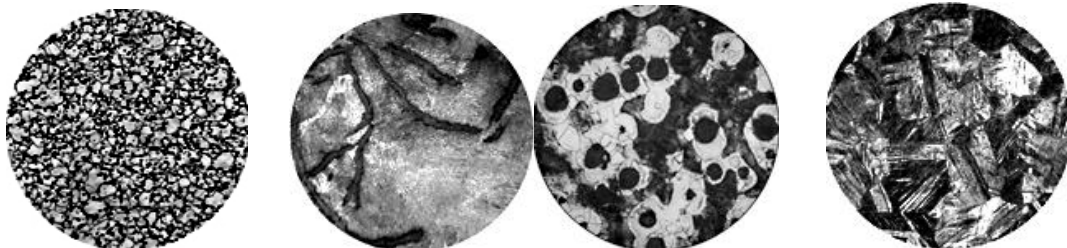


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи

«КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ МАТЕРІАЛІВ

МЕТОДОМ ОПТИЧНОЇ МІКРОСКОПІЇ»

з курсів «Матеріалознавство та обробка матеріалів»,

«Системи технологій»,

**«Контроль якості, випробування і сертифікація продукції та
технологічних процесів»**



Харків 2009

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению лабораторной работы
«КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ
МЕТОДОМ ОПТИЧЕСКОЙ МИКРОСКОПИИ»
по курсам «Материаловедение и обработка материалов»,
«Системы технологий»,
«Контроль качества, испытания и сертификация продукции и
технологических процессов»**

Харьков 2009

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи

«КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ МАТЕРІАЛІВ

МЕТОДОМ ОПТИЧНОЇ МІКРОСКОПІЇ»

з курсів «Матеріалознавство та обробка матеріалів»,

«Системи технологій»,

«Контроль якості, випробування і сертифікація продукції та
технологічних процесів»

для студентів усіх спеціальностей денної та заочної форм навчання

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № 1 від 02.04.09 р.

Харків НТУ «ХПІ» 2009

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Контроль якості матеріалів методом оптичної мікроскопії» з курсів «Матеріалознавство та обробка матеріалів», «Системи технологій», «Контроль якості, випробування і сертифікація продукції та технологічних процесів» для студентів усіх спеціальностей денної та заочної форм навчання / Уклад.: Л.І. Пупань. – Харків: НТУ «ХП», 2009. – 29 с. – Укр. та рос. мовами.

Укладач Л.І. Пупань

Рецензент Г.К. Крижний

Кафедра «Інтегровані технології машинобудування» ім. М.Ф. Семка

ВСТУП

Одним з поширених методів контролю якості матеріалів є оптична мікроскопія.

В даних методичних вказівках розглянуто можливості оптичної відбивальної та просвічувальної мікроскопії при дослідженні якості металевих та неметалевих матеріалів різного призначення.

В ході лабораторної роботи передбачається виконання індивідуального практичного завдання з проведення мікроаналізу та визначення розміру елемента структури рекомендованих матеріалів.

Текст методичних вказівок надано українською та російською мовами.

1. МЕТА РОБОТИ:

- ♦ ознайомитись з можливостями методу оптичної мікроскопії для вивчення структури металевих і неметалевих матеріалів;
- ♦ ознайомитись з принципом дії оптичних відбивальних і просвічувальних мікроскопів;
- ♦ розглянути основні характеристики оптичних систем;
- ♦ провести мікроаналіз зразків матеріалів за допомогою металографічного (МІМ-7) і біологічного (Біолам Д11) мікроскопів.

2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Під **якістю матеріалу** розуміють сукупність властивостей, що обумовлюють його здатність задовольняти певним вимогам відповідно до призначення. Основні вимоги до якості матеріалів, а також виробів з них і готових конструкцій масового вживання встановлюються Державними стандартами (ГОСТ, ДСТУ), галузевими стандартами (ОСТ, ГСТ), технічними умовами (ТУ).

Залежно від сфери застосування регламентуються різні властивості матеріалів. Наприклад, для конструкційних матеріалів найбільш важливими є механічні властивості – характеристики поведінки матеріалів під

дією зовнішніх навантажень (міцність, пластичність, твердість, ударна в'язкість та ін.); для інструментальних матеріалів найбільш важливими властивостями є зносостійкість і теплостійкість; електротехнічні матеріали характеризуються певними показниками фізичних властивостей – електричних, магнітних та ін.

Багато з цих властивостей визначаються структурою матеріалів, їх називають структурно чутливими. Під структурою матеріалу розуміють його внутрішню будову, що вивчається неозброєним оком або за допомогою спеціальних приладів, наприклад, мікроскопів, – оптичних, електронних та ін. Встановлення характеру залежності між структурними елементами (або однією прийнятою структурною характеристикою) і показниками властивостей матеріалу належить до одного з найбільш важливих завдань матеріалознавства і є важливим етапом контролю якості матеріалів.

В даній роботі розглядаються можливості оптичної мікроскопії для аналізу структури матеріалів.

Оптичний мікроскоп призначений для отримання збільшених, чітких і контрастних зображень елементів структури об'єктів. Можливість отримання таких зображень визначається властивостями світла як електромагнітного випромінювання і оптичними властивостями випробуваних матеріалів.

Дослідження структури матеріалів методом оптичної мікроскопії (мікроаналіз) широко використовується для вивчення різних матеріалів – металів, неметалів, біологічних об'єктів – в самих різних областях.

Оптичний мікроскоп складається з таких елементів:

- *оптичної системи* (об'єктив, окуляр, дзеркала, призми);
- *освітлювальної системи* (джерело світла, система лінз, світлофільтри і діафрагми);
- *фотоапаратури* (фотокамера, фотопластини);
- *механічної системи* (штатив, тубус, предметний столик).

За принципом дії оптичні мікроскопи поділяють на відбивальні, просвічувальні, універсальні.

Для дослідження мікроструктури металів і сплавів призначені в основному ***відбивальні металографічні мікроскопи***, рис. 2.1, а.

Оптична мікроскопія – один з найбільш поширених методів вивчення структури металів і сплавів, за допомогою якого можна проводити якісний і кількісний фазовий аналіз; визначати один з найбільш важливих параметрів структури, що впливає на механічні властивості, – розмір кристалічних зерен, з яких складаються сплави; виявляти наявність тріщин, пор, неметалевих включень та інших видів дефектів структури; виявляти зміни структури металу в результаті термічної, хіміко-термічної і термомеханічної обробки, лиття, обробки тиском, зварювання, різання.



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд оптичних мікроскопів:
a – відбивального (металографічного МІМ-7); *б* – просвічувального (біологічного Біолам Д11)

Збільшене зображення в оптичному металографічному мікроскопі *формується у відбитому світлі*; структура зразка виявляється із-за відмінності у відбивній здатності її елементів.

Мікроскопічний аналіз включає приготування спеціальних зразків-мікрошліфів шліфуванням матеріалу з подальшим поліруванням і травленням за допомогою різних речовин.

Спрощена схема формування зображення в металографічному відбивальному мікроскопі наведена на рис. 2.2, *a*.

Промені від освітлювача 1 (див. рис. 2.2, а), що заломлюються призмою 2, проходять крізь об'єктив 3, відбиваються від мікрошліфа 4, знову проходять крізь об'єктив 3, далі – крізь призму 5 і окуляр 6, за допомогою якого і проводять спостереження мікроструктури.

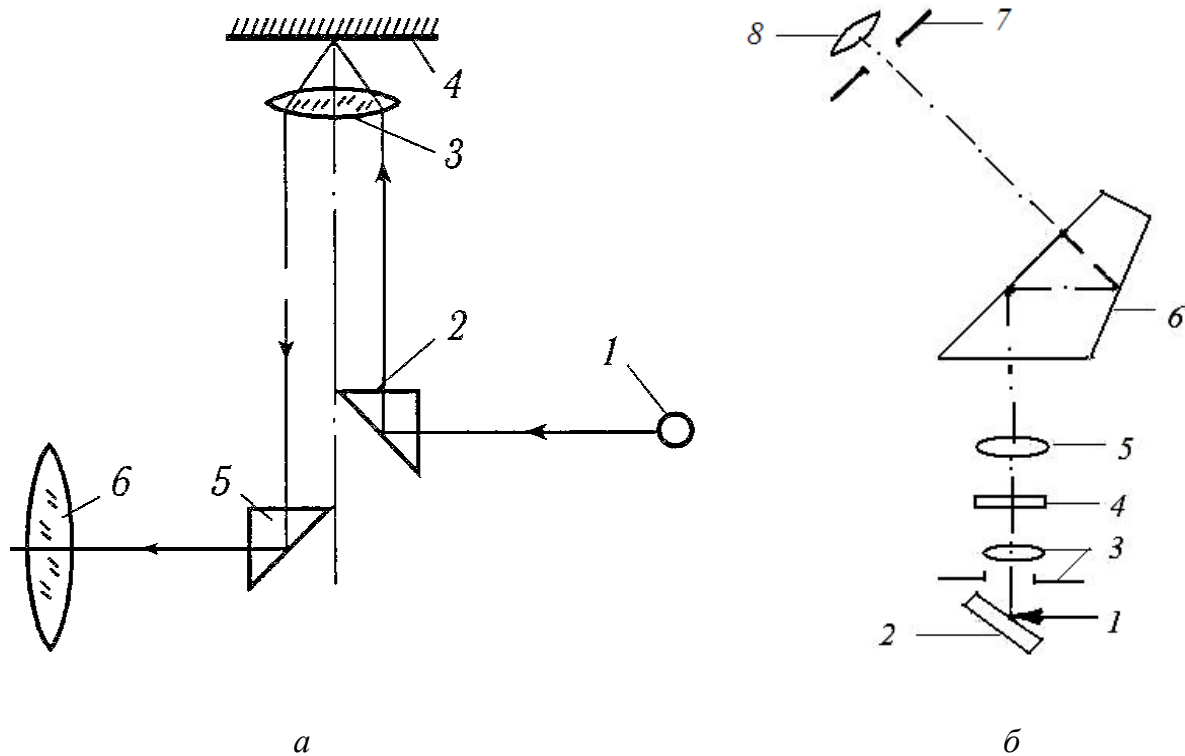


Рисунок 2.2 – Схема формування зображення в металографічному відбивальному (а) та просвічувальному (б) оптичних мікроскопах

Деякі приклади зображення мікроструктури металевих матеріалів (чорних і кольорових сплавів), отримані за допомогою металографічного оптичного мікроскопа, наведені на рис. 2.3; приклади зміни мікроструктури в результаті різних видів впливу на матеріал – на рис. 2.4.

Оптичні просвічувальні мікроскопи, див. рис. 2.1, б, застосовуються для дослідження прозорих об'єктів, тобто *зображення формується в світлі, що проходить крізь об'єкт*.

Прикладом оптичних мікроскопів на просвічування є **біологічні мікроскопи**, призначені для вивчення тонких плівок, порошків різних матеріалів, досліджень в мікробіології, гістології, медицині, криміналістиці, фармацевтиці; будівельній, легкій, харчовій промисловості та ін.

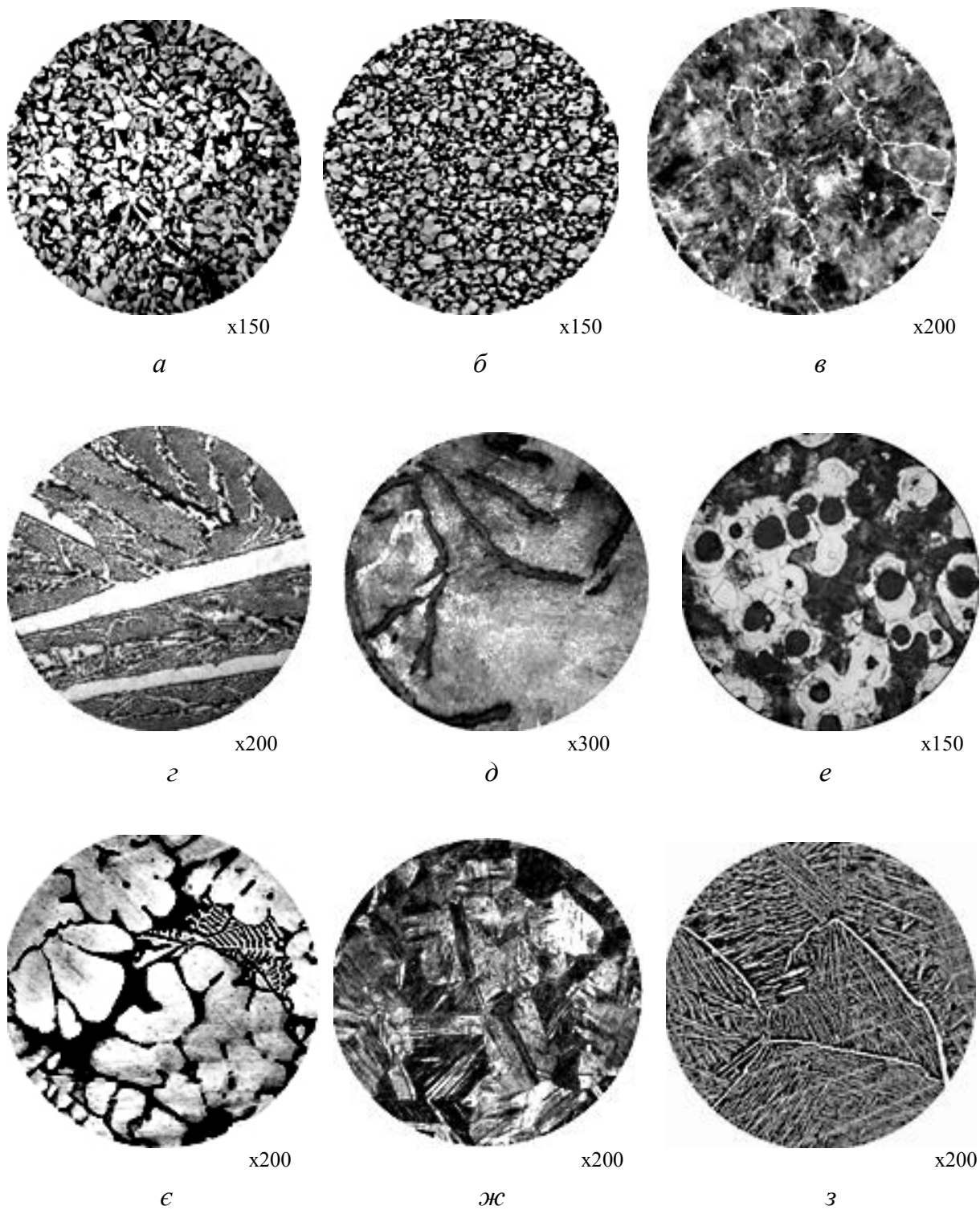


Рисунок 2.3 – Мікроструктура чорних і кольорових сплавів, виявлена за допомогою оптичного металографічного мікроскопа:

a – конструкційна вуглецева сталь 20; *б* – конструкційна легована сталь 12X18H10T; *в* – інструментальна вуглецева сталь У12; *г* – білий чавун;
д – сірий чавун СЧ15; *е* – високоміцний чавун ВЧ 600-3;
є – алюмінієвий сплав дуралюмін Д1;
ж – мідний сплав бронза БрБ2; *з* – титановий сплав ВТ5-1

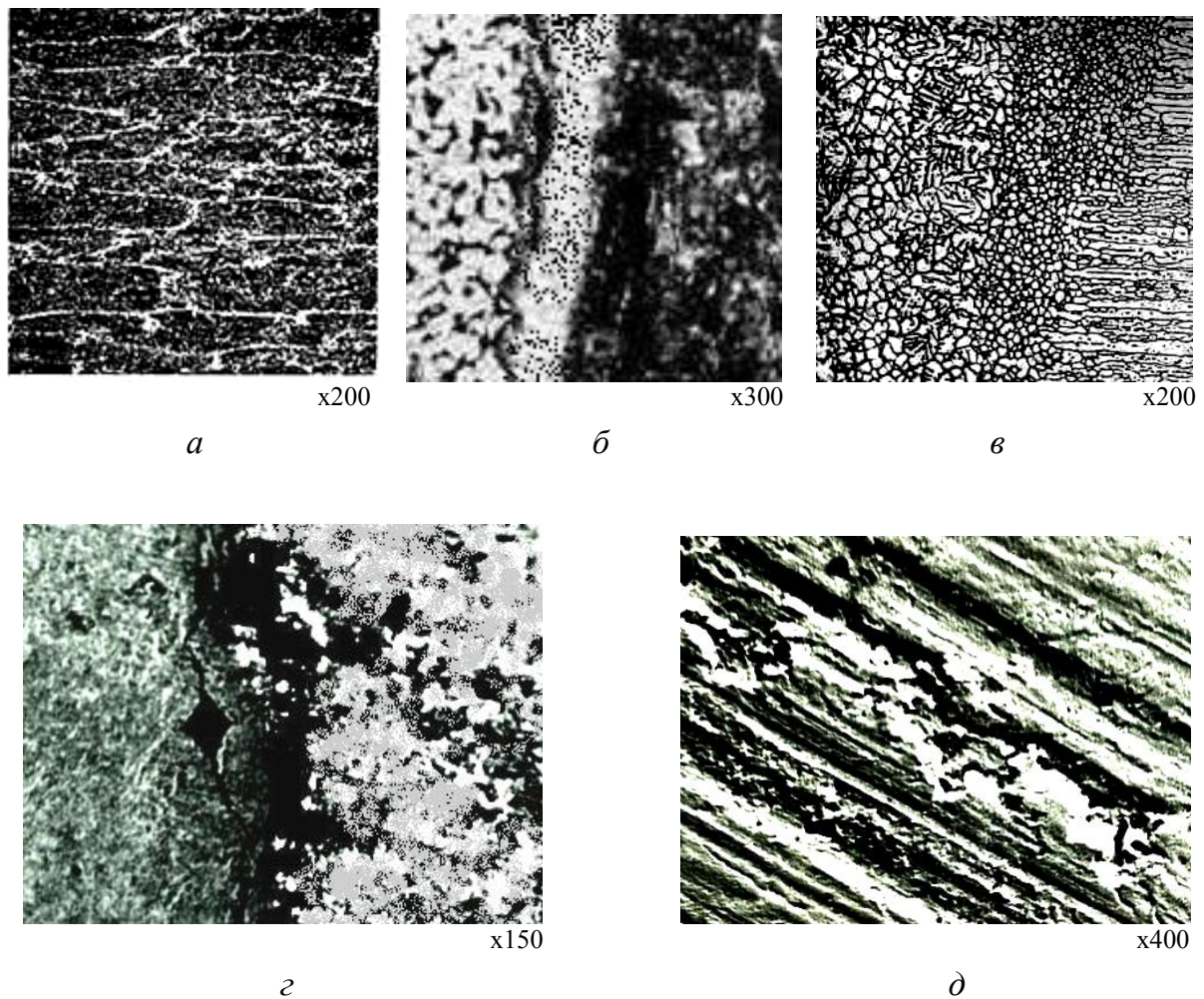


Рисунок 2.4 - Мікроструктура матеріалів після різних видів обробки:
а – формування волокнистої структури сталі в результаті прокатування;
б – мікроструктура зварного шва залізо-вуглецева сталь (ковальське зварювання); *в* – мікроструктура зварного шва алюмінієвого сплаву АД37 (лазерне зварювання); *г* – мікроструктура двошарової пластини алмаз-твердий сплав, отриманої спіканням, після мікроіндентування; *д* - мікроструктура поверхні сталі після обробки різанням

Спрощена схема формування зображення за допомогою оптичного просвічувального мікроскопа наведена на рис. 2.2, *б*; приклади зображень мікроструктур – на рис. 2.5.

Промені від освітлювача 1, див. рис. 2.2, *б*, падають на дзеркало 2, відбиваються, проходять крізь апертурну діафрагму і конденсор 3, досліджуваній об'єкт 4 і попадають в об'єктив 5; далі проходять крізь призму 6, діафрагму 7 і потрапляють в окуляр 8, який дозволяє розглянути збільшене зображення об'єкту.



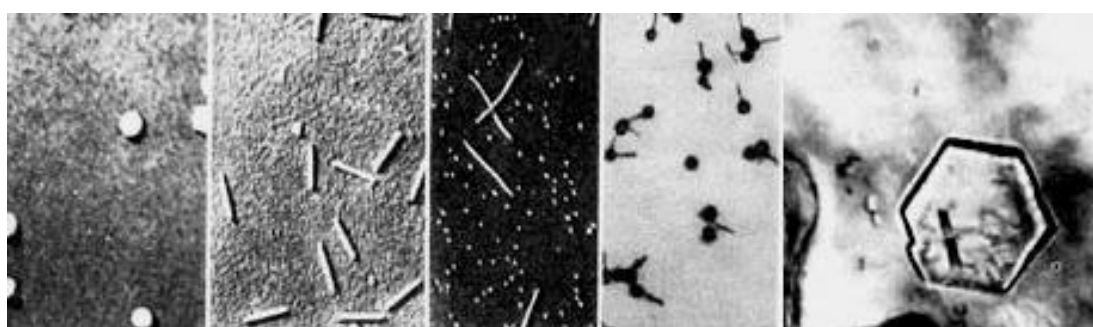
x70

a



x350

б



x150

в

Рисунок 2.5 – Мікроструктура деяких об'єктів, виявлена за допомогою просвічувального оптичного мікроскопа:

a – алмазний порошок 100/80; *б* – мікроструктура піноскла;
в – мікрофотографії біологічних об'єктів (вірусів різного походження)

3. ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ

До основних характеристик оптичної системи оптичного мікроскопа належать:

■ **роздільна здатність** – величина, зворотна найменшій відстані (граничному дозову) d , на якому два сусідніх елементи структури ще можуть сприйматися як роздільні. Граничний дозовіл ока людини становить 0,1...0,2 мм. Граничний дозовіл оптичної системи d визначається, перш за все, довжиною хвилі використовуваного випромінювання ($d \sim \lambda$, для світла $\lambda = 0,4...0,8$ мкм) і складає $d = 0,1...0,2$ мкм, тобто в 10^3 раз перевищує роздільну здатність людського ока;

■ **збільшення оптичного мікроскопа M** визначається як добуток збільшень об'єктива і окуляра. Металографічний мікроскоп МІМ-7 має збільшення об'єктивів 6,3...100, а окулярів 7...20, тобто загальне збільшення складає 44...2000. При цьому корисне збільшення (тобто збільшення, при якому помітні всі елементи структури об'єкту, що розділяються мікроскопом), як правило, не більше 1500;

■ **глибина різкості h** – найбільша відстань між двома точками об'єкту в різних площинах, зображення якої є достатньо різким. Для оптичного металографічного мікроскопа $h = 0,2...0,4$ мкм.

4. ОБЛАДНАННЯ І МАТЕРІАЛИ

В роботі використовуються: оптичний металографічний відбивальний мікроскоп МІМ-7; оптичний біологічний просвічувальний мікроскоп Біолам Д11; мікрошліфи вуглецевої і легованої сталі, сірого, ковкого і високоміцного чавуну, алмазних інструментальних матеріалів; порошки абразивних матеріалів – алмазу, корунду (Al_2O_3), карбіду бору (B_4C), мідна та алюмінієва фольга.

5. ХІД ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. З табл. 5.1 відповідно до номера варіанту вибрати рекомендовані матеріали, об'єктив і окуляр металографічного і біологічного мікроскопів.

2. Під керівництвом викладача або учбового майстра встановити об'єктив і окуляр в МІМ-7, розташувати на предметному столику мікрошліф вибраного матеріалу, отримати його різке зображення.

3. Замалювати вибрану ділянку зразка. Вказати корисне збільшення мікроскопа, табл.5.2.

4. За допомогою окуляр-мікрометра мікроскопа виміряти вказаний викладачем елемент структури зразка в поділках шкали окуляр-мікрометра $d_{\text{под}}$ і в мікрометрах $d_{\text{дійсн}}$, з урахуванням ціни поділки окуляр-мікрометра n , табл.5.2:

$$d_{\text{дійсн}} = d_{\text{под}} n.$$

5. Аналогічно провести налаштування, перегляд і вимір елемента структури матеріалу в біологічному мікроскопі Біолам Д11.

Таблиця 5.1 – Матеріали, характеристики об'єктива і окуляра для виконання практичного завдання

№ варіанта	Дослідження за допомогою мікроскопа МІМ-7			Дослідження за допомогою мікроскопа Біолам Д11		
	Матеріал	Збільшення окуляра	Фокусна відстань об'єктива F , мм	Матеріал	Збільшення окуляра	Фокусна відстань об'єктива F , мм
1	2	3	4	5	6	7
1...4	Сталь вуглецева конструкційна (сталь 20)	7	23,2	Порошок електрокорунду	7	29,92
5...8	Заготовка, отримана зварюванням конструкційної (сталь 45) і інструментальної (сталь Р18) сталей	7	13,89	Порошок карбіду бору	10	18,20
9...12	Чавун сірий СЧ20	15	8,16	Порошок алмазу	15	18,20
13...16	Чавун ковкий КЧ 37-12	15	6,16	Мідна фольга	7	18,20
17...20	Чавун високоміцний ВЧ 450-5	10	23,2	Алюмінієва фольга	10	15,50
21...24	Двошарова алмазна різальна пластина	10	13,89	Порошок карбіду бору	15	15,50
25...30	Сегмент алмазного шліфувального круга	7	8,16	Порошок алмазу	7	15,50

Таблиця 5.2 – Корисне збільшення оптичних мікроскопів і ціна поділки окуляр-мікрометра

Збільшення окуляра	Фокусна відстань об'єктива F , мм	Корисне збільшення мікроскопа	Ціна поділки окуляр-мікрометра n , мкм
1	2	3	4
МІМ-7			
7 10 15	23,2	66 94 141	19
7 10 15	13,89	110 157 235	11
7 10 15	8,16	185 263 394	6,8
7 10 15	6,16	250 357 530	5
Біолам Д11			
7 10 15	18,20	56 80 120	19,7
7 10 15	15,50	63 90 135	17,9
7 10 15	8,40	140 200 300	7,9

6. ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Мета роботи.
2. Короткі теоретичні відомості.
3. Принцип роботи оптичних відбивальних та просвічувальних мікроскопів. Рис. 2.2.
4. Основні характеристики оптичної системи світлового мікроскопа.
5. Результати дослідження зразків за допомогою металографічного мікроскопа МІМ-7 і біологічного мікроскопа Біолам Д11.
6. Висновки.

Контрольні запитання

1. Як визначається якість матеріалів?
2. Яку роль відіграють структурні дослідження при визначенні якості матеріалів?
3. У чому суть методу оптичної мікроскопії?
4. Які можливі сфери застосування оптичної мікроскопії?
5. Які типи оптичних мікроскопів існують?
6. Опишіть принцип роботи металографічного відбивального оптичного мікроскопа.
7. Які об'єкти придатні для дослідження в оптичному металографічному мікроскопі?
8. Які параметри структури можна визначати за допомогою металографічного мікроскопа?
9. У чому полягає принцип роботи оптичного просвічувального мікроскопа?
10. Які об'єкти можуть досліджуватися за допомогою оптичного просвічувального мікроскопа?
11. Назвіть основні характеристики оптичної системи.
12. Що таке дозвіл оптичного мікроскопа?
13. Як визначається збільшення оптичного мікроскопа?
14. Що таке корисне збільшення?
15. Що таке глибина різкості і яке її значення для оптичного мікроскопа?
16. З яких основних вузлів складається металографічний мікроскоп?
17. Яке призначення об'єктива і окуляра в оптичному мікроскопі?
18. Як проводиться підготовка об'єктів для дослідження в МІМ-7?

19. У чому відміни принципу дії оптичних просвічувального та відбивального мікроскопів ?

20. Які властивості світлового випромінювання і спостережуваного об'єкту використовуються при формуванні зображення в оптичному мікроскопі?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Черепин В.Т. Методы и приборы для анализа поверхности материалов: Справочник / В.Т. Черепин, М.А. Васильев. – К.: Наук. думка, 1982.
2. Лахтин Ю.М. Материаловедение. – М.: Машиностроение, 1993.
3. Материаловедение: учебник для вузов / Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин и др; под общ. ред. Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003.
4. Пахолюк А.П. Основи матеріалознавства і конструкційні матеріали: посібник / А. П. Пахолюк, О.А. Пахолюк. – Львів : Світ, 2005.

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

- ◆ ознакомиться с возможностями метода оптической микроскопии для изучения структуры металлических и неметаллических материалов;
- ◆ ознакомиться с принципом действия оптических просвечивающих и отражательных микроскопов;
- ◆ рассмотреть основные характеристики оптических систем;
- ◆ провести микроанализ образцов материалов с помощью металлографического (МИМ-7) и биологического (Биолам Д11) микроскопов.

2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Под *качеством материала* понимают *совокупность свойств, обуславливающих его способность удовлетворять определенным требованиям в соответствии с назначением*. Основные требования к качеству материалов, а также изделий из них и готовых конструкций массового применения устанавливаются Государственными стандартами (ГОСТ, ДСТУ), отраслевыми стандартами (ОСТ), техническими условиями (ТУ).

В зависимости от области применения регламентируются различные свойства материалов. Например, для конструкционных материалов наиболее важны механические свойства – характеристики поведения материалов под действием внешних нагрузок (прочность, пластичность, твердость, ударная вязкость и т.д.); для инструментальных материалов наиболее важными свойствами являются износостойкость и теплостойкость; электротехнические материалы характеризуются определенными показателями физических свойств – электрических, магнитных и т.д.

Многие из этих свойств определяются структурой материалов, их называют структурно чувствительными. Под структурой материала понимают его внутреннее строение, изучаемое невооруженным глазом или с помощью специальных приборов, например, микроскопов – оптических, электронных и т.д. Установление характера зависимости между структур-

ными элементами (или одной принятой структурной характеристикой) и показателями свойств материала относится к одной из наиболее важных задач материаловедения и является важным этапом контроля качества материалов.

В данной работе рассматриваются возможности оптической микроскопии для анализа структуры материалов.

Оптический микроскоп предназначен для получения увеличенных, четких и контрастных изображений элементов структуры объектов. Возможность получения таких изображений определяется свойствами света как электромагнитного излучения и оптическими свойствами исследуемых материалов.

Исследование структуры материалов методом оптической микроскопии (микроанализ) широко используется для изучения различных материалов – металлов, неметаллов, биологических объектов – в самых разных областях.

Оптический микроскоп состоит из следующих элементов:

- *оптической системы* (объектив, окуляр, зеркала, призмы);
- *осветительной системы* (источник света, система линз, светофильтры и диафрагмы);
- *фотоаппаратуры* (фотокамера, фотопластинки);
- *механической системы* (штатив, тубус, предметный столик).

По принципу действия оптические микроскопы делят на отражательные, просвечивающие, универсальные.

Для исследования микроструктуры металлов и сплавов предназначены в основном ***отражательные металлографические микроскопы***, рис. 2.1, а.

Оптическая микроскопия – один из наиболее распространенных методов изучения структуры металлов и сплавов, с помощью которого можно проводить качественный и количественный фазовый анализ; определять один из наиболее важных параметров структуры, который влияет на механические свойства, – размер кристаллических зерен, из которых состоят сплавы; выявлять наличие трещин, пор, неметаллических включений

и других видов дефектов структуры; выявлять изменения структуры металла в результате термической, химико-термической и термомеханической обработки, литья, обработки давлением, сварки, резания.

Увеличенное изображение в оптическом металлографическом микроскопе *формируется в отраженном свете*; структура образца проявляется из-за различия в отражающей способности ее элементов.



Рисунок 2.1 – Общий вид оптических микроскопов:
а – отражательного (металлографического МИМ-7); *б* – просвечивающего (биологического Биолам Д11)

Микроскопический анализ включает приготовление специальных образцов-микрошлифов шлифованием материала с последующим полированием и травлением с помощью различных веществ.

Упрощенная схема формирования изображения в металлографическом отражающем микроскопе приведена на рис. 2.2, *а*.

Лучи от осветителя 1 (см. рис.2.2, *а*), которые преломляются призмой 2, проходят через объектив 3, отражаются от микрошлифа 4, вновь проходят через объектив 3, далее через призму 5 и окуляр 6, с помощью которого и производят наблюдение микроструктуры.

Некоторые примеры изображения микроструктуры металлических материалов (черных и цветных сплавов), полученные с помощью металлографического оптического микроскопа, приведены на рис. 2.3; примеры изменения микроструктуры в результате различных видов воздействия на материал – на рис. 2.4.

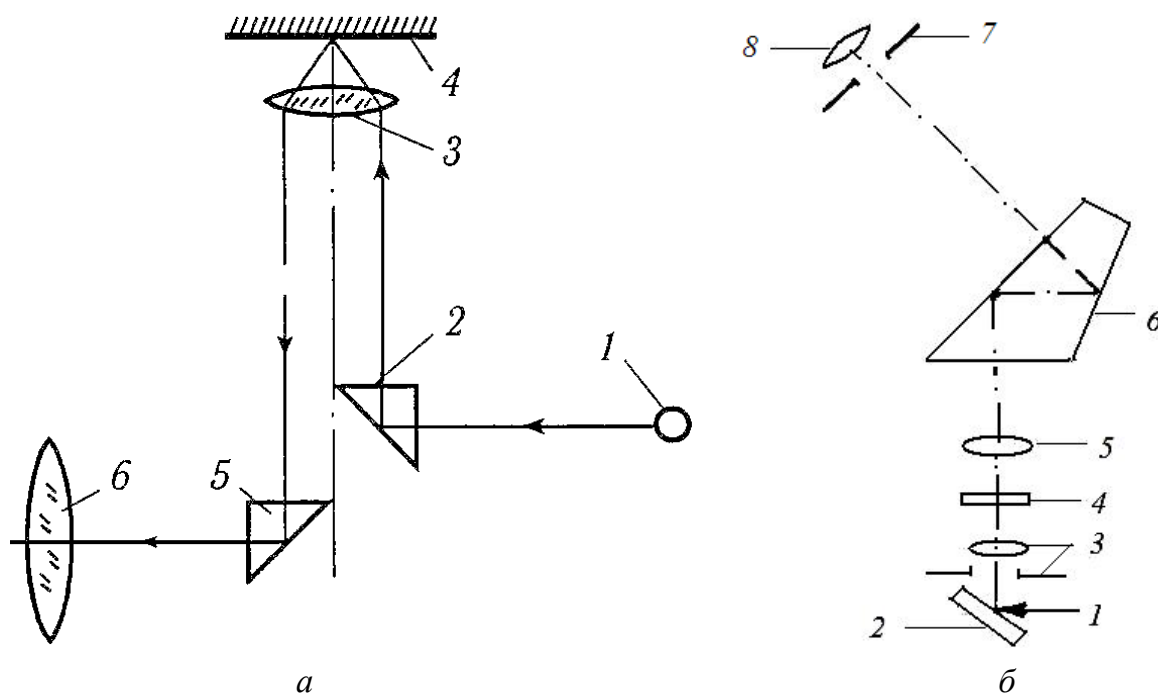


Рисунок 2.2 – Схема формирования изображения в металлографическом отражательном (а) и просвечивающем (б) оптических микроскопах

Оптические просвечивающие микроскопы, см. рис. 2.1, б, применяются для исследования прозрачных объектов, т.е. *изображение формируется в проходящем свете*.

Примером оптических микроскопов на просвет являются **биологические микроскопы**, предназначенные для изучения тонких пленок, порошков различных материалов, исследований в микробиологии, гистологии, медицине, криминалистике, фармацевтике; строительной, легкой, пищевой промышленности и т.д.

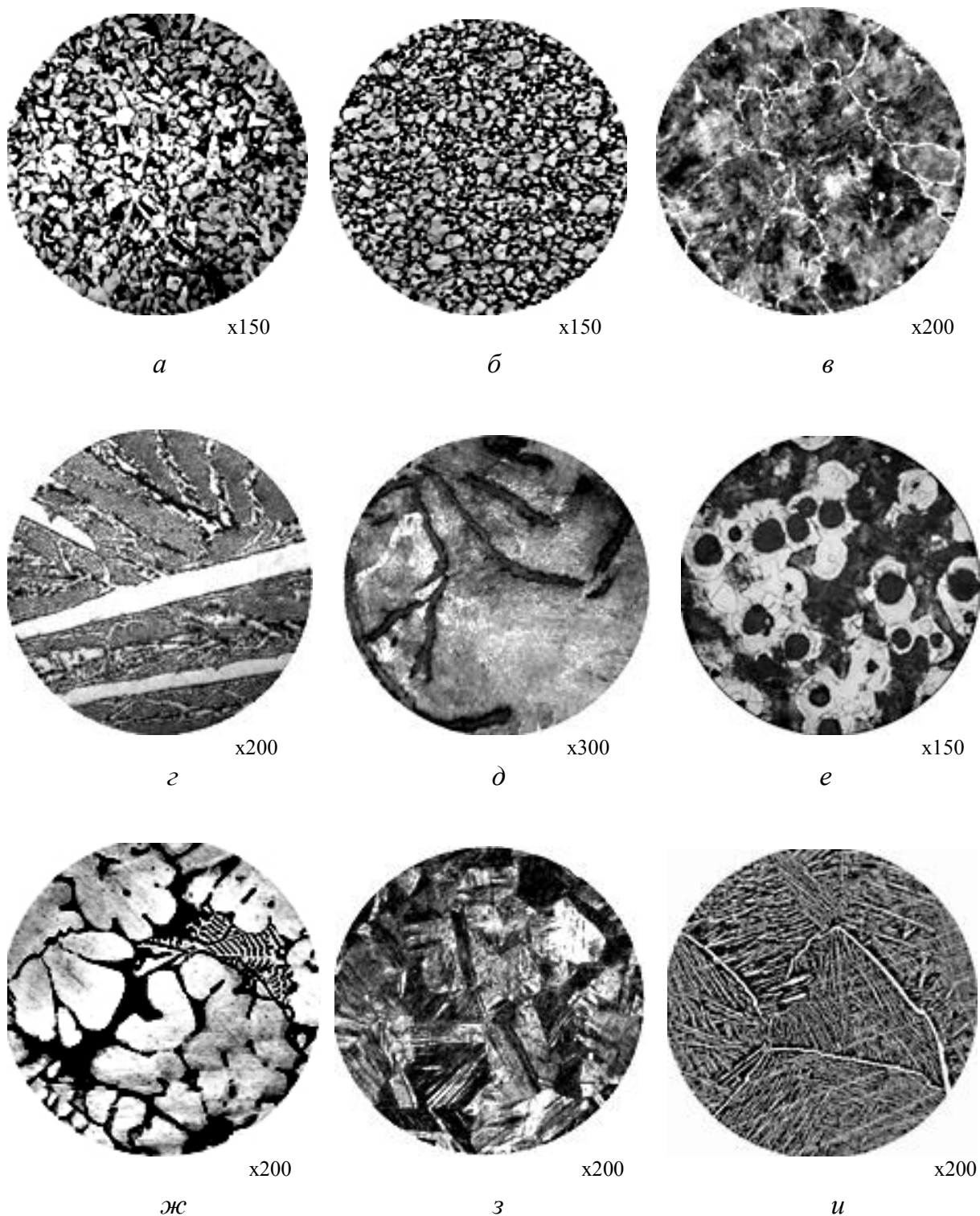


Рисунок 2.3 – Микроструктура черных и цветных сплавов, выявленная с помощью оптического металлографического микроскопа:

a – конструкционная углеродистая сталь 20; *б* – конструкционная легированная сталь 12X18H10T; *в* – инструментальная углеродистая сталь У12; *г* – белый чугун; *д* – серый чугун СЧ15; *е* – высокопрочный чугун ВЧ 600-3;

ж – алюминиевый сплав дуралюмин Д1;

з – медный сплав бронза БрБ2; *и* – титановый сплав ВТ5-1

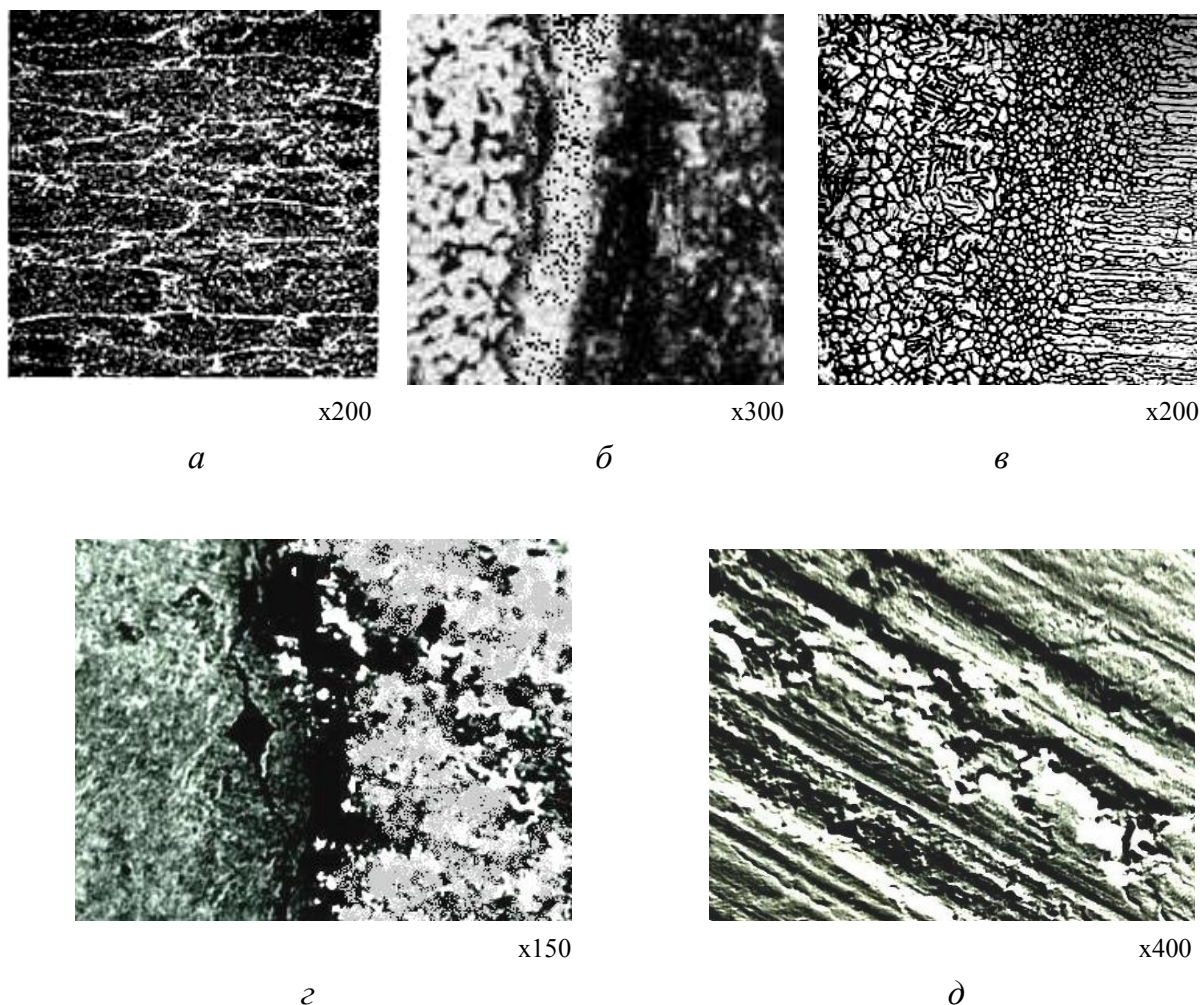


Рисунок 2.4 - Микроструктура материалов после различных видов обработки:
а – формирование волокнистой структуры стали в результате прокатки;
б – микроструктура сварного шва железо-углеродистая сталь (кузнечная сварка);
в – микроструктура сварного шва алюминиевого сплава АД37 (лазерная сварка);
г – микроструктура двухслойной пластины алмаз-твердый сплав, полученной спеканием, после микроиндентирования;
д – микроструктура поверхности стали после обработки резанием

Упрощенная схема формирования изображения с помощью оптического просвечивающего микроскопа приведена на рис. 2.2, *б*; примеры изображений микроструктур – на рис. 2.5.

Лучи от осветителя 1, см. рис. 2.2, *б*, падают на зеркало 2, отражаются, проходят через апертурную диафрагму и конденсор 3, исследуемый объект 4 и попадают в объектив 5; далее проходят через призму 6, диафрагму 7 и попадают в окуляр 8, который позволяет рассмотреть увеличенное изображение объекта.



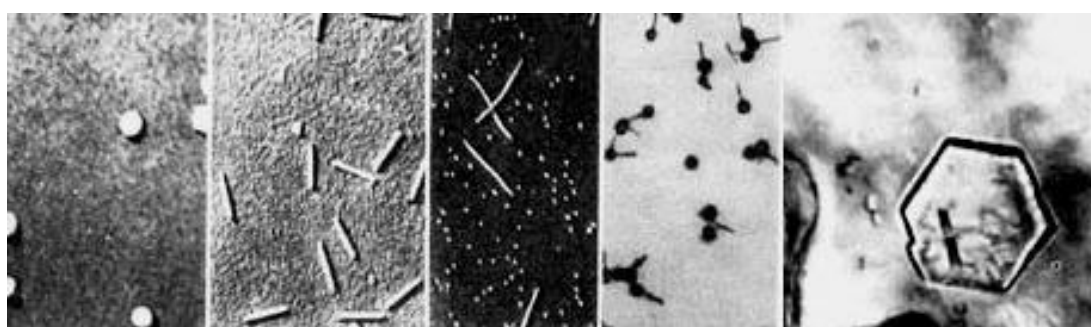
x70

a



x350

б



x150

в

Рисунок 2.5 – Микроструктура некоторых объектов, полученная с помощью просвечивающего оптического микроскопа:

a – алмазный порошок 100/80; *б* – микроструктура пеностекла;
в – микрофотографии биологических объектов (вирусов различной природы)

3. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

К основным характеристикам оптической системы оптического микроскопа относятся:

■ **разрешающая способность** – величина, обратная наименьшему расстоянию (предельному разрешению) d , на котором два соседних элемента структуры еще могут восприниматься как отдельные. Предельное разрешение глаза человека 0,1...0,2 мм. Предельное разрешение оптической системы d определяется, прежде всего, длиной волны используемого излучения ($d \sim \lambda$, для света $\lambda = 0,4...0,8$ мкм) и составляет $d = 0,1...0,2$ мкм, т.е. в 10^3 раз превышает разрешающую способность человеческого глаза;

■ **увеличение оптического микроскопа M** определяется произведением увеличений объектива и окуляра. Металлографический микроскоп МИМ-7 имеет увеличение объективов 6,3...100, а окуляров 7...20, т.е. общее увеличение составляет 44...2000. При этом полезное увеличение (т.е. увеличение, при котором различимы все элементы структуры объекта, разрешаемые микроскопом), как правило, не более 1500.

■ **глубина резкости h** – наибольшее расстояние между двумя точками объекта в разных плоскостях, изображение которых достаточно резкое. Для оптического металлографического микроскопа $h = 0,2...0,4$ мкм.

4. ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

В работе используются: оптический металлографический отражательный микроскоп МИМ-7; оптический биологический просвечивающий микроскоп Биолам Д11; микрошлифы углеродистой и легированной стали, серого, ковкого и высокопрочного чугуна, алмазных инструментальных материалов; порошки абразивных материалов – алмаза, корунда (Al_2O_3), карбида бора (B_4C), медная и алюминиевая фольга.

5. ХОД ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. По табл. 5.1 в соответствии с номером варианта выбрать рекомендуемые материалы, объектив и окуляр металлографического и биологического микроскопов.

2. Под руководством преподавателя или учебного мастера установить объектив и окуляр в МИМ-7, расположить на предметном столике микрошлиф выбранного материала, получить его резкое изображение.

3. Зарисовать выбранный участок образца. Указать полезное увеличение микроскопа, табл.5.2.

4. С помощью окуляр-микрометра микроскопа измерить указанный преподавателем элемент структуры образца в делениях шкалы окуляр-микрометра $d_{\text{дел}}$ и в микрометрах $d_{\text{ист}}$, с учетом цены деления окуляр-микрометра n , табл.5.2:

$$d_{\text{ист}} = d_{\text{дел}} n.$$

5. Аналогично произвести настройку, просмотр и измерение элемента структуры материала в биологическом микроскопе Биолам Д11.

Таблица 5.1 – Материалы, характеристики объектива и окуляра для выполнения практического задания

№ варианта	Исследования с помощью микроскопа МИМ-7			Исследования с помощью микроскопа Биолам Д11		
	Материал	Увеличение окуляра	Фокусное расстояние объектива F , мм	Материал	Увеличение окуляра	Фокусное расстояние объектива F , мм
1	2	3	4	5	6	7
1...4	Сталь углеродистая конструкционная (сталь 20)	7	23,2	Порошок электрокорунда	7	29,92
5...8	Заготовка, полученная сваркой конструкционной (сталь 45) и инструментальной (сталь Р18) сталей	7	13,89	Порошок карбида бора	10	18,20
9...12	Чугун серый СЧ20	15	8,16	Порошок алмаза	15	18,20
13...16	Чугун ковкий КЧ 37-12	15	6,16	Медная фольга	7	18,20
17...20	Чугун высокопрочный ВЧ 450-5	10	23,2	Алюминиевая фольга	10	15,50
21...24	Двуслойная алмазная режущая пластина	10	13,89	Порошок карбида бора	15	15,50
25...30	Сегмент алмазного шлифовального круга	7	8,16	Порошок алмаза	7	15,50

Таблица 5.2 – Полезное увеличение оптических микроскопов и цена деления окуляр-микрометра

Увеличение окуляра	Фокусное расстояние объектива F , мм	Полезное увеличение микроскопа	Цена деления окуляр-микрометра n , мкм
1	2	3	4
МИМ-7			
7	23,2	66	19
10		94	
15		141	
7	13,89	110	11
10		157	
15		235	
7	8,16	185	6,8
10		263	
15		394	
7	6,16	250	5
10		357	
15		530	
Биолам Д11			
7	18,20	56	19,7
10		80	
15		120	
7	15,50	63	17,9
10		90	
15		135	
7	8,40	140	7,9
10		200	
15		300	

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

2. Цель работы.
3. Краткие теоретические сведения.
4. Принцип работы оптических микроскопов на отражение и на просвет. Рис. 2.2.
5. Основные характеристики оптической системы светового микроскопа.
5. Результаты исследования образцов с помощью металлографического микроскопа МИМ-7 и биологического микроскопа Биолам Д11.
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Как определяется качество материалов?
2. Какую роль играют структурные исследования при определении качества материалов?
3. В чем сущность метода оптической микроскопии?
4. Каковы возможные области применения оптической микроскопии?
5. Какие типы оптических микроскопов существуют?
6. Опишите принцип работы металлографического отражательного оптического микроскопа .
7. Какие объекты пригодны для исследования в оптическом металлографическом микроскопе?
8. Какие параметры структуры можно определять с помощью металлографического микроскопа?
9. В чем состоит принцип работы оптического просвечивающего микроскопа?
10. Какие объекты могут исследоваться с помощью оптического просвечивающего микроскопа?
11. Назовите основные характеристики оптической системы.
12. Что такое разрешение оптического микроскопа?
13. Как определяется увеличение оптического микроскопа?
14. Что такое полезное увеличение?

15. Что такое глубина резкости и каково ее значение для оптического микроскопа?
16. Из каких основных узлов состоит металлографический микроскоп?
17. Каково назначение объектива и окуляра в оптическом микроскопе?
18. Как производится подготовка объектов для исследования в МИМ-7?
19. В чем отличие принципа действия оптических просвечивающего и отражательного микроскопов?
20. Какие свойства светового излучения и наблюдаемого объекта используются при формировании изображения в оптическом микроскопе?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черепин В.Т. Методы и приборы для анализа поверхности материалов: Справочник / В.Т. Черепин, М.А. Васильев. – К.: Наук. думка, 1982.
2. Лахтин Ю.М. Материаловедение. – М.: Машиностроение, 1993.
3. Материаловедение: учебник для вузов / Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин и др; под общ. ред. Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003.

Додаток А.1

Префікси системи «СІ», множники для утворення десяткових кратних і долинних одиниць та їх найменувань

Префікс	Позначення префікса		Множник
	міжнародне	національне	
екса.....	E	Е	10^{18}
пета.....	P	П	10^{15}
тера.....	E	Т	10^{12}
гіга.....	G	Г	10^9
мега.....	M	М	10^6
кіло.....	k	к	10^3
гекто....	h	г	10^2
дека.....	da	да	10^1
деци.....	d	д	10^{-1}
санті....	c	с	10^{-2}
мілі.....	m	м	10^{-3}
мікро....	μ	мк	10^{-6}
нано.....	n	н	10^{-9}
піко.....	P	п	10^{-12}
фемто.....	f	ф	10^{-15}
атто.....	a	а	10^{-18}

Приложение А.1

Приставки системы «СИ», множители для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименований

Приставка	Обозначение приставки		Множитель
	международное	национальное	
экса.....	E	Э	10^{18}
пета.....	P	П	10^{15}
тера.....	E	Т	10^{12}
гига.....	G	Г	10^9
мега.....	M	М	10^6
кило.....	k	к	10^3
гекто.....	h	г	10^2
дека.....	da	да	10^1
деци.....	d	д	10^{-1}
сантi.....	c	с	10^{-2}
милли.....	m	м	10^{-3}
микро.....	μ	мк	10^{-6}
нано.....	n	н	10^{-9}
пико.....	P	п	10^{-12}
фемто.....	f	ф	10^{-15}
атто.....	a	а	10^{-18}

Навчальне видання

Методичні вказівки

до виконання лабораторної роботи

«Контроль якості матеріалів методом оптичної мікроскопії»
з курсів «Матеріалознавство та обробка матеріалів», «Системи технологій»,
«Контроль якості, випробування і сертифікація продукції та технологічних
процесів»

для студентів усіх спеціальностей денної та заочної форм навчання

Українською та російською мовами

Укладач ПУПАНЬ Лариса Іванівна

Відповідальний за випуск А.І. Грабченко

Роботу до видання рекомендував О.М.Шелковой

В авторській редакції

План 2009 р., поз.90.

Підп. до друку 29.05.09 р. Формат 60x84 1/16. Папір офсетний. Друк –
ризографія. Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 1,08 . Обл.-вид.
арк. 1,38. Наклад 40 прим. Зам. № . Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ «ХП».

Свідоцтво про реєстрацію ДК № 116 від 10.07.2000 р.
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

Центр оперативної поліграфії.

Свідоцтво про державну реєстрацію № 2 480 017 0000 058086 від 06.12.2001 р.
61024, Харків, вул. Пушкінська, 63