Газополуменеве зварювання. Плазмове різання. Металізація. Газотермічне, плазмодугове і електронно-променеве напилювання. Паяння. Класифікація методів. Особливості утворення сполук.

27. Контроль якості.

Класифікація методів контролю якості зварних з'єднань. Фізичні основи та класифікація ультразвукових і радіаційних методів контролю. Апаратура. Техніка безпеки проведення контролю.

Основна література

1. Петров Г.Л., Тумарев А.С. Теория сварочных процессов. -М.: Высшая школа, 1977.
2. Багрянский К,В. и др. Теория сварочных процессов. -Киев: Вища школа, 1976.
3. Фролов В.В. и др. Теория сварочных процессов. Учебник для вузов по специальности "Оборудование и технология сварочного производства" - М.:Высшая школа, 1988.
4. Петров Г.Л. Сварочные материалы. - М.: Машиностроение, 1972.
5. Рыкалин Н.И. Расчеты тепловых процессов при сварке. - М.: Машгиз, 1951.

Рекомендуєма додаткова література

1. Аснис А.Е. Динамическая прочность сварных соединений из малоуглеродистых и низколегированных сталей. -М.: Машгиз, 1962.
2. Винокуров В.А., Григорьянц А.Г., Теория сварочных деформаций и напряжений. - М.: Машиностроение, 1984.
3. Гуревич С.М. Справочник по сварке цветных металлов. - Киев: Наукова думка, 1981.
4. Махненко В.И. Расчетные методы исследования кинетики сварочных напряжений и деформаций. - Киев: Наукова думка, 1976.
5. Медовар Б.И. Сварка жаропрочных аустенитных сталей и сплавов.- М.: Машиностроение, 1966.
6. Волченко В.Н. и др. Сварка и свариваемые материалы. Том 1. Свариваемость материалов. - М.: Металлургия, 1991.
7. Новожилов Н.М. Основы металлургии дуговой сварки в активных защитных газах. - М.: Машгиз, 1972.
8. Подгаецкая В.В., Парфессо Г.И. Трещины сульфидного происхождения при сварке стали. - Киев: Наукова думка, 1977.
9. Походня И.К. Газы в сварных швах. - М: Машиностроение, 1972.

10. Походня И.К. и др. Сварка порошковой проволокой. - Киев: Наукова думка, 1972.
11. Бабкин Д.М. и др. Дуговая сварка алюминия и его сплавов. - М.: Машиностроение, 1982.
12. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением (под редакцией Б.Е.Патона). - М.: Машиностроение, 1974.
13. Труфяков В.И., Дворецкий В.И., Михеев П.П. Прочность сварных соединений при переменных нагрузках. - Киев: Наукова думка, 1990.
14. Фрумин И.И. Автоматическая электродуговая наплавка. - М.: Металлургиздат, 1961.
15. Хренов К.К. Сварка, резка и пайка металлов. - М: Машиностроение, 1970.
16. Хасуи А., Моригаки О. Наплавка и напыление. - М.: Машиностроение, 1985.
17. Шиллер З., Гайзиг У., Панцер З. Электронно-лучевая технология. - М.: Энергия, 1980.
18. Рыкалин Н.Н., Зуев Н.В., Углов А.А. Основы электронно-лучевой обработки материалов. - М.: Машгиз, 1978.
19. Микроплазменная сварка (под ред. Б.Е.Патона). - Киев: Наукова думка, 1979.
20. Никифоров Г.Д., Бобров Г.В., Никитин В.М. Технология и оборудование сварки плавлением. - 1978.
21. Савуляк В.І. Синтез зносостійких композиційних матеріалів та поверхневих шарів з екзотермічних компонентів. Монографія / В. І. Савуляк. – Вінниця, ВНТУ. 2002. – 160 с.
22. Савуляк В.І. Наплавлення висовуглецевих зносостійких покриттів/ В.І. Савуляк, В.Й. Шенфельд. – Вінниця, ВНТУ. 2016.