

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЧЕРНІГІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА ЗВАРЮВАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА ТА АПБК**

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ У ЗВАРЮВАННІ**

**Методичні вказівки до самостійної роботи  
для студентів спеціальності 8.05050401 –  
"Технології та устаткування зварювання"**

Обговорено і рекомендовано  
на засіданні кафедри технологій  
зварювання та автоматизованого  
проектування будівельних  
конструкцій  
протокол № 7 від 06.01.2016 р

Чернігів ЧНТУ 2016

Експериментальні методи у зварюванні. Методичні вказівки до самостійної роботи для студентів спеціальності 8.05050401 – Технології та устаткування зварювання. /Укл.: Л.Я.Березін. – Чернігів: ЧНТУ, – 2016, – 28 с.

Укладач: Березін Леонід Якович, кандидат технічних наук, доцент кафедри зварювального виробництва і автоматизованого проектування будівельних конструкцій

Відповідальний за випуск: Прибитько Ірина Олександрівна, завідувач кафедри зварювального виробництва та автоматизованого проектування будівельних конструкцій, кандидат технічних наук, доцент

Рецензент: Болотов Геннадій Павлович, доктор технічних наук, професор кафедри зварювального виробництва і автоматизованого проектування будівельних конструкцій Чернігівського національного технологічного університету

## Зміст

1.1 Загальні зауваження.....	4
1.2 Організація самостійної роботи .....	5
1.3 Склад дисципліни.....	6
1.4 Вивчення лекційного матеріалу .....	7
1.4.1 Рекомендації до вивчення лекційного матеріалу .....	7
1.4.2 Питання для самоконтролю при вивченні лекційного матеріалу.....	11
1.4.3 Мінімальні вимоги до знань та вмінь .....	18
1.5 Рекомендації до виконання лабораторних робіт .....	18
1.6 Виконання розрахунково-графічної роботи.....	19
1.6.1 Методичні вказівки.....	19
1.6.2 Рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи.....	21
Перелік Web-сайтів мережі Internet для поглибленого вивчення.....	24
Рекомендована література.....	28

## 1.1 Загальні зауваження

Дисципліна „Експериментальні методи у зварюванні” базується на знаннях із загальної фізики, фізики твердого тіла, хімії, вищої математики, матеріалознавства та термічній обробці зварних з'єднань, електротехніки, контролю якості зварювання, фізико-хімічних та металургійних основ виробництва металів, теорії процесів зварювання та основ наукових досліджень. Ця дисципліна розглядає комплекс методів та відповідного обладнання, яке необхідно для проведення експериментальних досліджень в галузі зварювання.

До задач дисципліни входять формування:

### **знань:**

– методів, методик, обладнання при проведенні досліджень в галузі зварювання;

– для визначення хімічного складу, хімічних сполук, структурних складових та фаз в основному металі, зварному шві, покриттях;

– для вивчення розподілу неметалевих включень по перерізу шва та їх хімічного складу;

– для дослідження вмісту газів в металах;

– для визначення фізичних властивостей основного металу, металу шва, покриття;

– для визначення твердості, мікротвердості зварних та паяних з'єднань, покриттів;

– для випробування покриттів на адгезійні та когезійні властивості;

– для вимірювання температури;

– для визначення тимчасових і залишкових напружень та деформацій;

– для оцінки математичного очікування, дисперсії та визначення інтервалу існування факторів;

– для визначення та виключення аномальних значень змінних та визначення попереднього числа паралельних експериментів;

– для розрахунку коефіцієнту конкордації (узгодження) та оцінки його за критерієм Персона для деякого рівня значимості;

– для проведення кореляційного аналізу вимірів, визначення числа факторів та їх взаємодії, для включення до плану основного експерименту;

– для проведення повного факторного експерименту першого порядку та побудування матриці планування експерименту для двох факторів на двох рівнях;

**вмінь** розробляти програми (плани) досліджень, експериментально дослідити основні зварювальні процеси, провести обробку отриманих результатів та зробити необхідні висновки;

**навичок** проведення науково-дослідних робіт та аналізу зварювальних процесів.

Знання, вміння, навички отримані при вивченні дисципліни „Експериментальні методи у зварюванні” необхідні при проведенні науково-дослідної роботи в галузі зварювальних процесів при виконанні кваліфікаційної магістерської роботи, в аспірантурі тощо.

При вивченні дисципліни „Експериментальні методи у зварюванні” студенти знайомляться із положеннями планування експерименту та його особливостями, як в загалі, так і стосовно досліджень в галузі зварювання. Вивчають загальну класифікацію методів і методик і їх фізичну сутність, обладнання, особливості застосування для дослідження поверхні, приповерхневих шарів, об’єму матеріалів, що зварюються, покриттів, вмісту газів, зварювальних напружень і деформацій. Враховуючи, що одним з головних технологічних параметрів процесу зварювання є температура зварювання, достатньо детально розглядаються класифікація, методи і обладнання для вимірювання температур в різних умовах. При цьому звертається увага на раціональний вибір методів, обладнання для досліджень у відповідності з конкретним вимогами експерименту.

Окремим розділом достатньо детально розглядається математичне планування експерименту, яке дозволяє значно скоротити терміни експериментальних досліджень і підвищити їх ефективність. В межах цих методичних вказівок надається перелік Web-сайтів мережі Internet для поглибленого вивчення навчального курсу, по кожному з яких приводиться анотація матеріалу, який на ньому розглядається.

## **1.2 Організація самостійної роботи**

Вивчення навчальної дисципліни складається з аудиторних занять (лекції та лабораторні роботи), виконання розрахунково-графічної роботи та самостійної роботи студента. Кількість часу, що виділяється для цих видів робіт, визначається навчальним планом підготовки фахівців для студентів спеціальності 8.05050401 – "Технології та устаткування зварювання" та робочою програмою дисципліни „Експериментальні методи у зварюванні”. Завдання до самостійної роботи видаються студентові викладачем під час аудиторних занять. На аудиторних заняттях та на консультаціях викладач контролює виконання поставлених завдань в процесі поточного контролю, під час захисту лабораторних та розрахунково-графічної роботи, а також допомагає студенту правильно організувати самостійну роботу.

Самостійну роботу необхідно розпочинати з початком семестру, щоб виконати весь її обсяг та створити найбільш сприятливі умови наприкінці семестру для успішного складання екзамену.

Для підвищення ефективності самостійної роботи необхідна її правильна організація, для чого доцільно розробити розпорядок дня після завершення аудиторних занять. Розпорядок дня варто складати на початку нового семестру. Розподіл часу на самостійну роботу з окремих дисциплін необхідно виконувати з врахуванням завдань та строків їх виконання, що доводяться до студента

викладачем на початку семестру. При плануванні самостійної роботи доцільно відводити стільки часу для виконання певного виду роботи, щоб його було достатньо для її завершення.

На результативність самостійної роботи в значній мірі впливає інтерес до матеріалу, що вивчається, зацікавленість у кінцевому результаті. Основними причинами відсутності інтересу є відсутність або обмеженість знань про предмет, нечітке уявлення про його значимість для формування фахівця.

Значну роль у навчальному процесі надається лекціям. Лектор допомагає студенту зрозуміти та засвоїти матеріал на самій лекції, вказує, над чим варто працювати в першу чергу, надає методичку вивчення дисципліни. Велику допомогу при засвоєнні лекційного матеріалу надає конспект, де своїми словами записуються основні моменти, за якими згодом буде легше відтворити матеріал, засвоєний на лекції, та самостійного вивчення нових тем. Якість конспекту має велике значення для якнайкращого засвоєння матеріалу. Охайний, осмислено написаний конспект зменшує витрати часу на повторювання матеріалу при підготовці до нового матеріалу та контрольних заходів.

Теоретичний матеріал, що надається студентам на лекціях, закріплюється на лабораторних роботах. Лабораторні заняття дають наочне уявлення про явища та процеси. Експериментальні навички, що здобуваються в учбових лабораторіях є вкрай важливими для формування фахівця з даної галузі знань.

Готуватися до лабораторної роботи слід завчасно. До приходу в лабораторію студент повинен не тільки знати, що він буде робити, але й підготувати протокол зі схемами виконання експериментів, таблицями для запису результатів спостережень.

Для підвищення ефективності та продуктивності самостійної роботи необхідно враховувати також ергономічні фактори. Необхідно підтримувати порядок на своєму робочому місці. Для кожної речі повинне бути своє визначене місце. Освітлення повинне бути достатнім для зменшення втомлюваності очей.

### **1.3 Склад дисципліни**

Відповідно до навчальної та робочої програм до вивчення дисципліни „Експериментальні методи у зварюванні” входять:

- вивчення лекційного матеріалу;
- відпрацювання та захист лабораторних робіт;
- виконання РГР та її захист;
- екзамен.

Кожний етап роботи при вивченні дисципліни „Експериментальні методи у зварюванні” оцінюється відповідною кількістю балів (табл. 1).

Таблиця 1 – Розподіл балів при вивченні дисципліни „Експериментальні методи у зварюванні”

Вид навчальної роботи	Кількість балів
Лекції	30
Лабораторні роботи	20
РГР	10
екзамен	40
Сума балів	100

До екзамену допускається студент у разі захисту запланованих лабораторних робіт і виконанні РГР.

Викладач оцінює знання студента за 100 бальною шкалою та відповідно від кількості набраних балів виставляє національну оцінку по чотирьох бальній системі та міжнародну по шкалі ECTS (табл. 2).

Таблиця 2 – Шкала оцінок

Бали за семестр	Національна оцінка	Оцінка ECTS
90-100	Відмінно	A - відмінно
82-89	Добре	B - Дуже добро
75-81		C - Добре
66-74	Задовільно	D – Задовільно
60-65		E – Достатньо
35-59	Незадовільно	FX – Незадовільно (з можливістю перескладати)
1-34		F – Незадовільно (з обов'язковим повторним курсом)

## 1.4 Вивчення лекційного матеріалу

### 1.4.1 Рекомендації до вивчення лекційного матеріалу

#### Література:

1. Експериментальні методи у зварюванні. Конспект лекцій для студентів спеціальності 8.05050401 – „Технології та устаткування зварювання”, Чернігів: ЧНТУ, 2014.

2. Березін Л.Я., Ганєєв Т.Р. Експериментальні методи у зварюванні: навч. посіб. – Чернігів: ЧНТУ, 2015. – 224 с., ISBN 978-966-2188-60-08.

#### Теми лекцій за навчальною програмою дисципліни:

1. Вступ до вивчення дисципліни „Експериментальні методи у зварюванні».

2. Підготовка експерименту.

3. Дослідження мікрошорсткості та якості очищення поверхні.

4. Дослідження фізико-хімічних властивостей поверхні та приповерхневих шарів.

5. Використання рентгеноструктурних методів для визначення складу зварних швів.

6. Використання електронної мікроскопії для визначення складу зварних швів.
7. Використання мікрорентгеноспектрального аналізу.
8. Використання металографічного аналізу для визначення механічних властивостей зварних швів.
9. Використання металографічного аналізу для визначення складу зварних швів.
10. Методи дослідження вмісту газів у металах.
11. Методи для визначення хімічних сполук та фаз у покритті.
12. Вимірювання температури.
13. Визначення тимчасових та залишкових напружень та деформацій в зварних з'єднаннях з металів.
14. Визначення тимчасових та залишкових напружень та деформацій в зварних з'єднаннях з неметалів.
15. Математичне планування.

У **вступі** розглядаються: ціль, задачі, зміст, значення дисципліни „Експериментальні методи у зварюванні”; загальні методичні вказівки до вивчення дисципліни; у загальному вигляді етапи досліджень (підготовку експериментального дослідження, проведення експерименту, обробку отриманих експериментальних даних). На даному етапі необхідно звернути увагу на різницю в поняттях методу та методики експерименту, сутності робочої гіпотези, предмету досліджень, формулювання цілі досліджень.

**В темі „Підготовка експерименту”** більш детально розглядається: сутність всіх етапів досліджень, в тому числі: збір, вивчення та аналіз матеріалів, які відносяться до цілі та предмету досліджень (інформаційно-патентний пошук); розробка робочої гіпотези; вибір методу досліджень; розглядаються групи методів досліджень та методики їх проведення; збір матеріалів, отриманих при проведенні досліджень та визначення функціональних зв'язків між ними та закономірностей у розвитку процесу, що досліджується; аналіз процесу у цілому. При вивченні цього об'єму матеріалу треба особливу увагу звернути на етап інформаційно-патентного пошуку, так як від нього залежить формування задач досліджень і в цілому весь подальший хід експериментальних досліджень.

**В темі „Дослідження мікрошорсткості та якості очищення поверхні”** розглядаються: напрямки при дослідженні поверхні; основні параметри шорсткості поверхні; методи, методики, обладнання для дослідження поверхні та його конструкція і принцип роботи; критерії якості очищення; методи, методики, обладнання для дослідження якості очищення, його конструкція та принцип роботи. При вивченні цього об'єму матеріалу треба звернути увагу на те, що в процесах отримання зварних прецизійних з'єднань в твердій фазі та нанесенні покриттів (наприклад, як прошарок при зварюванні) величина мікрошорсткості та якість очищення поверхонь, що зварюються, може мати вирішальне значення на якість отриманих з'єднань.

**В темі „Дослідження фізико-хімічних властивостей поверхні та приповерхневих шарів”** надається: класифікація відповідних методів та



розглядаються фізичні основи, обладнання для досліджень, галузі призначення, особливості застосування: емісійних методів аналізу; зондування поверхні швидкими електронами та позитронами; повільними електронами; електромагнітним випромінюванням; іонами та молекулярними пучками. Також розглядаються особливості підготовки поверхні зразків, що досліджується, у вакуумі. При вивченні цього об'єму матеріалу треба звернути увагу на оглядовий характер матеріалу, що розглядається. В той же час для кожного методу надається не тільки її фізична сутність, а і галузі застосування, які знадобляться подалі при дослідженні конкретних процесів зварювання.

**В темі „Використання рентгеноструктурних методів для визначення складу зварних швів”** розглядаються: методи фазового аналізу, приготування зразків для рентгеноструктурного аналізу та галузі його використання, методики, обладнання. При вивченні цього об'єму матеріалу треба особливу увагу звернути на попередній етап досліджень – збір інформації про об'єкт досліджень та дотримання певних вимог. В протилежному випадку проведенні дослідження можуть дати повністю незадовільні результати. Також треба звернути увагу на особливості застосування кожного з методів (прямий; зворотній; асиметричний) в залежності від конкретних умов, в яких може опинитися дослідник.

**В темі „Використання електронної мікроскопії для визначення складу зварних швів”** розглядається: обладнання для електронної мікроскопії зварних швів та особливості використання електронної мікроскопії та приготування зразків для дослідження зварних швів. При вивченні цього об'єму матеріалу треба звернути увагу на вибір методу досліджень (прямий, непрямий та напівпрямий) в залежності від поставлених задач.

**В темі „Використання мікрорентгеноспектрального аналізу для визначення складу зварних швів”** розглядаються: галузі використання, методи, методики, обладнання. При вивченні цього об'єму матеріалу треба звернути увагу на застосування мікрорентгеноспектрального аналізу для дослідження процесів дифузії і гетеродифузії, особливо для дифузійного зварювання у вакуумі.

**В темі „Використання металографічного аналізу для визначення механічних властивостей зварних швів”** розглядається класифікація груп властивостей. Особливості визначення механічних властивостей зварних швів. Вимірювання мікротвердості. Галузі використання, методи, методики та відповідне обладнання.

**В темі „Використання металографічного аналізу для визначення складу зварних швів”** розглядаються методи оптичного металознавства для визначення складу зварних швів, галузі використання, методи, методики, обладнання, його конструкція та принцип роботи. При вивченні цього об'єму матеріалу треба звернути увагу на те, що більш висока точність вимірювань веде до додаткових витрат коштів на придбання і експлуатацію обладнання та збільшення часу на повторення дослідів, тому, враховуючі доступність і відносно не великі витрати, металографія дозволяє вирішити широке коло

питань по якісному і кількісному дослідженню фазового і структурного складу зварних швів та інших процесів.

**В темі „Методи дослідження вмісту газів у металах”** розглядаються: галузі використання, методики, обладнання на базі вищерозглянутих тем. При проведенні досліджень в цій галузі попередньо треба з'ясувати звідки можуть взятися гази в зварному шві, в якому вигляді вони можуть бути присутні, до яких наслідків може привести їх присутність і відповідно до цього вибрати необхідні методи досліджень.

**В темі „Методи для визначення хімічних сполук та фаз у покритті”** розглядаються: загальна класифікація методів, методик дослідження структури, властивостей покриттів та матеріалів з покриттями. Особливості визначення властивостей покриттів та матеріалів з покриттями. Структурні дослідження покриттів. Галузі використання, обладнання. При вивченні цього об'єму матеріалу треба звернути увагу на те, що в залежності від поставлених задач (що саме буде досліджуватися: саме покриття, перехідна зона чи основа) на основі наданої класифікації методів досліджень треба вибрати необхідні, враховуючи, що вирішенню більшості задач задовольнять ультразвукові методи та металографія.

**В темі „Вимірювання температури”** розглядаються: вимірювання температури термоелектричними термометрами, оптичними методами та терморезисторами, галузі використання, методи, методики, обладнання. При вивченні цього об'єму матеріалу треба особливу увагу звернути на те, що температура є одним з головних технологічних параметрів при отриманні зварного з'єднання, тому правильний вибір засобу вимірювання температури та дотримання відповідних умов його застосування є запорукою майбутнього успіху в дослідженнях, що проводяться.

**В темі „Визначення тимчасових та залишкових напружень та деформацій в зварних з'єднаннях з металів”** розглядаються: методи визначення тимчасових і залишкових напружень та деформацій, галузі використання, методи, методики, обладнання.

**В темі „Визначення тимчасових та залишкових напружень та деформацій в зварних з'єднаннях з неметалів”** розглядаються: особливості визначення залишкових напружень в оптичнопрозорих зварних з'єднаннях, з'єднаннях кераміки та скла з металами, галузі використання, методи, методики, обладнання.

При вивченні цього об'єму матеріалу, який пов'язано з дослідженням термодформаційного стану зварної конструкції треба звернути увагу, що на етапі досліджень зразків чи макетів перевагу віддають руйнівним, а для реальних об'єктів не руйнівним методам досліджень.

**В темі „Математичне планування”** розглядаються: оцінка математичного очікування, дисперсії та визначення інтервалу існування факторів; визначення та виключення аномальних значень змінних та визначення попереднього числа паралельних експериментів; розрахунок коефіцієнту конкордації (узгодження) та оцінка його за критерієм Персона для деякого рівня значимості; проведення кореляційного аналізу вимірів,

визначення числа факторів та їх взаємодії для включення до плану основного експерименту; повний факторний експеримент першого порядку та побудування матриці планування експерименту для двох факторів на двох рівнях. При вивченні цього матеріалу треба мати на увазі, що використання математичного планування може суттєво скоротити загальний об'єм досліджень, зменшити їх трудомісткість та підвищити ефективність.

#### **1.4.2 Питання для самоконтролю при вивченні лекційного матеріалу**

Питання до теми „Підготовка експерименту”:

1. Що розглядає дисципліна „Експериментальні методи у зварюванні”?
2. Що повинен знати і вміти студент після вивчення дисципліни „Експериментальні методи у зварюванні”?
3. В чому різниця між методом і методикою експерименту?
4. Що таке технічне завдання?
5. Назвати головні етапи методики експериментального дослідження.
6. В чому сутність підетапів підготовки експерименту?
7. Що таке робоча гіпотеза?
8. Які є види моделей?
9. На якому етапі досліджень формулюються задачі досліджень?
10. В чому головна мета інформаційно-патентного пошуку та його сутність?
11. Які є види планів експерименту?
12. Основні рекомендації до вибору обладнання для досліджень?
13. В чому різниця між експериментом та дослідом?
14. Які ви знаєте групи методів досліджень?
15. Що таке похибка експерименту та апаратури?

Питання до теми „Дослідження мікрошорсткості та якості очищення поверхні”:

1. Сформулювати напрямки в дослідженні поверхні.
2. Які є параметри для визначення мікрошорсткості поверхні?
3. Які є види обладнання для дослідження геометрії поверхні та в чому між ними різниця?
4. В якому вигляді ми отримуємо результат визначення мікрошорсткості в залежності від виду обладнання?
5. Головні блоки профілографа-профілометра А1 моделі 252.
6. В чому лежить основний принцип роботи профілографа-профілометра А1 моделі 252.
7. Які, в загальному випадку, можуть бути види забруднень на поверхнях, що зварюються.
8. Чому треба використовувати комплексні методи дослідження якості очищення поверхні?

9. Які Ви знаєте методи дослідження якості очищення поверхні та в чому їх сутність?

10. Як можна використовувати метод крайового кута змочування для визначення властивостей поверхні.

**Питання до теми „Дослідження фізико-хімічних властивостей поверхні та приповерхневих шарів. Емісійні методи аналізу”:**

1. Перелічити методи фізико-хімічного аналізу поверхні і приповерхневих шарів.

2. Перерахувати методи емісійного аналізу.

3. Що лежить в основі термоелектронних методів аналізу поверхні?

4. Що можна дослідити за допомогою роботи виходу електрону?

5. Які Ви знаєте дві групи методів по визначенню роботи виходу?

6. Назвати основні блоки термоелектронних приладів.

7. Який головний параметр вимірюється при визначенні роботи виходу і які параметри потрібно знати для визначення роботи виходу в термоелектронному методі?

8. Назвати головну відмінність методу термоелектронної емісії та методу термоелектронної мікроскопії.

9. Що лежить в основі методу контактної різниці потенціалів, і що він дозволяє дослідити?

10. Що лежить в основі методу поверхневої іонізації, і що він дозволяє дослідити?

11. Що лежить в основі методу термічної десорбції, і що він дозволяє дослідити?

12. Що лежить в основі методу екзоелектронної емісії, і що він дозволяє дослідити?

13. Що лежить в основі методу автоелектронної емісії, і що він дозволяє дослідити?

14. Що лежить в основі методу іскрової маспектроскопії, і що він дозволяє дослідити?

**Питання до теми „Дослідження фізико-хімічних властивостей поверхні та приповерхневих шарів. Зондування поверхні швидкими електронами та позитронами ”:**

1. Перерахувати методи зондування поверхні швидкими електронами та позитронами.

2. Які вторинні явища відбуваються при взаємодії швидких електронів з твердим тілом?

3. Яке вторинне явище лежить в основі растрової електронної мікроскопії поверхні?

4. Що дозволяє дослідити растрова електронна мікроскопія поверхні?

5. Що таке зонд та растр в електронній мікроскопії?

6. Що таке топографія поверхні?

7. Назвати основні вузли приладів для растрової електронної мікроскопії поверхні.

8. Розкрити принцип роботи мікроскопів для растрової електронної мікроскопії поверхні.

9. Які Ви знаєте різновиди обладнання для растрової електронної мікроскопії поверхні?

10. Що таке електронографія?

11. Для чого використовується електронно-зондова мас-спектрометрія?

12. Для чого використовується метод електронно-позитронної анігіляції?

**Питання до теми „Дослідження фізико-хімічних властивостей поверхні та при поверхневих шарів. Зондування поверхні повільними електронами”:**

1. Які вторинні явища відбуваються при взаємодії повільних електронів з твердим тілом?

2. Перерахувати методи зондування поверхні повільними електронами?

3. В чому сутність та для чого використовується метод дифракції повільних електронів?

4. Що таке оже-електрони?

5. В чому сутність та для чого використовується електронна оже-спектроскопія?

6. Які Ви знаєте різновиди обладнання для оже-спектроскопії?

7. На чому заснована спектроскопія характеристичних втрат та які є її різновиди?

**Питання до теми „Дослідження фізико-хімічних властивостей поверхні та приповерхневих шарів електромагнітним випромінюванням”:**

1. Перерахувати методи зондування поверхні електромагнітним випромінюванням.

2. Під впливом яких факторів може відбуватися фотоелектронна емісія?

3. Що дозволяє дослідити метод фотоелектронної емісії?

4. В чому сутність лазерної мас-спектроскопії?

5. Яку головну властивість речовини визначає лазерна мас-спектроскопія?

6. В чому сутність фотоакустичної спектроскопії та галузі її використання?

**Питання до теми „Дослідження фізико-хімічних властивостей поверхні та приповерхневих шарів. Зондування поверхні іонами та молекулярними пучками ”:**

1. Перерахувати методи зондування поверхні іонами та молекулярними пучками.

2. На чому заснована мас-спектроскопія вторинних іонів?

3. Про що може дати інформацію мас-спектроскопія вторинних іонів?

4. На чому заснована спектрометрія розсіювання повільних іонів?

5. Про що можна судити на основі аналізу енергетичних спектрів розсіяних іонів?
6. На чому засновано метод резенфордівського зворотного розсіювання?
7. Що дозволяє дослідити метод резенфордівського зворотного розсіювання?
8. На чому засновано метод мас-спектрометрії тліючого розряду?
9. Що дозволяє дослідити метод мас-спектрометрії тліючого розряду?

**Питання до теми „Дослідження фізико-хімічних властивостей поверхні та приповерхневих шарів. Особливості підготовки поверхні, що досліджується, у вакуумі”:**

1. Який і чому потрібен вакуум для підготовки поверхні, що досліджується?
2. За рахунок чого можна досягти атомно-чистого стану поверхні, що досліджується?
3. В чому сутність високотемпературної обробки поверхні зразка, що досліджується?
4. В чому сутність обробки поверхні зразка, що досліджується, за методом хімічних реакцій?
5. В чому сутність обробки поверхні зразка, що досліджується, за методом іонного бомбардування?
6. В чому сутність обробки поверхні зразка, що досліджується, за методом випаровування електричним полем?
7. В чому сутність обробки поверхні зразка, що досліджується, за методом механічних діянь?
8. В чому сутність обробки поверхні зразка, що досліджується, за методом отримання тонких плівок?

**Питання до теми „Використання рентгеноструктурних методів для визначення складу зварних швів”:**

1. Які методи найчастіше всього використовуються для дослідження складу та структури зварних швів?
2. На чому засновано визначення фазового складу рентгеноструктурними методами?
3. Що таке чутливість рентгеноструктурного аналізу?
4. В чому сутність попереднього етапу проведення рентгеноструктурного аналізу?
5. Які Ви знаєте методи зйомки при рентгеноструктурному аналізі і в чому їх особливості?
6. Які Ви знаєте види зразків для рентгеноструктурного аналізу і рекомендації до їх використання?

**Питання до теми „Використання електронної мікроскопії для визначення складу зварних швів”:**

1. Які Ви знаєте класи електронних мікроскопів по роздільній здатності?

2. Які Ви знаєте методи в електронній мікроскопії?
3. В чому сутність кожного з методів електронної мікроскопії?
4. З яких етапів складається процес приготування реплік?
5. Які Ви знаєте особливості етапів процесу приготування реплік?
6. Яка репліка є найкращою і чому?
7. Яка репліка найпростіша у виготовленні та які її недоліки?

Питання до теми „**Використання мікрорентгеноспектрального аналізу**”:

1. В чому сутність мікрорентгеноспектрального аналізу?
2. Для чого використовується мікрорентгеноспектральний аналіз?
3. Для чого використовується в мікрорентгеноспектральному аналізі кристал-аналізатор?
4. Що можна дослідити при використанні мікрорентгеноспектрального аналізу?
5. Що служить об'єктами мікрорентгеноспектрального аналізу?
6. Для чого при мікрорентгеноспектральному аналізі використовуються мікроаналізатори?

Питання до теми „**Використання металографічного аналізу для визначення складу зварних швів**”:

1. На які групи поділяють механічні властивості?
2. Які можуть бути механічні випробування в залежності від характеру дії навантаження та їх сутність?
3. Які можуть бути механічні випробування тривалості дії навантаження та їх сутність?
4. Які можуть бути механічні випробування в залежності від температури проведення випробувань та їх сутність?
5. Які Ви знаєте методи вимірювання твердості?
6. Для яких досліджень можна використовувати метод вимірювання мікротвердості?
7. Які Ви знаєте особливості приготування зразків для вимірювання мікротвердості та самого процесу вимірювання?
8. Які Ви знаєте методи виявлення мікроструктури для металографічного аналізу та їх особливості?
9. Що можна дослідити за допомогою металографічного аналізу?
10. В чому сутність лінійного методу металографічного аналізу?
11. В чому сутність точкового методу металографічного аналізу?
12. В чому сутність фрактографії?
13. В чому сутність планіметричного методу металографічного аналізу?
14. Що таке і навіщо потрібен об'єкт-мікрометр?
15. Що таке і навіщо потрібен мікрометричний барабан окуляра-мікрометра?

Питання до теми „**Методи дослідження вмісту газів у металах**”:

1. Звідкіля беруться в зварних швах гази та в якому вигляді вони там можуть знаходитися?

2. Які Ви знаєте методи для дослідження газів в зварних швах та рекомендації до їх застосування.

Питання до теми „**Методи, методики для визначення хімічних сполук та фаз у покритті**”:

1. Які властивості визначаються при дослідженні покриттів?
2. Які проводяться статичні випробування при дослідженні покриттів та їх сутність?
3. Які Ви знаєте методи контролю товщини покриття?
4. Для чого можна використовувати ультразвуковий метод при дослідженні покриттів?
5. Які методи можна застосовувати для дослідження міцності зчеплення покриття з основою?
6. Які методи можна використовувати для структурних досліджень покриттів?
7. В чому особливості виготовлення шліфів з покриттям для металографічного аналізу?
8. Для чого використовується електронна мікроскопія при дослідженні покриттів та особливості її застосування?
9. Для чого використовується растрова електронна мікроскопія, що сканує, при дослідженні покриттів та особливості її застосування?
10. Для чого використовується рентгеноструктурний та рентгеноспектральний аналізи при дослідженні покриттів та особливості їх застосування?

Питання до теми „**Вимірювання температури**”:

1. Які Ви знаєте види приладів для вимірювання температур?
2. Пояснити принцип вимірювання температур термоелектричними термометрами.
3. Які Ви знаєте види термопар та діапазони вимірювання температур.
4. Перелічити фактори, які впливають на точність вимірювання температур термопарами.
5. Які Ви знаєте оптичні методи вимірювання температур?
6. Назвіть критерії для класифікації пірометрів та яка є класифікація пірометрів в межах кожного з них?
7. В чому лежить принцип дії оптичного пірометра?
8. Перелічити причини, з яких можуть давати помилку оптичні пірометри.
9. У чому основні переваги лазерних пірометрів?
10. Перерахуйте основні технічні характеристики лазерних пірометрів та якісно дайте їм характеристику.
11. Які є лазерні прицільні пристрої та чим вони відрізняються?
12. Що лежить в основі вимірювання температури терморезисторами?
13. Які вимоги пред'являються до матеріалів терморезисторів?
14. Які Ви знаєте види терморезисторів, якими недоліками та позитивними рисами вони володіють?



15. Яку б Ви могли дати рекомендацію по вибору приладу для вимірювання температури, виходячи зі конкретних умов досліджень?

Питання до теми „**Визначення тимчасових та залишкових напружень та деформацій в зварних з'єднаннях**”:

1. Які Ви знаєте фактори, що впливають на виникнення зварювальних напружень і деформацій?

2. В чому сутність методу масштабного моделювання?

3. В чому сутність методу оптичного моделювання?

4. В чому сутність методу контактних методів визначення тимчасових деформацій?

5. В чому сутність методу безконтактних методів визначення тимчасових деформацій?

6. Які Ви знаєте механічні методи визначення залишкових зварювальних напружень і деформацій?

7. В чому сутність фізичних методів визначення залишкових зварювальних напружень і деформацій?

8. В чому головний недолік фізичних методів визначення залишкових зварювальних напружень і деформацій?

9. Які Ви знаєте фізичні методи визначення залишкових зварювальних напружень та в чому їх сутність?

10. При проектуванні конструктивних особливостей зварного з'єднання які напруження повинні бути в матеріалі з меншим КТЛР і чому?

11. Які Ви знаєте методи визначення залишкових зварювальних напружень в з'єднаннях кераміки і скла з металами?

12. В чому сутність методу фотопружності і яке обладнання для цього використовується?

Питання до теми „**Математичне планування експерименту**”:

1. Перерахувати етапи математичного планування експерименту.

2. Що таке параметри оптимізації?

3. Пояснити сутність планування першого порядку.

4. Пояснити сутність повного факторного експерименту.

5. Пояснити сутність дробового факторного експерименту.

6. Як проводиться інтерпретація результатів експерименту?

7. Сутність рекомендацій при плануванні першого порядку.

8. Пояснити сутність планування другого порядку.

9. Як складається матриця планування ортогонального композиційного плану.

10. Особливості обробки експериментів при плануванні першого та другого порядків.

11. Пояснити сутність симплексного методу планування експерименту.

### 1.4.3 Мінімальні вимоги до знань та вмінь

Студент здає лекції на консультаціях у вигляді опитування по кожній темі або пише контрольні роботи по відповідним темам в призначений на це час і отримує відповідну кількість балів. Для контрольних робіт теми лекцій поділяються на три групи (табл. 3):

Таблиця 3 – Поділ тем лекційного матеріалу для контрольних робіт

Номер контрольної роботи	Номер теми	Кількість балів
1	1-4	10
2	5-10	10
3	11-15	10
Сума балів		30

**Кількість балів** за відповідну контрольну роботу визначається за таблицею 4.

Таблиця 4 - Оцінювання в балах контрольної роботи

Кількість балів	Національна оцінка
9-10	5
7.5-8,9	4
6-7,4	3
0-5	2

Вид контролю за лекційним матеріалом (опитування або контрольні роботи) визначає студент на початку вивчення дисципліни і повідомляє свій вибір викладачу. Обирається тільки один з варіантів контролю.

Для **отримання мінімальної** оцінки за семестр (60 б) необхідно:

- зробити лабораторні роботи;
- оформити відповідно стандартам звіт по лабораторним роботам та захистити їх;
- зробити і захистити РГР;
- вміти спланувати експеримент;
- вибрати метод досліджень;
- розробити методику досліджень.
- вибрати обладнання для досліджень;
- вміти робити аналіз результатів досліджень;
- вміти робити висновки по результатам аналізу досліджень.

### 1.5 Рекомендації до виконання лабораторних робіт

**Література:** Експериментальні методи у зварюванні. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 8.05050401 – "Технології та устаткування зварювання". / Укл. Л.Я.Березін. – Чернігів: ЧДТУ, 2013. – 100 с.

Під час лабораторних занять поглиблюються знання, отримані на лекційних заняттях, а також набуваються навички та уміння проведення науково-дослідних робіт, якісно-кількісного аналізу результатів експерименту, фізико-хімічних та інших процесів при зварюванні. Темі лабораторних занять наведені в таблиці 5.

Таблиця 5 – Темі лабораторних занять

№ з/п	Назва теми
1	Вимір температури з використанням термопар
2	Вимір температури з використанням оптичних методів
3	Дослідження впливу режимів зварювання на розподіл температури в пластині
4	Металографічний аналіз
5	Визначення об'ємної частки фази або структурної складової сплаву лінійним методом
6	Визначення структурного складу сплаву по об'єму точковим методом
7	Методи визначення якості очищення поверхонь, що зварюється
8	Методи визначення мікрошорсткості поверхонь, що зварюються
9	Дослідження властивостей поверхні матеріалу, що зварюється, за допомогою крайового кута змочування та оптичного металознавства

Темі лабораторних робіт і їх кількість визначається робочим планом дисципліни на відповідний навчальний рік.

Лабораторні роботи проводяться в відповідній лабораторій кафедри, оформлюються рукописним шрифтом відповідно до ДСТУ 3008-95 (Документація. Звіти у сфері науки техніки) і захищаються перед викладачем.

## 1.6 Виконання розрахунково-графічної роботи

**Література:** Експериментальні методи у зварюванні. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи для студентів спеціальності 8.092301 — "Технологія та устаткування зварювання". / Укл. Л.Я.Березін. – Чернігів: ЧДТУ, 2008. –13 с.

### 1.6.1 Методичні вказівки

Розрахунково-графічна робота призначена як для поглибленого вивчення теоретичного матеріалу з дисципліни „Експериментальні методи у зварюванні”, так і для надбання практичних навичок в галузі експериментальних досліджень процесів зварювання.

При виконанні розрахунково-графічної роботи рекомендується наступна послідовність виконання завдання:

1. Описання способу зварювання.

2. Аналіз матеріалів, що зварюються.
3. Постановка задачі.
4. Методи досліджень.
5. Описання вибраного методу та обладнання.
6. Особливості підготовки зразків для досліджень.
7. Особливості проведення досліджень.

**Описання способу зварювання.** При описанні способу зварювання привести відомості по наступній схемі:

- принципова схема способу з коментарем;
- фізична сутність способу;
- технічні та технологічні можливості способу для зварювання матеріалів класу, до якого відносяться матеріали, що зварюються, відповідно до варіанта завдання.

**Аналіз матеріалів, що зварюються.** При розгляданні матеріалів, що зварюються, на основі пророблення науково-технічної літератури необхідно проаналізувати наступні питання:

- фізико-хімічні, теплофізичні властивості матеріалів, що зварюються (властивості матеріалів, що зварюються, привести у формі таблиць з відповідним коментарем);
- аналіз фізичної здатності до зварювання матеріалів, що надані;
- аналіз технологічної здатності до зварювання матеріалів, що надані, відповідно до різних способів зварювання, в т.ч. і вказаного у завданні.

**Постановка задачі.** На основі аналізу способу зварювання, властивостей матеріалів, що зварюються, їх здатності до зварювання зробити припущення про формування структури зварного шва відповідно до умов завдання та навести перелік методів досліджень, за допомогою яких зроблені припущення можна було би підтвердити чи спростувати.

**Методи досліджень.** Для вибраних методів досліджень провести їх аналіз, вказавши основні переваги, недоліки, технічні можливості. З наведеного переліку вибрати два приблизно рівноцінних методи, які б могли вирішити задачу, що була поставлена, провести їх техніко-економічне порівняння (обґрунтування) та вибрати один метод. Порівняння методів бажано провести у формі таблиці з коментарем. Вибір обладнання для досліджень у більшості залежить від вибраного методу досліджень. Прагнення вибрати складне, високоточне, дороге обладнання не є гарантом успіху при проведенні досліджень. Головне, щоб вибране обладнання, точність вимірювання дозволяли отримувати потрібну інформацію, яка відповідає необхідній достовірності результату. Більш висока точність вимірювань веде до додаткових витрат на обладнання та збільшення часу на повторення дослідів.

**Описання вибраного методу та обладнання.** Описання вибраного методу привести по наступній схемі:

- принципова схема методу з коментарем;
- фізична сутність методу;
- технічні можливості (характеристики) методу та вибраного обладнання;
- методика проведення досліджень.

**Особливості підготовки зразків для досліджень.** Підготовка зразків для досліджень визначається методом, яким ці дослідження будуть проводитися. Відповідно до вибраного методу досліджень навести:

- форму та розміри зразків, особливості технології їх виготовлення;
- необхідність додаткової підготовки безпосередньо перед дослідженням;
- умови зберігання підготовлених зразків тощо.

**Особливості проведення досліджень.** При розгляданні особливостей проведення досліджень вказати:

- послідовність та особливості їх виконання;
- умови при яких дослідження будуть мати найкращий результат.

### 1.6.2 Рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи

Після аналізу і вибору групи методів досліджень, вибрати два відносно рівноцінних методи, які б дозволили вирішити поставлену задачу і провести для них техніко-економічне порівняння (для наглядності краще проводити в формі таблиці). Наприклад, були обрані металографічний та мікрентгеноструктурний (МРСА) методи. В межах трьох методів металографічного аналізу (лінійний, точковий та планіметричний) обираємо для порівняння точковий, як більш точніший і доступний для використання (табл. 6).

Таблиця 6 – Техніко-економічне порівняння обраних методів досліджень (приклад заповнення)

Критерії порівняння	Обрані методи	
	Точковий	МРСА
Роздільна здатність методів	-	+
Достовірність отриманих результатів досліджень	-	+
Мінімальне значення сумарних енергетичних затрат на процес досліджень	+	-
Максимальна продуктивність досліджень	-	+
Простота обслуговування і надійність обладнання для досліджень	+	-
Доступність обладнання для досліджень	+	-
Екологічність і безпека проведення дослідницьких робіт	+	-
Мінімальна вартість проведення дослідницьких робіт	+	-
Мінімальна вартість обладнання для досліджень	+	-
Підсумки аналізу (сума „+”)	6	3
„+” - даний спосіб має перевагу над другим („-”); * - рівноцінні можливості		

Якщо при проведенні досліджень відсутні спеціальні вимоги до роздільної здатності і нас цікавить лише розподіл по об’єму зварного шва фазових

складових, то з техніко-економічного зору доцільно вибрати металографічний аналіз точковим методом.

Теоретичні передумови точкового методу надані в лекційному матеріалі (тема “Використання металографічного аналізу для визначення складу зварних швів”).

Металографічний (мікроструктурний) аналіз дозволяє визначити мікроструктуру покриття, основи, перехідної зони, а також провести якісний та кількісний аналізи фазового складу. При використанні металографічного аналізу збільшення складає звичайно до 1000 *крат* (використовується мікроскопи МИМ-7, МИМ-8, МИМ-9 та інші), а при використанні ультрафіолетових променів чи імерсії збільшення до 1800...2000 *крат*.

Вивчення структури границі та перехідної зони пов'язано з визначеними труднощами:

- необхідно використовувати роздільне травлення матеріалів, що затрудняє отримання якісного об'єкту дослідження;

- коли утворюються перехідна зона, то розміри звичайно невеликі, і тому важко отримати достовірну інформацію про структуру пограничних шарів.

По характеру границі можна судити о рівні міцності їх з'єднання:

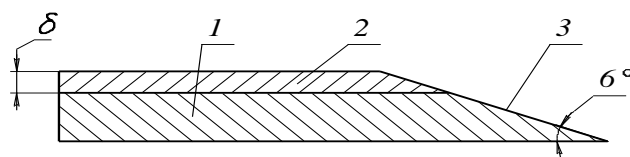
- а) коли границя достатньо чітка, то зв'язок здійснюється за рахунок механічної взаємодії;

- б) не суцільності на границі вказують на не якісне зварювання;

- в) виникнення перехідної зона вказує на хімічну взаємодію між матеріалами (на це вказує розмитість зображення границі).

Процес виготовлення зразків для оптичної мікроскопії включає в себе вирізку зразка, шліфування, полірування (рахується як задовільне, коли при збільшенні в 300 *крат* не наглядаються риски), травлення (при необхідності). Звичайно вирізають поперечні зразки, площина дослідження у яких розташована перпендикулярно до границі розподілу матеріалів, що з'єднуються. У случаю тонких матеріалів для більш детального вивчення структури і підвищення точності вирізають коси шліфи (рис. 1), площина яких розташована під гострим кутом до поверхні покриття.

Площа робочої поверхні зразка звичайно становить 1...2  $см^2$ , висота 2.0...2.5  $см$ . При вирізанні зразків необхідно, щоб ріжучій інструмент (алмазні та карборундові круги) рухався від тонкого шару до основи (для попередження відшарування слою від основи) та попередити перегрів (штучне охолодження) зразків (може відбутися зміна структури основи).



1 – основа; 2 – тонкий шар; 3 – плоский шліф;  $\delta$  – товщина шару

Рисунок 1 – Схема косої шліфи для дослідження структури

Розрахунково-графічна робота оформлюються друкованим шрифтом відповідно до ДСТУ 3008-95 ( Документація. Звіти у сфері науки техніки) і захищаються перед викладачем. Варіанти завдань наведені в методичних вказівках до РГР.

## Перелік Web-сайтів мережі Internet для поглибленого вивчення навчального курсу

• <http://venec.ulstu.ru/lib/disk/2013/Kravchenko.pdf> – в навчальному посібнику автора Кравченко Д.В. розглядаються методологічні основи наукових досліджень, рекомендації по теоретичним і експериментальним дослідженням, оформленню наукових статей, тезисів та докладів, підготовки заявки на об'єкт інтелектуальної власності (спосіб або пристрій)

• <http://uti.tpu.ru/edu/chairs/sp/MNПlectii.pdf> – розглядаються питання про організацію наукових досліджень, методологію наукового пізнання, визначення теми і етапів досліджень, пошук і обробку наукової інформації, розробку методики теоретичного і експериментального дослідження

• [http://folio.com.ru/dedal2/busin\\_1\\_3\\_2.php](http://folio.com.ru/dedal2/busin_1_3_2.php) – лазерний профілограф-профілометр «Дедал-ЛСПП», що сканує, безконтактний вимірювальний прилад, що відноситься до найбільш сучасного класу пристроїв для вимірювання мікрошорсткості

• <http://www.p-komplekt.ru/catps.71.htm> – технічні характеристики профілограф-профілометра «Абрис ПМ7»

• [http://ru.wikipedia.org/wiki/Растровый\\_электронный\\_микроскоп](http://ru.wikipedia.org/wiki/Растровый_электронный_микроскоп) – надані більш широкі відомості про растрові електронні мікроскопи з історії, принципу роботи, взаємодії електронів з речовиною, про вторинні електрони, вузли мікроскопа, режими роботи, детектування вторинних електронів, детектування відбитих електронів, елементний мікроаналіз, роботу при низьких прискорюючих напругах, вакуумні системи, роздільну здатність, підготовку зразків, характеристики растрового мікроскопа, літературні джерела для ще більш детального вивчення растрової електронної мікроскопії.

• [http://ru.wikipedia.org/wiki/Просвечивающий\\_электронный\\_микроскоп](http://ru.wikipedia.org/wiki/Просвечивающий_электронный_микроскоп) – надані більш широкі відомості про електронні мікроскопи, що просвічують, з історія, вузли мікроскопа, вакуумні системи, роздільну здатність, підготовку зразків, методи візуалізації, літературні джерела для ще більш детального вивчення електронної мікроскопії, що просвічує.

• [http://ckp.rinno.ru/uploads/files/labs/AFM\\_v.n2.11.pdf](http://ckp.rinno.ru/uploads/files/labs/AFM_v.n2.11.pdf) – надані відомості про вимірювання топографії поверхні при її растровому скануванні зондом

• <http://window.edu.ru/resource/608/45608/files/unn035.pdf> – розглядаються питання про дослідження топографії поверхні твердих тіл методом атомно-силової мікроскопії в неконтактному режимі (скануюча зондова мікроскопія, принцип роботи, методичні вказівки, вибір сканера)

• [http://www.physchem.msu.ru/doc/СНРТ\\_5.pdf](http://www.physchem.msu.ru/doc/СНРТ_5.pdf) – будова, принцип роботи растрового електронного мікроскопу, формування електронного зонду, взаємодія електронного променя з речовиною, формування контрасту, рентгенівський мікроаналіз, приклади використання растрової електронної мікроскопії



• <http://phys.unn.ru/docs%5Cmdamns%5Cucheb.metod.posob.pdf> – в навчально-методичному посібнику розглядаються фізичні основи методів електронної оже-спектроскопії, оже-спектроскопії, що сканує, принцип роботи растрового електронного мікроскопа, описана методика дослідження морфології поверхні

• <http://goldzub.narod.ru/files/SIMS.pdf> – показані принцип, можливості методу мас-спектроскопії вторинних іонів

• [http://www.lumass.ru/UserFiles/Article/r04\\_re03.pdf](http://www.lumass.ru/UserFiles/Article/r04_re03.pdf) – історія розвитку методу, процеси в тліючому розряді, типи розрядів і мас-аналізаторів, чутливість і межі виявлення для різних схем мас-спектрометрії з тліючим розрядом, особливості аналізу для різних матеріалів

• <http://www.naukaspb.ru/spravochniki/Demo%20Metall/2.htm> – надані методи досліджень і випробувань металів та особливості приготування мікрошліфів (макроскопічний аналіз, виявлення дефектів, що порушують суцільність, визначення хімічної неоднорідності, мікроскопічний аналіз при дослідженні структур за допомогою оптичного і електронного мікроскопа

• <http://hotline.ua/sport/binokli-teleskopy-mikroskopy> – надано великий асортимент моделей мікроскопів, галузі застосування, технічні характеристики.

• [http://www.meteomaster.com.ua/meteoitems\\_R386](http://www.meteomaster.com.ua/meteoitems_R386) – надано асортимент моделей мікроскопів, галузі застосування, технічні характеристики

• <http://rutracker.org/forum/viewtopic.php?t=2316296> – надані узагальнені відомості про теорію металографічного зображення структури і технології виготовлення зразків для досліджень, а також розглянуто методи виявлення тонких деталей мікроструктури, описано види металографічного обладнання

• [http://www.naukaspb.ru/spravochniki/analiz\\_4\\_sod.htm](http://www.naukaspb.ru/spravochniki/analiz_4_sod.htm) – методи визначення газів в металах

• <http://5fan.ru/wievjob.php?id=2202> – надані загальні відомості про обладнання, методику проведення досліджень при вимірюванні мікротвердості покриттів і тонких шарів матеріалу

• [vsegost.com/Catalog/61/6104.shtml](http://vsegost.com/Catalog/61/6104.shtml) – ГОСТ 28243-96, де розглядаються загальні технічні вимоги на пірометри, стандарт поширюється на промислові пірометри та перетворювачі пірометричні спектрального відношення, повного і часткового випромінювання, які призначені для безконтактного вимірювання температури в межах від мінус 50 до плюс 4000 °С в діапазоні довжин хвиль від 0,3 до 40 мкм, стандарт не поширюється на монохроматичні пірометри зі зникаючою ниткою

• <http://www.omsketalon.ru/?action=radterm> – наводяться порівняльні таблиці пірометрів, рекомендації по підбору відстані до об'єкту контролю при вимірюванні температури пірометрами

• <http://www.toroid.ru/kramaruhin.html> – наведені описи контрольних вимірювальних приладів для вимірювання температури, розглянуто їх влаштування і принципи дії, дано технічні характеристики приладів і вказані

області їх застосування, викладені питання монтажу, ремонту та налагодження приладів, описано основні несправності та способи їх усунення

• [http://www.nntu.ru/RUS/fakyl/VECH/metod/metrology/1\\_2.htm](http://www.nntu.ru/RUS/fakyl/VECH/metod/metrology/1_2.htm) – наведено класифікацію і основні характеристики вимірювань

• <http://www.findpatent.ru/patent/238/2389985.html> – винахід, що відноситься до зварювального виробництва, а саме до способів вимірювання температури в зоні зварювання при виконанні дослідницьких або промислових робіт, пов'язаних зі зварюванням виробів, при яких контролюється розподіл температур поблизу торців, що зварюються, і температура використовується як параметр управління нагрівом при зварюванні і подальшій термообробці швів

• <http://neftegaz.ru/science/view/583> – відноситься до вимірювання температури безконтактним способом за наявності електромагнітних полів і струмів високої частоти

• <http://msd.com.ua/teoriya-svarochnyx-processov/eksperimentalnoe-opredelenie-temperatury-pri-svarke-2/> – надані рекомендації по експериментальному визначенню температури при зварюванні

• <http://www.thermo-ac.ru/metodika/svarka.html> – наведені відомості про вимірювання температури поверхонь металоконструкцій при зварюванні при попередньому підігріву і наступному відгартуванні, які виконуються контактними термометрами ТК-5.04, ТК-5.06 або безконтактними термометрами (пірометрами) С-300 «Фаворит», С-300.3 «Фотон»

• <http://k-svarka.com/content/temperatura-eliكتروда-pri-tochiechnoi-svarkie> - надані відомості про вимірювання температури контактної поверхні електродів при електроконтактному точковому зварюванні

• [http://library.weld.kpi.ua/sites/default/files/ndz\\_lab.pdf](http://library.weld.kpi.ua/sites/default/files/ndz_lab.pdf) – надана методика, обладнання для визначення зварювальних напружень і деформацій

• <http://msd.com.ua/teoriya-svarochnyx-processov/eksperimentalnye-metody-opredeleniya-svarochnyx-deformacij-i-napryazhenij/> – наведена інформація про визначення тимчасових, залишкових зварювальних деформацій та напружень

• [http://www.gubkin.ru/general/programma\\_niu/pub/pub19.pdf](http://www.gubkin.ru/general/programma_niu/pub/pub19.pdf) – наведені результати досліджень по оперативному вимірюванню залишкових зварювальних напружень

• <http://sibac.info/index.php/2009-07-01-10-21-16/5696-2012-12-28-06-19-15> – показано застосування лазерно-ультразвукової діагностики для визначення напружено-деформаційного стану виробів

• <http://stp.diit.edu.ua/article/viewFile/14405/12221> – у статті викладено результати теоретичних досліджень з метою математичного моделювання планування експериментів, яке ведеться одночасно за трьома показниками якості

• <http://bukvar.su/jekonomiko-matematicheskoe-odelirovanie/213423-Matematicheskije-metody-planirovaniya-eksperimentov.html> – надано загальну інформацію про планування експерименту, характеристика методик складання планів експерименту для моделей першого і другого порядків, ортогональних

центральних композиційних планів другого порядку, рототабельних планів другого порядку

• <http://k-svarka.com/content/vybor-optimal-nogho-riezhima-kontaktnoi-tochiechnoi-svarki-mietodom-planirovaniia-ekspierimi> – показано вибір оптимального режиму контактного точкового зварювання методом планування експерименту

• <http://window.edu.ru/resource/438/18438/files/Mtduk8.pdf> – розглядаються прості методи планування експерименту, що найбільш часто застосовуються, більш детально розглянута задача оптимізації процесів, наведено приклад планування

• [http://elib.altstu.ru/elib/books/Files/pv2012\\_01\\_1/pdf/064golubcova.pdf](http://elib.altstu.ru/elib/books/Files/pv2012_01_1/pdf/064golubcova.pdf) – показано, як можна оптимізувати міцність на відрив зварного з'єднання, отриманого зварюванням тиском золотих провідників з шаром алюмінію методом математичного планування експерименту

• <http://www.nntu.ru/trudy/2013/04/183-188.pdf> – в статті показано, як за допомогою математичного моделювання була оптимізована швидкість аргонно-дугового зварювання циліндричних деталей

• <http://svarkainfo.ru/rus/lib/book/matmod/> – інтернет-підручник про математичне моделювання абсорбції газів металом в процесах зварювання, розглядається фізична та математична модель абсорбції газів

## Рекомендована література

1. Березін Л.Я., Ганєєв Т.Р. Експериментальні методи у зварюванні: навч. посіб. – Чернігів: ЧНТУ, 2015. – 224 с., ISBN 978-966-2188-60-08.
2. Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента. –М.: «Металлургия». 1969. –157 с.
3. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. –М.: «Наукова думка», 1971, –293 с.
4. Винарский М.С., Лурье М.В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях. Киев, „Техніка”, 1975, – 168 с.
5. Душинский В.В. Оптимизация технологических процессов в машиностроении, –К.: «Техніка», 1977, –1710 с.
6. Миркин Л.И. Рентгеноструктурный анализ. Получение и измерение рентгенограмм: Справочное пособие. –М.: Наука,
7. Основы научных исследований: Учебн. для техн. вузов/ В.И.Крутов, И.М.Грушко, В.В.Попов и др.; Под ред. В.И.Крутова, В.В.Попова. –М.: Высш. шк., 1989. –400 с.: ил.
8. Основы научных исследований в черной металлургии / Под общ. Ред. Ю.Н.Яковлева. –Киев; Донецк: Вища шк. Головное изд-во, 1985. –205с.
9. Чкалова О.Н. Основы научных исследований. –К.: «Вища школа», 1978, –120 с.
10. Чернин В.Т., Васильев М.А. Методы и приборы для анализа поверхности материалов. Справочник. –К.: Наукова думка, 1982. –399 с.