

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

**Вимірювальні прилади в поліграфічному процесі:
навчальний посібник**

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

**Вимірювальні прилади в поліграфічному процесі:
рекомендації до виконання лабораторних робіт**

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для студентів,
які навчаються за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»*

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2021

Вимірювальні прилади в поліграфічному процесі: рекомендації до виконання лабораторних робіт : навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. О. Кохановський. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (прот. № 6 від 25. 02. 2021 р.)
за поданням Вченої ради ВПІ (прот. № 5 від 28. 01. 2021 р.)*

Вимірювальні прилади в поліграфічному процесі: рекомендації до виконання лабораторних робіт

Укладач: *Кохановський Василь Олександрович*, канд. техн. наук, доц.

Відповідальний редактор *Шевчук Анатолій Васильович*, д. техн. наук, проф.

Рецензент: *Зоренко Ярослав Володимирович*, канд. техн. наук, доц.

«Вимірювальні прилади в поліграфічному процесі» відноситься до циклу дисциплін професійної та практичної підготовки для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». Для набуття знань важливою частиною курсу є проведення лабораторних робіт. Під час проведення лабораторних занять студенти набувають практичних навичок роботи з вимірювальним обладнанням та обробкою результатів вимірювань.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021

ВСТУП

Навчальна дисципліна «Вимірювальні прилади в поліграфічному процесі» відноситься до циклу дисциплін професійної та практичної підготовки для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» за освітньою програмою «Комп'ютеризовані поліграфічні системи». Для набуття цих знань важливою частиною курсу є проведення лабораторних занять.

Основною метою лабораторних занять – є формування у студентів знань по будові і особливостях експлуатації основних видів вимірювального обладнання, а також вміння по раціональному його вибору для забезпечення вимірів та обробці результатів вимірів технологічних процесів у реальних умовах виробництва.

Студенти внаслідок проведення занять повинні знати:

- призначення, конструкцію і принцип роботи основних видів вимірювального обладнання;
- номенклатуру та технологічні можливості сучасного вітчизняного і зарубіжного вимірювального обладнання для виміру і контролю основних технологічних процесів;
- питання охорони праці для конкретних видів приладів;
- особливості експлуатації та техніко-економічні характеристики вимірювальних приладів та устаткування.

Студенти мають вміти:

- правильно і раціонально вибрати комплект устаткування для здійснення конкретних вимірів;
- проводити розрахунки з отриманими даними вимірів;
- визначати по результатам вимірів відповідність отриманих результатів згідно норм та стандартів технологічних процесів.

Студенти мають набути навички:

- складання структурних та принципових схем приладів та устаткування;

- налагодження та експлуатацію основних видів вимірювального обладнання;

- застосування вимірювального обладнання при експериментальних дослідженнях та контролі якості поліграфічної продукції.

Звіт по лабораторним роботам виконується у вигляді розрахунково-графічної роботи.

Згідно навчальних робочих планів лабораторні заняття проводяться за таким планом:

№ лаб. роботи	Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування» спеціалізація «Комп'ютеризовані поліграфічні системи»	К-сть годин
1	Прилади для фотометричних вимірювань	2
2	Прилади для вимірювання вологості	2
3	Прилади для лінійних вимірювань	2
4	Прилади для вимірювання шорсткості	2

КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ В ПОЛІГРАФІЧНОМУ ПРОЦЕСІ

Ефективна робота друкарського обладнання та правильне протікання технологічних процесів можливе тільки за умови, що їх режими своєчасно контролюються та при необхідності виправляються. Чим складнішим стає процес друкування, тим більшою стає швидкість роботи машини, чим вище вимоги до якості продукції, тим більша існує проблема в об'єктивних засобах контролю режимів роботи машини, параметрів технологічного процесу, матеріалів та якості готової продукції.

Призначення контрольно-вимірювальних пристроїв – отримання первинної інформації про стан машини, хід процесу та властивості матеріалів, передавання та переробка цієї інформації. Контрольно-вимірювальні прилади та пристрої, що застосовуються у поліграфічному виробництві поділяються на дев'ять основних груп:

1 група – для вимірювання механічних величин, геометричних розмірів, часу, швидкості, маси, щільності, твердості, міцності матеріалів та інші.

2 група – для контролю вологості та теплотехнічних величин (термометри, гігрометри, вологоміри та таке інше);

3 група – для контролю оптичних та світлових величин (денситометри, фотометри та колориметри для вимірювання насиченості та кольору друкарських відбитків, оптичних властивостей паперу та фарб);

4 група – для вимірювання та контролю електричних та магнітних величин;

5 група – для вимірювання фізико-хімічних властивостей поліграфічних матеріалів та розчинів;

6 група – для вимірювання параметрів технологічних процесів у поліграфії (стробоскопи, акустичні вимірювання, контроль якості друку тощо);

7–9 групи – для контролю властивостей паперу, фарби, клею та пластмас.

Багато з приладів, що випускаються, є універсальними, тобто діапазон їх застосування залежить від ініціативи працівника, його кваліфікації та знань, можливості того чи іншого приладу.

Лабораторна робота №1. Прилади для фотометричних вимірювань

Мета: вивчити будову та принцип роботи приладів. Виконати вимірювання оптичної щільності на тестових шкалах відбитків.

1. Класифікація приладів.

Для вимірювання кольору в поліграфії застосовуються три методи:

- Денситометричний
- Колориметричний
- Спектрофотометричний

Денситометр – прилад призначений для вимірювання оптичної щільності, вимірювальний принцип якого заснований на ослабленні інтенсивності світла при його проходженні через шари.

Колориметр - пристрій з трьома датчиками, які вимірюють червону, синю і зелену складову світла, що потрапляє на поверхню скельця приладу (система RGB). Тому цей пристрій можна використовувати для калібрування зображення монітору.

Спектрофотометр за принципом дії розкладає падаюче світло на вузькі смуги спектра і визначає енергію світла на кожній із цих смуг. Тобто точність вимірювання складових кольору не залежить від джерела освітлення. Ці прилади використовуються для калібрування друкарських пристроїв виведення інформації (принтерів, друкарських машин).

2. Застосування.

Денситометри вимірюють оптичну щільність фарбового шару, яка залежить від товщини шару фарби, а також параметрів растрового друку, таких як розтискування і відносний контраст. Той факт, що шляхом вимірів можливо

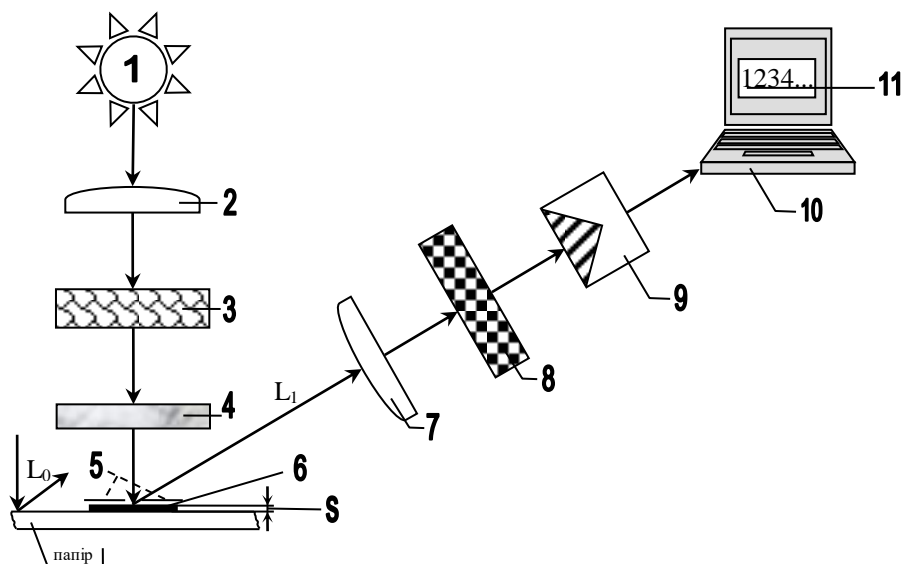
визначити фарбосприйняття (захват) фарби матеріалом має виняткове значення в технології багатофарбового друку.

Ручні денситометри можливо використовувати лише для незначної кількості вимірів на одному аркуші, наприклад, вибіркового контролю значень щільностей з метою стандартизації офсетного друку. Скануючі денситометри були розроблені для офсетного друку – сканування контрольних шкал, що друкуються по краю всього друкарського аркуша.

Максимум пропускання світлофільтру повинен знаходитись в зоні, яка відповідає мінімуму відбиття вимірювальної фарби, таким чином світлофільтр пропускає промінь допоміжний до кольору виділеної фарби (синій фільтр для жовтої фарби, зелений для пурпурової, червоний для блакитної або синьої).

Денситометричні вимірювання використовують для контролю якості при друкуванні тиражу, але при порівнянні кольорових і тиражних відбитків ці методи менш прийнятні, оскільки для отримання цих зображень використовують різні матеріали.

3. Структурно-технологічна схема.



1 – джерело світла; 2 – оптична лінза; 3 – поляризатор; 4 – кольоровий світлофільтр; 5 – діафрагма; 6 – шар фарби, S – товщина фарбового шару; L_0 - відбитий від незадрукованого паперу промінь, L_1 - відбитий від задрукованого паперу промінь; 7 – оптична лінза; 8 – аналізатор; 9 – приймач; 10 – комп’ютер; 11 – показник, (числове значення).

Рис.1 Структурна схема денситометра

4. Принцип роботи приладу

1. Джерело світла. Слугує для створення певного пучка світла (променя).
2. Лінза фокусує промінь від джерела світла і передає його на поляризатор.
3. Поляризатор дає можливість робити виміри як по «сухому», так і по «мокрому», тобто компенсує глянцевої відблиск від свіжої фарби.
4. Кольорові світлофільтри ділять світловий промінь на різні кольори, вони узгоджені зі спектральними характеристиками тріадних фарб.
5. Діафрагма застосовується для обмеження чи зміни світлового пучка в оптичній системі.
6. Лінза фокусує відбитий промінь від зафарбованого шару і передає його на аналізатор.
7. Аналізатор проводить аналіз отриманого пучка і передає інформацію про нього на приймач.
8. Приймач слугує для збору інформації про пучки світла і передачі їх характеристик на комп'ютер.
9. За допомогою комп'ютера отримані результати перетворюються у кількісні характеристики кожного кольору, що досліджувалися.
10. Показники дають можливість оцінити наявність фарби на відбитку.
11. Шар фарби, нанесений на задрукований матеріал.
12. Папір, або інший матеріал для нанесення певного зображення/тексту.

Послідовність виконання роботи.

Ознайомитися з принципом вимірювання та структурною побудовою денситометра.

Провести вимірювання оптичної щільності чотирьох кольорів на контрольних шкалах відбитків.

Провести вимірювання оптичної щільності суцільного фарбового шару та растрового поля на відбитку.

Отримані виміри занести до таблиці і порівняти одержані результати з

нормативними показниками.

Зробити висновок щодо подачі фарби друкарськими секціями.

Оформлення звіту по лабораторній роботі.

Звіт має виконуватися по такому плану:

1. Опис області застосування приладу та показників вимірювань.
2. Накреслити структурно-технологічну схему приладу.
3. Описати принцип роботи приладу.
4. Навести отримані результати вимірів з дослідного матеріалу та зробити висновок щодо регулювання роботи фарбових апаратів.

Контрольні запитання.

1. Які методи існують для вимірювання кольору?
2. Що таке оптична щільність? Як її визначити?
3. Яку функцію виконують світлофільтри і поляризатори?

Лабораторна робота №2. Прилади для лінійних вимірювань.

Мета: вивчити будову та принцип роботи приладів. Виконати вимірювання різних розмірів на зразках деталей.

1. Класифікація приладів.

Лінійні вимірювання - це визначення відстаней між заданими точками, визначення розмірів елементів різних споруд, деталей (при необхідності вимірювання площ, об'ємів) - застосовуються в багатьох областях науки і техніки. Будь-яке вимірювання полягає у встановленні чисельного співвідношення між величиною вимірюваного об'єкту і величиною еталону, відтворюючого одиницю вимірювання.

Основне метрологічне призначення будь-якого еталону - збереження єдності мір і, отже, значення одиниці від еталону повинне передаватися з необхідною точністю, що приймається в різних областях людської діяльності вимірювальними мірами і приладами. Для виконання цього завдання створюється ряд вторинних еталонів, точність яких завжди нижча за точність первинного еталону, проте їх роль в зберіганні і передачі одиниць вимірювання дуже велика. По метрологічному призначенню вторинні еталони розділяються на:

- еталони-копії - замінюють первинний еталон при передачі одиниць іншим вторинним еталонам;
- еталони-свідки - призначені для спостереження за збереженням первинного еталону і зберігаються в загальних з ним умовах;
- робочі еталони - призначені для поточних метрологічних робіт по передачі одиниці вимірювання зразковим і робочим (вищої точності) засобам вимірювань.

Засоби вимірювань - технічні засоби, необхідні для здійснення вимірювань. Основні види засобів вимірювань: *міра* – пристрій, що служить для відтворення одного або декількох відомих значень величини; *набір мір* -

сукупність мір, застосовуваних як окремо, так і в різних поєднаннях з метою відтворення ряду значень величини в певних межах; *вимірювальний прилад* - пристрій, в якому вимірювана величина перетвориться в показник або сигнал пропорційний вимірюваній величині, або пов'язаний з нею іншою функціональною залежністю; *вимірювальна установка* - сукупність мір, вимірювальних приладів, допоміжних пристроїв об'єднаних в єдине ціле загальною схемою і методом, призначена для вимірювання однієї або декількох величин.

Методи і прилади для вимірювання лінійних розмірів. Методи вимірювання і застосовувані прилади вибирають, враховуючи наступні чинники:

- розміри вимірюваного об'єкту;
- характер (особливості) об'єкту;
- необхідна точність результату.

Діапазон вимірюваних в сучасній фізиці відстаней величезний (від 10^{-15} до 10^{26} м). Природно, що методи і засоби вимірювань, застосовувані в різних частинах цього діапазону, різні.

У даній роботі розглядаються прості методи лінійних вимірювань, використовувани в машинобудуванні.

Всі методи лінійних вимірювань можна розділити (по різних ознаках) на наступні види:

- методи безпосередньої оцінки і методи порівняння;
- контактні і безконтактні.

У контактному методі вимірювальні поверхні приладу торкаються поверхонь об'єкту (штангенциркуль, мікрометр). Безконтактні вимірювання можна проводити за допомогою мікроскопа або спеціальних проекторів. Методи безпосередньої оцінки дозволяють визначити значення всієї вимірюваної величини (вимірювальна лінійка, мікрометричний гвинт). Методи порівняння дають можливість визначити відхилення вимірюваної величини від заданого розміру. Прикладом такого вимірювального пристрою є

штангенциркуль, в якому реалізується метод ноніуса. Другий приклад - стрілочний індикатор, використовуваний у поєднанні з вимірювальними плитками.

3. Структурна схема штангенциркуля.

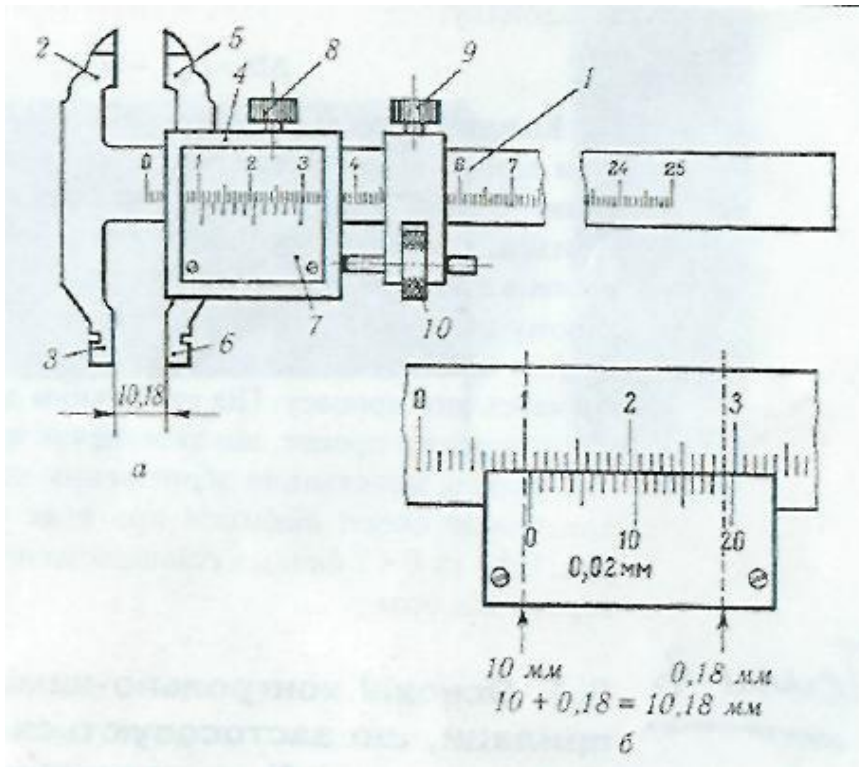


Рис.2 Штангенциркуль

4. Принцип роботи приладу

Штангенциркуль (рис.2.а) складається з сталеві лінійки (штанги) 1 з нанесеними на неї міліметровими поділками, на одному кінці якої є вимірювальні губки 2, 3, що розташовані під прямим кутом до лінійки. На лінійці вільно ковзає рамка 4 з вимірювальними губками 5, 6. На рамці закріплена спеціальна шкала 7 з поділками, що називається ноніусом. Губки 3, 6 служать для вимірювання діаметрів отворів, а губки 2,5 – для вимірювання діаметрів валів чи інших розмірів деталей, що допускають дотикання точок, між якими вимірюється відстань, з губками штангенциркуля.

Обмірювання ведеться наступним чином. Деталь, що вимірюється, легко затискають між губками та за допомогою гвинта 8 закріплюють рамку з

ноніусом. Після цього проти нульової риски ноніуса відраховують на штанзі ціле число міліметрів та додають до нього соті долі міліметра, що відраховані на шкалі ноніуса. Кожна поділка ноніуса дорівнює 0,02 мм. На рис. 2.6 подане збільшене зображення положення ноніуса та частини штанги, що відповідає розміру 10,18 мм. На штанзі встановлений розмір 10 мм, а на шкалі ноніуса 0,18 мм. Потрібно відзначити, що у цьому положенні ні один ні другий штрих ноніуса не збігається зі штрихами штанги. Якщо звільнити кріплення рамки гвинтом 8, а гвинт 9 закріпити, тоді обертаючи гайку 10 з накаткою можна переміщувати рамку більш плавно та наочно, що особливо важливо при виконанні розмітки. При зведенні разом вимірювальних губок нульові штрихи штанги та ноніуса збігаються.

Згідно ГОСТ 166 випускаються штангенциркулі з межами вимірювань до 2000 мм та з точністю вимірювань від 0,02 до 0,1 мм.

Структурна схема мікрометра.

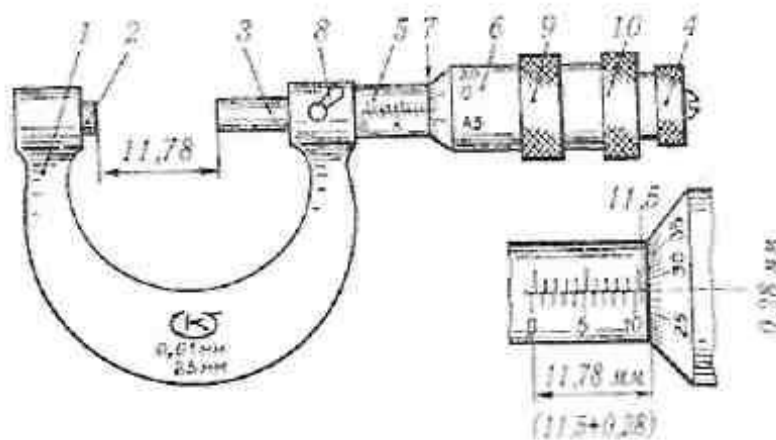


Рис. 3 Мікрометр

Принцип роботи приладу

Мікрометр (рис.3) застосовується для вимірювань з точністю до 0,01 мм. Мікрометр складається зі скоби 1, на який нерухомо закріплений закалений штифт 2 та рухомий 3. Деталь, що вимірюється затискається між торцями штифтів 2, 3. Переміщення рухомого штифта 3 здійснюється обертанням тріскачками 4, при цьому тиск на деталь не перевищує 700 г.

Відрахунок розмірів відбувається за рисками, що нанесені на стеблі 5 та барабані 6. На стеблі нанесені поділки з ціною, що дорівнює 1 мм, причому верхня половина шкали зсунута відносно нижньої на 0,5 мм, таким чином на стеблі, проти торця 7 барабана 6 відраховують розміри з точністю 0,5 мм. Торець барабана за один оберт переміщується на 0,5 мм. На ньому нанесено 50 штрихів, це означає, що ціна поділки на шкалі барабана дорівнює 0,01 мм. На рис. 6.11, б встановлено розмір 11,78 мм, який складається з 11,5 мм на стеблі та 0,28 мм на барабані – проти поздовжнього (основного) штриха стебла.

Перед початком роботи опорні поверхні штифтів 2, 3 повинні бути ретельно протерті, а після закінчення роботи мікромметр повинен бути укладений у футляр. Перевірка мікромметрів з межами вимірювання більшими 25 мм здійснюється спеціальними кінцевими мірами (еталонами), що додаються до кожного мікромметра заводом, що його виробив. Еталон затискається між вимірювальними штифтами, при цьому нульовий штрих на стеблі повинно бути видно повністю, а нульовий штрих колової шкали барабана повинен встановлюватися проти поздовжнього штриха на стеблі. Якщо збігу немає, закріплюють гвинт 8 та, притримуючи однією рукою за виступ 9, іншою – обертають гайку 10, звільняючи від з'єднання з мікромметричним гвинтом корпус барабана. Потім повертають корпус 6 барабана, що вільно сидить на мікромметричному гвинті, та встановлюють нульові поділки. Після цього, притримуючи виступ 9, знову з'єднують мікромметричний гвинт з барабаном за допомогою гайки 10. Неприпустимо обертати мікромметричний гвинт за виступи 9 та 10, тому що при цьому змінюється тиск на деталь, а, відповідно, й точність показів.

Промисловість випускає мікромметри з межами вимірювань 0–25 мм, 25–50 мм і так далі до 500–600 мм, тобто з переміщенням вимірювального стержня в межах 0–25 мм.

Структурна схема індикатора годинникового типу.

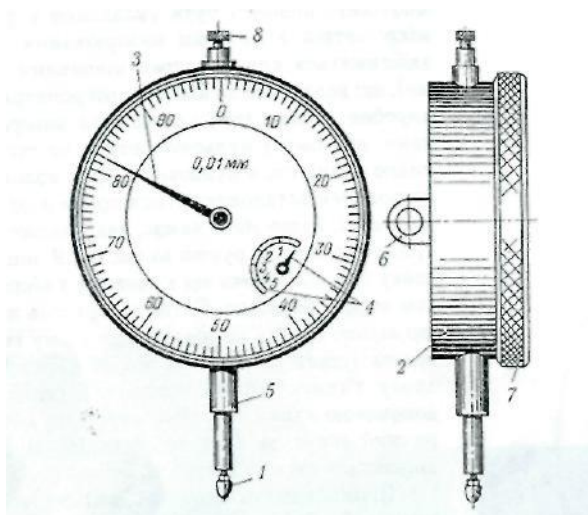


Рис.4 Індикатор годинникового типу

Принцип роботи приладу

Індикатор призначений для вимірювання лінійних величин у невеликих межах. Індикатори бувають годинникового та важільного типу, найбільш широко застосовуються індикатори годинникового типу з ціною поділки 0,01 та 0,001 мм. Індикатори годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм малогабаритного чи нормального виконання випускаються з межами вимірювань 0–2; 0–3 та 0–10 мм.

В індикаторах годинникового типу з зубчастим передавальним механізмом поступальне переміщення вимірювального стержня 1 (рис. 4) перетворюється у поступальний рух стрілок 2 та 3 відносно великого та малого циферблатів. Ціна поділки малого циферблата дорівнює 1 мм, а великого, 0,01 мм, тобто один оберт великої стрілки відповідає 1 мм чи переміщенню малої стрілки на одну поділку. Шкала великого циферблата встановлена на кільці 4, що обертається, та може повертатися для встановлення нульової поділки шкали проти закінчення великої стрілки. Встановлення стержня 1 на вимірювальну поверхню здійснюється кнопкою 5. Для виконання вимірювань індикатор закріплюють на нерухомому штативі за напрямну втулку чи за вушко 7 на корпусі 8. Покази приладу знімаються під час переміщення деталі відносно індикатора чи штатива з індикатором відносно деталі.

Від стабільності товщини паперу, картону, декеля в значній мірі залежить стабільність та якість друкарського процесу. Тому контролю цих параметрів приділяється все більше уваги. Прилади для контролю лінійних розмірів форми та товщини матеріалів у масі своїй засновані на використанні індикаторів годинникового типу.

Послідовність виконання роботи.

Ознайомитися з принципом вимірювання та структурною побудовою приладів для лінійних вимірювань.

Провести вимірювання відповідних розмірів на дослідних зразках.

Отримані виміри занести до таблиці із зазначенням № виміру, назвою вимірювальної величини та одиницями вимірювання.

Зробити теоретичні розрахунки можливої похибки вимірювань.

Оформлення звіту по лабораторній роботі.

Звіт має виконуватися по такому плану:

1. Опис області застосування приладів та показників вимірювань.
2. Накреслити схему вимірювальної деталі (видається зразок кожному студенту).
3. Здійснити вимірювання зовнішніх та внутрішніх розмірів деталі із точністю вказаною на приладі.
4. Навести отримані результати вимірів на кресленні вимірювальних зразків та зробити теоретичні розрахунки можливої похибки вимірювань.

Контрольні запитання.

1. Які особливості приладів, що вимірюють лінійні розміри?
2. Що таке міри і калібри? Що ними вимірюють?
3. Які параметри можна визначити штангенциркулем, мікрометром і з якою точністю?

Мета: вивчити будову та принцип роботи приладів. Виконати вимірювання вологості паперу, картону та повітря.

1. Параметри та характеристики вологості

Вологість та вміст молекул води в речовинах і матеріалах є одним з найбільш важливих характеристик складу. Вологу необхідно вимірювати в газах (концентрація пари води), в сумішах рідин (власне вміст молекул води) і в твердих тілах (кристалізаційна волога), що входить в структуру кристалів. Відповідно, набір методів і пристроїв для вимірювання змісту молекул води в матеріалах опиняється досить різноманітним.

Традиції вимірювальної техніки, що спираються на повсякденний досвід, призвели до того, що у вимірюванні вологості склалася специфічна ситуація, коли залежно від впливу кількості вологи на технологічні процеси, необхідно знати або абсолютне значення кількості вологи в речовині, або відносне значення, визначене як процентне відношення реальної вологості речовини до максимально можливих при певних умовах.

Для визначення, наприклад, зміни електричних або механічних властивостей речовини, потрібно отримати абсолютне значення вмісту вологи (вміст вологи в нафті, в продуктах харчування і т.д.).

Для визначення швидкості висихання вологих об'єктів, комфортність місця існування людини або метеорологічну обстановку, на перше місце виступає відношення реальної вологості, наприклад повітря, до максимально можливої (при заданій температурі).

У зв'язку з цим характеристики вологості, а також величини і одиниці вологості розділяються на характеристики вологостану і вологовмісту.

Вологовміст – величини і одиниці, що виражають реальну кількість вологи в речовині. Основною характеристикою вологовмісту є абсолютна вологість, визначена як кількість вологи в одиниці об'єму:

$$A = \frac{M_{H_2O}}{V}$$

До цього класу характеристик відносять парціальний тиск водяної пари в газах, абсолютну концентрацію молекул води для газу, близького до ідеального:

$$\eta_{H_2O} = \eta_0 \frac{\rho_{H_2O}}{\rho_0} \frac{T_0}{T} \left(\frac{1}{\text{см}^3} \right)$$

де T – абсолютна температура, η_0 – постійна Лошмідта, рівна числу молекул ідеального газу в 1 см^3 за нормальних умов, при $p_0 = 760 \text{ мм рт. ст.}$, $P_0 = 1015 \text{ Гпа}$ і $T_0 = 273,16 \text{ К}$. Часто використовується така характеристика абсолютної вологості як точка роси – температура, при якій дана абсолютна вологість газу досягає 100%.

Вологостан - процентне співвідношення між абсолютною та максимально можливою вологістю при заданій температурі:

$$\varphi\% = \frac{A}{A_{\text{вас}}} 100$$

Відносна вологість може характеризуватися дефіцитом парціального тиску, що дорівнює відношенню парціального тиску до максимально можливої вологи при заданій температурі. В гігromетричних вимірюваннях дефіцит точки роси зустрічається дуже рідко.

Зв'язок між температурою і максимально можливою абсолютною вологістю приводиться рівнянням пружності насиченої пари води:

$$\log \rho_{\text{мл}} = A + B \log \frac{1}{T} + C \log T$$

На практиці часто використовують таблицю тиску насиченої пари над плоскою поверхнею води або льоду при різних температурах.

Таблиця 1 *Тиск насиченої пари над плоскою поверхнею води*

№	$P_{\text{нкм}}$ бар	A кг/М ³	№	$P_{\text{нкм}}$ бар	A кг/М ³
0	6,108	4,582	31	44,927	33,704
1	6,566	4,926	32	47,551	35,672
2	7,055	5,293	33	50,307	37,740
3	7,575	5,683	34	53,200	39,910
4	8,159	6,120	35	56,236	42,188
5	8,719	6,541	36	59,422	44,576
6	9,347	7,012	37	62,762	47,083
7	10,013	7,511	38	66,264	49,710
8	10,722	8,043	39	69,934	52,464
9	11,474	8,608	40	73,777	55,347
10	12,272	9,206	41	77,802	58,366
11	13,119	9,842	42	82,015	61,527
12	14,017	10,515	43	86,423	64,839
13	14,969	11,229	44	91,034	68,293
14	15,977	11,986	45	95,855	71,909
15	17,044	12,786	46	100,89	75,686
16	18,173	13,633	47	106,16	79,640
17	19,367	14,529	48	111,66	83,766
18	20,630	15,476	49	117,40	87,772
19	21,964	16,477	50	123,40	92,573
20	23,373	17,534	51	129,65	97,262
21	24,861	18,650	52	136,17	102,153
22	26,430	19,827	53	142,98	107,268
23	28,086	21,070	54	150,07	112,581
24	29,831	22,379	55	157,46	118,125
25	31,671	23,759	56	165,16	123,900
26	33,608	25,212	57	173,18	129,917
27	35,649	26,743	58	181,53	136,009
28	37,796	28,354	59	190,22	142,700

На стандартних довідкових даних, приведених в таблиці 1, засновані практично всі розрахунки характеристик вологості. На їх основі можна, наприклад, по відомій абсолютній вологості і температурі знайти відносну

вологість, точку роси і т. д., виразити практично будь-яку характеристику вологості газів.

Серед приладів для вимірювання вологості найбільш масовими є прилади для визначення змісту води в газах - гігрометри. Для вимірювання вологості твердих і сипучих тіл найчастіше використовуються ті ж гігрометри, тільки процес підготовки проби до аналізу включає перехід вологи в газову фазу, яка потім і аналізується.

Існують в принципі методи безпосереднього вимірювання змісту вологи в рідинах і в твердих тілах, наприклад, методом ядерного магнітного резонансу. Прилади, побудовані на такому принципі, достатньо складні, дорогі і вимагають високої кваліфікації оператора.

Гігрометри як самостійні прилади є одними з найпотрібніших вимірювальних приладів, оскільки з давніх часів ними користувалися метеорологи.

По зміні вологості можна передбачати погоду, контролювати комфортність життєзабезпечення в приміщеннях, контролювати технологічні процеси (контроль вологості на електростанціях, телефонних станціях, поліграфічному виробництві).

1. Класифікація та принцип роботи приладів для вимірювання вологості

За принципом дії датчики гігрометрів класифікуються:

- волосяні датчики, в яких використовується властивість волоса змінювати довжину при зміні вологості;
- ємнісні датчики, в яких при зміні вологості змінюється електрична ємність конденсатора з гігроскопічним діелектриком;
- резистивні датчики, в яких змінюється опір провідника, на поверхню якого нанесений гігроскопічний шар;

- п'єзосорбційні датчики, в яких волога, поглинена гігроскопічним покриттям, змінює власну частоту коливань п'єзокристалу, на поверхню якого нанесений гігроскопічний шар;
- датчик температури точки роси, в якому фіксується температура, відповідна переходу дзеркального віддзеркалення металевою поверхнею в дифузне;
- оптичний датчик абсорбції, в якому реєструється частка поглиненої енергії світла в смугах поглинання парами води електромагнітного випромінювання.

1) Найбільш стародавнім, простим і дешевим датчиком вологості є звичайний волос, натягнутий між двома пружинами. Для вимірювання вологості використовується властивість волоса змінювати довжину при зміні вологості.

2) Ємкісні датчики вологості в даний час по масовості використання конкурують і навіть перевершують волосяні, оскільки по простоті і дешевизні вони не поступаються волосяним. Вимірюваною фізичною величиною є ємкість конденсатора, а це означає, що як індикатор або вихідний пристрій може використовуватися будь-який вимірник ємкості.

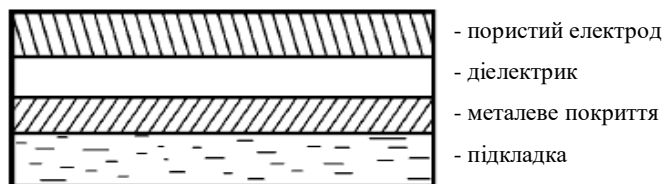


Рис.5 Схема емнісного датчика

На підкладку з кварцу наноситься тонкий шар алюмінію, що є одному з обкладань конденсатора. На поверхні алюмінієвого покриття утворюється тонка плівка окислу Al_2O_3 . На окислену поверхню напилюється електрод з металу, що вільно пропускає пари води. Такими матеріалами можуть бути тонкі плівки паладію, родію або платини. Зовнішній пористий електрод є другим обкладанням конденсатора.

3) Конструкція резистивного датчика вологості є меандром з двох не дотичних електродів, на поверхню якого нанесений тонкий шар гігроскопічного діелектрика. Останній, збираючи вологу з навколишнього середовища, змінює опір проміжків між електродами меандри. Вологість визначають за зміною опору або через провідність такого елементу.

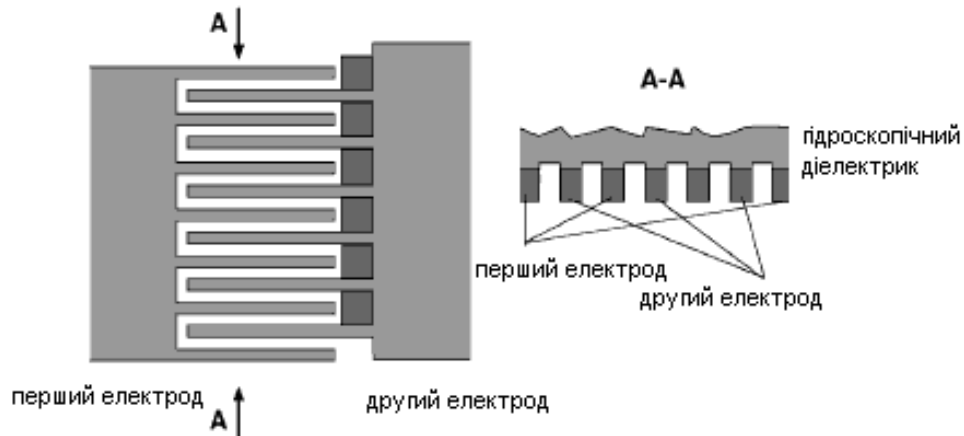


Рис.6 Схема резистивних датчиків

Останнім часом з'явилися гігрометри, в основу роботи яких покладений фундаментальний фізичний закон поглинання електромагнітного випромінювання – закон Ламберта - Бугера - Бера. Згідно цьому закону через шари поглинаючої речовини проходить електромагнітне випромінювання інтенсивністю I_λ рівне:

$$I_\lambda = I_0 e^{-\delta_\lambda Nl}$$

де I_0 - інтенсивність випромінювання, падаючого на поглинаючий стовп;

N - концентрація поглинаючих атомів (число молекул в одиниці об'єму);

l - довжина поглинаючого стовпа;

δ_λ - молекулярна константа, рівна площі «тіні», що створюється одним атомом і вираженою у відповідних одиницях.

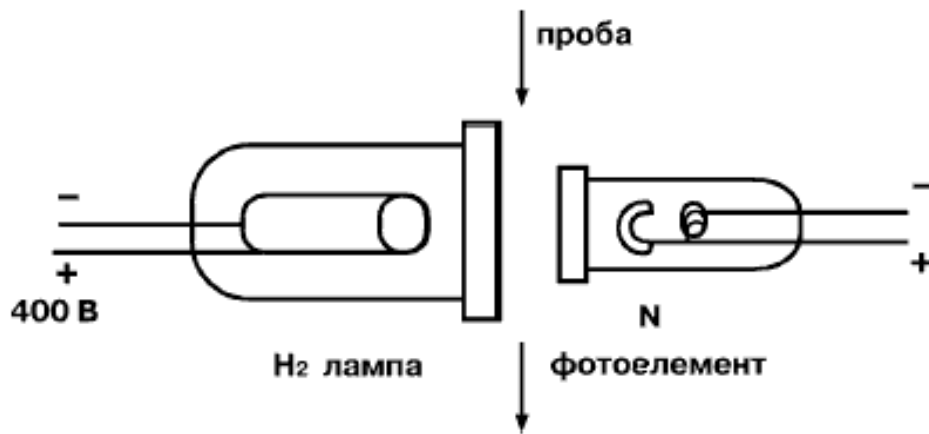


Рис.7 Схема оптичного датчика

4) У оптичних датчиків є і один загальний недолік - вплив на показники компонентів, що заважають. У інфрачервоній області це різні молекулярні гази, наприклад окисли вуглецю, сірки, азоту, вуглеводні і так далі У вакуумному ультрафіолеті основним компонентом, що заважає, є кисень. Проте можна вибрати довжини хвиль у УФ, де поглинання кисню мінімальне, а поглинання пари води максимальне. Наприклад, зручною областю є випромінювання резонансної лінії водню з довжиною хвилі $\lambda = 121,6$ нм. На цій довжині хвилі у кисню спостерігається «вікно» прозорості в той час, як пари води помітно поглинають. Іншою можливістю є використання випромінювання ртуті з довжиною хвилі 184,9 нм. У цій області кисень випромінювання не поглинає і весь сигнал поглинання визначається парами води.

Резонансна воднева лампа з вікном з фтористого магнію розташовується на відстані в декілька міліметрів від фотоелемента з катодом з нікелю. Нікелевий фотоелемент має довгохвильову межу чутливості -190 нм. Вікна з фтористого магнію мають короткохвильову межу прозорості 110 нм. У цьому діапазоні довжин хвиль (від 190 до 110 нм) в спектрі водневої лампи присутнє тільки резонансне випромінювання 121,6 нм, яке і використовується для вимірювання абсолютної вологості без якої-небудь монохроматизації.

У оптичного датчика є одна особливість – це можливість змінювати чутливість зміною відстані від лампи до фотоприймача. Насправді, із

збільшенням відстані нахил характеристики вихідного сигналу від концентрації прямо пропорційний величині зазору між лампою і фотодіодом.

Важливою якістю оптичного датчика є висновок із закону Ламберта-Бугера-Бера, що полягає в тому, що такий датчик потрібно калібрувати тільки в одній точці. Якщо, наприклад, визначити сигнал з приладу при якій-небудь одній певній концентрації пари води, то градуювання шкали приладу можна визначити розрахунковим шляхом на тій підставі, що зміна логарифма сигналів при різних концентраціях рівна:

$$\Delta \lg = (\lg I_0 - \lg I_\lambda) = \delta_\lambda Nl$$

де N - концентрація (число) молекул в одиниці об'єму;

δ_λ - перетин поглинання,

l - довжина, поглинаючого проміжку.

5) Для визначення відносної і абсолютної вологості на практиці часто використовуються прилади, що отримали назву психрометрів (рис.8). Психрометрами є два однакові термометри, один з яких обернутий гнітом і змочується водою. Мокрий термометр показує температуру нижче, ніж сухий термометр в тому випадку, якщо відносна вологість не рівна 100%. Чим нижче відносна вологість, тим більше різниця свідчень сухого і мокрого термометрів. Для психрометрів різних конструкцій складаються так звані психрометричні таблиці, по яких знаходяться характеристики вологості.

Психрометр не дуже зручний в експлуатації, оскільки його показники непросто автоматизувати, і потрібне постійне зволоження гніту. Проте саме психрометр є найпростішим і разом з тим достатньо точним і надійним засобом вимірювання вологості. Саме по психрометру найчастіше градуюються гігрометри з волосяними, ємкісними або резистивними датчиками.

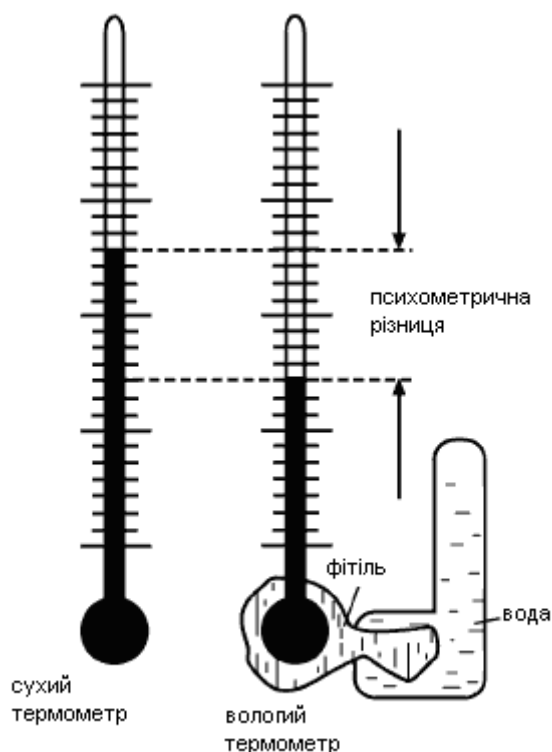


Рис.8 Схема психрометра

б) Іншим універсальним методом вимірювання вологості рідких і твердих тіл є метод, коли волога з них переходить в газову фазу в якому-небудь замкнутому об'ємі. В цьому випадку стандартизують методику підготовки проби, а вимірювання ведуть одним із згаданих типів гігрометрів, призначених для вимірювань вологи в газовій фазі. З метою отримання надійних результатів такі пристрої калібрують по стандартних зразках вологості.

Послідовність виконання роботи.

Ознайомитися з принципом вимірювання та структурною побудовою приладів для вимірювання вологості.

Провести вимірювання вологості паперу, картону та повітря.

Отримані виміри занести до таблиці із зазначенням № виміру, назвою вимірювальної величини та одиницями вимірювання.

Зробити висновки щодо відповідності отриманих значень вологості нормативним показникам.

Оформлення звіту по лабораторній роботі.

Звіт має виконуватися по такому плану:

1. Опис області застосування приладів та показників вимірювань.
2. Накреслити структурно-технологічну схему приладів.
3. Описати принцип роботи приладів.
4. Навести отримані результати вимірів з дослідних зразків та зробити висновки щодо відповідності отриманих значень вологості нормативним показникам.

Контрольні запитання.

4. Які параметри визначають вологість? Як їх визначити?
5. Якою має бути вологість паперу для друку? Як її виміряти?
6. Як виміряти вологість повітря?

Лабораторна робота №4. Прилади для вимірювання шорсткості.

Мета: вивчити будову та принцип роботи приладів. Виконати вимірювання шорсткості дослідних зразків матеріалів та встановити їх клас чистоти.

1.Класифікація приладів

По принципу дії прилади для вимірювання шорсткості діляться:

- контактні
- безконтактні

В залежності від способу перетворення переміщень голки у відповідний сигнал щупові прилади бувають наступних видів:

1. Механічні – в яких показники голки перетворюються і збільшуються системою важелів;
- 2.Електромеханічні – з електронним підсилювачем;
- 3.Оптикомеханічні – тут використовується оптичний важіль і система телеоб'єктивів;
- 4.Пневматичні.

Найбільше розповсюдження отримали електромеханічні прилади , які дозволяють автоматизувати виміри.

Для багатьох поліграфічних матеріалів та напівфабрикатів шорсткість поверхні є важливим технологічним показником. Перш за все це відноситься до поверхні друкарських форм для офсетного і глибокого друку. Цинкові і алюмінієві пластини призначені для виготовлення офсетних друкарських форм піддають спеціальній обробці – "зернуванню" в результаті чого друкарські і пробільні елементи одержують розвинуту шорстку поверхню, яка краще сприймає фарбу та вологу в біметалевих пластинах, які повинні бути менш шорсткими, нерівності на поверхні виникають в процесі нанесення мідних і нікелевих (хромових) шагів на металеву основу. Формні циліндри машин глибокого друку ретельно оброблюють і полірують для того, щоб перед

перенесенням на них зображення їх поверхня була по можливості гладкою і висота гребенів не перевищувала 0,8 мікрона, крім того в процесі виготовлення поліграфічної продукції виникає необхідність перевірити гладкість поверхні паперу і картону, виміряти профіль поверхні оброблюваних матеріалів.

Шорсткість – це сукупність нерівностей поверхні з малим кроком і амплітудами. При невеликих виступах і впадинах (до 10 - 20 мікрметра), а також при плавних переходах нерівностей характеристикою шорсткості є середня арифметична величина нерівностей на деякій базовій довжині "l":

$$Ra = \frac{1}{L} \int_0^L |y(x)| dx.$$

Підрахунок ведеться від базової лінії, яка має форму номінального профілю проведеного так, що середнє квадратичне відхилення проведене від цієї лінії мінімальне. При великих шорсткостях і при наявності явно виражених піків і впадин шорсткість характеризують параметром (R_z), який є сумою модулів, розмірів п'яти найбільших піків і п'яти найбільших впадин на базовій довжині "l" :

$$Rz = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 |Hi \max| + \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 |Hi \min|.$$

Контактні, або щупові прилади - оцупують вимірювану поверхню спеціальною голкою, яка під дією нерівностей поверхні виконує коливання, ці коливання перетворюються датчиком у відповідний сигнал, який реєструється приладом, якщо реєстрація виконується на шкалі, або табло, прилад називається профілометром, якщо показання реєструються самописцем прилад називають профілографом.

Електромеханічні прилади обладнані різними датчиками : індуктивними, п'єзоелектричними, ємнісними, електродинамічними і електронними. Перевагами щупових приладів є простота вимірювань шорсткості, можливість визначити хвилястість і мікрогеометрію, можливість виміряти вертикальні і горизонтальні параметри профілографами.

Основний недолік – механічний контакт щупа з поверхнею, в результаті чого виникають великі напруги на ділянці контакту, які призводять з одного боку до тяжких умов роботи щупа, з другого – до можливого пошкодження поверхні (особливо із м'якого матеріалу) і відповідному викривленню одержаних результатів. До контактних приладів можливо також віднести і пневматичний інтегральний профілограф, дія якого основана на вимірюванні кількості повітря, яке проходить між вимірюваною поверхнею і плоским наконечником, який прижаний до цієї поверхні. Чим менша шорсткість – тим менше повітря пройде через зазори, які є між нерівностями.

Безконтактні прилади побудовані на оптичному принципі, при цьому використовується інтерференційний метод. Метод світлового перетину і візуальний, або порівняльний метод. Інтерференційні прилади призначені для вимірювання мікронерівностей на дуже гладких поверхнях (9-14 класи чистоти). Прилади основані на методах світлового перетину, призначені для вимірювання поверхонь середніх класів частоти (від 3 до 9). До цього типу приладів також відносяться подвійні мікроскопи. Для візуальної оцінки шорсткості застосовують мікроскопи порівняння і вертикальні мікроскопи.

Переваги оптичних приладів:

1. Вони дозволяють проводити виміри без пошкодження вимірюваної поверхні, що досить важливо для друкарських форм ;
2. Більш точні і в них можливо спостерігати загальну картину мікронерівностей.

Недоліки цих приладів :

1. Складність визначення абсолютних значень мікронерівностей, що ускладнює їх застосування у виробничих умовах.

2. Класи чистоти.

Шорсткість поверхні оцінюється у відповідності з Держстандартом 14-ма класами чистоти оброблюваних поверхонь.

Таблиця 2 Класи чистоти

Клас частоти поверхні	Середнє арифметичне відхилення профілю Ra, мкм або мікронах	Висота нерівностей Rz, мікрон	Базова довжина "L", мм
1	80	320	8
2	40	160	8
3	20	80	8
4	10	40	2.5
5	5	20	2.5
6	2.5	10	2.5
7	1.25	6.3	0.8
8	0.65	3.2	0.8
9	0.32	1.6	0.25
10	0.16	0.8	0.25
11	0.08	0.4	0.25
12	0.04	0.2	0.25
13	0.02	0.1	0.08
14	0.01	0.05	0.08

3. Структурна схема профілометра.

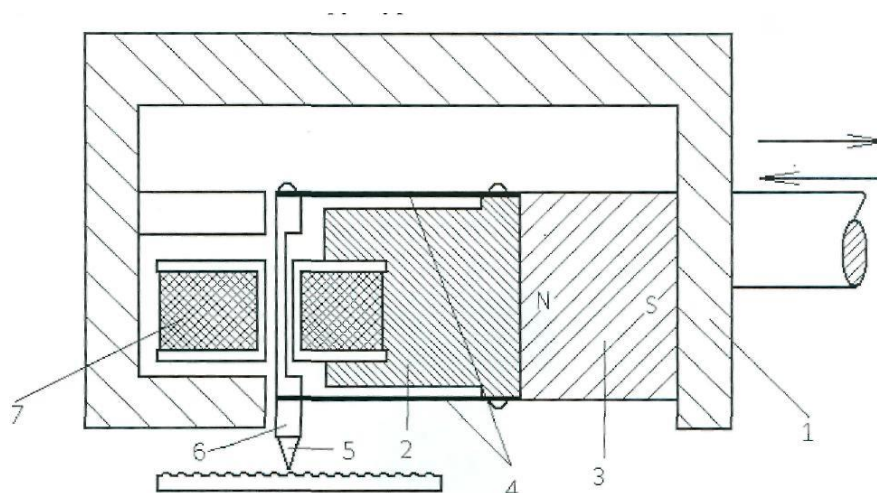


Рис 9. Схема датчика профілометра ПЧ-3

4. Принцип дії профілометра

Щупові електромеханічні прилади для вимірювання шорсткості поверхні складаються з наступних основних пристроїв: щупа з перетворювачем

(датчика), першого каскаду підсилювача, фільтру відсічення кроку, другого каскаду підсилювача, випрямляча і вимірювального вихідного приладу, градуйованого в одиницях довжини.

Щуп виконаний у вигляді голки, на кінці якої є діамантовий наконечник. Радіус закруглення наконечника рівний 10-12 мк, в зношеній голці радіус збільшується до 30 мк. У приладах підвищеної точності використовуються голки з радіусом закруглення 2-4 мк.

Датчик встановлюється на вимірювану поверхню на спеціальні опори, виготовлені з твердого зносостійкого металу. Внизу опори закруглені, радіус закруглення повинен перевищувати крок вимірюваних нерівностей не менше чим в 25 разів. Регулювання величини висунення щупа щодо опор в більшості вітчизняних приладів здійснюється переміщенням опор щодо корпусу датчика.

Фільтр відсічення кроку призначений для виключення впливу на результати вимірювань нерівностей, що мають великий крок (хвилястість, ограновування і т. п.). Тому всі коливання, крок яких перевищує базову довжину, утримуються в частотному фільтрі відсічення кроку. Величина найбільшого кроку нерівностей, яка враховується при вимірюванні, називається відсіченням кроку. Величина відсічення кроку винна по можливості відповідати базовій довжині. Якщо відсічення кроку перевищує базову довжину, свідчення шорсткості будуть завищені, і навпаки.

Щуп (5) датчика (рис. 9) з алмазним кінцем закріплений на легкому якорі (б). Якір підвішений на двох паралельних плоских пружинах (4) і проходить через нерухому котушку (7), що складається з 10 000 витків емальованої проволочки діаметром 0.03мм.

Магнітна система датчика утворюється рухомим якорем , постійним магнітом (3) , основою (2) і корпусом (1). Магнітний потік змінюється при русі якоря , при цьому в котушці (7), що знаходиться в полі магнітного потоку , утворюється ЕРС. На затискачах котушки утворюється ЕРС , пропорційна швидкості зміни магнітного потоку , тобто швидкості переміщення голки відносно котушки.

Послідовність виконання роботи

Ознайомитися з принципом вимірювання та структурною побудовою приладів для вимірювання шорсткості.

Провести вимірювання шорсткості дослідних зразків матеріалів.

Отримані виміри занести до таблиці із зазначенням № виміру, назвою вимірювальної величини та одиницями вимірювання.

Встановити клас чистоти дослідних зразків та перевірити його відповідність нормативним показникам.

Оформлення звіту по лабораторній роботі

Звіт має виконуватися по такому плану:

1. Опис області застосування приладів та показників вимірювань.
2. Накреслити структурно-технологічну схему приладів.
3. Описати принцип роботи приладів.
4. Навести отримані результати вимірів з дослідних зразків та зробити висновки щодо відповідності отриманих значень шорсткості нормативним показникам.

Контрольні запитання

1. Які параметри характеризують шорсткість?
2. Що таке класи чистоти?
3. Що таке профілограма і як вона вимірюється?

Навчально-методичні матеріали.

1. Ветохин, Д. В. Увлажняющий раствор: Общие требования и методы контроля . / Д. В. Ветохин – Київ: Бумага и жизнь. – 2002. – №8. – С. 52–57.
2. Гавенко С. Ф., Мельников О. В. Оцінка якості поліграфічної продукції: навч. посібник / С. Ф. Гавенко, О. В. Мельников., під ред. докт. техн. наук, проф. Е. Т. Назаренка. – Львів, 2000. – 120 с
3. Контрольно-измерительные приборы и инструменты: учебник. / С. А. Зайцев, Д. Д. Грибанов, А. И. Толстой, Р. В. Меркулов и др. – М.: Академия, 2002. – 464 с.
4. Либерман, Н. И.. Контрольно-измерительные приборы в полиграфии. / Н. И. Либерман. – М.: Книга, 1965.
5. Орнадский, П. П. Автоматические измерения и приборы. / П. П. Орнадский – Киев: Наукова думка, 1980.
6. Киппхан, Гельмут. Энциклопедия по печатным средствам информации. Технологии и способы производства / Гельмут Киппхан. – М.: МГУП, 2003.
7. Кондратова, Г.А. Технологические измерения и приборы в целлюлозно-бумажной промышленности. / Г.А. Кондрашова – М.: Книга, 1981.
8. Загальні характеристики засобів вимірювань : Навч. посіб. / Ю. С. Козирев, К. В. Скульський, В. І. Лазенко, Є. В. Гошкін та ін. – Харків: ХАІ, 2002.
9. Кирилук, Ю. Е. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання : Підручник для техн. вузів / Ю.Є. Кирилук, Г.К. Якимчук, Ю.М. Бугай . – Київ: Основа, 2003.
10. Марков, Н. Н. Конструкция, расчет и эксплуатация измерительных инструментов и приборов. / Н. Н. Марков, Г. Н. Ганевский. – М.: Книга, 1981.
11. Телицын, А. М. Метрология и технические измерения в полиграфии: учебник. / А. М. Телицын – М.: Книга, 1991. – 296 с.

Зміст.

Вступ	4
Лабораторна робота №1. Фотометричні вимірювання	7
Лабораторна робота №2. Прилади для лінійних вимірювань	11
Лабораторна робота №3. Прилади для вимірювання вологості	18
Лабораторна робота №4. Прилади для вимірювання шорсткості	28
Навчально-методичні матеріали	34

Формат 60x90/16.

Наклад 20 прим. Замовлення №23

Підписано до друку 03.03.2021

ТОВ «МАРАМАКС»

Київська обл., м.Шпильки, вул. Господарська, 10а