МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ

Є. О. Михайлова
П. А. Козуб

ХІМІЯ ТА ВИДАВНИЧО-ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ

Навчальний посібник

Харків
ХНЕУ ім. С. Кузнеця
2026

УДК [54+655.1](075.034)
М69

Авторський колектив: канд. техн. наук, доцент Є. О. Михайлова – вступ, підрозд. 1, 3, 4, 7, 9, додатки; канд. техн. наук, доцент П. А. Козуб – підрозд. 2, 5, 6, 8.

Рецензенти: завідувач кафедри загальної та неорганічної хімії Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут", д-р техн. наук, старший дослідник *А. М. Корогодська*; завідувач кафедри медіасистем та технологій Харківського національного університету радіоелектроніки, канд. техн. наук, доцент *Ж. В. Дейнеко.*

Рекомендовано до видання рішенням ученої ради Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця.
Протокол № 4 від 26.03.2026 р.

Самостійне електронне текстове мережеве видання

Михайлова Є. О.

Хімія та видавничо-поліграфічні матеріали [Електронний ресурс] : навчальний посібник / Є. О. Михайлова, П. А. Козуб. – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2026. – 240 с.

М69

ISBN 978-966-676-914-8

Викладено основи хімічних процесів і властивостей матеріалів поліграфічної галузі. Розглянуто вплив хімічного складу матеріалів на якість друкарської продукції, процеси її виготовлення, зберігання та утилізації. Подано запитання для самодіагностики та тестові завдання, потрібні для поглиблення та закріплення знань, набутих під час вивчення теоретичного матеріалу.

Рекомендовано для здобувачів вищої освіти спеціальності G20 "Видавництво та поліграфія" першого (бакалаврського) рівня.

УДК [54+655.1](075.034)

© Михайлова Є. О., Козуб П. А., 2026
© Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, 2026

ISBN 978-966-676-914-8

Вступ

Сучасна поліграфія є високотехнологічною складовою економіки, де якість готової продукції визначають глибоким розумінням хімічних властивостей використовуваних матеріалів. Актуальність навчальної дисципліни "Хімія та видавничо-поліграфічні матеріали" полягає у її нерозривному зв'язку з технологічною основою галузі. Вона надає здобувачам вищої освіти наукові уявлення про хімічну природу, структуру та властивості матеріалів, що застосовують у сучасних поліграфічних технологіях. Зміст навчальної дисципліни охоплює базові положення загальної, неорганічної, органічної та колоїдної хімії, а також хімії високомолекулярних сполук, які лежать в основі розуміння хімічних процесів, що відбуваються на всіх етапах виготовлення поліграфічної продукції. Особливу увагу приділено вивченню фізико-хімічних характеристик таких матеріалів, як папір, картон, фарби, лаки, клеї, фотополімери, плівки та інші допоміжні сполуки, а також їхній взаємодії у технологічних умовах поліграфічного виробництва.

Отже, навчальна дисципліна "Хімія та видавничо-поліграфічні матеріали" готує кваліфікованих спеціалістів, здатних виконувати практичні завдання на стику хімії та поліграфії, що є запорукою успішного розвитку галузі.

Метою навчальної дисципліни є формування у здобувачів вищої освіти теоретичних знань і практичних навичок з основ хімії, необхідних для розуміння властивостей та технологій оброблення видавничо-поліграфічних матеріалів.

Завданнями навчальної дисципліни є:

вивчення основних класів хімічних сполук;

розгляд хімічної природи та властивостей основних видавничо-поліграфічних матеріалів;

ознайомлення з хімічними основами процесів у поліграфії;

формування навичок із застосовування екологічних та ресурсозберігальних підходів у виборі та використанні видавничо-поліграфічних матеріалів.

Об'єктом навчальної дисципліни є матеріали, що використовують у видавничо-поліграфічному виробництві.

Предметом навчальної дисципліни є хімічні властивості, склад, структура та процеси, що відбуваються з видавничо-поліграфічними матеріалами на різних етапах технологічного циклу.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент має:

знати:

основні поняття загальної, неорганічної та органічної хімії, що застосовують у поліграфічній галузі;

хімічний склад, властивості та призначення основних видавничо-поліграфічних матеріалів;

вплив матеріалів на якість і довговічність друкованої продукції;

екологічні та санітарно-гігієнічні аспекти використання поліграфічних матеріалів.

уміти:

застосовувати хімічні знання для аналізу властивостей поліграфічних матеріалів;

обґрунтовувати вибір матеріалів для видавничо-поліграфічних процесів, з огляду на їхній хімічний склад та функціональне призначення;

оцінювати якість, безпечність та екологічні характеристики поліграфічних матеріалів;

розглядати економічну доцільність використання конкретних хімічних компонентів у видавничо-поліграфічному виробництві.

Зміст матеріалу навчального посібника відповідає робочій програмі навчальної дисципліни "Хімія та видавничо-поліграфічні матеріали".

Із метою реалізації компетентнісного підходу в навчальному посібнику запропоновано два тематичні розділи, у межах яких розглянуто дев'ять тем. Кожна тема розкриває ключові положення методології навчальної дисципліни, теоретико-прикладний інструментарій, а також сучасні методичні підходи до вивчення хімії та поліграфічних матеріалів. Подані теми спрямовано не лише на засвоєння базових наукових знань, але й на розвиток у здобувачів вищої освіти здатності до критичного мислення, самостійного аналізу технологічних процесів, вибору оптимальних рішень у конкретних виробничих ситуаціях. Такий змістовий підхід сприяє формуванню загальних і фахових компетентностей, потрібних для ефективної діяльності у сфері видавничо-поліграфічного виробництва.

Розділ 1
Хімія

1. Базові основи хімічної складової поліграфії

Мета теми полягає в наданні базових знань із хімії, потрібних для розуміння складу, властивостей і хімічних перетворень матеріалів, що застосовують у видавничо-поліграфічних процесах.

Професійні компетентності: здатність оперувати основними хімічними поняттями; здатність застосовувати хімічні знання для вибору видавничо-поліграфічних матеріалів із заданими властивостями.

Основні питання:

1.1. Видавничо-поліграфічні матеріали та їхня класифікація.

1.2. Вимоги до видавничо-поліграфічних матеріалів.

1.3. Основні хімічні поняття в поліграфії: матеріал, речовина.

1.4. Властивості речовин.

Ключові слова: хімія, видавничо-поліграфічні матеріали, споживчі властивості, технологічні властивості, речовина, атом, молекула, іон, хімічний елемент, хімічна формула, хімічна реакція.

1.1. Видавничо-поліграфічні матеріали та їхня класифікація

Поліграфія (від грецьких слів "полі" – багато і "графіо" – пишу) – це сукупність технічних засобів для багаторазового репродукування (перетворення та відтворення) однакових копій будь-якого зображення (букв, знаків, ілюстрацій) і способів типографського розмноження тексту, ілюстрацій тощо у формі книжок, брошур, буклетів, плакатів, афіш, географічних карт, атласів, грошових знаків і марок та багатьох інших видів друкованої продукції [10].

Процес виробництва друкованої продукції можна розподілити на три етапи [13]:

1) *додрукарська підготовка* – це усі процеси, починаючи з роботи з автором і закінчуючи виготовленням готових друкарських форм, які використовують для друкування. До цих процесів належать оброблення тексту та зображень, верстання, підготовка макета до друкування, створення друкарських форм, кольоропроба (за потреби);

2) *друкарські процеси* – це сукупність технологічних операцій, пов'язаних із нанесенням зображення (тексту, графіки) на матеріал-носій (задрукований матеріал) за допомогою фарбувальних засобів і друкарського обладнання;

3) *післядрукарське оброблення* – це завершальний етап поліграфічного виробництва, під час якого надруковану продукцію обробляють, із метою надання їй вигляду готового виробу, підвищення її міцності, естетичних властивостей або функціональності. В основі цього лежать оздоблювальні (або брошурувально-палітурні) процеси: обрізання, фальцювання, скріплення, лакування, пакування тощо.

Задрукований матеріал у поліграфії – це будь-який основний матеріал, на поверхню якого нанесено зображення, текст, графіка або інші друковані елементи за допомогою фарби чи тонера. Інакше кажучи, це та фізична основа, яка проходить через друкарську машину [10].

Задрукований матеріал є носієм інформації та кінцевим продуктом поліграфічного виробництва. Найчастіше це папір або картон, але можуть бути й інші матеріали: пластик, скло, метал, тканина, шкіра, хутро, камінь тощо. Ключовою характеристикою задрукованого матеріалу є його здатність сприймати та утримувати друкарську фарбу на своїй поверхні.

Через друкування за допомогою друкарського обладнання мають потрібну кількість відтворень відбитків будь-якого графічного зображення – тексту, ілюстрацій тощо. Для цього використовують друкарську форму. **Друкарська форма** – це носій графічної інформації, призначений для поліграфічного розмноження. Вона може бути пластиною або циліндром, на поверхні яких розміщені друкувальні й недрукувальні (пробільні) елементи [10].

Друкувальні елементи – це ділянки друкарської форми, на які в процесі друкування наносять фарбу.

Пробільні елементи – це ділянки друкарської форми, що не беруть на себе фарбу.

Залежно від розташування друкарських та пробільних елементів на друкарській формі, виділяють **чотири основні види друку**: високий, глибокий, плоский, трафаретний. Цифровий друк не є окремим видом друку. Це технологія, яка використовує один з основних видів друку або похідну з них.

Основою будь-яких технологічних процесів, зокрема і поліграфічних, є матеріали, які в них використовують.

Видавничо-поліграфічні матеріали – це продукти промислового виробництва, які застосовують для виготовлення друкарської продукції [10].

Уміння ухвалювати технічно правильні рішення, наслідком чого стане випуск продукції високої якості, багато в чому залежить від знань спеціалістом властивостей та асортименту видавничо-поліграфічних матеріалів: паперу, фарби, картону, палітурних тканин, клейких речовин та ін. У сучасній поліграфічній промисловості використовують матеріали, номенклатура яких сягає понад дві тисячі видів, а вартість цих матеріалів становить у різних випадках від 40 до 70 % вартості усіх виробничих витрат. Через це стає зрозумілим, чому так важливо вміло використовувати ці матеріали в роботі.

Видавничо-поліграфічні матеріали розподіляють на дві групи: основні та допоміжні.

Основні видавничо-поліграфічні матеріали входять до складу готової продукції та визначають її споживчі властивості. Їх розподіляють на матеріали для:

задруковування – папір, картон, метал, скло, полімери тощо;

створення зображень – фарби, тонер, поліграфічну фольгу;

оздоблення та *брошурування* – палітурний картон, тканини, нитки, лаки, клеї тощо.

Допоміжні видавничо-поліграфічні матеріали не входять до складу готової продукції, а лише є задіяними у виробничому процесі. Їх розподіляють на:

специфічні матеріали, які використовують тільки в поліграфії: фототехнічні плівки, матеріали для виготовлення друкарських форм, пробільних та друкувальних елементів, фарбових валиків тощо;

матеріали загального призначення, які використовують і в інших галузях виробництва: хімічні речовини, змащувальні матеріали.

Зважаючи на технологічний процес виготовлення поліграфічної продукції, а саме особливостей технологічних операцій і фізико-хімічних характеристик видавничо-поліграфічних матеріалів, останні розподіляють на три умовні групи.

До *першої групи матеріалів* належать фотоматеріали та формні матеріали, що, своєю чергою, згруповано за призначенням:

формні матеріали для високого та флексографічного друку;

формні матеріали для плоского офсетного друку;

формні матеріали для глибокого та тамподруку;

формні матеріали для трафаретного друку.

До *другої групи матеріалів* належать:

папір і картон, фарби та лаки, невбирні задруковані поверхні (метали, скло, пластмаси та ін.);

матеріали з поліуретанів (декелі, друкарські валики, марзани);

зволожувальні розчини;

змащувальні матеріали.

До *третьої групи* входять палітурні та оздоблювальні матеріали: клеї, покривні матеріали, фольга, плівки тощо.

Значну частину видавничо-поліграфічних матеріалів виготовляють з органічних речовин. Велика кількість із них є високомолекулярними сполуками (полімерами) або складаються з них. Деяку частину видавничо-поліграфічних матеріалів виготовлено з неорганічних речовин, зокрема з металів.

1.2. Вимоги до видавничо-поліграфічних матеріалів

Основні видавничо-поліграфічні матеріали мають відповідати споживчим і технологічним властивостям [3].

Споживчі властивості – це сукупність характеристик, які визначають, наскільки матеріал відповідає умовах його експлуатації та вимогам кінцевого користувача (читача, покупця) з погляду якості, функціональності, естетики та безпеки готового друкованого продукту. Ці властивості безпосередньо впливають на конкурентоспроможність, довговічність та сприйняття продукту на ринку.

Характеристику головних споживчих властивостей видавничо-поліграфічних матеріалів наведено далі.

Естетичні властивості (сприйняття) визначають візуальну та тактильну привабливість продукту. До них належать:

колір і *білизна,* які впливають на контрастність тексту та точність передавання кольорів зображення. Високу білизну часто асоціюють із високою якістю;

глянець (блиск), що визначають відбивною здатністю поверхні (наприклад, крейдованого паперу або лаку). Глянець надає зображенням насиченості та яскравості, але може спричиняти небажані відблиски;

текстура та *гладкість*, наприклад, дизайнерські папери можуть мати виразну текстуру (льон, вельвет), тоді як якісний папір для журналів має бути максимально гладким для високої роздільної здатності друку;

прозорість – це здатність паперу не просвічуватися, що дозволяє читати текст з обох боків аркуша. Це ключова властивість для книжкового паперу.

Експлуатаційні властивості (функціональність) визначають зручність використання продукту протягом строку його служби. Розрізняють такі експлуатаційні властивості:

міцність на розрив та *зносостійкість,* що визначає, наскільки добре папір, картон або обкладинка витримує багаторазове використання, згинання та механічні навантаження (важливо для книг, щоденників та опакування);

стійкість до зовнішніх впливів, а саме:

вологостійкість – це здатність матеріалу зберігати свої властивості під час контакту з водою чи вологим середовищем (важливо для етикеток, зовнішньої реклами);

світлостійкість фарби – це стійкість друкованого зображення до вицвітання під впливом сонячного світла (важливо для плакатів, картин);

стійкість до стирання – це опір фарбового шару механічному пошкодженню та тертю;

легкість згинання та фальцювання – це здатність матеріалу до рівного згину без розтріскування (важливо для обкладинок та картонного опакування).

Ергономічні властивості (зручність) впливають на комфорт читача та взаємодію із продуктом. Серед них розглядають:

товщину та *питому вагу (вагу 1 м^2),* що визначають загальну вагу книги або журналу. Занадто важкий продукт незручно тримати;

колірну температуру (відтінок), а саме, оптимально підібраний відтінок паперу (часто трохи жовтуватий або бежевий для художньої літератури) знижує напругу очей під час тривалого читання;

еластичність та *жорсткість,* які визначають, наскільки легко розгортати книгу або відкривати опакування.

Екологічні та безпекові властивості стають усе більш важливими для сучасного споживача. До них належать:

екологічність – уміст вторинної сировини (перероблений папір), наявність сертифікатів (наприклад, FSC), що підтверджують відповідальне лісокористування тощо;

токсичність та *гігієнічність* – немає шкідливих летких органічних сполук у фарбах та лаках. Особливо це критично для пакування харчових продуктів та дитячої літератури;

розкладання та *утилізація* – можливість подальшого перероблення продукту після використання.

Вибір правильного поєднання споживчих властивостей видавничо-поліграфічних матеріалів на етапі дизайну та додрукарської підготовки є запорукою успіху друкованого продукту на ринку.

Технологічні (або робочі) властивості – це характеристики, що визначають поведінку та взаємодію матеріалів у процесі виготовлення поліграфічної продукції. Вони забезпечують здійснення технологічних процесів в оптимальних режимах використання технологічного обладнання. Невідповідність цих властивостей нормативним вимогам порушує технологічні режими, знижує продуктивність обладнання та якість продукції.

Особливо важливими є технологічні властивості паперу та картону, друкарських фарб і друкарських форм. Загальну характеристику цих властивостей наведено в табл. 1.1 – 1.3.

Таблиця 1.1

Технологічні властивості паперу та картону

Властивості	Опис та значення
1	2
властивості, пов'язані із друкуванням	
Гладкість	Визначає ступінь рівності поверхні. Чим вищою є гладкість, тим кращим контакт між папером і друкарською формою, що забезпечує чітке відтворення растрових точок та суцільних плашок
Стійкість до висмикування (міцність поверхні)	Здатність поверхневого шару (або покриття) паперу протистояти висмикуванню волокон або частинок покриття липкою друкарською фарбою, особливо за високої швидкості друкування. Критично для офсетного друку
Здатність до вбирання фарби (пористість)	Швидкість та рівномірність поглинання рідкої частини фарби. Впливає на швидкість застигання фарби та її кінцевий глянець. Надмірне вбирання може спричинити тьмяність кольору
Вологість	Оптимальна вологість (6 – 8 %) забезпечує стабільність розмірів. Нестабільна вологість призводить до деформації, скручування та неточного суміщення фарб

Закінчення табл. 1.1

1	2
Проклеювання	Ступінь гідрофобності (водовідштовхування). Важливе для офсетного друку, де папір контактує зі зволожувальним розчином; запобігає надмірному вбиранню води
властивості, пов'язані з післядрукарським обробленням	
Жорсткість	Опір вигинанню. Важливою для точного транспортування аркушів у машині та для якості фальцювання (згинання). Критично для картону
Анізотропія (орієнтація волокон)	Різниця у властивостях (міцності, деформації) уздовж і впоперек напрямку руху паперової маси під час виробництва. Впливає на якість фальцювання та бігування (згинання паралельно напрямку волокон)

Таблиця 1.2

Технологічні властивості друкарських фарб

Властивості	Опис та значення
В'язкість (текучість)	Внутрішній опір фарби течії. Визначає те, як фарбу розподілено по валиках і перенесено на форму. Для офсету потрібно високу в'язкість, для глибокого друку та флексографії – низьку
Липкість (клейкість)	Ступінь опору фарби розриванню за її розщеплення між двома поверхнями. Якщо липкість є занадто високою, може статися висмикування паперу; якщо занадто низькою – нечіткість відбитка
Тиксотропія	Здатність фарби знижувати в'язкість під впливом механічного перемішування (на валиках) і відновлювати її в стані спокою (у лотку). Забезпечує стабільну роботу машини
Швидкість застигання (сушіння)	Час, необхідний для переходу фарби у твердий стан. Швидке застигання запобігає відмарюванню (переходу фарби на зворотний бік наступного аркуша) та дозволяє швидше почати післядрукарське оброблення
Емульгування	Здатність офсетної фарби поглинати та утримувати невелику кількість зволожувального розчину. Надмірне емульгування призводить до погіршення кольору та якості друку

Таблиця 1.3

Технологічні властивості друкарських форм

Властивості	Опис та значення
Фоточутливість	Чутливість формного матеріалу до світла. Визначає необхідний час експонування та швидкість виготовлення форми
Тиражестійкість	Максимальна кількість відбитків, яку може витримати форма без критичного погіршення якості. Для офсету залежить від покриття, для глибокого друку – від товщини хромового шару
Гідрофобність/ гідрофільність	В офсетному друці друкувальні елементи мають бути гідрофобними (притягувати фарбу), а пробільні – гідрофільними (притягувати воду). Це забезпечує селективне фарбосприйняття
Здатність до травлення	Є важливою для форм високого (цинкових кліше) та глибокого друку (мідних циліндрів). Визначає швидкість і точність формування друкувальних елементів

Розуміння цих технологічних властивостей та контроль за ними дозволяють технологам вибирати правильні матеріали й налаштовувати обладнання для досягнення оптимальної якості та продуктивності.

Звідси випливає, що якість продукції залежить від споживчих властивостей безпосередньо та від технологічних опосередковано.

Оскільки **допоміжні видавничо-поліграфічні матеріали** призначено для використання в технологічних процесах, поняття "технологічні" та "споживчі властивості" для них збігаються.

Споживчі та технологічні властивості – це виробничі терміни. Вони залежать від вияву фізичних і хімічних властивостей матеріалів в умовах виробництва та використання поліграфічної продукції.

Основними питаннями поліграфічного матеріалознавства є вивчення фізичних і хімічних властивостей матеріалів, залежно від їхнього складу та структури, а також установлення фізичної сутності технологічних і споживчих властивостей. Це й визначає теоретичну базу поліграфічного матеріалознавства, вивчення якої необхідно для освоєння технологічних процесів поліграфії.

1.3. Основні хімічні поняття в поліграфії: матеріал, речовина

Матеріал – це речовина, або суміш речовин, яку використовують для виготовлення виробу (основний матеріал), або яка сприяє якимось діям (допоміжний та витратний матеріал) [12].

Матеріали можуть бути природного походження (деревина, шкіра, метал, барвники, камінь) та штучного, створені людиною (папір, фарба, скло, пластик).

Матеріали, безпосередньо з яких виробляють продукцію, називають **сировиною**.

Різні вироби та матеріали складаються з речовин.

Речовина – це одна з фундаментальних форм матерії, яка складається із частинок, як-от атоми, молекули або іони. Це все, що має масу та займає простір.

Наукою про речовини є хімія.

Хімія – це природнича наука, що вивчає склад, будову та властивості речовин, а також закономірності їхніх перетворень, які супроводжують перерозподіл електронів, розрив і утворення хімічних зв'язків та зміни енергетичного стану системи [12].

Об'єктом хімії є речовини в усіх агрегатних станах та формах організації.

Предметом хімії є хімічні елементи, сполуки, їхня будова, властивості та механізми хімічних реакцій.

Основні завдання хімії полягають у:

встановленні зв'язку між будовою речовини та її властивостями;

вивченні механізмів хімічних реакцій;

розробленні методів синтезу нових речовин і матеріалів;

прогнозуванні властивостей сполук;

оптимізації хімічних процесів з енергетичного та екологічного погляду.

Безпосередньо в поліграфії хімія забезпечує наукові основи створення, удосконалення видавничо-поліграфічних матеріалів і процесів друкування та контролю за ними.

Основні завдання хімії в поліграфії є такі:

розроблення та вдосконалення друкарських фарб;

дослідження та створення формних матеріалів;

забезпечення адгезії фарби до задруковуваних матеріалів;

контроль за процесами висихання та закріплення фарб;

розроблення допоміжних хімічних матеріалів: зволожувальних розчинів офсетного друку, мийних та очисних засобів, лаків і покриттів, клеїв для післядрукарських процесів;

захист обладнання та друкарських форм;

контроль за якістю та стандартизація видавничо-поліграфічних матеріалів і друкарської продукції;

екологічні та безпекові аспекти поліграфії: зниження токсичності видавничо-поліграфічних матеріалів для людини, утилізація та перероблення відходів, питання безпеки праці та довкілля.

Згідно з атомно-молекулярним ученням (наукового фундаменту сучасної хімії), головними об'єктами вивчення в хімії є молекули, атоми, хімічні елементи, прості та складні речовини [12].

Найменша частинка речовини, яка не має електричного заряду та складається з ядра й електронів, що рухаються навколо нього, – це **атом**.

Частинка речовини, яка складається із двох або більшої кількості сполучених атомів, – це **молекула**.

Якщо атом або група атомів мають певний заряд, то їх називають іонами. **Іони** – це позитивно або негативно заряджені частинки, на які перетворюються атоми або групи атомів в результаті віддачі або приєднання електронів. Іони розподіляють на катіони й аніони.

Катіони – це позитивно заряджені іони, що утворюються через утрату одного або декількох електронів.

Аніони – це негативно заряджені іони, що утворюються через приєднання одного або декількох електронів.

Іони можуть бути *простими* (Na^+, Mg^{2+}, Cl^- та ін.) та *складними* (SO_2^{3-}, NH_4^+, SO_4^{2-} та ін.).

Певний вид атомів називають **хімічним елементом**.

Атоми різних хімічних елементів відрізняються масою, розмірами, будовою і властивостями. Кожному хімічному елементові дають назву і позначають символом або хімічним знаком. *Символ хімічного елемента* складається з першої букви або з першої й однієї з наступних букв латинської назви елемента; перша буква завжди є великою, друга – малою.

Назви й символи хімічних елементів наведено в *періодичній таблиці* (додаток А). Понад 20 елементів створено штучно за допомогою складних фізичних методів.

Атоми хімічних елементів з'єднуються один з одним у різних комбінаціях, утворюючи величезну кількість природних і синтетичних речовин.

Речовини існують в різних станах, які залежать від їхньої температури та тиску.

Розрізняють такі чотири **стани хімічних речовин** [12]:

твердий стан – це стан речовини, за якого атоми або молекули розташовано щільно й мають фіксоване положення, тому тверді тіла зберігають форму та об'єм. Твердий стан мають лід (H_2O), сірка (S), метали (Fe, Cu, Ni тощо);

рідкий стан – це стан речовини, за якого частинки розташовано близько одна до одної, але вони можуть вільно переміщатися, що дозволяє рідині набувати форми посудини, у якій вона міститься. У рідкому стані перебувають вода (H_2O), олія, ртуть (Hg);

газоподібний стан – це стан речовини, за якого частинки містяться на великій відстані одна від одної та рухаються хаотично. Гази займають увесь доступний об'єм. До таких речовин належать кисень (O_2), повітря (суміш газів: O_2, N_2, CO_2 …), водяна пара (H_2O) тощо;

плазма – це іонізований газ, що складається з вільних електронів та іонів. Вона утворюється за дуже високих температур. Плазмовий стан мають блискавка, зорі, північне сяйво.

Речовини за складом розподіляють на два основні типи: прості та складні.

Прості речовини – це речовини, утворені одним хімічним елементом (Al, C, H_2, Ar); це форма існування хімічного елемента у вільному стані.

Складні речовини або **сполуки** – це речовини, які складаються з атомів різних хімічних елементів ($CaCO_3$, NaCl, H_2SO_4, C_2H_5OH, CH_4), тобто це форма існування елементів у зв'язаному стані.

Умовне позначення якісного і кількісного складу речовини за допомогою символів хімічних елементів та індексів називають **хімічною формулою**.

Якісний склад позначають символами елементів, а кількісний – індексами (малими цифрами праворуч від символу елемента), що вказують на кількість атомів кожного елемента. Індекс "1" у хімічній формулі не пишуть!

Наприклад, H_3PO_4 – такий запис означає, що молекула ортофосфорної кислоти складається із трьох атомів гідрогену (H), одного атома фосфору (P) і чотирьох атомів оксигену (O) (рис. 1.1).



Рис. 1.1. **Хімічна формула речовини на прикладі ортофосфорної кислоти**

Прості та складні речовини мають різну будову. Будова речовин залежить від того чи того виду хімічного зв'язку. Зважаючи на це, речовини розподіляють на речовини молекулярної та немолекулярної будови [2].

Молекулярна будова є характерною для речовин, які складаються з окремих молекул, тобто найменших частинок, що мають сталий склад і властивості. Для таких речовин є характерним ковалентний тип зв'язку. Молекулярну будову мають кисень, вода, амоніак (NH_3), сірка, метан (CH_4), білок тощо.

Речовини з молекулярною будовою володіють такими властивостями:

можуть бути в трьох агрегатних станах (газ, рідина, тверде тіло);

значно леткими (особливо гази та рідини);

у твердому стані утворюють молекулярні кристали, де молекули з'єднано слабкими силами Ван дер Ваальса або водневими зв'язками;

здебільшого мають порівняно низькі температури плавлення і кипіння (бо між молекулами діють слабкі міжмолекулярні сили).

Немолекулярна будова є характерною для речовин, побудованих з атомів або іонів, з'єднаних між собою хімічними зв'язками в безперервні структури (ґратки). Розрізняють три основні види кристалічних ґраток: атомну, іонну і металічну.

Атомна кристалічна ґратка складається з атомів, з'єднаних ковалентними зв'язками. Такими ґратками утворено алмаз (C), графіт (C), кварц (SiO_2), бор (B). Подібні речовини є дуже твердими, мають високі температури плавлення, не є леткими.

Іонна кристалічна ґратка складається з катіонів і аніонів, які притягуються силами електростатичної взаємодії (іонний тип зв'язку). Іонну будову мають натрій хлорид (NaCl), калій бромід (KBr), кальцій фосфід (CaF_2) тощо. Такі речовини є твердими, крихкими, добре розчиняються у воді, у розплавах і розчинах проводять електричний струм.

Металічна кристалічна ґратка утворюється атомами металів, у межах якої вільно переміщуються валентні електрони, утворюючи "електронний газ" (металічний зв'язок). Це характерно для заліза (Fe), міді (Cu), алюмінію (Al), натрію (Na) тощо. До властивостей таких речовин належать пластичність, ковкість, теплопровідність, електропровідність, металічний блиск.

1.4. Властивості речовин

Речовини з різною будовою мають різні властивості.

Властивості речовин – це ознаки, за якими речовини відрізняються одна від одної або є подібними між собою. Розрізняють фізичні та хімічні властивості.

Фізичні властивості характеризують явища (або процеси), у яких не відбувається перетворення одних речовин на інші. Їх можна визначити спостереженням або вимірюванням.

До фізичних властивостей речовин належать:

агрегатний стан – це фізичний стан речовини, який визначають її здатністю зберігати об'єм і форму, а також характером руху та взаємодії молекул. Для однієї й тієї самої речовини агрегатний стан залежить від зовнішніх умов: температури та тиску;

колір – це суб'єктивне зорове відчуття, яке виникає в мозку людини, унаслідок дії світлових хвиль на сітківку ока. Із погляду фізики, колір – це характеристика електромагнітного випромінювання оптичного діапазону;

блиск – це оптична характеристика поверхні, яка відображає її здатність дзеркально відбивати світло;

запах – це специфічне відчуття наявності в повітрі летких хімічних речовин, які сприймає нюхова система людини. Із погляду хімії, запах – це властивість молекул певних сполук взаємодіяти з рецепторами в носовій порожнині;

розчинність – це здатність речовини рівномірно розподілятися в об'ємі іншої речовини (розчинника) з утворенням однорідної (гомогенної) суміші – розчину;

температура плавлення – це чітко визначена температура, за якої речовина переходить із твердого агрегатного стану в рідкий. Під час цього процесу вся енергія, що підводять до тіла, витрачається на руйнування кристалічної ґратки, тому температура залишається незмінною, доки вся речовина не розплавиться;

температура кипіння – це температура, за якої рідина інтенсивно переходить у газоподібний стан не лише з поверхні (як у разі випаровування), а й по всьому об'єму. Це відбувається, коли тиск пари рідини дорівнює зовнішньому атмосферному тиску;

густина – це фізична величина, що визначає масу речовини в одиниці її об'єму;

теплопровідність – це здатність матеріалу передавати теплову енергію від більш нагрітих частин до менш нагрітих через рух і зіткнення частинок (атомів, молекул, електронів);

електропровідність – це здатність речовини проводити електричний струм під дією електричного поля;

магнітні властивості – це здатність намагнічуватися в магнітному полі;

пластичність – це здатність змінювати форму без руйнування і зберігати її після припинення дії деформувальної сили;

твердість – це опір проникненню в речовину іншого твердого тіла;

пружність – це здатність відновлювати початкову форму та розміри після припинення дії зовнішньої сили (натискання, розтягування або згинання).

Хімічні властивості – це здатність речовин взаємодіяти з іншими речовинами та перетворюватися на інші речовини [2; 12].

Перетворення речовин, за якого молекули одних речовин руйнуються і на їхньому місці утворюються молекули інших речовин з іншим атомним складом називають **хімічною реакцією**. Під час хімічних реакцій змінюються речовини, і, відповідно, змінюються їхні властивості.

Усі хімічні реакції записують хімічними рівняннями.

Рівняння хімічної реакції – це умовний запис, у якому за допомогою хімічних формул і стехіометричних коефіцієнтів зазначають склад і кількість вихідних речовин та продуктів реакції.

У лівій частині рівняння хімічної реакції вказують формули вихідних речовин, а в правій – кінцевих продуктів, що утворилися в результаті реакції.

Згідно з атомно-молекулярним ученням і законом збереження маси, під час хімічних реакцій з атомів речовин, що вступили в реакцію, утворюються нові речовини (як прості, так і складні), причому загальна кількість атомів кожного елемента завжди залишається однаковою.

Отже, перед хімічними формулами всіх речовин проставляють необхідні **стехіометричні коефіцієнти** – числа, за допомогою яких зрівнюють кількість атомів кожного хімічного елемента зліва і справа. Якщо стехіометричний коефіцієнт дорівнює 1, то в рівнянні хімічної реакції його не вказують.

Наприклад, у реакції горіння метану, що описують рівнянням, показаним на рис. 1.2, метан і кисень є вихідними речовинами, а карбон (IV) оксид (CO_2) і вода – продуктами реакції. Цілі числа, що стоять перед хімічними формулами речовин, є стехіометричними коефіцієнтами: для CH_4 – 1, O_2 – 2, CO_2 – 1, H_2O – 2.

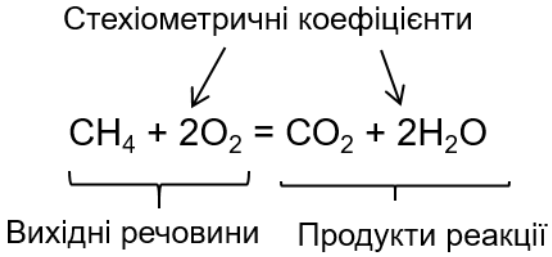


Рис. 1.2. **Схема рівняння хімічної реакції на прикладі горіння метану**

Хімічні реакції завжди супроводжують фізичні ефекти (ознаки), які підтверджують перебіг реакції.

Ознаками перебігу хімічних реакцій зазвичай є такі [2]:

виділення газу. Наприклад, під час реакції карбонатів (крейди $CaCO_3$) із кислотами (етановою кислотою CH_3COOH) виділяється карбон (IV) оксид (вуглекислий газ):

$$CaCO_3 + 2CH_3COOH = (CH_3COO)_2Ca + H_2O + CO_2\uparrow;$$

утворення або зникнення осаду. Наприклад, під час додавання розчину натрій хлориду до розчину арґентум нітрату ($AgNO_3$) утворюється білий осад арґентум (I) хлориду (AgCl):

$$NaCl + AgNO_3 = AgCl\downarrow + NaNO_3.$$

І навпаки, осад може зникнути, якщо він розчиняється під дією іншої речовини;

зміна кольору розчину або речовини. Наприклад, під час взаємодії заліза із киснем і вологою утворюється іржа ($Fe_2O_3 \cdot nH_2O$), що супроводжує зміна кольору:

$$4Fe + 3O_2 + 2nH_2O = 2Fe_2O_3 \cdot nH_2O;$$

зміна температури: під час деяких реакцій виділяється або поглинається тепло. Приклади наведено далі.

випромінювання або поглинання світла. Наприклад, горіння магнію (Mg) відбувається з виділенням яскравого світла:

$$2Mg + O_2 = 2MgO;$$

зміна запаху. Наприклад, під час реакції етанолу (C_2H_5OH), що має запах алкоголю, з етановою (оцтовою) кислотою, яка має характерний кислий запах, утворюється етилацетат ($CH_3COOC_2H_5$) із приємним фруктовим запахом, що нагадує запах груші або ананасу:

$$C_2H_5OH + CH_3COOH = CH_3COOC_2H_5 + H_2O.$$

Хімічні реакції можна класифікувати за різними критеріями, що допомагає систематизувати їхнє вивчення та прогнозувати продукти. Згідно із критеріями, хімічні реакції розподіляють на різні типи [2].

Класифікація хімічних реакцій

1. За кількістю і складом реагентів та продуктів реакцій

Це найбільш загальна класифікація, яка описує, як речовини змінюються в ході реакції. Згідно із цим критерієм, розрізняють такі типи реакцій:

реакції сполучення – це реакції, унаслідок яких із двох або кількох речовин, утворюється одна нова речовина. Наприклад, взаємодія водню (H_2) із киснем приводить до утворення води:

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O;$$

реакції розкладу – це реакції, унаслідок яких з однієї речовини утворюється кілька нових речовин. Наприклад, розкладання кальцій карбонату ($CaCO_3$) з утворенням кальцій оксиду (CaO) і карбон (IV) оксиду:

$$CaCO_3 = CaO + CO_2\uparrow;$$

реакції заміщення – це реакції між простими та складними речовинами, унаслідок яких атоми простої речовини заміщують атоми одного з елементів складної речовини. Наприклад, заміщення атома гідрогену у сульфатній кислоті (H_2SO_4) цинком (Zn):

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2\uparrow;$$

реакції обміну – це реакції, унаслідок яких дві речовини обмінюються своїми складовими частинами, утворюючи дві нові речовини. Наприклад, взаємодія натрій сульфату (Na_2SO_4) із барій хлоридом ($BaCl_2$), у результаті якої утворюється натрій хлорид і барій сульфат ($BaSO_4$):

$$Na_2SO_4 + BaCl_2 = 2NaCl + BaSO_4\downarrow.$$

2. За тепловим ефектом

Ця класифікація описує, як енергія (тепло) взаємодіє із системою під час реакції.

Тепловий ефект реакції (∆H, кДж або кДж/моль) – це кількість теплоти, що виділяється або поглинається в результаті перебігу реакції. Згідно із цим, реакції розподіляють на:

екзотермічні реакції – це реакції, що відбуваються з виділенням теплоти. Наприклад, реакція утворення гідроген хлориду (HCl) під час взаємодії хлору (Cl_2) із воднем:

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl,\ \Delta H = -184{,}6\ кДж;$$

ендотермічні реакції – це реакції, що відбуваються з поглинанням теплоти з навколишнього середовища. Наприклад, реакція розкладання барій карбонату ($BaCO_3$), що відбувається за високих температур:

$$BaCO_3 = BaO + CO_2\uparrow,\ \Delta H = 272\ кДж.$$

3. За напрямом перебігу (оборотністю)

Ця класифікація описує, чи може реакція відбуватися у зворотному напрямку. Згідно із цим критерієм, виділяють необоротні й оборотні реакції.

Необоротні реакції – це реакції які відбуваються тільки в одному напрямку та завершуються повним перетворенням вихідних реагувальних речовин на продукти реакції.

Ознаки необоротних реакцій такі:

продукти, що утворюються, виходять зі сфери реакції – випадають у вигляді осаду, виділяються у вигляді газу;

утворюється малодисоційована сполука, наприклад вода;

реакцію супроводжує виділення великої кількості енергії.

У рівняннях необоротних реакцій між лівою і правою частинами ставлять знак "дорівнює" або стрілку. Наприклад: реакція взаємодії сульфатної кислоти із натрій гідроксидом (NaOH) приводить до утворення натрій сульфату і води:

$$H_2SO_4 + NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O.$$

Необоротних реакцій існує не так багато. Більшість реакцій є оборотними.

Оборотні реакції – це реакції які одночасно відбуваються у двох взаємно протилежних напрямках.

У рівняннях оборотних реакцій між лівою і правою частинами ставлять дві стрілки, спрямовані в протилежні боки. Наприклад, розкладання кальцій гідроксиду ($Ca(OH)_2$) відбувається з утворенням кальцій оксиду та води, під час взаємодії яких знову може утворитися вихідна речовина – $Ca(OH)_2$:

$$Ca(OH)_2 \rightleftarrows CaO + H_2O.$$

4. За зміною ступенів окиснення атомів

Цей критерій ґрунтується на зміні кількості електронів, які отримують або віддають атоми під час перебігу хімічних реакцій.

Ступінь окиснення – це умовний заряд атома в хімічній речовині, якщо припустити, що вона складається з іонів. Ступінь окиснення записують арабськими цифрами зверху над атомом і він має знак "+" або "−".

Згідно із цим, реакції розподіляють на два типи.

Реакції, що відбуваються без зміни ступенів окиснення атомів, які входять до складу реагувальних речовин, – *реакції іонного обміну*. Наприклад, взаємодія арґентум нітрату із хлоридною кислотою (HCl) відбувається через обмін іонів, що складають ці речовини; у результаті утворюються аргентум хлорид і нітратна кислота (HNO_3), водночас ступені окиснення всіх елементів залишаються незмінними:

$$\overset{+1\ +5\ -2}{AgNO_3} + 2\overset{+1\ -1}{HCl} = \overset{+1\ -1}{AgCl}\downarrow + \overset{+1+5\ -2}{HNO_3}.$$

Реакції, що відбуваються зі зміною ступеня окиснення атомів (переходом електронів), які входять до складу реагувальних речовин, – *окисно-відновні реакції.* Один елемент, який віддає електрони, окиснюється (його ступінь окиснення підвищується), інший елемент, який приймає електрони, відновлюється (його ступінь окиснення знижується).

Наприклад, взаємодія заліза із хлоридною кислотою відбувається через окиснення Fe: його ступінь окиснення підвищується з 0 на +2, та відновлення атома гідрогену: його ступінь окиснення знижується з +1 до 0:

$$\overset{0}{Fe} + 2\overset{+1\ -1}{HCl} = \overset{+2\ -1}{FeCl_2} + \overset{0}{H_2}\uparrow.$$

Рекомендована література: [2; 3; 10; 12; 13].

Питання для самопідготовки

1. Періодичний закон і періодична система хімічних елементів.
2. Будова атома.
3. Хімічний зв'язок.

Запитання для самодіагностики

1. Які матеріали належать до видавничо-поліграфічних?
2. На які основні групи розподіляють видавничо-поліграфічні матеріали?

3. Із яких речовин виготовляють видавничо-поліграфічні матеріали?

4. Перелічіть споживчі властивості видавничо-поліграфічних матеріалів.

5. Наведіть приклади технологічних властивостей видавничо-поліграфічних матеріалів.

6. Розкрийте сутність поняття "матеріал". Які бувають матеріали за походженням?

7. Дайте визначення поняттям "речовина", "молекула", "атом", "хімічний елемент"?

8. Яку будову можуть мати речовини?

9. Що належить до фізичних властивостей речовин? Наведіть приклади.

10. Чим зумовлено хімічні властивості речовин? Перелічіть основні ознаки хімічних реакцій.

2. Метали та сплави в поліграфії

Мета теми полягає в наданні комплексних знань хімічного складу, фізичних та хімічних властивостей, класифікації й технологічних особливостей застосування металів і сплавів у поліграфічному виробництві.

Професійні компетентності: уміння обґрунтовувати вибір конкретних металів і сплавів для різних технологічних операцій поліграфічного виробництва, зважаючи на їхні фізичні та хімічні властивості.

Основні питання:

2.1. Загальна характеристика металів.

2.2. Метали, які застосовують у поліграфії.

2.3. Загальна характеристика сплавів.

2.4. Найважливіші властивості друкарських сплавів.

Ключові слова: метал, сплав, металічний хімічний зв'язок, твердість, пластичність, корозія, теплопровідність, електропровідність, температура плавлення, густина, усадка металу.

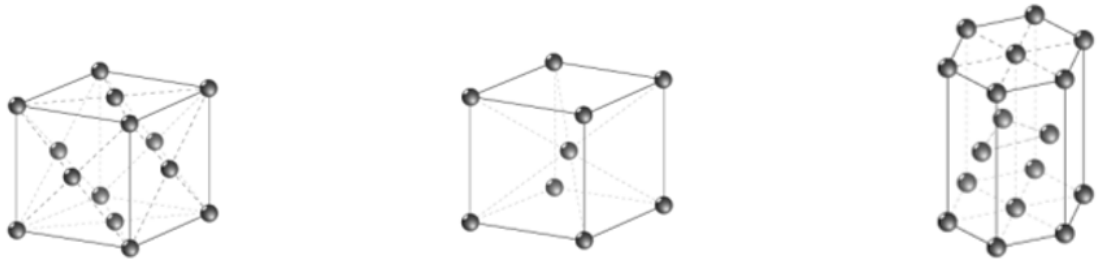
2.1. Загальна характеристика металів

Метали – це прості речовини, утворені металічними хімічними елементами.

У металах існує особливий вид зв'язку – металічний хімічний зв'язок.

Металічний зв'язок – це хімічний вид зв'язку, що утворюється через притягання катіонів (позитивно заряджених іонів) металічних елементів і негативно заряджених електронів, що вільно переміщуються в об'ємі речовини (так званого *електронного газу*) [2; 7].

Атоми металів розташовано в певному геометричному порядку і утворюють просторові кристалічні ґратки (часто кубічні або гексагональні ґратки) (рис. 2.1).



а	б	в
Кубічні гранецентровані кристалічні ґратки (Ca, Cu, Au, Ag, Al)	Кубічні об'ємноцентричні кристалічні ґратки (Li, Na, K, Ba, Fe, Mo, W, Cr, Pb, V)	Гексагональні кристалічні ґратки (Be, Mg, Zn, Ti, Cd, Zn, Co)

Рис. 2.1. **Різновиди моделей кристалічних ґраток металів**

У вузлах кристалічної ґратки містяться як електронейтральні частинки (атоми), так і позитивно заряджені частинки (катіони) металічних елементів, а між ними вільно переміщаються негативно заряджені електрони (електронний газ). Через наявність у кристалах електронів, що вільно рухаються, для більшості металів є характерними певні фізичні та хімічні властивості.

Фізичні властивості металів

Особливості будови атомів металів та їхньої кристалічної структури зумовлюють певні оптичні (металічний блиск, колір), електромагнітні (електропровідність, магнітну сприятливість), теплові (теплопровідність, температуру плавлення), механічні (густину, пластичність, твердість) та інші ознаки, сукупність яких становить фізичні властивості металів [2; 6].

Агрегатний стан. За стандартних умов усі метали, за винятком ртуті (рідина), є твердими речовинами кристалічної будови.

Металічний блиск. У кристалічному стані метали добре відбивають світло і тому є непрозорими, мають характерний металічний блиск.

Частка світла, що поглинається, визначає інтенсивність блиску. Найкраще відбивають світло індій (In) та срібло (Ag), тому їх використовують для виготовлення дзеркал у прожекторах і рефлекторах.

Колір. Майже всі метали мають білий або сірий колір із різними відтінками. У порошкоподібному стані більшість металів набувають чорного або темно-сірого кольору. Винятком є мідь (червоного кольору) і золото (Au) (жовтого кольору), які сильніше поглинають світло з певними довжинами хвиль.

У техніці метали прийнято розподіляти на чорні та кольорові.

До *чорних металів* належать залізо і його сплави (сталь та чавун), які є основою металургійної промисловості й будівництва. До цієї самої групи також входять легувальні елементи, як-от манґан (Mn), хром (Cr) і ванадій (V), що поліпшують властивості сталі. Чорні метали відрізняються темно-сірим кольором, мають високу твердість, густину, температуру плавлення, магнітність, але є схильними до корозії (утворюють іржу).

Кольорові метали – це промисловий термін для всіх інших металів, що відрізняються специфічним кольором (червоним, білим, жовтим) і мають відмінні властивості, як-от легкість, корозійна стійкість, висока теплопровідність, низька температура плавлення та твердість. До них належать алюміній, мідь, цинк (Zn), олово (Sn), титан (Ti) та благородні метали (золото, срібло, платина (Pt)), що широко використовують в електроніці, будівництві, авіації тощо.

Електро- і теплопровідність. Метали добре проводять тепло й електричний струм, що зумовлено наявністю в кристалічній ґратці електронів, які є здатними вільно переміщатися. Найкращими провідниками електричного струму та теплоти є срібло, мідь, золото, алюміній, залізо.

Магнітні властивості. За магнітним властивостями виділяють такі групи металів:

парамагнітні метали – це речовини з позитивною магнітною сприйнятливістю, які добре проводять магнітні силові поля через неспарені електрони. До цієї групи належать натрій, калій (K), магній, кальцій (Ca), алюміній, платина, хром, манґан, вольфрам (W), титан;

діамагнітні метали – це речовини з негативною магнітною сприйнятливістю, які чинять опір магнітним силовим полям. До таких металів належать вісмут (Bi), мідь, золото, срібло, цинк, ртуть, свинець (Pb), галій (Ga);

феромагнітні метали – це речовини з особливо високою магнітною сприйнятливістю, які зберігають намагнічений стан протягом певного часу – залізо, кобальт (Co), нікель (Ni), гадоліній (Gd), диспрозій (Dy).

Температура плавлення. Температура плавлення ($T_{пл.}$) металів змінюється в широкому інтервалі: від −39°C у ртуті до 3 420°C у вольфраму. За температурою плавлення метали умовно розподіляють на такі групи:

легкоплавкі метали, температура плавлення яких є нижчою за температуру 1 000°C. Легкоплавкими металами є ртуть із $T_{пл.}$ = −39°C, цезій (Cs) – 28°C, галій – 30°C;

тугоплавкі метали, температура плавлення яких є вищою за температуру 1 000°C. Тугоплавкими металами є залізо із $T_{пл.}$ = 1 539°C, титан – 1 665°C, хром – 1 903°C, вольфрам – 3 420°C.

Густина. Густина (ρ) різних металів також коливається в порівняно широких межах: від 0,53 г/см^3 у літію (Li) до 22,61 г/см^3 в осмію (Os). За густиною метали прийнято розподіляти на такі групи:

легкі метали, густина яких є найнижчою ніж 5 г/см^3. До легких металів належать літій із ρ = 0,53 г/см^3, калій – 0,86 г/см^3, натрій – 0,97 г/см^3, магній – 1,74 г/см^3, алюміній – 2,70 г/см^3. Літій, калій і натрій – це єдині метали, легші за воду;

важкі метали, густина яких є вищою за 5 г/см^3. Важкими металами є осмій із ρ = 22,61 г/см^3, платина – 21,45 г/см^3, золото – 19,30 г/см^3, ртуть – 13,60 г/см^3, свинець – 11,30 г/см^3, залізо – 7,87 г/см^3, цинк – 7,13 г/см^3.

Пластичність. Метали здебільшого є пластичними. Отже, метали можна кувати, витягувати в дріт і пресувати. За пластичністю метали розподіляють на:

пластичні – найбільш пластичними металами є золото (з 1 г золота можна витягнути дріт довжиною до 3 000 м), срібло і мідь;

крихкі – найбільш крихкими є хром, манґан, стибій (Sb).

Твердість. За твердістю розподіляють метали на:

тверді – найбільш тверді метали – це хром, вольфрам, титан, осмій, іридій (Ir), за допомогою яких навіть можна різати скло;

м'які – найбільш м'які метали – це цезій, який можна різати, а також рубідій (Rb) і калій. Також до м'яких металів належать золото, срібло, алюміній, свинець та індій, які легко піддаються обробленню.

Хімічні властивості металів

Серед металів традиційно виділяють декілька груп, згідно із їхнім розташуванням у періодичній системі хімічних елементів, що відображає схожість їхніх хімічних властивостей [2; 6].

Отже, існують такі групи металів:

лужні метали (літій (Li), натрій (Na), калій (K), рубідій (Rb), цезій (Cs), францій (Fr)) – це елементи I групи A (головної) підгрупи. Ці метали завжди мають ступінь окиснення +1. Вони є найбільш активними металами, що мають сильні відновні властивості, тобто легко віддають свої електрони зовнішнього енергетичного рівня. Під час взаємодії з водою утворюють луги – розчинні у воді основи;

лужноземельні метали (кальцій (Ca), стронцій (Sr), барій (Ba), радій (Ra)) – це елементи II групи A (головної) підгрупи. Завжди мають ступінь окиснення +2. Вони є менш активними, ніж лужні метали, але все ще сильними відновниками. Назву "лужноземельні метали" вони дістали через дві причини: "лужні" – тому що оксиди цих елементів взаємодіють із водою, утворюючи луги, а "земельні" – тому що ці оксиди вперше були виділеними з мінералів земної кори;

перехідні метали – це велика група елементів I – VIII B (побічної) підгруп. Мають змінні ступені окиснення, що лежать у межах від +1 до +8. В органометалічних сполуках ці метали можуть мати від'ємні ступені окиснення. Наприклад, осмій (Os) має такі ступені окиснення: −2, 0, +2, +3, +4, +6, +7 та +8. Перехідні метали діють як відновники, але значно слабше за лужноземельні метали. Назву "перехідні" пов'язано з тим, що в періодах ці елементи розташовуються між s- і p-елементами.

Представники, що входять до складу різних груп, характеризуються відмінною від інших металів хімічною активністю. Характерні хімічні властивості металів зумовлено будовою зовнішнього енергетичного рівня. Через малу кількість електронів на зовнішньому енергетичного рівні, атоми металів у хімічних реакціях їх легко віддають, перетворюючись на позитивно заряджені катіони. Проте здатність віддавати електрони в різних металів є різною, і чим вона є вищою, тим активніше метал реагує як відновник.

Не всі металічні елементи утворюють тільки катіони. Деякі можуть утворювати й аніони.

Здатність утворювати як катіони, так і аніони, називають **амфотерністю**.

До амфотерних металічних елементів належать берилій (Be), алюміній (Al), станум (Sn), плюмбум (Pb), германій (Ge), цинк (Zn), хром (Cr). Амфотерні елементи можуть мати як металічні (відновні), так і неметалічні (окисні) властивості. Вони можуть реагувати як із кислотами, так і з лугами, утворюючи відповідні солі.

Активність різних металів можна визначити за рядом активності металів [7; 12].

Ряд активності металів, або **електрохімічний ряд напруг,** або **ряд стандартних електродних потенціалів металів** – це послідовність елементів у порядку зниження їхніх стандартних потенціалів окиснення (тобто ступеня легкості віддавання електронів у хімічних реакціях) (додаток Б).

Положення металу в ряду активності характеризує те, наскільки активно цей метал може вступати в хімічні реакції (тобто те, наскільки сильними в нього є властивості відновника).

Із ряду активності металів випливають такі закономірності:

1. Чим лівіше стоїть метал у ряду активності, тим сильнішим відновником він є.

2. Кожен метал має здатність витісняти з розчинів солей ті метали, які в ряду активності стоять після нього (правіше).

3. Метали, розміщені в ряду активності лівіше ніж водень, здатні витісняти його з розчинів кислот.

4. Лужні й лужноземельні метали в будь-яких водних розчинах взаємодіють насамперед із водою.

За своїми хімічними властивостями метали можуть взаємодіяти:

із *простими речовинами-неметалами*: киснем, воднем, галогенами, сіркою, азотом (N_2), фосфором (P), вуглецем (C) тощо;

зі *складними речовинами*: водою, кислотами, лугами та солями.

Взаємодія металів із простими речовинами-неметалами:

із *киснем* метали взаємодіють, утворюючи основні й амфотерні оксиди. Наприклад, реакція кисню з магнієм приводить до утворення основного магній оксиду (MgO), а реакція з алюмінієм – амфотерного алюміній оксиду (Al_2O_3):

$$2Mg + O_2 = 2MgO;$$

$$4Al + 3O_2 = 2Al_2O_3.$$

Срібло, золото і платина із киснем не реагують;

із *воднем* метали взаємодіють, утворюючи гідриди. Наприклад під час взаємодії кальцію із воднем утворюється кальцій гідрид (CaH_2):

$$Ca + H_2 = CaH_2;$$

із *галогенами (фтором (F_2), хлором (Cl_2), бромом (Br_2)* і *йодом (I_2))* метали взаємодіють з утворенням галогенідів: фторидів, хлоридів, бромідів, йодидів. Наприклад:

$$2Ag + F_2 = 2AgF;$$

аргентум (I) фторид

$$2Na + Cl_2 = 2NaCl;$$

натрій хлорид

$$2Fe + 3Br_2 = 2FeBr_3;$$

ферум (III) бромід

$$2Al + 3I_2 = 2AlI_3;$$

алюміній йодид

із *сіркою* метали взаємодіють, утворюючи сульфіди. Наприклад, під час взаємодії сірки із цинком утворюється цинк сульфід (ZnS):

$$Zn + S = ZnS;$$

з *азотом, фосфором* і *вуглецем* активні метали реагують під час нагрівання, утворюючи нітриди, фосфіди та карбіди, відповідно. Наприклад:

$$6Li + N_2 = 2Li_3N;$$

літій нітрид

$$3Ca + 2P = Ca_3P_2;$$

кальцій фосфід

$$Ti + C = TiC.$$

титан карбід

Взаємодія металів зі складними речовинами:

із *водою* за звичайних умов взаємодіють лужні й лужноземельні метали, утворюючи розчинні у воді гідроксиди – луги та водень. Наприклад, під час взаємодії натрію, який є активним лужним металом, утворюється натрій гідроксид і вивільнюється H_2:

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2\uparrow;$$

із *водою* за підвищеної температури реагують деякі метали середньої активності, утворюючи оксиди металів і водень. Наприклад, хімічна реакція води із цинком приводить до утворення цинк оксиду (ZnO) і вільного H_2:

$$Zn + H_2O = ZnO + H_2\uparrow;$$

із *розчинами кислот-неокисників (усіх кислот, за винятком нітратної кислоти і концентрованої сульфатної кислоти)* взаємодіють метали, що стоять у ряду активності лівіше ніж водень, утворюючи сіль відповідної кислоти та водень. Наприклад, під час взаємодії алюмінію із розведеною сульфатною кислотою утворюється сіль – алюміній сульфат ($Al_2(SO_4)_3$) і вивільнюється H_2. А під час хімічної реакції хлоридної кислоти будь-якої концентрації із цинком – цинк хлорид ($ZnCl_2$) і H_2.

$$2Al + 3H_2SO_{4(розв.)} = Al_2(SO_4)_3 + 3H_2\uparrow;$$

$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2\uparrow;$$

із *розчинами кислот-окисників (нітратної кислоти будь-якої концентрації й концентрованої сульфатної кислоти)* метали взаємодіють з утворенням солі відповідної кислоти, води й однієї зі сполук нітрогену (N) або сульфуру (S). Наприклад:

$$K + 2HNO_{3(конц.)} = KNO_3 + NO_2\uparrow + H_2O;$$

калій нітрат нітроген (IV) оксид

$$4Ni + 10HNO_{3(розв.)} = 4Ni(NO_3)_2 + N_2O\uparrow + 5H_2O;$$

нікель нітрат нітроген (I) оксид

$$2Ag + 2H_2SO_{4(конц.)} = Ag_2SO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O;$$

арґентум (I) сульфат сульфур (IV) оксид

із *розчинами солей менш активних металів* метали реагують, утворюючи сіль більш активного металу і менш активний метал у вільному вигляді. Наприклад, під час реакції купрум (II) нітрату ($Cu(NO_3)_2$) із залізом, останній, через те, що є більш активним металом, витісняє купрум (Cu) як менш активний метал із солі. Водночас утворюється ферум (II) нітрат ($Fe(NO_3)_2$) і мідь у вільному стані:

$$Fe + Cu(NO_3)_2 = Fe(NO_3)_2 + Cu;$$

із *лугами* (розчинними гідроксидами) взаємодіють амфотерні метали. Наприклад, амфотерний метал берилій реагує з натрій гідроксидом з утворенням комплексної солі – натрій тетрагідроксоберилату ($Na_2[Be(OH)_4]$) і водню:

$$Be + 2NaOH + 2H_2O = Na_2[Be(OH)_4] + H_2\uparrow.$$

2.2. Метали, які застосовують у поліграфії

Метали існують у природі зазвичай у вигляді руд, після перероблення яких метали виділяють у більш або менш чистому вигляді [6].

У поліграфії застосовують такі метали, опис яких подано далі в алфавітному порядку.

Алюміній (Al) – це метал сріблясто-білого кольору, утворений хімічним елементом – алюмінієм, розташованим у III групі А (головній) підгрупі 3-го періоду періодичної системи з порядковим номером 13. У сполуках алюміній має ступінь окиснення +3.

Алюміній є найпоширенішим металом у земній корі (становить приблизно 8,8 % маси Землі) і третім за поширеністю елементом після оксиґену та кремнію (Si). Проте через високу хімічну активність у вільному стані в природі він не існує. Основним промисловим джерелом алюмінію є боксити (гірські породи, що складаються переважно з алюміній гідроксиду ($Al(OH)_3$)).

Алюміній володіє значним набором фізичних властивостей, що робить його незамінним у багатьох галузях. Він має дуже низьку густину

(2,7 г/см^3), що робить його в три рази легшим за залізо. Легко піддається обробленню: прокатуванню, витягуванню і куванню, що дозволяє виготовляти з нього тонку фольгу та дріт. Добре проводить електричний струм і тепло. За електропровідністю поступається лише сріблу та міді, але, завдяки легкій вазі, часто його використовують замість міді у високовольтних лініях. Алюміній має порівняно низьку температуру плавлення (660°C), що спрощує його лиття. Також він є слабко парамагнітним матеріалом (або здебільшого немагнітним).

Алюміній – це метал середньої активності, реакційна здатність якого має дві особливості. *По-перше*, унаслідок великої спорідненості алюмінію з киснем на повітрі його поверхня легко покривається тонкою, але дуже міцною оксидною плівкою (Al_2O_3). Ця плівка є хімічно інертною, пасивуючи метал і запобігаючи його подальшому окисненню та корозії в нормальних умовах. Через цю плівку алюміній є стійким до корозії у воді та повітрі. *По-друге*, сам алюміній, його оксид (Al_2O_3) і гідроксид ($Al(OH)_3$) є амфотерними, що означає, що вони реагують як із кислотами, так і з основами (лугами). Алюміній не розчиняється в переважній більшості органічних розчинників (спиртах, бензині, ацетоні тощо).

У поліграфії алюміній є критично важливим матеріалом, особливо в офсетному друці. Його застосування зумовлено унікальною комбінацією фізичних і хімічних властивостей: легкістю, міцністю, гнучкістю, відмінною електропровідністю та найголовніше здатністю до пасивації й утворення гідрофільної поверхні.

Основним і найважливішим застосуванням алюмінію в поліграфії є виготовлення з нього офсетних друкарських форм (пластин). Для цього використовують тонкі листи чистого алюмінію або його сплавів (зазвичай марки 1050 або 1100), які потім легко обробляють для досягнення необхідних властивостей поверхні друкарської форми. Алюмінієві сплави також можуть застосовувати для виготовлення друкованих форм високого друку, наприклад, для флексографії, або для виготовлення допоміжних кліше для тиснення.

У поліграфії алюміній використовують для виготовлення друкарських машин та іншого обладнання. Легкість і міцність алюмінієвих сплавів дозволяють знизити інерцію рухомих частин друкарських машин, підвищуючи їхню швидкість та ефективність.

З алюмінію виготовляють алюмінієву фольгу, яку використовують для виробництва високобар'єрного опакування (наприклад, для ліків або

харчових продуктів), на яку потім наносять друк. Дисперсії алюмінієвого порошку використовують як пігменти в спеціальних срібних (металевих) фарбах, що надають відбитку характерного блиску.

Залізо (Fe) – це типовий метал, який лежить в основі всіх чорних металів. Його утворено хімічним елементом – ферумом, який належить до групи перехідних металів та розміщений у VIII групі В (побічній) підгрупі 4-го періоду періодичної системи з порядковим номером 26. Найбільш характерними є ступені окиснення у сполуках: +2 та +3.

Залізо є другим за поширеністю металом (після алюмінію) і четвертим елементом у земній корі. У природі в чистому вигляді залізо існує лише в метеоритах. Основними залізовмісними рудами є такі: червоний залізняк (гематит, Fe_2O_3), магнітний залізняк (магнетит, $FeO \cdot Fe_2O_3$) та бурий залізняк (лімоніт, $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$).

За фізичними властивостями залізо – це блискучий сріблясто-білий метал. Має порівняно високу густину, що становить 7,87 г/см^3, і високу температура плавлення – 1 539°С. Це дуже пластичний і ковкий матеріал. Залізо є яскраво виявленим феромагнетиком. Воно сильно притягується до магніту та може зберігати намагніченість після видалення поля (через це є основою для постійних магнітів).

За хімічними властивостями залізо – це метал середньої активності. Чисте залізо не розчиняється у воді, але вступає в реакцію окиснення на повітрі (корозію) з утворенням іржі. Воно не реагує і не розчиняється в розчинах лугів (NaOH, KOH) навіть під час нагрівання. Залізо, будучи металом середньої активності (стоїть до водню у ряді напруг), легко розчиняється в багатьох кислотах. Металеве залізо, як і інші метали, не розчиняється в переважній більшості органічних розчинників через міцність металевих зв'язків та те, що немає хімічної взаємодії.

У поліграфії залізо та його сплави (сталі та чавуни) є незамінними матеріалами. На відміну від алюмінію, який використовують для виробництва витратних матеріалів (друкарських форм), залізо слугує структурною основою всього друкарського обладнання. Чавун (сплав заліза з високим умістом вуглецю понад 2 % (мас.)) застосовують для виготовлення найбільш масивних і статичних частин друкарських машин: станин (рам) машин і корпусів редукторів та передач. Сталі (сплави заліза з вуглецем та іншими хімічними елементами з умістом вуглецю до 2,14 % (мас.)) використовують для рухомих частин, де потрібно висока міцність,

твердість і зносостійкість: валів та осей, шестерень, зубчастих колес і ланцюгових передач, ножів та різальних елементів.

Феромагнітні властивості заліза та його сплавів використовують для утримання матеріалів та інструментів. У деяких типах ротаційного висікання або ламінування використовують циліндри зі сталевою основою, здатні утримувати гнучкі магнітні пластини чи ножі.

Залізо також використовують для виготовлення кліше глибокого друку (ротогравюр) та для конгревного тиснення (рельєфного друку), де потрібно надзвичайна міцність і стійкість до тиску. Із низьковуглецевих сталей (уміст вуглецю найчастіше становить 0,05 – 0,5 % (мас.), але іноді може досягати 1,2 % (мас.)) виготовляють дріт для зшивання книг і брошур.

Магній (Mg) – це блискучий метал сріблясто-білого кольору, утворений хімічним елементом магнієм, розташованим у II групі (лужноземельні метали) головній (А) підгрупі 3-го періоду періодичної системи з порядковим номером 12. У сполуках завжди має ступінь окиснення +2.

Магній є восьмим за поширеністю елементом у земній корі та одним із найбільш поширених елементів у морській воді (його солі $MgCl_2$ та $MgSO_4$, надають морській воді гіркого присмаку). У вільному вигляді магній не існує. Основними мінералами є такі: магнезит ($MgCO_3$), доломіт ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$) та карналіт ($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$).

Магній є відомим своїми унікальними фізичними властивостями. Це один із найбільш легких конструкційних металів (густина становить 1,74 г/см^3). Його сплави мають найкраще співвідношення міцності до ваги серед усіх металів. Температура плавлення магнію становить 650°С. Він є достатньо ковким та пластичним. Має слабко парамагнітні властивості.

Магній – це хімічно активний метал. Він легко запалюється на повітрі, горить яскравим сліпучо-білим полум'ям із виділенням великої кількості тепла. Цю властивість використовують у фотографічних спалахах та піротехніці. Магній повільно реагує з холодною водою. Його поверхня покривається тонкою, але нещільною плівкою магній гідроксиду ($Mg(OH)_2$), яка дещо уповільнює подальшу реакцію. Із гарячою водою або водяною парою реакція відбувається активно і швидко, утворюючи магній оксид (MgO). Магній легко та швидко розчиняється в більшості розбавлених кислот. Він не реагує і не розчиняється в розчинах лугів та органічних розчинниках.

У поліграфії використання магнію, хоча й не є таким поширеним, як алюмінію чи сталі, але досить важливим і зосередженим переважно

на його властивостях як легкого і міцного матеріалу та його здатності до хімічного травлення.

На ранніх етапах розвитку поліграфії, до широкого впровадження алюмінію, магнієві пластини використовували як основи для літографічних та офсетних форм, завдяки їхній хімічній активності, що полегшувала створення друкувальних і пробільних елементів. Зараз магній і його сплави є ідеальними матеріалами для виготовлення друкарських форм для високого друку, тиснення фольгою та конгревного тиснення. Це є історичним та технологічно найбільш значущим застосуванням магнію в поліграфії.

Утворюючи легкі конструктивні сплави, магній також використовують для підвищення швидкості й ефективності друкарських машин, а саме: із нього виготовляють деталі швидкісних механізмів і портативного обладнання.

Мідь (Cu) – це блискучий метал рожево-червоного кольору, утворений хімічним елементом купрумом, який належить до групи перехідних металів. Його розташовано в I групі побічній (B) підгрупі 4-го періоду періодичної системи з порядковим номером 29. Найбільш характерними є ступені окиснення: +1 (сполуки купруму (I) червоного кольору) та +2 (сполуки купруму (II) синього або зеленого кольору).

Мідь – це один із перших металів, освоєних людиною (мідний вік). Її сплав із оловом – бронза дав назву цілій епосі (бронзовому віку).

У природі мідь існує як у вільному (самородному) вигляді, так і у вигляді сульфідних руд (халькопірит $CuFeS_2$), оксидів та карбонатів.

Мідь цінують за її унікальне поєднання фізичних властивостей, особливо електро- та теплопровідності. Вона має найвищу електропровідність серед усіх металів, за винятком срібла. Це головна причина її використання в електротехніці. Мідь є надзвичайно пластичною; її легко витягувати в тонкий дріт і прокатувати в листи. Густина міді становить 8,98 г/см^3. Температура плавлення – 1 083°C. За магнітними властивостями вона належить до діамагнетиків.

Мідь – це малоактивний метал (стоїть у ряді активності після водню). Через це вона не реагує і не розчиняється в чистій воді, навіть під час нагрівання. Мідь не розчиняється в розчинах лугів, оскільки є типовим металом і не виявляє амфотерних властивостей. Вона розчиняється лише в тих кислотах, які є сильними окисниками. Через те, що немає хімічної взаємодії, мідь не розчиняється в органічних сполуках. Вона

не іржавіє, як залізо, але повільно окиснюється, утворюючи на поверхні патину – зелений шар, що складається з купрум (II) оксиду (CuO) та купрум (II) дигідроксидкарбонату ($Cu_2(OH)_2CO_3$), яка захищає метал від подальшої корозії.

У поліграфії використання міді ґрунтується на винятковій її твердості, зносостійкості (у сплавах) та контрольованій хімічній стійкості. Історично мідь була важливим матеріалом для виготовлення друкарських кліше (особливо для глибокого та високого друку), завдяки її дрібнозернистій структурі та стійкості до травлення. Зараз залишається актуальним її застосування для вузькоспеціалізованих високоякісних процесів. Мідь є еталонним матеріалом для виготовлення високоточних і довговічних кліше для тиснення фольгою або конгревного тиснення.

Нікель (Ni) – це сріблясто-білий із характерним легким золотистим відтінком метал, утворений хімічним елементом нікелем, який належить до групи перехідних металів. Його розташовано в VIII групі В (побічній) підгрупі 4-го періоду періодичної системи з порядковим номером 28. Найбільш характерним є його ступінь окиснення в сполуках +2.

У природі нікель рідко існує в чистому вигляді. Його основні руди такі: сульфідні (пентландит ($(Ni,Fe)_9S_8$), мілерит (NiS)) та силікатні (гарнієрит ($(Mg,Ni)SiO_3 + mH_2O$)).

Нікель має низку цінних фізичних властивостей. Він є одним із трьох металів (разом із залізом (Fe) і кобальтом (Co)), що мають яскраво виявлений феромагнетизм за кімнатної температури. Густина нікелю становить 8,90 г/см^3. Температура плавлення приблизно 1 445°C. Нікель володіє високою твердістю і міцністю. Водночас він характеризується високою гнучкістю, ковкістю і тягучістю, є здатним прокочуватися в дуже тонкі аркуші та витягуватися в дріт. Цей метал має стійкість до зношування та полірування.

Нікель – це метал середньої активності, який характеризується високою корозійною стійкістю у звичайних умовах. На повітрі нікель покривається тонкою, але щільною оксидною плівкою (NiO), яка пасивує його і захищає від подальшого окиснення та розчинення. Він не реагує і не розчиняється у воді й розчинах лугів, навіть під час нагрівання. Нікель повільно розчиняється в розбавлених кислотах. У холодному стані він пасивується (не розчиняється) у концентрованій нітратній кислоті, але під час нагрівання реакція може відбуватися. Цей метал добре розчиняється в "царській горілці" – суміші нітратної й хлоридної кислот.

Чистий нікель є нерозчинним у переважній більшості органічних розчинників.

У поліграфії нікель використовують не як основний конструкційний матеріал, а переважно для захисту, підвищення зносостійкості та формування високоточних друкарських поверхонь. Його застосування ґрунтується на високій корозійній стійкості, твердості та магнітних властивостях. Найчастіші нікель наносять тонким шаром на сталеві або мідні деталі (вали, циліндри, шестерні, друкарські форми) гальванічним способом. Таке покриття захищає важливі металеві елементи від хімічно агресивних речовин, що містяться у зволожувальних розчинах, промивних рідинах та деяких типах фарб; воно значно підвищує опір деталей до механічного спрацювання та тертя, продовжуючи строк служби обладнання та тиражестійкість друкарських форм; забезпечує гладку, блискучу та легко очищувану поверхню. Особливо велике значення нікелеві покриття мають під час виготовлення біметалевих офсетних форм плоского друку та підготовки циліндрів глибокого друку для ротогравюри.

Як феромагнетик нікель використовують у магнітних сплавах, що входять до складу сенсорів, двигунів та магнітних систем обладнання. У сучасних друкарських і післядрукарських машинах, де потрібно висока точність позиціонування й автоматизація, використовують елементи з нікелевими сплавами.

Олово (Sn) – це блискучий метал сріблястого кольору, утворений хімічним елементом станумом, розташованим у IV групі А (головній) підгрупі 5-го періоду періодичної системи з порядковим номером 50. У сполуках має ступінь окиснення: +2, +4.

У природі олово є порівняно рідкісним елементом. Основною рудою є каситерит (або олов'яний камінь (SnO_2)).

За фізичними властивостями олово – це м'який матеріал, що легко різати ножем. Воно є надзвичайно пластичним і ковким, що дає змогу виготовляти тонкі листи – фольгу. Густина металу становить 7,28 г/см^3. Олово має дуже низьку температуру плавлення (231,8°С). Під час згинання олов'яних пластинок можна чути характерний хрускіт, так званий "олов'яний крик"; його чутно тим ясніше, чим чистішим є олово. Цей тріск відбувається через співвісне зміщення кристалів олова.

Олово є амфотерним металом середньої активності. Воно є стійким до корозії, завдяки утворенню на поверхні тонкої, але щільної захисної оксидної плівки (SnO_2). Ця властивість робить його ідеальним для покриття

сталі (біла жерсть). Олово не розчиняється у воді за кімнатної температури та в типових органічних розчинниках, але добре розчиняється в більшості кислот. Олово, на відміну від заліза та міді, розчиняється в гарячих концентрованих розчинах лугів.

У поліграфії олово є ключовим компонентом сплаву, що використовують для виготовлення друкарського набору (літер, пробілів, лінійок) у технологіях високого друку (ручного набору, лінотипу, монотипу). Сплав складається переважно зі свинцю, стибію та олова. Унесення олова у свинцеві друкарські сплави поліпшує їхні ливарні властивості та механічну міцність.

Низька температура плавлення олова робить його основою для припоїв, необхідних у ремонті та монтажі поліграфічного обладнання, а саме електротехніки: електричних плат, мікросхем та електропроводки.

Сплави на основі олова (із додаванням міді та стибію) використовують для заливання підшипників ковзання у важких і високошвидкісних друкарських машинах, що мінімізує тертя та знос і підвищує довговічність та точність роботи циліндрів і валів.

Тонку фольгу з олова застосовують як матеріал для спеціальних видів пакування та герметизації.

Свинець (Pb) – це метал, який історично був дуже важливим для розвитку людства, але зараз його використання обмежують через токсичність. Його утворено хімічним елементом плюмбумом, розташованим в IV групі А (головній) підгрупі 6-го періоду періодичної системи з порядковим номером 82. У сполуках має ступінь окиснення: +2, +4.

У природі свинець є порівняно рідкісним металом. Основною рудою є галеніт (або свинцевий блиск (PbS)), який часто містить домішки срібла.

Свинець та його сполуки є токсичними; вони накопичуються в організмі, спричиняючи його отруєння. Це призвело до значного обмеження використання свинцю в побуті та промисловості (наприклад, є заборона використання свинцю в бензині та фарбах).

За фізичними властивостями свинець – це метал сірого кольору з легким синюватим відтінком. На зрізі яскраво блищить, але швидко тьмяніє на повітрі. Він є надзвичайно м'яким, його легко різати ножем, він залишає слід на папері. Свинець є дуже пластичним, його легко прокатувати в листи та видавлювати в дріт. Це один із найважчих металів, густина якого становить 11,34 г/см^3. Температура плавлення свинцю – 327,4°С. За 600°С свинець починає випаровуватися. Під час охолодження

розплавленого свинцю відбувається значна усадка, тобто скорочення обсягу виливки, і пов'язана із цим зміна її геометричних розмірів.

Свинець – це малоактивний метал (стоїть у ряді активності після водню); легко взаємодіє з киснем. Свинець є стійким до корозії в багатьох середовищах. Це пояснено утворенням захисної плівки нерозчинних сполук на його поверхні. Свинець практично не розчиняється в чистій воді й типових органічних розчинниках. Він виявляє слабку амфотерність і може розчинятися в гарячих концентрованих розчинах лугів. Розчинність свинцю в кислотах визначають розчинністю солі свинцю, яка утворюється в результаті реакції.

У поліграфії свинець раніше використовували головним чином під час виготовлення типографських сплавів (гарту). Він був основною частиною сплаву для лиття друкарських елементів у технологіях високого друку (набірних літер, пробільних матеріалів, кліше) та припоїв (Sn + + Pb) для монтажу та ремонту електронних компонентів друкарського та післядрукарського обладнання. Наразі використання свинцю в поліграфії мінімізовано або повністю заборонено через його токсичність. Сучасні друкарні повністю перейшли на безсвинцеві технології (офсетний, цифровий, флексографічний друк), використовують лише безсвинцеві припої для ремонту електроніки, здійснюють утилізацію старого гарту як небезпечних відходів.

Стибій (Sb) – це напівметал (металоїд), утворений хімічним елементом стибієм, його розташовано в V групі А (головній) підгрупі 5-го періоду періодичної системи з порядковим номером 51. У сполуках має ступінь окиснення: +3, +5.

У природі основним мінералом стибію є антимоніт або стибніт (Sb_2S_3).

Стибій та його сполуки є токсичними, хоча в нижчому ступені, ніж свинець.

За фізичними властивостями стибій має сріблясто-білий колір із блакитним відтінком. Густина чистого стибію становить 6,62 г/см^3, температура плавлення є порівняно низькою – 630,5°С. Він є дуже крихким. Його не можна кувати. Унікальною властивістю стибію є те, що він збільшується в об'ємі під час переходу з рідкого стану у твердий. Ця властивість є критично важливою для його використання в поліграфії.

Хімічні властивості стибію як напівметалу мають свої особливості, оскільки він виявляє як металеві, так і неметалеві властивості. Стибій

не розчиняється у воді за нормальних умов і типових органічних розчинниках. Він не розчиняється в розчинах лугів, оскільки, на відміну від алюмінію та олова, його амфотерні властивості є виявленими слабко. Стибій як напівметал не реагує з розведеними неокиснювальними кислотами, як мідь, але легко реагує із сильними кислотами-окисниками. На повітрі за нормальної температури стибій не окиснюється, але значно окиснюється під час нагрівання в розплавленому стані.

У поліграфії стибій є одним із трьох ключових елементів сплаву, відомого як гарт (або типографський метал). Цей сплав використовували для лиття автоматичного і ручного набору в технологіях лінотипу, монотипу та для ручного набору літер у високому способі друку. У зв'язку з переходом світової поліграфії на офсетний та цифровий друк, потребу в гарті, а отже, і в стибії, різко скоротили. Проте стибій залишається матеріалом, який у деяких випадках використовують у вигляді сплавів для виготовлення високоточних, твердих кліше для тиснення або конгреву (хоча мідь і цинк є більш поширеними).

Хром (Cr) – це сріблясто-білий метал із характерним яскравим блиском, який не тьмяніє на повітрі. Його утворено хімічним елементом хромом, який належить до групи перехідних металів. Його розташовано в VI групі B (побічній) підгрупі 4-го періоду періодичної системи з порядковим номером 24. Найбільш стійкими та поширеними є ступені окиснення: +2, +3, +6.

У природі основним мінералом хрому є хроміт або хромистий залізняк ($Fe(CrO_2)_2$ або $FeO \cdot Cr_2O_3$).

Хром має значні фізичні характеристики, які роблять його ідеальним для промислового використання. Він один із найтвердіших металів, яким можна різати скло. Густина хрому становить 6,8 – 7,2 г/см^3, температура плавлення – 1 890°C. У чистому вигляді цей метал є крихким, але за певних умов може бути пластичним. Хром має слабкі парамагнітні властивості.

Хром є металом середньої активності, але його реакційну здатність ускладнено пасивацією. Він не розчиняється у воді, тому що його поверхня миттєво покривається надзвичайно щільною захисною оксидною плівкою (Cr_2O_3), яка є хімічно інертною. Хром не розчиняється в розчинах лугів, оскільки його оксид хоч і є амфотерним, але слабко реагує з лугами. Хром пасивується (не розчиняється) у холодній концентрованій нітратній кислоті, так само як залізо та алюміній, але розчиняється в розведених

кислотах під час нагрівання, оскільки кислота руйнує пасивувальну плівку. Металевий хром не розчиняється в типових органічних розчинниках.

У поліграфії хром є надзвичайно важливим матеріалом, особливо для підвищення довговічності, твердості та точності друкарських поверхонь. Його застосування пов'язано із процесом хромування та легування сталей.

У поліграфії найтонші шари хрому наносять гальванічним способом на поверхню типографських стереотипів і форм глибокого друку для підвищення їхньої тиражестійкості. Під час виготовлення біметалевих офсетних пластин плоского друку гальванічні хромові шари утворюють гідрофільні пробільні ділянки форми.

Більшість критичних елементів друкарського обладнання, що контактують з агресивними хімічними речовинами (зволожувальними розчинами, промивними рідинами, деякими фарбами), виготовлені з нержавійної сталі, де хром є легувальною добавкою.

Цинк (Zn) – це блакитно-білий блискучий метал, утворений хімічним елементом цинком, який належить до групи перехідних металів. Його розташовано в II групі В (побічній) підгрупі 4-го періоду періодичної системи з порядковим номером 30. У сполуках завжди має ступінь окиснення +2.

У природі в чистому вигляді цинку немає. Основним мінералом є цинкова обманка, або сфалерит (ZnS).

Цинк є важким металом, густина якого, залежно від характеру механічного оброблення, коливається від 6,9 до 7,4 г/см^3. Чистий цинк плавиться за порівняно низькій температурі 420°С. За кімнатної температури він є достатньо крихким, але під час нагрівання до 100 – 130°С стає тягучим і його можна кувати, прокочувати в листи та витягувати в дріт. За 270°С цинк стає тендітним і може бути подрібненим у порошок.

Цинк – це амфотерний метал середньої активності. Високий негативний електрохімічний потенціал робить його чудовим матеріалом для жертовного анода та гальванічних елементів. Цинк є стійкий до корозії. На повітрі він покривається тонкою, але щільною плівкою, що складається із цинк оксиду та цинк дигідроксикарбонату ($Zn(OH)_2CO_3$). Через це цинк не розчиняється в чистій воді за кімнатної температури. Також він не розчиняється в органічних розчинниках. Проте цинк легко та швидко розчиняється в більшості кислот і гарячих концентрованих розчинах лугів, оскільки його захисна плівка руйнується.

У поліграфії використання цинку є історично значущим, хоча в сучасних високотиражних технологіях його значною мірою витіснили алюміній, мідь та фотополімери. Цинк цінували за його доступність, пластичність та здатність до хімічного травлення. Цинк був одним з основних матеріалів для виготовлення друкарських форм високого друку (кліше) та офсетних друкарських форм плоского друку. Здебільшого зараз цинк використовують у сплавах для забезпечення міцності та ливарних властивостей матеріалів для виготовлення точних, невеликих деталей у друкарських та післядрукарських машинах (елементів подавання паперу, замків форм, втулок, клапанів та іншої фурнітури).

2.3. Загальна характеристика сплавів

Властивості чистих металів, зазвичай, не відповідають необхідним вимогам, тому практично у всіх сферах людської діяльності, зокрема в поліграфії, найчастіше використовують не чисті метали, а їхні сплави [12].

Сплав – це однорідна тверда (або рідка) система, що складається із двох або більше хімічних елементів, принаймні один із яких – метал.

До складу сплавів, крім металів, можуть входити також неметали, наприклад, вуглець або кремній. Додаючи в певній кількості добавки інших металів і неметалів, можна створити багато тисяч матеріалів із найрізноманітнішими властивостями.

Сплави утворюють сплавленням компонентів (розплавленням та змішуванням), електролізом розчинів і розплавів, випаровуванням порошків металів тощо.

Хімічний зв'язок у сплавах є металічним. Тому вони мають металічний блиск, електричну провідність та інші властивості металів. Але сплав, порівняно з вихідним металом, може бути:

механічно міцнішим і твердішим;

зі значно вищою або нижчою температурою плавлення;

стійкішим до корозії;

стійкішим до високих температур;

практично не змінювати своїх розмірів під час нагрівання або охолодження тощо.

Наприклад, чисте залізо – це порівняно м'який метал. Під час додавання до заліза вуглецю твердість сплаву істотно зростає. Проте не тільки

вуглець змінює властивості сталі. Додавання до сталі хрому робить її нержавійною, вольфраму – набагато твердішою, манґану – зносостійкою, а ванадію – міцнішою.

Отже, сплави створюють для того, щоб мати матеріал із кращими характеристиками, ніж будь-який із його вихідних компонентів окремо.

Основними компонентами будь-якого сплаву є основа, легувальні елементи та різні домішки.

Основа (база) сплаву – це метал, уміст якого є найбільшим (наприклад, залізо у сталі, мідь у бронзі, алюміній у дюралюмінію).

Легувальні елементи сплаву – це елементи (металеві або неметалеві), які вносять у сплав для надання йому певних бажаних властивостей (наприклад, хром для нержавійної сталі, цинк для латуні).

Домішки сплаву – це небажані речовини, які потрапляють у сплав із рудою або технологічним процесом (наприклад, сірка та фосфор у сталі).

Сплави класифікують за різними ознаками:

1. За типом основного компонента (металу):

чорні сплави – це сплави на основі заліза (сталь, чавун);

кольорові сплави – це сплави на основі інших металів, наприклад, міді (латунь, бронза), нікелю (ніхром, монель), алюмінію (дюралюміній, силумін).

2. За кількістю компонентів:

подвійні сплави – це сплави, що містять два компоненти. Наприклад, бронзи мають склад Cu – Me, де Me – це метал, яким можуть бути берилій, алюміній, манґан, або латунь – це сплав міді із цинком (Cu – Zn);

потрійні сплави – це сплави, що містять три компоненти. Наприклад, мельхіор складається з міді, нікелю та заліза (Cu – Ni – Fe).

3. За властивостями:

тугоплавкі сплави – це клас матеріалів, які мають винятково високу температуру плавлення (зазвичай вищу за 2 000°C) та зберігають високу механічну міцність, твердість і хімічну стійкість за екстремально високих температур (понад 1 000°C). До таких матеріалів належать сплави на основі танталу (Ta), ніобію (Nb), вольфраму, молібдену (Mo), цирконію (Zr) і титану;

легкоплавкі сплави – це клас матеріалів, які мають низьку температуру плавлення (зазвичай нижчу за 450°C), яка часто є нижчою, ніж у будь-якого із їхніх вихідних компонентів. До цього класу належать

сплави, основою яких є метали з низькою температурою плавлення, як-от олово, свинець, вісмут, кадмій (Cd) та індій;

жаростійкі сплави – це клас матеріалів, ключова функція яких полягає в збереженні структурної цілісності та хімічної стійкості за тривалого впливу високих температур. Жаростійкість більшості сплавів забезпечено утворенням на їхній поверхні щільної, тонкої та хімічно інертної захисної плівки (такий процес називають пасивацією). Під час нагрівання легувальні елементи, особливо хром, алюміній або кремній, швидко окиснюються, утворюючи відповідні оксиди (Cr_2O_3, Al_2O_3, SiO_2);

тверді сплави – це клас матеріалів, відомих своєю винятковою твердістю, зносостійкістю та жароміцністю, які використовують переважно для різання, буріння та штампування. Вони складаються з надтвердих тугоплавких сполук (найчастіше карбідів (вольфрам карбіду (WC), титан карбіду (TiC), тантал карбіду (TaC)), рідше нітридів і боридів) та металевої зв'язки (матриці), яка їх утримує. Найбільш поширеним компонентом зв'язки є кобальт;

корозійностійкі сплави – це клас матеріалів, які мають високу хімічну стійкість до руйнування, унаслідок хімічної або електрохімічної взаємодії з навколишнім середовищем (водою, кислотами, лугами, газами). Ці сплави класифікують за металом-основою, який забезпечує механічну міцність, тоді як легувальні елементи (особливо хром і нікель) забезпечують антикорозійний захист. Основою таких сплавів, зазвичай, є залізо і титан.

2.4. Найважливіші властивості друкарських сплавів

Друкарські сплави – це металеві матеріали, що використовують для виготовлення друкарських форм, кліше, літер, валів та інших елементів поліграфічного обладнання. Від їхніх властивостей безпосередньо залежить якість відбитка, довговічність форм і стабільність процесу друкування.

Найважливіші властивості друкарських сплавів наведено далі.

Температура плавлення і *температура відливання друкарських сплавів.* Треба розрізняти температуру плавлення і температуру відливання друкарських сплавів. За температури плавлення друкарський сплав переходить із твердого стану в рідкий, але він не має ще достатньої рухливості (рідинотекучості), необхідної для гарної якості відливання.

Лише за подальшого нагрівання, вищого за температуру плавлення, сплави набувають рідинотекучості, потрібної для відливання.

Отже, температура відливання завжди є вищою за температуру плавлення сплаву на 15 – 20°С.

Дуже важливо, щоб друкарські сплави добре відливалися за можливо більш низької температури (за найменшого перегріву). Оскільки, чим вищою є температура відливання, тим вищою витрата електроенергії, газу, тим складнішою і шкідливішою робота, швидше вигоряють матриці, утруднено роботу відливного механізму. Тому для відливання друкарських шрифтів і стереотипів є придатними тільки порівняно легкоплавкі сплави.

Ливарні властивості сплавів. Ливарні властивості сплавів залежать від їхньої здатності в розплавленому стані заповнювати всі деталі відливної форми. Зі сплаву з гарними ливарними властивостями можна виготовити шрифти й стереотипи потрібних геометричних розмірів із рівними та чіткими краями. Ливарні властивості сплаву є тим кращими, чим більше знижується в'язкість сплаву під час його нагрівання вищого за температуру плавлення.

До ливарних властивостей належить *усадка* сплаву, тобто скорочення об'єму (і зміна геометричних розмірів) металів і сплавів під час їхнього охолодження і переходу з розплавленого стану у твердий. Наприклад, об'єм олова у разі застигання зменшується на 2,7 %, свинцю – на 3,4 %, алюмінію – на 6,7 %. Під час відливання типографських шрифтів зі сплавів із надзвичайно великою усадкою неможливо виготовити літери необхідних точних розмірів.

Хімічна дія розплавленого сплаву. Сплави, що хімічно діють у розплавленому стані на матриці та інші деталі відливного механізму, зовсім не є придатними для відливання шрифтів, оскільки порушують нормальну роботу відливних апаратів і передчасно виводять їх із ладу.

Механічна міцність сплаву. Механічна міцність сплаву має бути достатньою для друкування великих тиражів, без помітного зносу друкувальних елементів форми під дією значного тиску друкарського циліндра і за сильного тертя паперу. Твердість друкарського сплаву – одна з найбільш важливих властивостей, оскільки чим твердішим є друкарський сплав, тим вищою тиражестійкість друкарської форми, виготовленої із цього сплаву. Важливо також, щоб сплав не був крихким, тобто мав деяку пружність. Два сплави однакової твердості можуть мати різну

тиражестійкість: сплав із нижчою пружністю буде швидше зношуватися під час друкування.

Утрати сплаву під час повторних переплавлень. Під час виготовлення друкарських сплавів, переплавлення стереотипів і машинного набору сплави окиснюються, переходять частково в ізгар і частково випаровуються. Водночас відбувається втрата частини сплаву, так званий "чад" сплаву. Зважаючи на дефіцитність кольорових металів, із яких складається друкарський сплав, а також шкідливість пари металів для людського організму, треба прагнути, щоб чад сплаву за повторних переплавлень був мінімальним. Це вдається зробити, точно дотримуючись технологічних інструкцій виготовлення і переплавлення друкарських сплавів, відливання стереотипів і машинного набору.

Корозійна стійкість друкарських сплавів. Поверхня друкарської форми має бути стійкою до хімічної дії вологи, кисню повітря, друкарських фарб, змивальних речовин тощо, інакше друкарська форма дуже швидко стане не придатною під час зберігання її в цеху або друкування. Друкарські свинцеві сплави є повністю корозійностійкими. Не мають широкого застосування дешеві марки вуглецевої сталі.

Корозія друкарського сплаву рідко призводить до раптового руйнування, але вона може погіршити якість друку. Наприклад, окиснення може призвести до утворення шару оксиду металу, який робить краї літер менш гострими, або якщо метал, що повертається на переплавлення, є сильно окисненим, це може вплинути на якість нового лиття, потребуючи додаткового очищення.

Отже, зважаючи на найважливіші вимоги до властивостей друкарських матеріалів, **у поліграфії використовують такі види сплавів**:

сплави на основі алюмінію є одними з найважливіших у сучасній поліграфії. Їх застосовують для виготовлення офсетних друкарських форм (пластин), корпусів поліграфічних машин, елементів конструкцій. Вони мають такі переваги, як малу масу, високу корозійну стійкість, добру оброблюваність, стабільність геометричних розмірів. Найчастіше використовують алюміній із домішками магнію, манґану або кремнію;

сплави свинцю, олова та стибію – це типографські сплави, які традиційно використовували у високому друці для виготовлення літер ручного та машинного набору, кліше і матриць. Перевагами цих сплавів є низька температура плавлення, добра литтєздатність, висока зносостійкість, чітке відтворення дрібних деталей;

сплави міді (бронзу, латунь) широко застосовують у глибокому та флексографічному друці. Бронза – це сплав міді й олова, який має високу зносостійкість та антифрикційні властивості, через що її використовують для виготовлення втулок, підшипників і деталей друкарських машин. Латунь – це сплав міді й цинку, який поєднує високу міцність і пластичність, корозійну стійкість, легкість механічного оброблення та привабливий зовнішній вигляд. Із неї виробляють кліше, декоративні елементи та механічні деталі;

сплави заліза – сталі й чавуни, використовують для виготовлення відповідальних механічних частин: друкарських циліндрів, валів, рам машин, шестерень тощо. Ці сплави мають високу міцність, довговічність, стійкість до навантажень;

нікелеві та хромовані сплави застосовують для покриття друкарських валів, захисту деталей від корозії та підвищення їхньої зносостійкості. До головних переваг цих сплавів належать твердість, хімічна стійкість та гладка поверхня, необхідна для якісного друку;

цинкові сплави – це матеріали, із яких виготовляють кліше та друкарські форми високого друку. Їхніми перевагами є легкість гравіювання, добра точність відбитка, порівняно низька вартість.

Рекомендована література: [2; 6; 7; 12].

Питання для самопідготовки

1. Добування металів.
2. Характеристика основних сплавів заліза, алюмінію і міді.
3. Травлення металів у поліграфії.

Запитання для самодіагностики

1. Які речовини належать до металів?
2. Наведіть характеристику основних фізичних властивостей металів.
3. На які групи розподіляють метали, згідно із їхнім розташуванням у періодичній системі хімічних елементів?
4. На що вказує ряд активності металів?
5. Перелічіть метали, які застосовують у поліграфії.

6. Які метали застосовують у поліграфії безпосередньо, а які тільки у вигляді сплавів?

7. Що таке "сплав"?

8. Які властивості мають сплави, порівняно з металами?

9. За якими ознаками класифікують сплави?

10. Назвіть найважливіші властивості друкарських сплавів?

3. Органічні речовини в поліграфії

Мета теми полягає у формуванні уявлення про основні класи органічних речовин, що використовують у поліграфічному виробництві; їхній склад, хімічні й фізичні властивості та функціональне призначення.

Професійні компетентності: здатність оцінювати вплив органічних речовин на якість друкованої продукції та технологічні процеси; розуміння важливості дотримання правил безпеки й екологічних норм під час роботи з органічними речовинами.

Основні питання:

3.1. Основні положення органічної хімії.

3.2. Загальні відомості про полімери.

3.3. Полімери та їхнє застосування в поліграфії.

3.4. Пластмаси, каучуки та гума в поліграфії.

Ключові слова: органічні сполуки, карбон, гідроген, оксиген, нітроген, ковалентний зв'язок, карбоновий ланцюг, ізомерія, гомологічний ряд, функціональна група, полімер, полімеризаційні синтетичні полімери, конденсаційні синтетичні полімери, пластмаси, каучуки, гума.

3.1. Основні положення органічної хімії

Органічна хімія – це самостійний розділ хімії, предметом вивчення якого є *органічні сполуки*: їхні будова, властивості, методи добування, можливості практичного застосування [4; 9].

Органічні сполуки – це всі сполуки карбону, *ковалентно пов'язані* між собою та з атомами інших елементів (найчастіше гідрогену, оксигену та нітрогену), крім найпростіших, які прийнято зараховувати до неорганічних сполук.

Органічні сполуки є основним матеріалом (крім води), із якого побудовані організми рослин, тварин, зокрема і людини. Отже, раніше вважали, що вони можуть утворюватися лише в живих організмах (звідси й назва), проте сучасна хімія дозволяє синтезувати мільйони органічних сполук штучно. Згідно із цим органічні речовини розподіляють на природні та штучні, або синтетичні.

До *природних органічних сполук* належать:

корисні копалини – нафта, природний газ;

продукти рослинного походження – деревина, цукор, крохмаль, олії, природний каучук, волокна бавовни, льону тощо;

продукти тваринного походження – білки, жири, вуглеводи, волокна шерсті тощо.

До *штучних та синтетичних органічних сполук* зараховують полімери, пластмаси, гуму, синтетичні волокна, пігменти, барвники, органічні розчинники, ліки, засоби захисту рослин, мило та інші мийні засоби.

На відміну від неорганічних **органічні сполуки мають ряд характерних особливостей** [12], які наведено далі.

1. Органічні сполуки утворено переважно атомами чотирьох хімічних елементів (елементів-органогенів): *карбону, гідрогену, оксигену, нітрогену*. Вони становлять 98 % усіх атомів, що входять до складу органічних сполук. Також органічні сполуки можуть містити інші хімічні елементи: сульфур, фосфор, галогени (флуор, хлор, бром, йод) та деякі метали (натрій, магній, купрум, ферум, манґан тощо) окремо чи в різних композиціях.

2. Атом карбону в органічних сполуках завжди є *чотиривалентним*, у зв'язку із чим атоми карбону можуть утворювати одинарні, подвійні та потрійні зв'язки між собою або з атомами інших хімічних елементів (рис. 3.1).

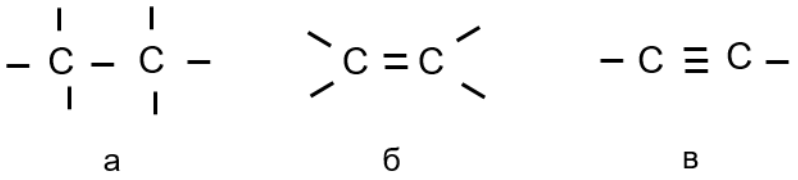


Рис. 3.1. **Схема утворення одинарного (а), подвійного (б) і потрійного (в) зв'язків атомом карбону**

3. Зазвичай *хімічний зв'язок* між атомами в молекулах органічних сполук є *ковалентним*, який виникає переважно між атомами неметалічних хімічних елементів через утворення спільних електронних пар, унаслідок перекривання електронних орбіталей взаємодійних атомів.

Ковалентний зв'язок може бути полярним, який існує між атомами хімічних елементів, що мають різну електронегативність. Через це спільна електрона пара є несиметричною і зміщеною в бік атома з більшою електронегативністю. Такий тип зв'язку існує між атомами карбону і гідрогену (C – H), карбону й оксигену (C – O), карбону і нітрогену (C – N), карбону і галогенами (C – Cl, C – Br).

Ковалентний зв'язок також може бути неполярним, який існує між атомами з однаковою електронегативністю, водночас спільна електронна пара розміщується симетрично відносно ядер сполучених атомів і однаковою мірою належить обом атомам. Неполярний ковалентний зв'язок виникає між атомами карбону (C – C). Хімічний зв'язок може бути позначено двома крапками (рис. 3.2а) або рискою (рис. 3.2б).

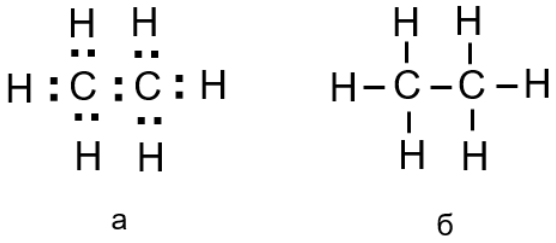


Рис. 3.2. **Схема утворення ковалентного полярного (C – H) і неполярного (C – C) зв'язків на прикладі молекули етану**

Рідше в органічних сполуках простежують іонний тип зв'язку, який існує в речовинах, утворених металічними й неметалічними елементами, через електростатичну взаємодії між іонами – позитивно та негативно зарядженими частинками (катіонами й аніонами). Переважно такий тип зв'язку виникає в молекулах солей карбонових кислот. Наприклад, натрій етаноат (CH_3COONa) – натрієва сіль етанової кислоти – має іонний тип зв'язку, що утворений катіоном натрію (Na^+) та аніоном етаноатом (CH_3COO^-) – кислотним залишком етанової кислоти (рис. 3.3).

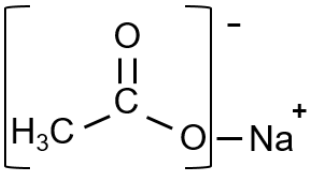


Рис. 3.3. **Схема утворення іонного зв'язку на прикладі молекули натрій етаноату**

4. Будову органічних сполук виявляють за допомогою *структурних формул* – умовного зображення будови органічної сполуки, у якому кожний ковалентний зв'язок позначають рискою.

5. Більшість органічних сполук мають молекулярну будову, тому для них є характерними порівняно низькі температури плавлення й кипіння.

Органічні сполуки є леткими рідинами або легкоплавкими твердими речовинами, багато з них є газуватими за звичайних умов.

Більшість органічних сполук є не розчинними у воді. Розчинні у воді сполуки зазвичай є неелектролітами.

6. Органічні сполуки є нестійкими до нагрівання. Під час нагрівання в межах 400 – 600°С органічні сполуки повністю розкладаються й обвуглюються, а за наявності кисню згоряють. Це пояснено порівняно невеликою міцністю зв'язку між атомами карбону, яка становить 355,6 кДж. Під час горіння органічних сполук утворюється карбон (IV) оксид та вода.

7. Різноманітність органічних сполук зумовлено здатністю чотиривалентного атома карбону утворювати лінійні карбонові ланцюги, розгалужені структури, кільця (цикли) (рис. 3.4), а також наявністю явища ізомерії. Зокрема, на початок 2018 року зареєстровано 110 млн органічних сполук, кількість яких постійно зростає, адже щороку синтезують сотні тисяч нових.

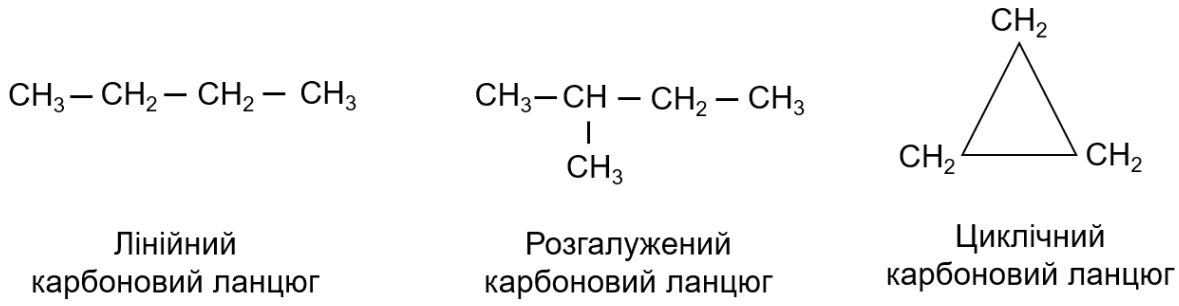


Рис. 3.4. **Види карбонових ланцюгів**

8. Серед органічних сполук значно поширеним є явище ізомерії.

Ізомерія – це явище існування сполук, однакових за хімічним складом та молекулярною масою, але різних за будовою та властивостями.

Речовини з однаковим якісним і кількісним складом, але з різною просторовою будовою молекул називають **ізомерами**. Ізомери мають однакові молекулярні, але різні структурні формули. Кількість можливих ізомерів є тим більшою, чим більша кількість атомів карбону у молекулі органічної сполуки.

Ізомерію розподіляють на два великі класи: структурну та просторову.

Структурна ізомерія виникає, унаслідок різного порядку з'єднання атомів у молекулі. Розрізняють ізомерію карбонового ланцюга, ізомерію положення та міжкласову ізомерію.

Ізомерію карбонового ланцюга зумовлено різним порядком зв'язку між атомами карбону. Наприклад, ізомерами є бутан і 2-метилпропан, які мають однакову хімічну формула – C_4H_{10}, але різну будову (рис. 3.5).

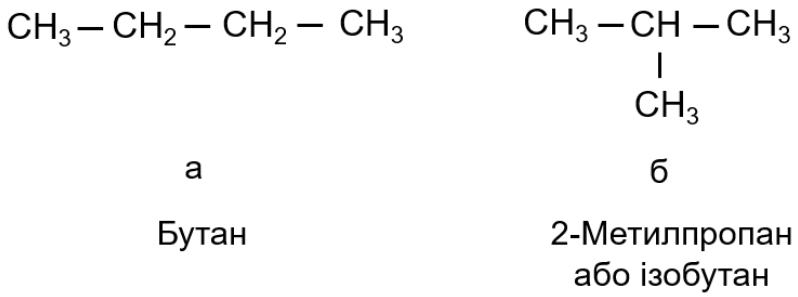


Рис. 3.5. **Ізомерія карбонового ланцюга**

Ізомерію положення характеризує різне положення кратного зв'язку або функціональної групи (рис. 3.6). Наприклад, у ненасичених вуглеводнів бутену-1 та бутену-2 (хімічна формула C_4H_8) подвійний зв'язок розташовано після 1-го та 2-го атомів карбону, відповідно. Теж стосується й одноатомних спиртів пропанолу-1 та пропанолу-2 (хімічна формула C_3H_7OH), у яких функціональну гідроксильну групу (– OH) розташовано біля 1-го і 2-го атомів карбону, відповідно.

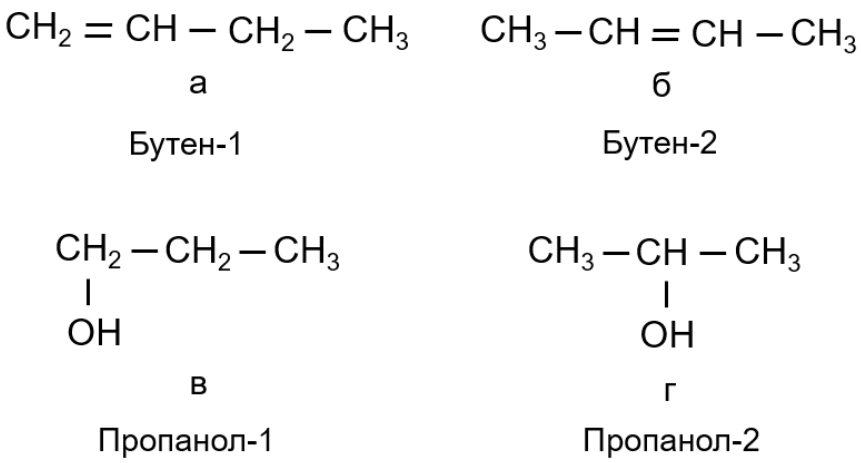


Рис. 3.6. **Ізомерія положення**

Міжкласова ізомерія – це вид ізомерії, коли сполуки належать до різних класів органічних речовин, але мають однаковий якісний і кількісний склад. Наприклад, етанол та диметиловий етер обидва мають хімічну формулу C_2H_6O, але перший належить до класу спиртів і є рідиною, а другий – до класу складних ефірів і є газом (рис. 3.7).

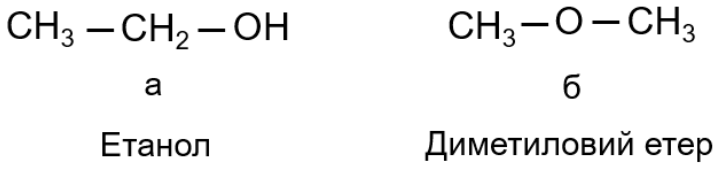


Рис. 3.7. **Міжкласова ізомерія**

Просторова ізомерія виникає, коли атоми з'єднано в однаковій послідовності, але по-різному розташовано в просторі. Розрізняють геометричну й оптичну ізомерію.

Геометрична (цис- / транс-ізомерія) виникає через неможливість вільного обертання атомів навколо подвійного зв'язку. Водночас утворюються:

цис-ізомер – ізомер, у якого однакові групи атомів розташовано по один бік від площини зв'язку;

транс-ізомер – ізомер, у якого однакові групи атомів розташовано по різні боки.

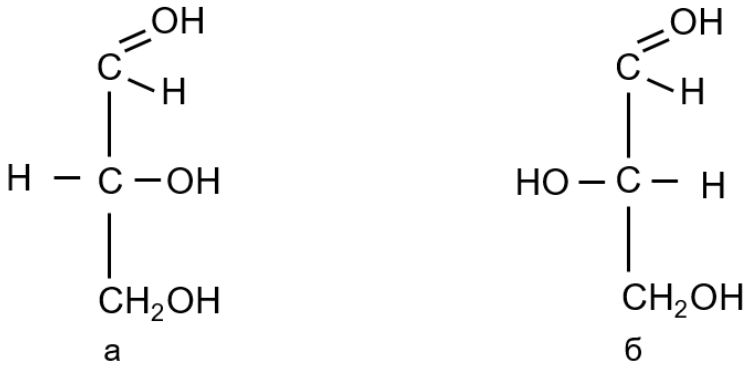
Наприклад, бутен-2 (C_4H_8) може мати два ізомери (рис. 3.8).



Цис-Бутен-2 Транс-Бутен-2

Рис. 3.8. **Геометрична ізомерія**

Оптична ізомерія (дзеркальна) – це вид ізомерії, коли молекули є дзеркальними відображеннями одна одної (як ліва і права рука) і не суміщаються просторово, маючи хіральний центр (зазвичай атом карбону, зв'язаний із чотирма різними функціональними групами) (рис. 3.9).



а б

D-(+)-Гліцериновий альдегід L-(−)-Гліцериновий альдегід

Рис. 3.9. **Оптична ізомерія**

Фундаментом сучасної органічної хімії є *теорія хімічної будови органічних сполук*, сформульована Олександром Бутлеровим 1861 року [4; 9]. До неї хімія була набором розрізнених фактів, а після – стала логічною системою. Теорія хімічної будови Бутлерова дозволила не лише систематизувати накопичений на той час в органічній хімії величезний матеріал, але й передбачити існування нових сполук, а також указати спосіб їхнього утворення. За важливістю її можна порівняти з періодичною системою Д. І. Менделєєва.

Основні положення теорії хімічної будови органічних сполук такі:

1. Атоми, що входять до складу молекули органічних сполук, зв'язані між собою в точно визначеному порядку, згідно із їхніми валентностями. Послідовність зв'язування атомів у молекулі називають *хімічною будовою*.

2. Властивості речовини залежать не тільки від того, які атоми та у якій кількості входять до складу її молекули, але й від того, у якій послідовності вони є зв'язаними між собою, тобто від хімічної будови молекули.

3. Атоми або групи атомів, що утворюють молекулу, як зв'язані безпосередньо, так і зв'язані через інші атоми, взаємно впливають одні на інші, від чого залежить реакційна здатність молекули.

4. Вивчаючи реакційну здатність речовини, можна встановити її будову, і навпаки, за будовою речовини можна визначити її властивості.

Для облегшення вивчення властивостей органічних сполук їх розподіляють на класи.

Органічні сполуки класифікують за декількома ознаками:

елементарним складом сполук;

будовою карбонового ланцюга;

видом зв'язку;

наявністю функціональних (характеристичних) груп.

Основні класи органічних сполук показано на рис. 3.10.

Вуглеводні – це найпростіші органічні сполуки, молекули яких складаються з атомів двох елементів – карбону і гідрогену [2; 4; 9].

За будовою карбонового ланцюга вуглеводні розподіляють на ациклічні та циклічні. Залежно від характеру зв'язків між атомами в карбоновому ланцюзі, їх розподіляють на насичені, ненасичені та ароматичні.

Вуглеводні є "фундаментом" органічної хімії, оскільки всі інші органічні речовини (оксигеновмісні, нітрогеновмісні тощо) можна розглядати як похідні вуглеводнів, у яких один або кілька атомів гідрогену заміщено на інші групи атомів.

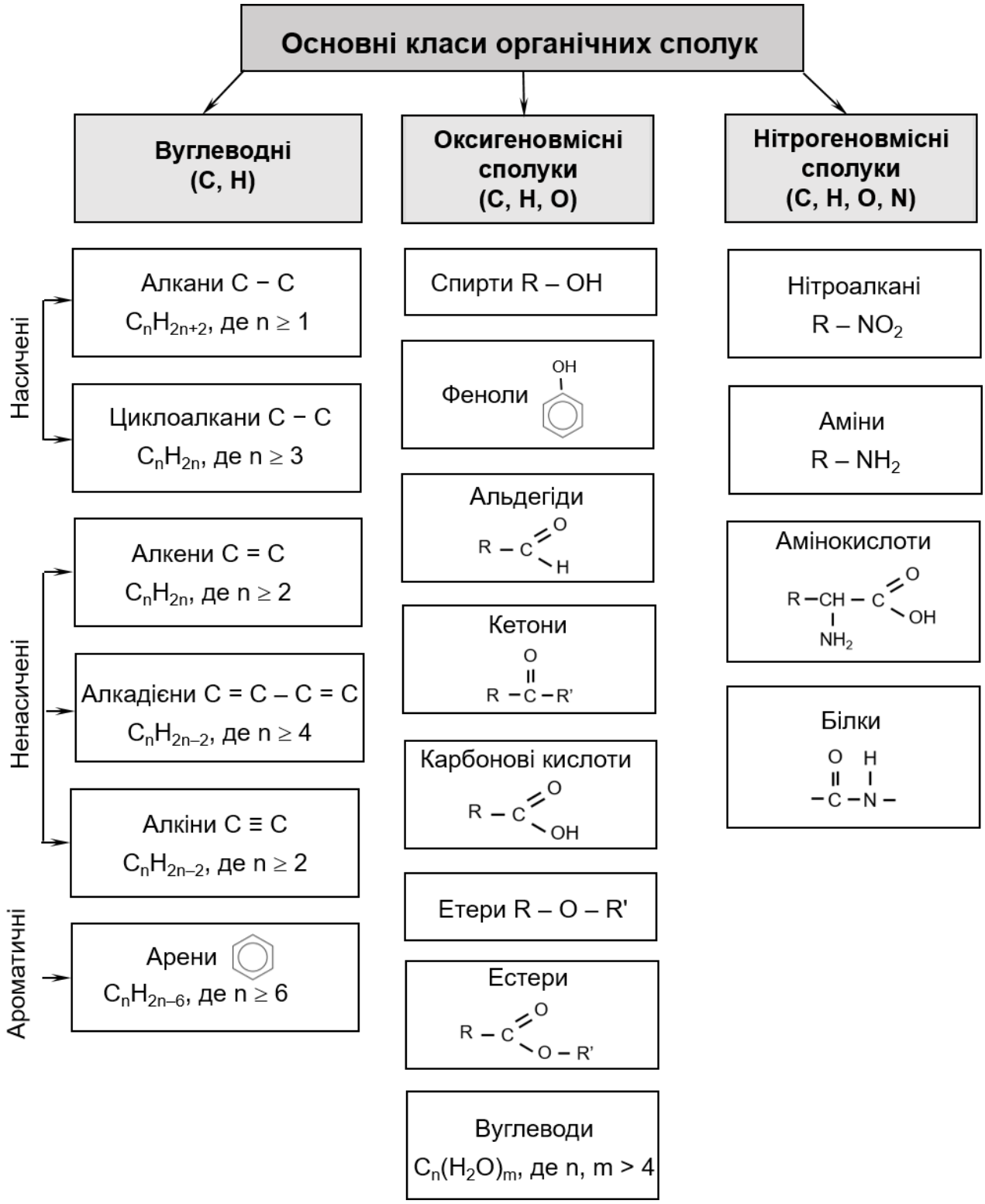
Алканами називають насичені сполуки з відкритим (нециклічним) ланцюгом, у молекулах яких атоми карбону є зв'язаними між собою простим (одинарним) зв'язком, а решта валентностей насичено атомами гідрогену.

Циклоалкани – це насичені вуглеводні із замкненим ланцюгом.

Алкенами називають ненасичені вуглеводні, у молекулах яких міститься один подвійний зв'язок (C = C).

Алкадієни (дієнові вуглеводні) – це ненасичені вуглеводні, у молекулах яких містяться два подвійні зв'язки (C = C).

Алкіни – це ненасичені вуглеводні, у молекулах яких міститься один потрійний зв'язок (C ≡ C).



Примітки:

n – це ціле число, що відповідає кількості атомів карбону у сполуці;

m – це ціле число, що відповідає кількості молекул води у складі вуглеводів;

R і R' – це вуглеводневі радикали, які можуть бути різними або однаковими.

Рис. 3.10. **Класифікація органічних сполук**

Ароматичними вуглеводнями або *аренами* називають сполуки карбоциклічного ряду, молекули яких містять стійке циклічне угрупування – бензенове кільце (ядро), що виявляє особливі фізичні та хімічні властивості.

Оксигеновмісні сполуки – це клас органічних речовин, до складу яких, крім атомів карбону та гідрогену, обов'язково входить атом оксигену. Наявність оксигену в молекулах цих сполук суттєво змінює їхні властивості, порівняно з вуглеводнями. Хімічні властивості сполук цього класу визначають наявністю в молекулам різних функціональних груп: гідроксильної (– OH), карбольної (> C = O), карбоксильної (– COOH) [2; 4; 9].

Спирти – це оксигеновмісні сполуки, у молекулах яких міститься одна або декілька функціональних гідроксильних груп (– OH), або гідроксилів, сполучених із насиченим атомом карбону.

Феноли (ареноли) – це оксигеновмісні сполуки, у яких одна або більше гідроксильних груп (– OH) безпосередньо приєднано до атома карбону в ароматичному (бензеновому) кільці. Найпростіший представник – фенол (C_6H_5OH), також відомий як *карболова кислота*.

Альдегіди – це оксигеновмісні сполуки, які містять карбонільну групу (> C = O), приєднану до вуглеводневого радикалу (R) та атома гідрогену (H). Таку групу (– CHO) ще називають *альдегідною групою*.

Кетони – це оксигеновмісні сполуки, які містять карбонільну групу (> C = O), приєднану до двох вуглеводневих радикалів (R, R'). Таку групу (– CO –) ще називають *кетогрупою*.

Карбонові кислоти – це оксигеновмісні сполуки, молекули яких містять одну або декілька карбоксильних груп (– COOH).

Етери (прості ефіри) – це оксигеновмісні сполуки, які містять етерний місток (– O –), що з'єднує два вуглеводневі радикали (R, R').

Естери (складні ефіри) – це оксигеновмісні сполуки, що є похідними карбонових кислот, у яких атом гідрогену у карбоксильній групі (– COOH) заміщено на вуглеводневий радикал (R). Вони утворюються в результаті реакції етерифікації між карбоновою кислотою і спиртом.

Вуглеводи – це оксигеновмісні сполуки, які складаються з атомів карбону, гідрогену і оксигену, причому співвідношення H : O зазвичай становить 2 : 1, як і в молекулі води.

Нітрогеновмісні органічні сполуки – це клас органічних речовин, молекули яких, окрім атомів карбону, гідрогену, іноді оксигену, обов'язково містять атоми нітрогену. Їхні хімічні властивості визначають наявністю

в молекулам таких функціональних груп: нітрогрупу (– NO_2), аміногрупу (– NH_2) [2; 4; 9].

Нітроалкани – це нітрогеновмісні сполуки, які є похідними алканів (насичених вуглеводнів), у яких один або кілька атомів гідрогену заміщено на нітрогрупу (– NO_2).

Аміни – це нітрогеновмісні сполуки, які є похідними амоніаку (NH_3), у молекулі якого один, два або всі три атоми гідрогену заміщено на органічні радикали (R). Аміни часто називають *органічними лугами*, оскільки вони виявляють подібні до амоніаку хімічні властивості.

Амінокислоти – це нітрогеновмісні сполуки, молекули яких одночасно містять дві різні функціональні групи: аміногрупу (– NH_2), що виявляє основні властивості, та карбоксильну групу (– COOH), що виявляє кислотні властивості. Завдяки такому поєднанню, амінокислоти називають *амфотерними сполуками* (вони можуть поводитися і як кислоти, і як основи).

Білки (протеїни) – це складні високомолекулярні нітрогеновмісні сполуки, які є природними полімерами. Їх побудовано із залишків α-амінокислот, з'єднаних між собою пептидними зв'язками.

Для усіх класів органічних сполук є характерним **явище гомології**, тобто існування сполук, які мають спільні ознаки в будові молекул та властивостях [12].

Отже, сполуки, подібні за хімічними властивостями та склад яких відрізняється між собою на групу CH_2, називають **гомологами**.

Групу CH_2 називають **гомологічною різницею**.

Гомологи утворюють **гомологічний ряд** – це послідовність подібних за будовою та властивостями речовин, у якій кожний наступний член відрізняється від попереднього на постійну структурну одиницю CH_2. Гомологи розташовано в гомологічному ряду в порядку зростання їхньої відносної молекулярної маси.

Гомологічні ряди можна побудувати для всіх класів органічних сполук. Знаючи властивості одного із членів гомологічного ряду, можна зробити висновок про властивості інших представників того самого ряду. Це зумовлює важливість поняття гомології під час вивчення органічної хімії.

Гомологічною основою гомологічних рядів для більшості класів органічних сполук є гомологічний ряд насичених незамкнених вуглеводнів – алканів (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Гомологічний ряд алканів

Формули		Назви гомологів
хімічні	структурні	
CH_4	CH4	Метан
C_2H_6	$CH_3 – CH_3$	Етан
C_3H_8	$CH_3 – CH_2 – CH_3$	Пропан
C_4H_{10}	$CH_3 – CH_2 – CH_2 – CH_3$	Бутан
C_5H_{12}	$CH_3 – CH_2 – CH_2 – CH_2 – CH_3$	Пентан
C_6H_{14}	$CH_3 – CH_2 – CH_2 – CH_2 – CH_2 – CH_3$	Гексан
C_7H_{16}	$CH_3 – CH_2 – CH_2 – CH_2 – CH_2 – CH_2 – CH_3$	Гептан
C_8H_{18}	$CH_3 – CH_2 – CH_2 – CH_2 – CH_2 – CH_2 – CH_2 – CH_3$	Октан
C_9H_{20}	$CH_3 – CH_2 – CH_2 – CH_2 – CH_2 – CH_2 – CH_2 – CH_2 – CH_3$	Нонан
$C_{10}H_{22}$	$CH_3 – CH_2 – CH_2 – CH_2 – CH_2 – CH_2 – CH_2 – CH_2 – CH_2 – CH_3$	Декан

3.2. Загальні відомості про полімери

Полімери в поліграфії є ключовим конструкційним і технологічним матеріалом, оскільки майже все, на чому або чим відбувається процес друкування, має полімерну природу.

Термін "полімерія" був уведеним у науку І. Берцеліусом 1833 року для позначення особливого виду ізомерії, за якого речовини (полімери), що мають однаковий склад, володіють різною молекулярною масою.

Полімери – це високомолекулярні сполуки (молекулярна маса становить більше ніж 5 000 а.о.м.), молекули яких складаються з великої кількості повторюваних груп, що мають однакову будову, з'єднаних у ланцюжки хімічними зв'язками [4; 9].

Існує величезна кількість полімерів. Вони є різними за будовою, властивостями, галузями використання. Але всі мають ряд спільних рис і характеризуються певними однаковими поняттями, наведеними далі.

Молекулу полімеру називають **макромолекулою** (рис. 3.11).

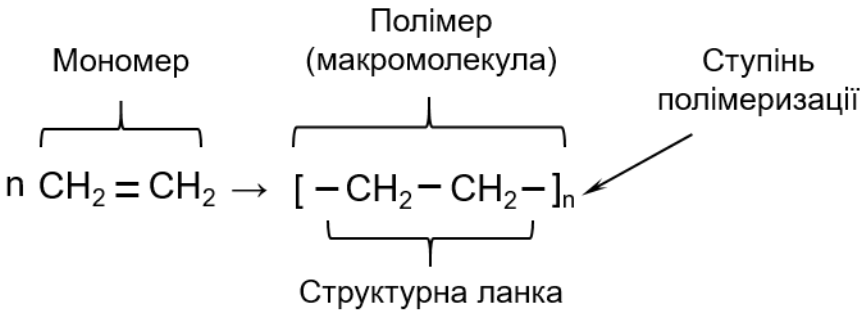


Рис. 3.11. **Схема утворення і будови полімеру на прикладі молекули поліетилену**

Речовина, із якої утворено полімер, називають **мономером**. Мономерами в реакціях синтезу полімерів може бути тільки ненасичена сполука, тобто така, у молекулі якої є подвійні або потрійні зв'язки.

Група атомів, що повторюється, у молекулі полімеру – це **структурна ланка** або **структурна одиниця**.

Кількість повторюваних ланок у макромолекулі (n) – це **ступінь полімеризації**. Залежно від ступеня полімеризації, з одних і тих самих мономерів можна добувати речовини з різними властивостями.

За природою походження полімери класифікують на природні, синтетичні та штучні [3].

Природні полімери утворюються в результаті життєдіяльності рослин і тварин. До них належать натуральний каучук, крохмаль, целюлоза, білки, нуклеїнові кислоти.

Синтетичні полімери утворено синтезом низькомолекулярних речовин. Синтетичними матеріалами є пластмаси, синтетичні волокна (капрон), синтетичні каучуки.

Штучні полімери утворюють із природних полімерів через їхню хімічну модифікацію. Наприклад, нітроцелюлоза, ацетатцелюлоза.

Фізичні властивості полімерів

Твердість. Полімери можуть бути м'якими, еластичними або твердим, залежно від їхньої структури та властивостей мономерів. Наприклад, поліетилен низької густини є м'яким та еластичним, тоді як полівінілхлорид може бути твердим і жорстким. Твердість полімеру не є постійною величиною і залежить від кількох факторів:

хімічної будови – наявність полярних груп і сильних міжмолекулярних зв'язків (наприклад, у поліамідів) підвищує твердість;

ступеня полімеризації – чим довшими є ланцюги молекул, тим зазвичай твердіший матеріал;

наявності пластифікаторів – добавки, які роблять полімер гнучким, автоматично знижують його твердість;

температура – під час нагрівання полімери розм'якшуються, переходячи у високоеластичний або в'язкотекучий стан, і їхня твердість стрімко падає.

Пружність. Зазвичай полімери мають високу пружність. Це властивість також є відомою як еластичність. Отже, багато полімерів (каучуки, фотополімери) будуть у високоеластичному стані. Це особливий стан, у якому матеріал є здатним до величезних зворотних деформацій (до сотень відсотків) під дією навіть невеликих зусиль. Наприклад, під час розтягування гумки вона розтягується, а після зняття навантаження повертається до своєї початкової форми. Важливо розуміти: якщо полімер переохолодити, він переходить у склоподібний стан і втрачає пружність, стаючи крихким.

Прозорість та **оптичні властивості.** Це комплекс характеристик, що визначають, як полімери взаємодіють зі світлом: пропускають його, відбивають, поглинають чи розсіють. Деякі полімери можуть бути прозорими, дозволяючи проходження світла. Інші можуть мати оптичні властивості, як-от розсіювання світла або флуоресценція. Це використовують, наприклад, у виробництві плівок для екранів та оптичних пристроїв. Зокрема, аморфні полімери (полістирол, поліметилметакрилат та полікарбонат) зазвичай мають високу прозорість (світлопропускання становить до 90 – 92 %), оскільки їхні молекулярні ланцюги розташовано хаотично і вони не створюють перешкод для світла. Кристалічні полімери (поліетилен, поліпропілен) часто є напівпрозорими або каламутними. Це пояснено тим, що межі між кристалічними й аморфними ділянками розсіюють світло.

Теплопровідність. Багато полімерів є поганими провідниками тепла через їхню молекулярну структуру. На відміну від металів, у полімерах немає вільних електронів. Тепло передається лише через коливання молекулярних ланцюгів. Через це їх використовують як ізоляційні матеріали. Однак деякі полімери можуть мати підвищену теплопровідність, особливо ті, що містять наповнювачі або металеві добавки. До таких полімерів можна зарахувати поліамід або полікарбонат, що складу яких входять графіт, вуглецеві волокна або нанотрубки, та композити на основі

епоксидної смоли або силікону, у які додають дрібнодисперсні порошки міді, алюмінію або срібла.

Електропровідність. Більшість полімерів за своєю природою є діелектриками (ізоляторами). Це пояснено тим, що їхні молекули складаються із сильних ковалентних зв'язків, де електрони жорстко зафіксовано і не можуть вільно рухатися для створення електричного струму. Це робить їх корисними в електротехніці й електроніці для ізоляції проводів та компонентів. Однак сучасні технології дозволяють зробити звичайний пластик провідним, якщо додати до нього електропровідні наповнювачі, як-от сажа (технічний вуглець, графіт або вуглецеві нанотрубки, металеві порошки срібла та міді).

Також наявний особливий клас "розумних" полімерів, які проводять електричний струм, завдяки своїй хімічній будові, наявності спряжених подвійних зав'язків. Найвідомішими прикладами є поліанілін, політіофен та поліпірол.

Температура плавлення. Температура плавлення для полімерів має свої особливості, порівняно з металами. Оскільки полімери складаються з дуже довгих молекулярних ланцюгів, вони рідко мають одну точну точку плавлення, зазвичай це інтервал температур. Крім того, плавляться лише кристалічні ділянки полімеру. Аморфні полімери взагалі не мають температури плавлення в класичному розумінні.

Наприклад, деякі кристалічні полімери мають таку температуру плавлення: поліетилен низької густини – $T_{пл.}$ = 105 – 115°С, поліетилен високої густини – 125 – 135°С, поліпропілен 160 – 175°С, поліамід 215 – 265°С. Водночас у заданому інтервалі температур матеріали перетворюються із твердих на в'язкотекучі розплави.

Аморфні полімери, не мають кристалітів, тому вони не "плавляться" різко. Вони мають температуру склування ($T_{с.}$). Наприклад, для полівінілхлориду $T_{с.}$ = 80°С, полістиролу – 100°С, полікарбонату – 145°С, каучуку і гуми – −70°С. Під час нагрівання вище від цієї температури ці полімери просто стають м'якими, як пластилін або гума, і поступово переходять у стан густої рідини.

За відношенням до нагрівання полімери розподіляють на дві групи: термопластичні й термореактивні.

Термопластичні полімери є здатними багаторазово переплавлятися без помітної зміни властивостей (поліетилен, поліпропілен, полівінілхлорид).

Термореактивні полімери втрачають пластичність і незворотно стають твердими за більш-менш тривалого нагрівання в результаті перебігу термохімічних реакцій (фенолоформальдегідні, поліуретанові, епоксидні смоли тощо).

Хімічні властивості полімерів

Хімічні властивості полімерів залежать від їхнього хімічного складу, будови та взаємного розташування структурних одиниць [3; 4; 9].

1. Багато полімерів має значну хімічну інертність, тобто є стійкими до впливу кислот, лугів, розчинників та інших хімічних речовин.

2. Деякі полімери реагують з окисниками, концентрованими розчинами кислот і лугів через перебіг хімічних реакцій, як-от окиснення, гідроліз, естерифікація та ін. Це може призводити до зміни їхніх хімічних, фізичних та механічних властивостей.

До основних хімічних реакцій за участю полімерів належать такі:

реакції окиснення:

повне окиснення (горіння) – більшість органічних полімерів є горючими речовинами. Наприклад, під час горіння поліетилену утворюється карбон (IV) оксид і вода:

$$[– CH_2 – CH_2 –]_n + 3nO_2 \rightarrow 2nCO_2\uparrow + 2nH_2O;$$

неповне окиснення – під дією кисню, світла (УФ) та тепла полімери можуть окиснюватися, це призводить до їхнього старіння, а саме, підвищення крихкості, зміни кольору, утрати міцності. Наприклад, старіння поліетилену відбувається за такою реакцією:

$$[– CH_2 – CH_2 –]_n + O_2 \rightarrow [– CH_2 – CH_2 – O –]_n;$$

реакція гідролізу: полімери, до складу яких входять функціональні групи (поліестери, поліаміди), можуть руйнуватися водою. Наприклад, у поліетилентерефталату відбувається руйнування карбонового ланцюга під дією води:

$$[– CO – C_6H_4 – CO – O – CH_2 – CH_2 – O –]_n + nH_2O \rightarrow$$
$$\rightarrow \text{спирт + карбонова кислота;}$$

реакція естерифікації: під час взаємодії целюлози з нітратною кислотою утворюється нітроцелюлоза:

$$[C_6H_7O_2(OH)_3]_n + HNO_3 \rightarrow [C_6H_7O_2(ONO_2)_3]_n;$$

термічне розкладання: полімери – переважно термічно нестійкі сполуки, які розкладаються під час нагрівання. Наприклад, під час нагрівання полівінілхлориду відщеплюється гідрогенхлорид і утворюється поліен, водночас матеріал темніє та втрачає міцність:

$$[– CH_2 – CHCl –]_n \rightarrow [– CH = CH –]_n + HCl.$$

А нагрівання полістиролу приводить до розкладання макромолекули з утворенням мономеру – стиролу:

$$[– CH_2 – CH(C_6H_5) –]_n \rightarrow nCH_2 = CH – C_6H_5.$$

Але є полімери, що витримують високі температури, як-от фенолформальдегідні смоли, епоксидні смоли, поліуретан тощо.

Синтез полімерів

Є два способи утворення синтетичних полімерів: через перебіг реакції полімеризації або реакції поліконденсації [4; 9].

Полімеризація – це процес з'єднання молекул мономерів, що приводить до утворення високомолекулярних сполук, без виділення побічних продуктів. У реакцію полімеризації вступають молекули, що містять кратні, частіше подвійні зв'язки. Наприклад, через полімеризацію можливо утворення поліпропілен із пропену за підвищених температур і тиску із застосуванням каталізатора Ціґлера – Натта:

$$nCH_2 = CH – CH_3 \rightarrow [– CH_2 – CH(CH_3) –]_n.$$

Поліконденсація – це процес утворення високомолекулярних сполук із низькомолекулярних, що зазвичай супроводжує виділення побічних продуктів, як-от вода, амоніак, гідрогенхлорид тощо. У реакції поліконденсації беруть участь мономери, які містять функціональні групи, що взаємодіють одна з одною. У ході таких реакцій ланцюг росте поступово:

спочатку взаємодіють між собою вихідні мономери, а потім утворена сполука по черзі реагує з молекулами тих самих мономерів, утворюючи в результаті полімерну сполуку.

Наприклад, реакція між гексаметилендіаміном і адипіновою кислотою приводить до утворення поліаміду, водночас виділяється вода як побічний продукт:

$$nH_2N - (CH_2)_6 - NH_2 + nHOOC - (CH_2)_4 - COOH \rightarrow$$
$$\rightarrow [- NH_2 - (CH_2)_6 - NH - CO - (CH_2)_4 - CO -]_n + 2nH_2O.$$

3.3. Полімери та їхнє застосування в поліграфії

Далі наведено характеристику полімерів, які набули широкого застосування в поліграфії [3]. Спочатку розглянуто полімерні матеріали, утворені через полімеризацію, потім – поліконденсацію. Полімери розглянуто за алфавітним порядком.

Полімеризаційні синтетичні полімери

Поліакриламід (ПАА) – це високомолекулярна сполука, яку утворюють через полімеризацію акриламіду ($CH_2 = CHCONH_2$). Його часто називають *універсальним помічником* у промисловості, завдяки унікальній здатності ефективно зв'язувати частинки в рідинах (флокуляції) та змінювати в'язкість розчинів.

Хімічна формула структурної ланки:

$$[- CH_2 - CH(CONH_2) -]_n.$$

Зазвичай поліакриламід – це білий порошок без запаху або прозорий в'язкий гель. Відмінно розчиняється у воді, утворюючи дуже в'язкі розчини. Майже не розчиняється в більшості органічних розчинників (ацетоні, гексані), значно вбирає вологу з повітря. Має флокулювальну здатність: довгі молекулярні ланцюги ПАА працюють як "містки", що з'єднують дрібні зважені частинки в рідині у великі пластівці (флокули), які швидко осідають на дно посудини.

У поліграфії у складі друкарських фарб ПАА використовують як загусник і реологічну добавку, що забезпечує стабільну в'язкість, рівномірне нанесення фарби та чіткість відбитка. У покривних і лакувальних

композиціях – як зв'язувальну речовину для утворення рівної плівки на поверхні паперу. У паперовому виробництві для поліграфії поліакриламід виконує роль флокулянта і зміцнювальної добавки, що підвищує міцність паперу, його гладкість і придатність до друкування. У великих друкарнях ПАА використовують як флокулянт для очищення промислових стічних вод від залишків фарб, лаків та хімікатів перед їхнім скиданням у каналізацію.

Полівінілацетат (ПВА) – це термопластичний полімер, який утворюють через полімеризацію вінілацетату ($CH_3COOCH = CH_2$).

Хімічна формула структурної ланки:

$$[- CH_2 - CH(OCOCH_3) -]_n.$$

Полівінілацетат є твердою прозорою речовиною без запаху та смаку. У промисловості найчастіше її використовують у вигляді водної дисперсії (білої молочної рідини). Має надзвичайно високу здатність приклеюватися до пористих матеріалів (паперу, картону, дерева, тканини). Після висихання утворює безбарвну прозору плівку. ПВА є стійким до світла та масел, але розчиняється в багатьох органічних розчинниках (ацетоні, спиртах, естерах). Він є нетоксичним і безпечним для використання навіть у дитячих закладах.

У поліграфії полівінілацетат у вигляді гарно пластифікованої водної дисперсії (поливінілацетатної емульсії – ПВА) застосовують як палітурний клей. На основі водної дисперсії ПВА також виготовляють фарби глибокого друку. Спиртовий розчин полівінілацетату можна застосовувати як захисний декоративний лак для покриття поліграфічної продукції.

Полівініловий спирт (ПВС) – це унікальний водорозчинний полімер, який утворюють не прямим способом (через полімеризацію), а в результаті хімічного перероблення (кислотного або лужного гідролізу) полівінілацетату.

Хімічна формула структурної ланки:

$$[- CH_2 - CH(OH) -]_n.$$

Полівініловий спирт – це тверда біла (іноді світло-жовта або кремова) порошкоподібна чи гранульована речовина. Він повністю розчиняється у воді, причому ступінь розчинності можна регулювати (деякі марки

розчиняються лише в гарячій воді). Під час висихання водного розчину ПВС утворюється міцна, прозора плівка, стійка до масел, жирів та органічних розчинників. Ця плівка майже не пропускає кисень, що робить її ідеальною для захисного опакування. Полівініловий спирт відмінно прилипає до паперу та текстилю. Це біорозкладний полімер, що є безпечним для довкілля.

У поліграфії полівініловий спирт використовують для утворення хромованих світлочутливих копіювальних шарів у процесі виготовлення цинкографічних кліше форм офсетного друку. Його наносять на поверхню паперу для підвищення міцності, гладкості та зниження пилення. Завдяки своїй структурі, ПВС використовують як стабілізатор під час виробництва водних дисперсійних фарб та лаків, запобігаючи їхньому розшаруванню.

Полівінілхлорид (ПВХ) – це термопластичний полімер, який є продуктом полімеризації хлорвінілу ($CH_2 = CHCl$). Він має значне поширення, завдяки своїй універсальності: ПВХ може бути як жорстким, так і м'яким, як тонка плівка. Наявність атома хлору надає йому унікальних властивостей, зокрема вогнестійкості.

Хімічна формула структурної ланки:

$$[– CH_2 – CHCl –]_n.$$

Полівінілхлорид – це безбарвна, прозора сполука, стійка до дії лугів, кислот, багатьох органічних розчинників і масел. ПВХ не окиснюється на повітрі та є дуже стійким до атмосферних впливів. Полівінілхлорид має високі діелектричні властивості. Порівняно легко розкладається під час нагрівання, виділяючи гідрогенхлорид. Істотним недоліком ПВХ є низька теплостійкість. За низьких температур (не вищих за 70°С) він утрачає міцність, а за високих – різко погіршує свої діелектричні властивості. Додаючи пластифікатори (наприклад, дибутилфталат 30 – 35 % (мас.)), можна перетворити жорсткий пластик на м'яку еластичну плівку.

У поліграфії пластини та плівки з полівінілхлориду використовують для виготовлення обкладинок, папок, палітурок, візитівок. Плівками ПВХ ламінують поліграфічну продукцію для її захисту від вологи, стирання та механічних пошкоджень. Цей матеріал є основою для етикеток, наклейок, рекламної продукції. Полівінілхлорид застосовують у трафаретному і цифровому друці як основу для спеціальних друкарських матеріалів.

Поліетилен (ПЕ) – це наймасовіший полімер у світі, який утворюють через полімеризацію газу етилену ($CH_2 = CH_2$). У виробництві опакування він є абсолютним лідером, завдяки своїй дешевизні, хімічній стійкості та легкості в переробці.

Хімічна формула структурної ланки:

$$[– CH_2 – CH_2 –]_n.$$

Поліетилен – це безбарвний термопластичний полімер із гарними діелектричними й антикорозійними властивостями. Він не реагує з водою, більшістю лугів та кислот. Залежно від технології виробництва (тиску та температури), ПЕ поділяють на кілька типів, що мають різні властивості:

поліетилен високого тиску (низької густини) утворюють за високих тиску і температури (150 – 300 МПа, 200 – 300°С). Це прозорий, м'який, не дуже міцний матеріал, але з високим ступенем еластичності, не лопається від проколів, стійкий до негативних температур;

поліетилен низького тиску (високої щільності) утворюють за низьких тиску і температури (0,1 – 5 МПа, 70 – 110°С, каталізатор). Це матовий, жорсткий, міцний матеріал, але менш еластичний, крихкий, лопається під час проколу, дубіє на морозі.

У поліграфії поліетилен застосовують як задрукований матеріал для флексографічного друку, шовкографії (трафаретного друку) та глибокого друку (ротогравюри). Низькомолекулярний поліетилен є воскоподібною речовиною, що використовують як добавку до фарб. Сополімер поліетилену з вінілацетатом – це матеріал для виготовлення термопластичних палітурних клеїв. Плівки з ПЕ застосовують для ламінування та каширування паперу і картону для підвищення їхньої міцності й довговічності, а також пакування поліграфічної продукції для її захисту від вологи та забруднень.

Полістирол (ПС) – це термопластичний аморфний полімер, який утворюють через полімеризацію стиролу ($C_6H_5 – CH = CH_2$).

Хімічна формула структурної ланки:

$$[− CH(C_6H_5) − CH_2 −]_n.$$

Полістирол – це безбарвний, прозорий, як скло, твердий, але дуже крихкий матеріал (легко тріскається під час згинання). Дуже легкий в обробленні (різанням, фрезеруванням). ПС не вбирає воду. Має низьку стійкість до розчинників, особливо ацетону та бензину. Під дією прямого УФ-опромінення старіє: виникає колір, мікротріщини, помутніння, підвищується крихкість. Для поліпшення властивостей до полімеру додають стабілізатори, барвники, антипірени.

У поліграфії полістирол у вигляді сополімеру з акрилонітрилом (15 % (мас.)), який підвищує міцність і стійкість до дії органічних розчинників, застосовують для відливання друкарських шрифтів і пробільних елементів. Він є основою в трафаретному, офсетному та цифровому видах друку у вигляді табличок, покажчиків. Листовий ПС використовують для обкладинок, палітурок, папок, рекламних планшетів. Із полістиролу виготовляють опакування для друку: прозорі або кольорові коробки, блістери для поліграфічної продукції.

Конденсаційні синтетичні полімери

Алкідні смоли (АС) – це група синтетичних полімерів, які є продуктами поліконденсації багатоатомних спиртів (гліцерину, пентаеритриту) із багатоосновними кислотами (найчастіше фталевим ангідридом), модифіковані оліями або їхніми жирними кислотами. Їх характеризують доброю плівкоутворювальною здатністю, високою адгезією до різних поверхонь, еластичністю і міцністю покриття, стійкістю до вологи й атмосферних впливів та сумісністю з пігментами й розчинниками. Особливим видом алкідних полімерів є *поліетилентерефталат (ПЕТ)* – дуже міцний, прозорий, еластичний, термопластичний полімер, який утворюють із гліколю і терефталевої кислоти.

У поліграфії алкідні смоли застосовують як зв'язувальну речовину у фарбах глибокого й офсетного видів друку. Із них виробляють емалі та лаки, які надають відбитку характерного блиску та захищають від стирання. Прозорі ПЕТ плівки слугують для виготовлення підкладок формних і фотоматеріалів, а також для ламінування обкладинок і палітурних кришок.

Меламіно-формальдегідні смоли (МФС) – це термореактивні полімери, які утворюють у результаті реакції поліконденсації меламіну ($C_3N_3 – (NH_2)_3$) з формальдегідом ($CH_2 = O$).

Хімічна формула структурної ланки:

$$[C_6N_3 - N_3H_3 -]_n.$$

Меламіно-формальдегідні смоли – це аморфні безбарвні або світло-жовті тверді або в'язкі смолисті речовини, добре розчинні у воді та нерозчинні в більшості органічних розчинників. За підвищеної температури або в наявності кислих каталізаторів тверднуть, утворюючи неплавкі й нерозчинні продукти. Затверділі меламіно-формальдегідні смоли мають високу твердість і міцність; світло-, тепло- , волого- і хімічну стійкість; добрі діелектричні властивості.

У поліграфії водорозчинні меламіно-формальдегідні смоли застосовують для проклеювання офсетних і обкладинкових видів паперу. МФС є здатними забарвлюватися і набувати люмінесцентних властивостей, отже, дрібні забарвлені смоли як люмінесцентні пігменти використовують під час виготовлення фарб. На основі цих смол виготовляють лаки та покривні композиції для захисту друкованої продукції й утворення декоративних покриттів із високою стійкістю.

Поліамідні смоли (ПА) – це термопластичні полімери, які є продуктами поліконденсації амінокислот або двоосновних карбонових кислот із діамінами або їхніми похідними.

Хімічна формула структурної ланки:

$$[- NH - (CH_2)_5 - CO -]_n.$$

Поліамідні смоли – це безбарвні, світло-жовті або жовтуваті тверді або в'язкі смолисті речовини, розчинні в спиртах і деяких органічних розчинниках, здатні утворювати міцні, гнучкі плівки. Плівки ПА є стійкими до зносу, проникнення газів і запахів. Поліаміди є гарними електричними ізоляторами, проте їхні ізоляційні властивості погіршуються за підвищення вологості. Ці смоли можуть убирати до 10 % (мас.) води, яка діє як природний пластифікатор – зволожений поліамід стає менш твердим, але значно більш в'язким і стійким до ударів.

Поліамідні смоли використовують для виробництва волокон (нейлону, капрону, енанту), тканин і поліамідних пластмас.

У поліграфії поліамідні смоли застосовують як зв'язувальні речовини у флексографічних і глибоких друкарських фарбах, для виготовлення

клеїв і лаків, а також захисних та декоративних покриттів. Деякі види поліамідів тверднуть під дією УФ-випромінювання, через що їх використовують під час виготовлення фотополімерних друкарських форм. Капронове волокно застосовують для зшивання книг і брошур. Спеціальним капроновим полотном затягують декеля ротаційних друкарських машин для усунення відмарування фарби під час двостороннього друкування.

Фенол-формальдегідні смоли (ФФС) – це термореактивні полімери, утворені через поліконденсацію фенолу (C_6H_5OH) з формальдегідом ($CH_2 = O$) у лужному або кислому середовищі.

Хімічна формула структурної ланки:

$$[- C_6H_3(OH) - CH_2 -]_n.$$

Фенол-формальдегідні смоли – це сполуки від світло-жовтого до темно-коричневого кольору, тверді або смолисті (рідкі чи в'язкі до отвердіння), у неотверділому стані мають слабкий фенольний запах. Затверділі смоли характеризують високою твердістю і механічною міцністю, термостійкістю, зберігають форму під час нагрівання (не розм'якшуються, але поширюють різкий запах фенолу). Мають добру вологостійкість і хімічну стійкість до кислот, розчинників, мастил. У ФФС є гарні плівкоутворювальні властивості та адгезія до паперу, деревини та тканин. Ці сполуки належать до діелектричних матеріалів.

Фенолформальдегідна смола негативно впливає на організм людини: викликає екземи та дерматити, має канцерогенну дію.

У поліграфії ФФС як зв'язувальні речовини використовують у виробництві фарб для глибокого друку та деяких офсетних фарб. Вони входять до складу лаків, покривних композицій та політурних клеїв. Фенолформальдегідні смоли застосовують у виробництві ламінованого паперу й картону, надаючи їм підвищену міцність і зносостійкість. У минулому ці смоли широко використовували для створення матриць у стереотипії (виготовленні дублікатів друкарських форм).

Полімерні матеріали, які є важливими для застосування в поліграфічному виробництві, за багатьма властивостями істотно перевершують чорні й кольорові метали, деревину, скло, потребують нижчих капітальних витрат на організацію їхнього виробництва й обходяться значно дешевше.

До **основних переваг полімерів** належать:

міцність, стійкість до стирання і деформацій, що дозволяє використовувати полімери у виробах, якими часто користуються або недбало до них ставляться (обкладинок підручників, атласів, контурних карт тощо);

гнучкість і еластичність полімерів дозволяють виготовляти з них вироби, які легко повторюють форму будь-якої поверхні, наприклад, етикетки;

різноманітність, яскравість і насиченість кольорів;

прозорість і напівпрозорість полімерів дають змогу виготовляти прозорі самоклейні етикетки, опакування із прозорого або напівпрозорого пластику;

вологостійкість, бо значну кількість виробів із паперу, для яких імовірність контакту з водою є досить високою, доводиться ламінувати або лакувати;

хімічна стійкість полімерів дозволяє їхнє використання для виготовлення опакування та етикеток різних хімічних засобів;

використання пластику як задрукованого матеріалу для офсетного, трафаретного та цифрового друку.

3.4. Пластмаси, каучуки й гума в поліграфії

Пластичні маси (пластмаси) – це матеріали на основі синтетичних полімерів, здатні під впливом нагрівання і тиску формуватися (розм'якшуватися, ставати пластичними та набувати потрібної форми), а потім під час подальшого охолодження або нагрівання ставати твердими та зберігати надану їм форму [3]. Вироби із пластичних мас виробляють через пресування або лиття під тиском у сталевих прес-формах.

Для утворення пластичної маси необхідної якості властивості полімерів, зазвичай, коригують у потрібному напрямі. Для цього до їхнього складу додають такі речовини:

наповнювачі – це органічні або неорганічні речовини у формі порошків (графіту, деревного або кварцового борошна), волокон (паперових, бавовняних, азбестових, скляних) або полотен чи аркушів (тканини, паперу, деревного шпону). Наповнювачі підвищують міцність, зносостійкість, теплостійкість та інші властивості пластмас. Їхня масова частка в пластмасі може досягати 40 – 80 %;

пластифікатори – це речовини для усунення крихкості та надання пластичності й еластичності. Як пластифікатори застосовують гліцерин, касторове або парафінове масло тощо;

стабілізатори – це речовини, які уповільнюють старіння. До них належать сажа, сполуки сульфуру та феноли;

мастильні матеріали – це речовини, що усувають прилипання матеріалу до прес-форми, підвищують його текучість, знижують тертя між частинками композиції. Мастильними матеріалами є віск, стеарин, олеїнова кислота;

барвники та *пігменти* – це речовини, що надають пластмасовим виробам декоративного вигляду. Як барвні речовини застосовують охру, титанові біліла, цинкові біліла;

прискорювачі (каталізатори) – це речовини, що прискорюють твердіння пластмаси (уротропін, оксиди металів);

антипірени – це речовини, які знижують горючість полімерів, наприклад, сполуки стибію.

Пластичні маси аналогічно полімерам, залежно від зміни властивостей під час нагрівання, розподіляють на термопластичні та термореактивні.

Термопластичні пластмаси виготовляють із полімерів лінійної будови, що не мають хімічно активних функціональних груп.

Термореактивні пластмаси обов'язково містять полімери, що мають функціональні групи, які виявляють свою хімічну активність за більш-менш тривалого нагрівання, у результаті перебігу хімічної реакції поліконденсації.

Отже, вироби з термопластичних мас можуть багаторазово переплавляти, а з термореактивних – ні.

Пластичні маси мають ряд цінних властивостей:

низьку густину (у 5 – 8 разів легшу за сталь);

достатню механічну міцність;

добрі діелектричні властивості;

високу хімічну стійкість (зокрема антикорозійну);

нижчу вартість, ніж аналогічні за властивостями метали та сплави.

У поліграфії пластичні маси набули широкого застосування для виготовлення шрифтів, пробільних матеріалів, стереотипів, фарбових валиків, книжкових палітурок тощо.

Каучуки – це природні або синтетичні високоеластичні полімери, що характеризують здатністю до величезних зворотних деформацій [4; 9].

Природні каучуки утворюють із латексу (затверділого молочного соку) деяких тропічних рослин, переважно, гевеї. Із хімічного погляду натуральний каучук є цис-1,4-поліізопреном.

Хімічна формула структурної ланки:

$$[– CH_2 – C(CH_3) = CH – CH_2]_n.$$

Синтетичні каучуки – це полімери, утворені через полімеризацію ненасичених вуглеводнів: бутадієну ($H_2C = CH – CH = CH_2$), ізопрену ($H_2C = C(CH_3) – CH = CH_2$), хлоропрену ($H_2C = C(Cl) – CH = CH_2$), акрилонітрилу ($H_2C = CH – C \equiv N$), стиролу ($C_6H_5 – CH = CH_2$). Їх виробляють у широкому асортименті (бутадієнові, стирол-бутадієнові, бутадієн-акрилонітрилові, ізопренові, хлоропренові, силіконові) для утворення гуми різного призначення.

Характерною особливістю каучуків є висока еластичність і здатність після деформації відновлювати свою форму за температури до −50°С. Вони є водонепроникними й гідрофобними, мають високу міцність на розрив, термо- і зносостійкими, залежно від типу матеріалу володіють хімічною стійкістю, мають гарні електроізоляційні властивості. У природному вигляді є чутливими до кисню й озону (O_3), отже, потребують вулканізації.

Натуральний або синтетичний каучук дуже рідко застосовують самостійно, а використовують, головним чином, для виробництва гуми.

У поліграфії каучуки використовують для виробництва фарбових валів. Верхній шар офсетного полотна плоского друку виготовляють із нітрилових каучуків. Класичні форми для флексодруку та штампи виробляють методом гравіювання або вулканізації каучукових пластин. Синтетичні й натуральні каучуки входять до складу політурних клеїв.

Гума – це еластичний матеріал, утворений у результаті вулканізації каучуку. Вона поєднує високу пружність каучуку з міцністю та стійкістю, яких каучук без оброблення не має [4; 9].

Вулканізація – це хімічний процес оброблення каучуку сіркою або іншими речовинами під час нагрівання.

Після цього процесу зростає міцність і еластичність матеріалу, знижується липкість, підвищується термо- і зносостійкість, вона не розчиняється та не плавиться. Гума майже не поглинає воду; за тривалого

зберігання й експлуатації старіє: знижується її міцність і еластичність. Строк служби залежить від умов роботи та становить від декількох днів до декількох десятків років.

Сучасна технічна гума – це композиційний матеріал, що містить від 5 до 20 компонентів. Основою є природний або синтетичний каучук, який визначає головні її властивості. До складу гуми додають: вулканізатори, прискорювачі та активатори, наповнювачі, пластифікатори, барвні речовини, антиоксиданти та інші компоненти.

Вулканізатором найчастіше є сірка, рідше селен (Se), оксиди металів або пероксиди. Їх додають у кількості 1 – 5 % (мас.). Унаслідок певних хімічних реакцій вулканізатора з каучуком, утворюють високоеластичну гуму.

Прискорювачі та *активатори* – це спеціальні хімічні сполуки, які додають до гумової суміші, щоб зробити процес "зшивання" молекул каучуку сіркою ефективнішим, швидшим та якіснішим. До них належать: тіурам ($(CH_3)_2 – (CNS_2)_2 – (CH_3)_2$), цинк оксид, магній оксид, стеаринова кислота ($CH_3 – (CH_2)_{16} – COOH$). Їхнє застосування дозволяє знизити температуру вулканізації, скоротити час перебування виробу в пресі, створити щільнішу сітку зв'язків, що робить гуму міцнішою та еластичнішою.

Наповнювачі розподіляють на активні й інертні. Активні наповнювачі, як-от сажа, силіцій (IV) оксид (SiO_2), підвищують міцність та зносостійкість гуми. Інертні наповнювачі (крейда, тальк ($Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$)) здешевлюють матеріал.

Пластифікатори сприяють рівномірному розподілу компонентів у гумовій суміші, полегшують формування виробів і підвищують їхню морозостійкість. До них належать: рослинні олії, тіарафін, каніфоль, парафін тощо.

Барвні речовини у складі гуми надають не тільки бажаного кольору а й суттєво впливають на фізико-хімічні властивості готового виробу. Найчастіше застосовують неорганічні пігменти, які є найбільш стійкими та довговічними, а саме, титан (IV) оксид (TiO_2), оксиди заліза (FeO, Fe_2O_3), хром (III) оксид (Cr_2O_3), ультрамарин $2(Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2) \cdot Na_2S_4$. Іноді використовують органічні пігменти, але вони мають нижчу покривну здатність, ніж неорганічні, та потребують ретельного підбору, оскільки багато органічних сполук руйнуються під час взаємодії із сіркою. До більшості видів гуми чорного кольору як барвну речовину додають сажу

(технічний вуглець). У гумі сажа – це не просто колір, а активний наповнювач. Вона посилює міцність, зносостійкість та захищає гуму від старіння.

Антиоксиданти (протистарювачі) – це речовини, які захищають гуму від розтріскування під дією кисню та озону, тепла та ультрафіолету. У виробництві застосовують амінні антиоксиданти, наприклад, нафтам-2, діафен ФП, та фенольні антиоксиданти, наприклад, агідол, іонол.

У поліграфії гуму використовують для виготовлення офсетного полотна, а саме, компресійного шару, декельних прокладок, флексографічних друкарських форм, валів друкарських машин (фарбових, зволожувальних, притискних), вузлів обладнання для подавання паперу та післядрукарського оброблення.

Рекомендована література: [2 – 4; 9; 12].

Питання для самопідготовки

1. Органічні розчинники в поліграфії.
2. Поверхнево активні речовини в поліграфії.
3. Органічні пігменти й барвники.

Запитання для самодіагностики

1. Що вивчає органічна хімія?
2. У чому полягають особливості органічних сполук, порівняно з неорганічними?
3. Проаналізуйте основні положення теорії хімічної будови органічних сполук О. М. Бутлерова.
4. Що таке "гомологи" й "гомологічні ряди"?
5. Наведіть загальну класифікацію органічних сполук.
6. Дайте визначення поняттю "полімер".
7. Проаналізуйте фізичні властивості полімерів.
8. Назвіть хімічні властивості полімерів.
9. Які основні способи синтезу полімерів ви знаєте?
10. Наведіть загальну характеристику полімеризаційних та конденсаційних синтетичних полімерів.

4. Неорганічні речовини в поліграфії

Мета теми полягає у формуванні системи знань основних класів, властивостей та сфер застосування неорганічних сполук, що використовують у сучасному поліграфічному виробництві.

Професійні компетентності: уміння аналізувати властивості неорганічних речовин та оцінювати їхній вплив на якість поліграфічних матеріалів і процесів друкування; здатність безпечно й обґрунтовано застосовувати неорганічні речовини в поліграфічному виробництві з дотриманням технологічних та екологічних вимог.

Основні питання:

4.1. Склад і властивості основних класів неорганічних сполук.

4.2. Оксиди, які застосовують у поліграфії.

4.3. Гідроксиди, які застосовують у поліграфії.

4.4. Кислоти, які застосовують у поліграфії.

4.5. Солі, які застосовують у поліграфії.

Ключові слова: неорганічні речовини, оксиди, гідроксиди, основи, луги, амфотерні сполуки, кислоти, солі, основність кислоти, кислотність гідроксиду, фізичні властивості, хімічні реакції.

4.1. Склад і властивості основних класів неорганічних сполук

Неорганічна хімія – це галузь науки про хімічні елементи, їхні прості та складні речовини (окрім органічних), а також закономірності перетворення цих речовин [2; 6].

Неорганічними називають *речовини*, які не містять атомів карбону, ковалентно пов'язаних з атомами гідрогену.

Майже всі неорганічні речовини мають немолекулярну будову. Більшість із них за нормальних умов є твердими речовинами. Неорганічних речовин приблизно 700 тис. Вони здебільшого утворюють неживу природу, а саме:

становлять основу Землі – воду, пісок, переважну більшість мінералів і гірських порід ($CaCO_3$, Au, S, C тощо);

розчинені у вигляді солей у водоймах – NaCl, $MgCl_2$, $MgSO_4$, $CaSO_4$, NaBr;

містяться в атмосферному повітрі – N_2, O_2, CO_2, NO, NO_2, H_2O;

входять до складу поверхні Місяця – SiO_2, Fe_2O_3, MgO, Al_2O_3, Cr_2O_3, TiO_2 тощо;

містяться в міжпланетному просторі – CO_2, CO, $AlCl_3$, FeO, $NaCl$, KCl, $LiOH$, NH_3, HCl та ін.

За певними спільними ознаками неорганічні речовини об'єднують в окремі класи. Знаючи, до якого класу належить речовина, можна передбачити її властивості.

Неорганічні речовини, на відміну від органічних, розподіляють на прості та складні. До *простих* неорганічних речовин належать метали й неметали. Прості речовини – метали, які застосовують у поліграфічному виробництві, було розглянуто в підрозд. 2. Основними класами складних неорганічних сполук є оксиди, гідроксиди, кислоти та солі (рис. 4.1), характеристику яких наведено далі.



Рис. 4.1. **Класифікація неорганічних речовин**

4.1.1. Оксиди

Оксиди – це складні неорганічні речовини, утворені двома хімічними елементами, один із яких оксиген зі ступенем окиснення −2 [7].

Загальна формула оксидів:

$$E_xO_y,$$

де x – індекс, що відповідає ступеню окиснення оксигену (2);

y – індекс, що відповідає ступеню окиснення хімічного елемента (E), що утворює оксид.

Назва оксиду складається з назви елемента в називному відмінку, після якої додають слово "оксид", наприклад, Na_2O – натрій оксид, MgO – магній оксид.

Якщо елемент виявляє декілька ступенів окиснення, то цей ступінь окиснення зазначають у дужках римськими цифрами після назви елемента, наприклад, FeO – ферум (II) оксид, Fe_2O_3 – ферум (III) оксид, P_2O_3 – фосфор (III) оксид, P_2O_5 – фосфор (V) оксид.

Фізичні властивості оксидів

Агрегатний стан. Більшість оксидів за звичайних умов є *твердими речовинами*, наприклад, оксиди металів – купрум (II) оксид, ферум (III) оксид, кальцій оксид, та деякі оксиди неметалів – силіцій (IV) оксид, фосфор (V) оксид.

Більшість оксидів неметалів за звичайних умов будуть у *газоподібному стані*, наприклад, сульфур (IV) оксид (SO_2), нітроген (I) оксид (N_2O), нітроген (II) оксид (NO), нітроген (IV) оксид (NO_2), карбон (II) оксид (CO) і карбон (IV) оксид.

За звичайних умов *рідкою речовиною* наприклад, є гідроген оксид, тобто вода, та сульфур (VI) оксид (SO_3).

Колір. Оксиди можуть бути безбарвними, наприклад, твердий SiO_2 у вигляді кварцу або гірського кришталю, рідкий H_2O; більшість газоподібних оксидів також не має забарвлення. Деякі оксиди мають білий колір, наприклад, алюміній оксид, кальцій оксид, магній оксид, натрій оксид (Na_2O). Значна кількість оксидів мають характерне забарвлення, наприклад, купрум (I) оксид (Cu_2O) – червоне; купрум (II) оксид – чорне; хром (III) оксид – темно-зелене; нітроген (IV) оксид – буре.

Розчинність. Багато оксидів є малорозчинними або нерозчинними у воді, наприклад, SiO_2, Al_2O_3, CO, NO. Деякі оксиди реагують із водою, як-от Na_2O, CaO з утворенням лугів або SO_3, CO_2 з утворенням кислот.

Твердість. Твердість залежить від типу хімічного зв'язку та будови кристалічної ґратки речовини. Більшість оксидів є твердими та крихкими речовинами. Оксиди з іонним зв'язком мають середню твердість, наприклад, за шкалою Мооса твердість CaO становить 2 – 3, MgO – 5 – 6. Оксиди з ковалентною або просторовою кристалічною ґраткою (SiO_2, Al_2O_3) характеризують дуже високою твердістю, наприклад, SiO_2 має твердість 7, а Cr_2O_3 – 8 – 8,5. Деякі оксиди за твердістю поступаються лише алмазу, наприклад, твердість Al_2O_3 – корунду становить 9.

Температура плавлення. Оксиди належать до найбільш тугоплавких речовин на Землі, завдяки сильному іонно-ковалентному зв'язку між атомами металу (або неметалу) та оксигену. Наприклад, температура плавлення MgO дорівнює 2 852°C, Cr_2O_3 – 2 435°C, Al_2O_3 – 2 050°C, SiO_2 – 1 713°C.

Електропровідність. Переважна більшість оксидів не проводять електричний струм. Винятком є деякі напівпровідникові оксиди (металоподібні), а саме, реній (VI) оксид (ReO_3), хром (IV) оксид (CrO_2).

Хімічні властивості оксидів

За хімічними властивостями оксиди розподіляють на солетвірні та несолетвірні.

Солетвірні оксиди – це сполуки, яким відповідають певні гідроксиди та які є здатними утворювати солі. Їх розподіляють на:

основні – це оксиди, яким відповідають основи. До цієї групи належать оксиди металічних елементів зі ступенем окиснення +1, +2, наприклад, CaO, Na_2O, MgO, BaO, FeO, CrO тощо;

кислотні – це оксиди, яким відповідають кислоти. До цієї групи належать оксиди неметалічних елементів та металічних елементів зі ступенем окиснення +5, +6, +7, наприклад, P_2O_5, SO_3, CrO_3, N_2O_5, Mn_2O_7 тощо;

амфотерні – це оксиди, яким відповідають амфотерні гідроксиди. До цієї групи належать оксиди деяких металічних елементів (амфотерні метали) із проміжними між металічними та неметалічними властивостями зі ступенем окиснення +2, +3, +4, наприклад, Al_2O_3, ZnO, Fe_2O_3, Cr_2O_3, PbO, MnO_2 тощо.

Несолетвірні – це оксиди, яким не відповідають ані основи, ані кислоти та які не є здатними утворювати солі. Їх утворено деякими неметалічними елементами із проміжним ступенем окиснення: N_2O, NO, CO, SiO.

Основні хімічні реакції, у які можуть вступати різні типи оксидів, наведено далі.

Взаємодія з водою:

основні оксиди лужних і лужноземельних металів, за винятком MgO і BeO, взаємодіють із водою з утворенням лугів – розчинних у воді гідроксидів. Наприклад, під час взаємодії барій оксиду (BaO) – оксиду лужноземельного металу (барію) із водою утворюється барій гідроксид ($Ba(OH)_2$):

$$BaO + H_2O = Ba(OH)_2.$$

Основні оксиди інших металів, яким відповідають нерозчинні у воді гідроксиди, із водою не взаємодіють;

кислотні оксиди (за винятком SiO_2) під час взаємодії з водою утворюють кислоти. Наприклад, реакція між фосфор (V) оксидом і водою призводить до утворення ортофосфорної кислоти (H_3PO_4):

$$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4;$$

амфотерні оксиди з водою не взаємодіють тому, що відповідні їм гідроксиди є нерозчинними у воді.

Взаємодія з основами:

основні оксиди з основами не взаємодіють;

кислотні оксиди взаємодіють з основами з утворенням солей і води. Наприклад, під час взаємодії кислотного оксиду CO_2 з натрій гідроксидом утворюється сіль – натрій карбонат (Na_2CO_3):

$$CO_2 + 2NaOH = Na_2CO_3 + H_2O;$$

амфотерні оксиди взаємодіють з основами як кислотні оксиди з утворенням простих або комплексних солей і води. Наприклад, у результаті реакції Al_2O_3 з калій гідроксидом (KOH) утворюється проста сіль – калій алюмінат ($KAlO_2$), а під час взаємодії цього оксиду з NaOH утворюється комплексна сіль – натрій тетрагідроксоалюмінат ($Na[Al(OH)_4]$):

$$Al_2O_3 + 2KOH = 2KAlO_2 + H_2O;$$

$$Al_2O_3 + 2NaOH + 3H_2O = 2Na[Al(OH)_4].$$

Взаємодія з кислотами:

основні оксиди взаємодіють із кислотами з утворенням солей і води. Наприклад, взаємодія MgO із сульфатною кислотою приводить до утворення солі – магній сульфату ($MgSO_4$):

$$MgO + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2O;$$

кислотні оксиди з кислотами, зазвичай, не взаємодіють;

амфотерні оксиди взаємодіють із кислотами як основні оксиди з утворенням солей і води. Наприклад, цинк оксид реагує із хлоридною кислотою з утворенням солі – цинк хлориду ($ZnCl_2$):

$$ZnO + 2HCl = ZnCl_2 + H_2O.$$

Взаємодія оксидів між собою:

Оксиди протилежної природи взаємодіють між собою:

основні оксиди взаємодіють із *кислотними оксидами* з утворенням солей. Наприклад, під час реакції основного оксиду CaO з кислотним оксидом P_2O_5 утворюється кальцій фосфат ($Ca_3(PO_4)_2$):

$$3CaO + P_2O_5 = Ca_3(PO_4)_2;$$

амфотерні оксиди реагують як із кислотними оксидами, так і з основними оксидами з утворенням солей. Наприклад, амфотерний оксид ZnO під час взаємодії з основним оксидом CaO виявляє кислотні властивості й утворює сіль – кальцій цинкат ($CaZnO_2$), а під час реакції з кислотним оксидом CO_2 виявляє основні властивості й утворює цинк карбонат ($ZnCO_3$):

$$CaO + ZnO = CaZnO_2;$$

$$CO_2 + ZnO = ZnCO_3.$$

Відновлення оксидів активними відновниками до нижчих оксидів або простих речовин. Наприклад, під час відновлення вищого оксиду карбону CO_2 воднем утворюється нижчий оксид CO, а відновлення CuO приводить до утворення простої речовини – міді:

$$CO_2 + H_2 = CO + H_2O;$$

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O.$$

4.1.2. Гідроксиди

Гідроксиди – це продукти реакції оксидів із водою. Значна кількість оксидів не взаємодіє з водою, але відповідні гідроксиди існують. Їх добувають іншими способами [7; 12].

Якщо гідроксид походить від основного оксиду, то він є *основою*.

Якщо гідроксид походить від кислотного оксиду, то він є *кислотою* (оксигеновмісною).

Якщо гідроксид походить від амфотерного оксиду, то він є *амфотерним гідроксидом*.

У цьому підрозділі більш детально розглянуто основи й амфотерні гідроксиди.

Основи та **амфотерні гідроксиди** – це складні неорганічні речовини, що складаються з атомів металічного елемента (Me) та однієї або декількох гідроксильних груп (OH^-), яка завжди має ступінь окиснення –1.

Загальна формула основ і амфотерних гідроксидів:

$$Me(OH)_n,$$

де n – індекс, який відповідає ступеню окиснення металічного елемента.

Назва основи й амфотерного гідроксиду складається з назви металу в називному відмінку та слова "гідроксид". Якщо метал виявляє декілька ступенів окиснення, то цей ступінь окиснення вказують римською цифрою в дужках після назви елемента, наприклад, CuOH – купрум (I) гідроксид, $Cu(OH)_2$ – купрум (II) гідроксид.

Фізичні властивості основ і амфотерних гідроксидів

Агрегатний стан. Більшість основ і амфотерних гідроксидів є твердими кристалічними речовинами.

Колір. Більшість гідроксидів металів є переважно білими або безбарвними речовинами, наприклад, натрій гідроксид, калій гідроксид, кальцій гідроксид. Проте існують гідроксиди металів, які мають забарвлення: купрум (I) гідроксид (CuOH) – жовте; купрум (II) гідроксид ($Cu(OH)_2$) – блакитне; ферум (III) гідроксид ($Fe(OH)_3$) – червоно-коричневе (буре); нікель (II) гідроксид ($Ni(OH)_2$) – світло-зелене тощо.

Розчинність у воді. За розчинністю у воді основи розподіляють на:

розчинні основи (луги) – це гідроксиди лужних і лужноземельних металів. Своєю чергою, луги розподіляють на добре розчинні у воді та малорозчинні. Більшість основ – це добре розчинні у воді луги. До малорозчинних лугів належать кальцій гідроксид і стронцій гідроксид ($Sr(OH_2)$).

Процес розчинення лугів супроводжує виділення великої кількості тепла.

Отже, **важливо пам'ятати**, *що під час приготування розчинів лугів потрібно додавати луг у воду, а не навпаки, щоб уникнути розбризкування через миттєве закипання*;

нерозчинні основи (нерозчинні гідроксиди), наприклад, магній гідроксид, ферум (II) гідроксид ($Fe(OH)_2$), берилій гідроксид ($Be(OH)_2$), купрум (II) гідроксид.

Амфотерні гідроксиди також є нерозчинними сполуками.

Розчинність основ наведено в таблиці розчинності кислот, основ і солей у воді (додаток В).

Гігроскопічність. Більшість *лугів*, особливо натрій гідроксид і калій гідроксид дуже активно поглинають вологу з повітря, унаслідок чого вони "розпливаються" і перетворюються на концентрований розчин.

Механічні властивості. *Основи* є твердими та крихкими речовинами. *Амфотерні гідроксиди*, навпаки, м'які та крихкі сполуки, які легко подрібнювати.

Електропровідність. *Луги* є сильними електролітами. У твердому стані вони не проводять струм, оскільки іони жорстко закріплено в кристалічній ґратці. Під час розчинення у воді кристалічна ґратка руйнується і вільні гідратовані іони стають носіями заряду, отже, розчини лугів мають

дуже високу електропровідність. Під час нагрівання до температури плавлення теплова енергія долає сили притягання між іонами, через це розплавлені луги також є відмінними електропровідниками.

Нерозчинні основи й *амфотерні гідроксиди* є діелектриками (ізоляторами) і не проводять електричний струм. Оскільки вони практично не розчиняються у воді, концентрація вільних іонів у розчині є мізерною. Тому такі системи не є здатними проводити електричний струм (є дуже слабкими електролітами).

Органолептичні властивості. *Розчини лугів* милкі на дотик через омилення жирів на шкірі. Вони є надзвичайно їдкими – руйнують шкіру, папір, тканини. Звідси утворилися старі назви цих сполук: NaOH – "їдкий натр", KOH – "їдкий калі".

Хімічні властивості основ і амфотерних гідроксидів

Хімічні властивості основ і амфотерних гідроксидів визначають їхньою здатністю вступати в реакції обміну та нейтралізації. Головна відмінність між ними полягає в тому, що амфотерні сполуки мають "подвійну природу", реагуючи або як кислоти, або як основи, залежно від умов реакцій.

Найбільш характерними є хімічні реакції, у яких беруть участь сполуки цього класу, наведено далі.

Хімічні властивості основ

Взаємодія з кислотами:

луги взаємодіють із кислотами з утворенням солі та води (реакція нейтралізації). Наприклад, під час взаємодії калій гідроксиду із сульфатною кислотою відбувається обмінна реакція з утворенням солі – калій сульфату (K_2SO_4) і води:

$$2KOH + H_2SO_4 = K_2SO_4 + H_2O;$$

нерозчинні гідроксиди взаємодіють із кислотами з утворенням солі та води. В основі процесу також лежить реакція обміну, наприклад:

$$Fe(OH)_2 + 2HCl = FeCl_2 + H_2O.$$

Взаємодія з кислотними оксидами:

луги взаємодіють із кислотними оксидами з утворенням солі та води, наприклад:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3\downarrow + H_2O;$$

нерозчинні гідроксиди взаємодіють із кислотними оксидами, які відповідають сильним кислотам, з утворенням солі та води. Наприклад, у результаті реакції купрум (II) гідроксиду із сульфур (VI) оксидом, який відповідає сульфатній кислоті, яка належить до сильних кислот, утворюється сіль – купрум сульфат ($CuSO_4$) та вода:

$$Cu(OH)_2 + SO_3 = CuSO_4 + H_2O.$$

Взаємодія з амфотерними оксидами й гідроксидами:

луги взаємодіють з амфотерними оксидами й гідроксидами. Наприклад, під час взаємодії NaOH з амфотерним оксидом Cr_2O_3, який у цій реакції виявляє кислотні властивості, утворюється проста сіль – натрій хромат (Na_2CrO_2) та вода. Процес відбувається під час нагрівання:

$$2NaOH + Cr_2O_3 = Na_2CrO_2 + H_2O.$$

А в результаті реакції KOH з амфотерним гідроксидом $Al(OH)_3$ утворюється комплексна сіль – калій тетрагідроксоалюмінат ($KAl(OH)_4$). Реакція відбувається в розчині:

$$KOH + Al(OH)_3 = KAl(OH)_4;$$

нерозчинні гідроксиди взаємодіють з амфотерними оксидами й гідроксидами під час сплавлення, виявляючи кислотні властивості. Водночас утворюються прості солі, наприклад, ферум (II) алюмінат ($Fe(AlO_2)_2$) та магній цинкат ($MgZnO_2$):

$$Fe(OH)_2 + Al_2O_3 = Fe(AlO_2)_2 + H_2O;$$

$$Mg(OH)_2 + Zn(OH)_2 = MgZnO_2 + 2H_2O.$$

Взаємодія із солями:

луги взаємодіють з солями, якщо утворюється нерозчинна речовина. Наприклад, під час реакції барій гідроксиду із натрій сульфатом відбувається обмінна реакція й утворюється нерозчинна сіль – барій сульфат, яка випадає в осад:

$$Ba(OH)_2 + Na_2SO_4 = BaSO_4\downarrow + 2NaOH;$$

нерозчинні гідроксиди із солями не взаємодіють.

Розкладання під час нагрівання:

луги:

гідроксиди лужних металів під час нагрівання не розкладаються;

гідроксиди лужноземельних металів розкладаються під час прожарювання. Наприклад, за температури приблизно 500 – 580°С відбувається розкладання кальцій гідроксиду на відповідний кальцій оксид та воду:

$$Ca(OH)_2 = CaO + H_2O;$$

нерозчинні гідроксиди розкладаються під час нагрівання. Наприклад, за температури 150 – 200°С розкладається ферум (II) гідроксид з утворенням відповідного ферум (II) оксиду та води:

$$Fe(OH)_2 = FeO + H_2O.$$

Хімічні властивості амфотерних гідроксидів

Взаємодія з основами. Під час реакції з основами амфотерні гідроксиди виявляють кислотні властивості. Приклади наведено раніше.

Взаємодія з кислотами. Під час реакції з кислотами амфотерні гідроксиди виявляють основні властивості. Наприклад, під час взаємодії цинк гідроксиду ($Zn(OH)_2$) із хлоридною кислотою утворюється сіль – цинк хлорид та вода:

$$Zn(OH)_2 + HCl = ZnCl_2 + H_2O.$$

Взаємодія із солями. Амфотерні гідроксиди із солями не взаємодіють, оскільки вони є нерозчинними сполуками.

4.1.3. Кислоти

Кислоти – це складні речовини, що складаються з атомів гідрогену (H^+), здатних заміщуватися атомами металічних елементів, і кислотних залишків (КЗ) [7; 12].

Загальна формула кислот:

$$H_n(КЗ),$$

де n – індекс, який відповідає ступеню окиснення кислотного залишку, оскільки ступінь окиснення гідрогену завжди дорівнює +1.

Найбільш поширені кислоти наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Назви та формули найважливіших кислот

Назви кислот за міжнародною номенклатурою (IUPAC)	Хімічні формули кислот	Тривіальні назви кислот	Хімічні формули кислотних залишків	Назви кислотних залишків
Борна	H_3BO_3	Борна	BO_3^{-3}	Борат
Карбонатна	H_2CO_3	Вугільна	CO_3^{-3}	Карбонат
Нітратна	HNO_3	Азотна	NO_3^-	Нітрат
Метафосфатна	HPO_3	Метафосфорна	PO_3^-	Метафосфат
Ортофосфатна	H_3PO_4	Ортофосфорна	PO_4^{-3}	Ортофосфат
Силікатна	H_2SiO_3	Кремнієва	SiO_3^{-2}	Силікат
Сульфатна	H_2SO_4	Сірчана	SO_4^{-2}	Сульфат
Сульфітна	H_2SO_3	Сірчиста	SO_3^{-2}	Сульфіт
Сульфідна	H_2S	Сірководнева	S^{-2}	Сульфід
Бромідна	HBr	Бромводнева	Br^-	Бромід
Йодидна	HI	Йодводнева	I^-	Йодид
Флуоридна	HF	Фторводнева, плавікова	F^-	Флуорид
Хлоридна	HCl	Хлорводнева, соляна	Cl^-	Хлорид

Кислоти класифікують за такими ознаками:

1) за вмістом атомів оксигену в молекулах розрізняють:

оксигеновмісні кислоти – це продукти приєднання молекули води (H_2O) до молекул кислотних оксидів: HNO_3, H_2SO_4, H_3PO_4;

безоксигенові кислоти – це розчини деяких газів у воді: HCl, H_2S, HF тощо;

2) за основністю, яку визначають кількістю атомів гідрогену у молекулах, розрізняють:

одноосновні кислоти: HCl, HNO_3;

двоосновні кислоти: H_2S, H_2SO_4;

триосновні кислоти: H_3PO_4;

3) за силою розрізняють:

сильні кислоти: HI, HBr, HCl, H_2SO_4, HNO_3;

середні кислоти: H_2SO_3, H_3PO_4, HF;

слабкі кислоти: H_2CO_3, H_2S, H_2SiO_3.

Фізичні властивості кислот

Агрегатний стан. За нормальних умов кислоти можуть бути в різних станах. *Рідкий стан* є найпоширенішим. Наприклад, у вигляді рідини є сульфатна і нітратна кислоти. Деякі кислоти є *кристалічними речовинами*, наприклад, ортофосфатна, силікатна, борна кислоти. Деякі кислоти взагалі не існують у чистому вигляді, а є лише водними розчинами. Наприклад, під час розчинення у воді відповідних *газів*, утворюється флуоридна, хлоридна, бромідна, йодидна і сульфідна кислоти.

Колір. Більшість чистих неорганічних кислот є безбарвними. Проте нітратна кислота за тривалого зберігання може набувати жовтуватого відтінку через розкладання з виділенням бурого газу нітроген (IV) оксиду.

Запах. Багато кислот мають різкий, специфічний запах, як-от нітратна, хлоридна, сульфітна, сульфідна. Сульфатна, метафосфатна та ортофосфатна кислоти запаху не мають.

Розчинність у воді. Більшість кислот дуже добре розчиняються у воді. Виняток становить силікатна кислота, яка є практично нерозчинною і випадає в осад у вигляді драглистої (гелеподібної) маси. Погано розчиняється у воді борна кислота. Розчинність кислот наведено в таблиці розчинності кислот, основ і солей у воді (див. додаток В).

Розчинення концентрованих кислот, особливо сульфатної супроводжує виділення величезної кількості тепла.

Отже, **важливо пам'ятати***, що під час приготування розчинів кислот потрібно наливати кислоту у воду, а не навпаки, щоб уникнути розбризкування через миттєве закипання*.

Електропровідність. Кислоти є електролітами. У чистому безводному стані рідкі кислоти майже не проводять струм, оскільки складаються з молекул. Під час розчинення у воді молекули кислот розпадаються на іони і розчин стає гарним провідником електричного струму.

Леткість. За цією ознакою кислоти розподіляють на дві групи: леткі й нелеткі.

Леткі кислоти існують у вигляді розчинів газів у воді або мають низьку температуру кипіння. Вони легко випаровуються, що можна помітити за характерним запахом або появою "диму" над відкритою посудиною. До цієї групи належать: хлоридна, нітратна, сульфідна та карбонатна кислоти.

Нелеткі кислоти мають високі температури кипіння і практично не випаровуються за кімнатної температури. До таких кислот належать сульфатна, ортофосфатна, силікатна кислоти тощо.

Хімічні властивості кислот

Кислоти можуть взаємодіяти як із простими, так і зі складними речовинами. Найбільш характерні хімічні реакції наведено далі.

Взаємодія з металами:

кислоти-неокисники (це всі кислоти за винятком нітратної і концентрованої сульфатної кислот) взаємодіють із металами, які в ряду стандартних електродних потенціалів (ряду активності металів) розміщено лівіше водню. Водночас атоми металів окиснюються з утворенням відповідної солі, а іони гідрогену (H^+) відновлюються до водню. Наприклад, під час реакції заліза із хлоридною кислотою цей метал, який стоїть у ряду активності металів лівіше водню, витісняє іон гідрогену з кислоти з утворенням солі – ферум (II) хлориду:

$$Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2;$$

кислоти-окисники (нітратна і концентрована сульфатна кислоти) взаємодіють із металами з утворенням відповідної солі, води та сполук нітрогену і сульфуру. У цьому разі відновлюються атоми нітрогену (N^{+5}) і сульфуру (S^{+6}), які входять до складу відповідних кислот, наприклад:

$$3Cu + 8HNO_{3(розв.)} = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O;$$

$$Ag + 2HNO_{3(конц.)} = AgNO_3 + NO_2 + H_2O;$$

$$Zn + 2H2SO_{4(конц.)} = ZnSO4 + SO_2 + 2H_2O.$$

Взаємодія з основними й **амфотерними оксидами.** Під час перебігу хімічних реакцій кислот з основними й амфотерними оксидами, які в цьому разі виявляють основні властивості, утворюються сіль і вода, наприклад:

$$CaO + 2HBr = CaBr_2 + H_2O;$$

$$Fe_2O_3 + 6HNO_3 = 2Fe(NO_3)_3 + 3H_2O.$$

Взаємодія з основами й **амфотерними гідроксидами.** Кислоти реагують з основами й амфотерними гідроксидами, які в цьому разі поводяться як основи з утворенням солі та води, наприклад:

$$H_2S + 2NaOH = Na_2S + 2H_2O;$$

$$3HCl + Cr(OH)_3 = CrCl_3 + 3H_2O.$$

Взаємодія із солями. Кислоти можуть реагувати із солями, якщо в результаті реакції виділяється газ, утворюється осад або вода. Наприклад, під час взаємодії йодидної кислоти із кальцій карбонатом утворюються сіль – кальцій йодид (CaI_2) і карбонатна кислота, яка є нестійкою сполукою і відразу розпадається на карбон (IV) оксид та воду:

$$2HI + CaCO_3 = CaI_2 + H_2CO_3\ (CO_2\uparrow + H_2O).$$

Також є можливим перебіг реакції між сульфатною кислотою і барій хлоридом, у результаті якої утворюється нерозчинна сполука – барій сульфат:

$$H_2SO_4 + BaCl_2 = BaSO_4\downarrow + 2HCl.$$

Розкладання оксигенових кислот під час нагрівання може відбуватися за такими рівняннями реакцій:

$$H_2SO_4 = SO_3 + H_2O;$$

$$4HNO_3 = 4NO_2 + 2H_2O + O_2.$$

4.1.4. Солі

Солі – це складні речовини, які складаються з атомів металічних елементів (Ме) і кислотних залишків (КЗ) [7; 12].

Загальна формула солей:

$$Me_x(КЗ)_y,$$

де х – індекс, який визначають ступенем окиснення металу;

у – індекс, який визначають ступенем окиснення кислотного залишку.

Залежно від складу, розрізняють середні, кислі й основні солі.

Середні солі – це продукти повного заміщення іонів гідрогену у молекулах кислот на іони металу. До складу середніх солей входить металічний хімічний елемент і кислотний залишок. *Назва середніх солей* складається з назви металу (катіона) і назви кислотного залишку (аніона) в називному відмінку. Якщо метал виявляє декілька ступенів окиснення, то цей ступінь окиснення зазначають у дужках римською цифрою, наприклад, $FeSO_4$ – ферум (II) сульфат, NH_4NO_3 – амоній нітрат.

Кислі солі – це продукти неповного заміщення іонів гідрогену (H^+) у молекулах кислот на іони металу. До складу кислих солей, окрім іонів металу (катіонів) і кислотного залишку (аніонів), входять іони гідрогену. *Назви кислих солей* утворюють додаванням до назви аніона префікса "гідроген-", за потреби з відповідними числівниками, наприклад, $Ca(HCO_3)_2$ – кальцій гідрогенкарбонат, NaH_2PO_4 – натрій дигідрогенортофосфат.

Основні солі – це продукти неповного заміщення гідроксильних груп (– ОН) у молекулах основ на кислотні залишки. До складу основних солей, крім металічного хімічного елемента (катіона) і кислотного залишку (аніона), входять гідроксильні групи. *Назви основних солей* утворюють, додаючи до назви аніона префікса "гідроксид-", за потреби з відповідними

числівниками, наприклад, MgOHCl – магній гідроксидхлорид, $Fe(OH)_2NO_3$ – ферум (III) дигідроксиднітрат.

Фізичні властивості солей

Агрегатний стан. За нормальних умов солі – це тверді кристалічні речовини. У солей типових металів іонна кристалічна ґратка, тому вони мають порівняно високу температуру плавлення і є нелеткими.

Колір. Багато солей є безбарвними або білими речовини, наприклад, магній карбонат ($MgCO_3$), кальцій карбонат, барій сульфат тощо. Проте деякі сполуки, особливо перехідних металів, мають характерне забарвлення, наприклад, купрум (II) сульфат пентагідрат ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) – блакитне; кадмій сульфід (CdS) – жовте; меркурій (II) сульфід (HgS) – червоне; калій перманґанат ($KMnO_4$) – фіолетове; калій дихромат ($K_2Cr_2O_2$) – оранжеве тощо.

Розчинність у воді. За розчинністю солі розподіляють на:

розчинні – усі нітрати (NO_3^-), солі натрію (Na^+) та калію (K^+);

малорозчинні – наприклад, кальцій сульфат ($CaSO_4$), цинк флуорид (ZnF_2), плюмбум (II) хлорид ($PbCl_2$);

нерозчинні – наприклад, кальцій карбонат, барій сульфат, аргентум (I) хлорид.

Розчинність солей наведено в таблиці розчинності кислот, основ і солей у воді (див. додаток В). Даними таблиці можна користуватися, щоб визначати можливість перебігу тих чи тих хімічних реакцій.

Гігроскопічність. Деякі солі, як-от кальцій хлорид ($CaCl_2$) або магній нітрат ($Mg(NO_3)_2$), є здатними активно поглинати вологу з повітря. Наприклад, натрій хлорид має низьку гігроскопічність. Усі інші солі не є гігроскопічними.

Механічні властивості. Більшість солей є порівняно твердими речовинами. Наприклад, твердість за шкалою Мооса для натрій хлориду становить 2,5, а для барій сульфату – 3,0 – 3,5. Проте солі – це крихкі речовини, які легко руйнують під час механічної дії.

Електропровідність. У твердому стані солі є діелектриками (ізоляторами), оскільки іони є нерухомими. У розчинах і розплавах солі є електролітами, оскільки, під час розчинення або розплавлення кристалічна ґратка руйнується та іони стають вільними та здатними переносити електричний заряд.

Хімічні властивості солей

Хімічні властивості солей зумовлено їхньою здатністю вступати в реакції обміну, заміщення або розкладу. Найбільш характерні для солей хімічні реакції наведено далі.

Взаємодія з металами. У ряду стандартних електродних потенціалів кожен попередній метал витісняє наступний із розчинів їхніх солей. Наприклад, під час взаємодії цинку із гідраргірум (II) нітратом ($Hg(NO_3)_2$) цинк як більш активний метал витісняє гідраргірум із солі, водночас відбувається реакція заміщення з утворенням цинк нітрату ($Zn(NO_3)_2$) і вільної ртуті:

$$Zn + Hg(NO_3)_2 = Zn(NO_3)_2 + Hg.$$

Взаємодія з лугами. Солі вступають у реакцію з лугами, якщо утворюється нерозчинна речовина. Наприклад, під час хімічної взаємодії між купрум (II) сульфатом і калій гідроксидом відбувається обмінна реакція з утворенням осаду – купрум (II) гідроксиду і розчинного калій сульфату:

$$CuSO_4 + KOH = Cu(OH)_2\downarrow + K_2SO_4.$$

Взаємодія з кислотами. Хімічна реакція між сіллю і кислотою відбувається, якщо утворюється більш слабка кислота або випадає осад. Наприклад,

$$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2CO_3\ (CO_2\uparrow + H_2O);$$

$$FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S\uparrow;$$

$$Cu(NO_3)_2 + H_2S = CuS\downarrow + 2HNO_3.$$

Взаємодія солей між собою. Розчинні солі вступають у реакцію обміну між собою, якщо утворюється осад. Наприклад:

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3\downarrow + 2NaCl.$$

Розкладання під час нагрівання. Під дією підвищених температур солі розкладаються, якщо утворюються леткі сполуки. Продукти, що утворюються, залежать від природи металу та кислоти. Наприклад:

$$CuSO_4 = CuO + SO_3\uparrow;$$

$$2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2\uparrow;$$

$$Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow.$$

4.2. Оксиди, які застосовують у поліграфії

У поліграфічній промисловості оксиди виконують роль пігментів, наповнювачів, абразивів та захисних покриттів. Їхня характеристика ґрунтується на оптичних властивостях (на кольорі, показнику заломлення) та фізико-хімічній стійкості [7; 12]. Далі за алфавітним порядком наведено загальну інформацію про ключові оксиди в поліграфії та їхнє функціональне призначення.

Кремній (IV) оксид (SiO_2) – це тверда кристалічна або аморфна речовина. Має високу твердість, яка за шкалою Мооса становить 7,0. Це робить SiO_2 стійким до механічних пошкоджень, але за великих концентрацій він може підвищувати спрацювання деталей машин (наприклад, ракелів). Температура плавлення дорівнює приблизно 1 713°C. Кремній (IV) оксид має низький показник заломлення (приблизно 1,45 – 1,46). Через це він не є гарним білим пігментом (на відміну від TiO_2), але є ідеальним наповнювачем, оскільки не змінює колір основних пігментів.

SiO_2 – це кислотний оксид, який не реагує з водою, більшістю кислот, окрім флуоридної, та окисниками. Під час нагрівання або тривалого контакту з концентрованими лугами утворює солі – силікати. Аморфний кремній (IV) оксид (силікагель) має величезну питому площу поверхні, що дозволяє йому ефективно вбирати вологу та компоненти сполучних речовин фарби.

У поліграфії кремній (IV) оксид застосовують як наповнювач для паперу для підвищення гладкості та білизни, поліпшення сприйняття фарби, зниження прозорості аркуша. У лаках та фарбах мікронізований SiO_2 використовують для створення матового ефекту. Високодисперсний кремній (IV) оксид (аеросил) додають у друкарські фарби для регулю-

вання їхньої в'язкості; він запобігає розтіканню фарби та її осіданню під час зберігання. Також аеросил використовують як загусник для клею.

Кремній (IV) оксид є екологічно безпечним і нетоксичним. Однак у вигляді дрібнодисперсного пилу він може бути небезпечним для дихальних шляхів, тому на виробництвах, де готують фарби або папір, обов'язково використовують системи аспірації.

Титан (IV) оксид (TiO_2), також відомий як *титанові білила*, є найважливішим білим пігментом у світовій поліграфії. Він ефективно розсіює всі довжини хвиль видимого спектра, що надає йому чистого білого кольору. Під час нагрівання змінює колір на жовтий. TiO_2 – це дрібний кристалічний порошок, що має один із найвищих показників заломлення серед усіх прозорих речовин (рутильна форма – 2,71; анатазна форма – 2,55), завдяки чому забезпечує екстремальну покривну здатність (непрозорість) фарби навіть за тонкого шару. Хоча TiO_2 є більш м'яким за SiO_2 (твердість за шкалою Мооса становить 5,5 – 6,5), його частинки мають абразивні властивості, що враховують під час розроблення рецептур фарб для захисту друкарських форм від зносу.

TiO_2 – це амфотерний оксид, який є хімічно стійкою речовиною: не розчиняється у воді, органічних розчинниках та більшості кислот і лугів. Для нього є характерною висока стійкість до ультрафіолету. Це не токсична речовина.

У поліграфії титан (IV) оксид застосовують як пігмент для виготовлення білих фарб для флексографії та глибокого друку; у виробництві ламінату та декоративного паперу, оскільки, завдяки високій термостійкості, він витримує процеси пресування за високих температур; працює як УФ-фільтр, захищаючи задрукований матеріал та вміст опакування від деградації під дією сонця.

Ферум (III) оксид (Fe_2O_3), відомий у промисловості як *залізний сурик*, є одним із найдавніших та найбільш стабільних неорганічних пігментів. Це порошкоподібна речовина, колірну гаму якої варіюють від світло-червоного до темно-коричневого (залежно від розміру частинок та методу утворення). Має високу непрозорість. Показник заломлення становить приблизно 2,9 – 3,2, що дозволяє створювати дуже щільні за кольором фарби. Твердість за шкалою Мооса дорівнює 5,5 – 6,5. Це робить пігмент помірно абразивним; за високих концентрацій він може прискорювати зношування м'яких друкарських форм. Ферум (III) оксид є надзвичайно стабільним під час нагрівання, він плавиться за температури 1 565°C.

Fe_2O_3 – це основний оксид, який стійкий до дії розведених лугів та багатьох органічних розчинників. Повільно взаємодіє із сильними мінеральними кислотами, утворюючи відповідні солі феруму. Fe_2O_3 є світло- та атмосферостійким.

У поліграфії ферум (III) оксид використовують у виробництві коричневих і червоних недорогих, але надзвичайно стійких до світла та погодних умов фарб, наприклад, для зовнішньої реклами або маркування тари. Спеціальні модифікації оксидів феруму (зокрема змішані оксиди $FeO \cdot Fe_2O_3$) застосовують у виробництві магнітних чорнил для друкування банківських чеків, квитків та акцизних марок (технологія MICR – Magnetic Ink Character Recognition). У жерстяному друку (літографії на металі) Fe_2O_3 слугує пігментом-наповнювачем для антикорозійних лакових шарів. Тонкодисперсний порошок ферум (III) оксиду використовують для фінішного полірування сталевих та мідних валів у цехах гальванопластики.

Хром (III) оксид (Cr_2O_3), відомий також як *хромова зелень* або *ескалібур*, є тонкодисперсним порошком темно-зеленого кольору. Він володіє високою покривною здатністю: навіть тонкий шар фарби повністю перекриває колір основи. Має високу світлостійкість, отже, не вицвітає під дією прямого сонячного світла. Температура плавлення хром (III) оксиду становить 2 435°C, що робить його стійким за будь-яких температурних режимах сушіння та термооброблення опакування. Твердість за шкалою Мооса є дуже високою і становить 8,0 – 8,5, через що цей оксид є високоабразивним, а отже, фарби з високим умістом хром (III) оксиду можуть швидше зношувати м'які друкарські форми або ракельні ножі.

Cr_2O_3 – це амфотерний оксид, що не розчиняється у воді, спиртах, ефірах та більшості органічних розчинників. Є стійким до агресивних середовищ: не реагує з розведеними кислотами та лугами. Його вважають безпечним та малотоксичним.

У поліграфії хром (III) оксид застосовують як пігмент для виготовлення фарб металографічного друку (Intaglio) для виробництва банкнот і цінних паперів. Використовують у фарбах для знаків та маркувань, що роками розміщено під відкритим небом в умовах агресивного міського середовища. Cr_2O_3 наносять за допомогою плазмового напилення на поверхню сталевих або алюмінієвих валів флексографічного друку для підвищення їхньої тиражестійкості.

Цинк оксид (ZnO), відомий також як *цинкові білила*, є білою порошкоподібною речовиною. На відміну від TiO_2, який може мати жовтуватий відтінок, ZnO дає більш "холодну" білизну. Під час нагрівання він змінює колір із білого на жовтий, а під час охолодження знову стає білим. Показник заломлення цинк оксиду становить приблизно 2,01 – 2,03. Це нижчий, ніж у титанових білил, тому він має нижчу покривну здатність, тобто є прозорішим у фарбах.

ZnO – це амфотерний оксид, який є практично нерозчинним у воді та спирті за кімнатної температури, він розчиняється в розведених мінеральних кислотах. Без запаху, не горючий, не спалахує.

У поліграфії цинк оксид використовують як білий пігмент у фарбах, особливо в художньому та етикетковому друці. Застосовують як функціональний наповнювач у фарбах і лаках. Він підвищує в'язкість фарби, поліпшує адгезію до паперу й картону, забезпечує рівномірний розподіл пігментів. Також ZnO каталізує окиснювальну полімеризацію зв'язувальних речовин (олій, алкідних смол) та скорочує час висихання відбитків. Цинк оксид поглинає ультрафіолетове випромінювання, а отже, захищає фарби від вицвітання і подовжує строк зберігання друкованих матеріалів. Цей оксид входить до складу крейдованих паперів, електрофотографічних і спеціальних покриттів та шарів, що регулюють поглинання фарби. Завдяки слабким бактерицидним властивостям, ZnO застосовують в упакованні (продуктів харчування, фармацевтичних засобів), оскільки зменшує розвиток мікроорганізмів на поверхні паперу.

4.3. Гідроксиди, які застосовують у поліграфії

У поліграфії гідроксиди використовують як активні хімічні агенти для оброблення поверхонь, регулятори середовища (pH) і компоненти для синтезу світлочутливих шарів. Характеристику найбільш застосовуваних гідроксидів за алфавітним порядком наведено далі [7; 12].

Алюміній гідроксид ($Al(OH)_3$) – це білий порошок, що існує в аморфному або кристалічному стані. Має високий ступінь білизни. Його показник заломлення, який становить 1,57, є близьким до показника заломлення багатьох друкарських сполучних речовин (олій та смол). Має високу спорідненість до води (гідрофільність), що важливо для процесів зволоження в офсетному друці. Не розчиняється у воді.

$Al(OH)_3$ – це амфотерний гідроксид, який здатний реагувати як із кислотами, так і лугами. Під час нагрівання перетворюється на *глинозем* (Al_2O_3). Є нетоксичною речовиною.

У поліграфії алюміній гідроксид застосовують як функціональний наповнювач. Його додають до друкарських фарб як субстрат для утворення лакових пігментів із гарними реологічними властивостями, а також як коректор в'язкості, який дозволяє регулювати "короткість" або "довжину" фарби (її здатність тягнутися нитками), що критично для якісного перенесення фарби в офсетних машинах. $Al(OH)_3$ використовують у виробництві високоякісного крейдованого паперу: надає аркушу гладкості та поліпшує сприйняття друкарської фарби. Алюміній гідроксид може входити до складу захисних або допоміжних шарів під час виготовлення друкарських форм, де він відіграє роль стабілізатора структури.

Барій гідроксид ($Ba(OH)_2$) – це біла кристалічна речовина, найпоширенішою формою якої є октагідрат $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$. Має помірну розчинність у воді, яка сильно залежить від температури: під час нагрівання його розчинність різко зростає. Розчини мають лужну реакцію. Кристали барій гідроксиду активно поглинають вуглекислий газ з повітря, перетворюючись на нерозчинний барій карбонат.

$Ba(OH)_2$ є сильною основою і виявляє всі типові властивості лугів.

У поліграфії барій гідроксид використовують як хімічний компонент у виробництві фарб, паперу та лаків. Його властивості дозволяють регулювати pH розчинів, оскільки лужна реакція розчинів $Ba(OH)_2$ стабілізує фарби та покриття, запобігаючи їхньому швидкому загустінню або зміні кольору. Як сильна основа ця речовина нейтралізує кислоти в папері та фарбах, підвищуючи їхню хімічну стійкість і строк зберігання. Також барій гідроксид захищає металеві елементи друкарського обладнання від кислотного впливу.

Калій гідроксид (KOH) – це біла кристалічна речовина, кристали якої мають форму лусочок, гранул або блоків. Є дуже гігроскопічною, але її гігроскопічність є нижчою, ніж у натрій гідроксиду. KOH активно поглинає вологу з повітря, водночас він розпливається, перетворюючись на концентрований сиропоподібний розчин. Дуже добре розчиняється у воді та спиртах (етанолі, метанолі). Процес розчинення супроводжує виділення великої кількості тепла (екзотермічна реакція). Водні розчини мають сильнолужну реакцію. Є негорючою, але вибухонебезпечною.

КОН є сильним електролітом і вступає у всі реакції, характерні для лугів.

У поліграфії калій гідроксид входить до складу концентрованих проявників для позитивних офсетних пластин. Він розчиняє ділянки копіювального шару, що зазнали дії світла, оголюючи гідрофільну алюмінієву основу. Завдяки своїй здатності омиляти жири, розчини КОН використовують для глибокого очищення мікропористих поверхонь анілоксових валів від залишків засохлої фарби та видалення застарілих нашарувань фарби й паперового пилу з гумових валів. У водно-дисперсійних фарбах калій гідроксид використовують для підтримання лужного середовища, щоб смоли у складі фарби залишалися в розчиненому стані.

Кальцій гідроксид ($Ca(OH)_2$) – це білий дрібнодисперсний порошок, малорозчинний у воді. Під час змішування з водою утворює суспензію, яку називають *вапняним молоком*, а відфільтрований прозорий розчин – *вапняною водою*. На відміну від більшості речовин, розчинність кальцій гідроксиду знижується під час підвищення температури. Він активно поглинає вуглекислий газ з повітря.

$Ca(OH)_2$ виявляє властивості сильної основи.

У поліграфії кальцій гідроксид використовують переважно як допоміжний хімічний реагент у виробництві видавничо-поліграфічних матеріалів і процесах друкування. Він створює лужне середовище і знижує кислотність паперової маси, що підвищує довговічність друкованої продукції. Нейтралізує кислотність води і технологічних розчинів у друкарських процесах, що запобігає корозії обладнання. $Ca(OH)_2$ застосовують для очищення кислих стічних вод друкарень.

Натрій гідроксид (NaOH), відомий також як *каустична сода*, – це тверда речовина білого кольору у формі гранул, лусок або паличок. На дотик вона здається мильною. Добре розчиняється у воді, водночас виділяється велика кількість теплоти. Натрій гідроксид є дуже гігроскопічним: на відкритому повітрі миттєво поглинає вологу і перетворюється на в'язку рідину.

NaOH виявляє сильні лужні властивості. Є їдкою сполукою, під час потрапляння на шкіру викликає омилення жирів та хімічні опіки, спричиняє корозію окремих металів. Речовина не є горючою, однак небезпека пожежі виникає під час контакту з амоніаком.

У поліграфії натрій гідроксид, як і калій гідроксид, застосовують для проявлення офсетних форм: розчин NaOH вимиває ділянки поверхні

офсетних пластин, формуючи майбутні пробільні елементи. У виробництві паперу натрій гідроксид використовують під час "варіння" деревної тріски для відокремлення лігніну від целюлозних волокон, із яких потім роблять папір. Також NaOH є незамінним для для знежирення поверхні в процесі виготовлення валів глибокого друку та очищення керамічних анілоксових валів від залишку фарби.

4.4. Кислоти, які застосовують у поліграфії

У поліграфії кислоти відіграють роль агресивних реагентів для травлення металів, регуляторів кислотності (pH) у зволожувальних розчинах та компонентів для очищення обладнання. Далі наведено загальні властивості та сфери застосування основних мінеральних кислот за алфавітним порядком [7; 12].

Нітратна кислота (HNO_3) – це безбарвна прозора рідина з різким задушливим запахом. Під час зберігання на світлі або нагрівання набуває жовтуватого або бурого відтінку через накопичення оксидів нітрогену. HNO_3 змішується з водою в будь-яких пропорціях. "Димить" на повітрі, виділяючи пари, які під час взаємодії з вологою повітря утворюють туман. Пари нітратної кислоти є їдкими й токсичними. Густина нітратної кислоти за 20°C становить приблизно 1,5 г/см^3.

HNO_3 є одноосновною сильною кислотою та потужним окисником. Є сильно корозійною, взаємодіє з переважною кількістю металів (окрім золота і платини), формуючи солі. Руйнує органічні речовини. Концентрована кислота викликає миттєве обвуглювання паперу, тканини та деревини.

У поліграфії розведену нітратну кислоту застосовують для травлення мідних, цинкових і сталевих пластин під час виготовлення й активації поверхонь (видалення з поверхні оксидних плівок) металевих друкарських форм. Вона є реагентом у синтезі багатьох сполук, що входять до складу фарб, лаків і пігментів. Також HNO_3 регулює кислотність технологічних розчинів процесів друкування та нейтралізує залишки лугів після промивання.

Ортофосфатна кислота (H_3PO_4) за кімнатної температури є білою кристалічною речовиною, а під час нагрівання до 42,35°C перетворюється на безбарвну в'язку рідину без запаху. Ця кислота має гігроскопічні

властивості; не димить на повітрі; не займається і не горить; розчиняється у воді, етанолі та інших розчинниках; не є отруйною. Густина твердої ортофосфорної кислоти становить приблизно 1,88 г/см^3, а для поширеного 85 % (мас.) розчину – приблизно 1,685 г/см^3 (за 25°С).

H_3PO_4 – це триосновна кислота середньої сили, яка, на відміну від нітратної кислоти, не є сильним окисником, що робить її більш безпечною та функціональною для роботи.

У поліграфії ортофосфатна кислота входить до складу зволожувальних розчинів офсетного друку для стабілізації pH у межах 4,5 – 5,5 та запобігання емульгуванню фарби. Розчинами цієї кислоти обробляють поверхні офсетних форм для підтримання гідрофільності (здатності змочуватися водою) пробільних елементів на алюмінієвій пластині. Її застосовують для очищення металевих поверхонь від накипу, іржі, залишків фарби. У деяких випадках H_3PO_4 використовують у сумішах для травлення сталевих пластин у глибокому друці або для матування скляних поверхонь у трафаретному друці.

Сульфатна кислота (H_2SO_4) – це олійста безбарвна рідина. Концентрована кислота (98 % (мас.)) має високу густину – приблизно 1,84 г/см^3. H_2SO_4 є дуже гігроскопічною, активно поглинає вологу з повітря та органічних речовин (паперу, тканини, цукру), перетворюючи їх на вугілля. Під час змішування її з водою виділяється величезна кількість тепла, оскільки відбувається екзотермічна реакція.

H_2SO_4 – це сильна двоосновна кислота. Є сильним окисником, дуже реакційноздатною і корозійною.

У поліграфії сульфатна кислота входить до складу електролітів для електрохімічного (гальванічного) нанесення мідних і хромових шарів на формні циліндри глибокого друку. Застосовують її як електроліт під час оксидації (утворення захисної плівки у вигляді оксиду) алюмінієвих пластин офсетного друку. H_2SO_4 застосовують для нейтралізації надмірно лужних стоків, які утворюються після промивання форм та обладнання розчинами NaOH. У виробництві паперу контролює кислотність паперової маси.

Хлоридна кислота (HCl) – це безбарвна прозора рідина. Технічна кислота може мати жовтуватий відтінок через домішки заліза. Має різкий, специфічний та удушливий запах. Концентрована кислота (приблизно 37 % (мас.)) сильно "димить" на повітрі, виділяючи газ гідроген хлорид,

який подразнює дихальні шляхи. Добре розчиняється у воді та органічних розчинниках. Густина хлоридної кислоти за максимальної концентрації становить приблизно 1,19 г/см^3.

HCl є однією з найсильніших одноосновних кислот. Взаємодіє з більшістю металів, отже, має корозійну активність. На відміну від нітратної чи концентрованої сульфатної кислот, вона не є окисником, що дозволяє використовувати її для вибіркового очищення.

У поліграфії хлоридну кислоту застосовують у гальванічних процесах для активації поверхонь формних циліндрів перед нанесенням функціональних шарів металів. Розчинами кислоти очищують поверхні від іржі й накипу та залишків фарб. Іноді HCl входить до складу розчинів для травлення мідних форм глибокого друку, де вона контролює швидкість та рівномірність процесу. Також її можна застосовувати для зниження pH стічних вод поліграфії перед їхнім скиданням.

4.5. Солі, які застосовують у поліграфії

У поліграфії солі використовують як пігменти, наповнювачі та реагенти для оброблення друкарських форм. Характеристику ключових солей, які застосовують у поліграфії, за алфавітним порядком наведено далі [7; 12].

Алюміній сульфат ($Al_2(SO_4)_3$) – це біла кристалічна речовина, яка найчастіше існує у вигляді кристалогідрату $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$. Дуже добре розчиняється у воді, не розчиняється в спиртах та більшості органічних розчинників. Речовина має помірну гігроскопічність, але під час зберігання у вологих приміщеннях кристали можуть злипатися.

$Al_2(SO_4)_3$ – це середня сіль сильної кислоти (H_2SO_4) і слабкої основи ($Al(OH)_3$), яка гідролізується з утворенням кислого середовища.

У поліграфії алюміній сульфат застосовують для проклеювання паперу: його додають у паперову масу разом із каніфольним клеєм для підвищення гідрофобності (водостійкості) паперу. Також він сприяє закріпленню лакових пігментів на мінеральній основі. У друкарнях і на паперових фабриках $Al_2(SO_4)_3$ використовують як коагулянт для очищення стічних вод. Він "склеює" дрібні частинки пігментів, паперового пилу та в'язівників у великі пластівці (флокули), які легко видалити фільтрацією.

Барій сульфат ($BaSO_4$) – це ідеально біла порошкоподібна речовина, яка має високий коефіцієнт відбиття світла у всьому видимому спектрі. Через це він відомий у промисловості як *бланкфікс* (від фр. *blanc*

fixe – "постійний білий"). Показник заломлення становить 1,63 – 1,65. Це значення є близьким до показника заломлення багатьох олій та смол, тому у фарбі $BaSO_4$ стає напівпрозорим. Має високу густину, яка дорівнює 4,5 г/см^3. Синтетичний барій сульфат має дуже дрібні та однорідні частинки, що не дряпають друкарську форму.

$BaSO_4$ – це середня сіль сильної основи ($Ba(OH)_2$) та сильної кислоти (H_2SO_4). Є однією з найменш розчинних сполук у хімії. Вона не розчиняється у воді, органічних розчинниках, концентрованих лугах та більшості кислот.

Отже, барій сульфат є інертним у більшості реакцій, не гідролізується, водне середовище – нейтральне.

У поліграфії барій сульфат застосовують як пігмент і наповнювач під час виготовлення фарб, лакофарбових покриттів та тонерів для забезпечення білизни й непрозорості, зниження вартості (через економію дорогого пігменту), регулювання в'язкості та текучості. Також він є наповнювачем для паперу: його додають до паперової маси для підвищення щільності та гладкості паперу й поліпшення яскравості та відтінку білого кольору. За допомогою $BaSO_4$ створюють баритовий шар у фотопапері, який забезпечує гладкість, захищає папір від проникнення хімікатів та створює максимально біле тло для зображення.

Кальцій карбонат ($CaCO_3$) – це твердий кристалічний білий порошок без запаху і смаку. Показник заломлення становить приблизно 1,5 – 1,7, що робить його напівпрозорим у масляних сполучних речовинах, але дуже ефективним білим наповнювачем у паперовій масі. Твердість за шкалою Мооса дорівнює 3, отже, це м'який мінерал, який не спричиняє значного зношування друкарських форм та ножів.

$CaCO_3$ – це середня сіль, утворена сильною основою ($Ca(OH)_2$) і слабкою кислотою (H_2CO_3). Є малорозчинною у воді й етанолі, у кислотах розчиняється добре, водночас утворюється вуглекислий газ. Водні розчини є практично нейтральними. Під час нагрівання розкладається (за температури вищої ніж 800°C) з утворенням кальцій оксиду та вуглекислого газу. Речовина є нетоксичною.

У поліграфії кальцій карбонат застосовують як наповнювач у виробництві паперу. Він замінює дорогі целюлозні волокна, роблячи папір дешевшим, а також підвищує непрозорість, підвищує білизну паперу, поліпшує сприйняття друкарської фарби. $CaCO_3$ є основним інгредієнтом покривної суміші для крейдованого паперу. Кальцій карбонат використовують як наповнювач друкарських фар для зниження їхньої вартості,

зміни матовості відбитка і поліпшення реологічних властивостей (фарбу краще передавати з вала на вал).

Купрум (II) сульфат ($CuSO_4$) у безводному стані – це білий порошок без запаху. Найбільш відома форма – це пентагідрат ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$), що становить яскраві сині кристали й має назву *мідний купорос*. Він дуже добре розчиняється у воді; розчин має характерний яскраво-блакитний колір. Під час нагрівання кристалогідрат утрачає воду, утворюючи безводний $CuSO_4$, який є менш розчинним у воді. Безводний купрум (II) сульфат є гігроскопічним, активно поглинає вологу із середовища, змінюючи колір із білого на синій.

$CuSO_4$ – це середня сіль, утворена сильною кислотою (H_2SO_4) та середньосильною основою ($Cu(OH)_2$). У воді частково гідролізується з утворенням розчину із слабокислим середовищем. Взаємодіє з лугами, є здатною вступати в окисно-відновні реакції.

У поліграфії купрум (II) сульфат є основним компонентом кислого електроліту для нарощування мідного шару на сталеві циліндри глибокого друку. Його застосовують як вихідну сировину для утворення багатьох синіх та зелених пігментів. Завдяки антисептичним властивостям, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ іноді додають у клейстер або тваринні клеї для палітурних робіт. Це запобігає гниттю клею та пошкодженню книг грибком чи комахами.

Натрій карбонат (Na_2CO_3) – це безбарвні кристали або білий порошок без запаху, відомий також як *кальцинована сода*. Добре розчиняється у воді; процес розчинення супроводжує виділення тепла. Є дуже гігроскопічним, на повітрі поглинає вологу та вуглекислий газ з утворенням кислої солі – натрій гідрокарбонату ($NaHCO_3$). За дуже високих температур або на відкритому повітрі злежується, тому його потрібно зберігати у відповідних умовах.

Na_2CO_3 – це середня сіль, утворена сильною основою (NaOH) і слабкою кислотою (H_2CO_3), тому її водні розчини мають виявлене лужне середовище. Легко реагує з кислотами, основами та іншими солями. Речовина є нетоксичною.

У поліграфії натрій карбонат часто входить до складу проявників для проявлення офсетних та флексографських форм. Використовують для пом'якшення води та регулювання pH у зволожувальних розчинах офсетного друку. Його водні розчини застосовують для видалення залишків водних і спиртових фарб з анілоксових валів та систем подавання фарби. Також натрій карбонат сприяє пом'якшенню води, із якої готують

технологічні розчини, й очищенню друкарського обладнання від жирних і кислотних забруднень. У целюлозно-паперовій промисловості Na_2CO_3 використовують для регулювання лужності паперової маси, що впливає на білизну паперу і стабільність барвників.

Ферум (III) хлорид ($FeCl_3$) у безводному стані – це темно-зелені кристали з металевим блиском. Найчастіше існують у вигляді гексагідрату ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$) – шматків або гранул оранжево-коричневого кольору. Речовина надзвичайно добре розчиняється у воді, спирті та етері. Процес розчинення супроводжує виділення великої кількості тепла. Гігроскопічність кристалогідрату є дуже високою. На відкритому повітрі сіль швидко поглинає вологу і "розпливається", перетворюючись на концентрований коричневий розчин.

$FeCl_3$ – це середня сіль, утворена сильною кислотою (HCl) та слабкою основою ($Fe(OH)_3$). Під час гідролізу утворює розчин із кислим середовищем. Є сильним окисником.

У поліграфії ферум (III) хлорид використовують для травлення металевих пластин (оцинкованих, мідних, алюмінієвих) у процесі виготовлення гравюр, друкарських форм і друкарських кліше. Застосовують як коагулянт для очищення води й технологічних розчинів, оскільки він допомагає видаляти колоїдні домішки та частинки паперової маси. У деяких випадках $FeCl_3$ використовують для стабілізації фарб та паст, завдяки своїм коагулювальним властивостям.

Рекомендована література: [2; 6; 7; 12].

Питання для самопідготовки

1. Луги та їхня роль у формних процесах.
2. Кислоти та травлення металів.
3. Солі в папері та фарбах.
4. Електрохімія та гальваніка.

Запитання для самодіагностики

1. Які речовини належать до солетвірних і несолетвірних оксидів? Наведіть приклади.

2. Назвіть хімічні властивості основних, кислотних і амфотерних оксидів.

3. Що таке "гідроксиди"? На які групи розподіляють гідроксиди за розчинністю у воді?

4. Назвіть хімічні властивості гідроксидів.

5. Які речовини належать до класу кислот? Наведіть приклади найбільш поширених кислот.

6. Перелічіть основні хімічні властивості кислот.

7. Що входить до складу солей? Наведіть приклади середніх, основних і кислих солей.

8. Які хімічні властивості виявляють солі?

9. Охарактеризуйте найбільш поширені оксиди, які застосовують у поліграфії.

10. Наведіть приклади гідроксидів, які застосовують у поліграфії. У чому полягають їхні особливості?

11. Дайте характеристику кислотам, що застосовують у поліграфії.

12. Які солі застосовують у поліграфії?

Тестові завдання з розділу 1

1. До основних видавничо-поліграфічних матеріалів належать:

а) папір, фарба, клей, лак;

б) папір, фарба, картон, матеріали для виготовлення друкарських форм;

в) матеріали для виготовлення друкарських форм, органічні розчинники, кислоти;

г) немає правильної відповіді.

2. Споживчі властивості видавничо-поліграфічних матеріалів – це:

а) комплекс властивостей, які визначають якість поліграфічної продукції, відповідно до умов її експлуатації: леткість органічних розчинників, концентрація травильних розчинів, оптичні властивості друкарської продукції;

б) комплекс властивостей, які визначають якість поліграфічної продукції, відповідно до умов її експлуатації: якість зображення, зносостійкість і довговічність друкарської продукції;

в) робочі властивості, що визначають поведінку та взаємодію матеріалів у процесі виготовлення поліграфічної продукції: температура травильних розчинів, леткість органічних розчинників, глянцева поверхня паперу;

г) немає правильної відповіді.

3. Уставте потрібне слово:

"Речовина, або суміш речовин, які використовують для виготовлення виробу або які сприяють певним діям – це _____".

4. До фізичних властивостей речовин належать:

а) ознаки, за якими речовини відрізняються одна від одної або є подібними між собою: поява, зникнення або зміна забарвлення, електропровідність, виділення чи поглинання теплоти;

б) здатність речовин взаємодіяти з іншими речовинами та перетворюватися на інші речовини: агрегатний стан, колір, розчинність, леткість;

в) ознаки, за якими речовини відрізняються одна від одної або є подібними між собою: температура, густина, розчинність, запах;

г) немає правильної відповіді.

5. Легувальні добавки у сплавах виконують такі функції:

а) поліпшують окремі властивості сплаву;

б) погіршують окремі властивості сплаву;

в) тільки підвищують міцність сплаву;

г) немає правильної відповіді.

6. Уставте потрібне слово:

"Карбон в органічних сполуках завжди має валентність _____, через що його атоми можуть утворювати одинарні, подвійні та потрійні зв'язки між собою або з атомами інших хімічних елементів".

7. Високомолекулярна речовина, молекула якої складається з великої кількості повторюваних груп, що мають однакову будову, з'єднаних у ланцюжки хімічними зв'язками, належать до:

а) ізомерів;

б) полімерів;

в) гомологів;

г) немає правильної відповіді.

8. Органічні розчинники в поліграфії застосовують для:

а) виготовлення фарб та очищення і знезараження поверхонь перед фарбуванням;

б) приготування травильних розчинів;

в) виготовлення сплавів;

г) немає правильної відповіді.

9. Процес розчинення поверхні металів і сплавів, що містяться в розчині електроліту (солей та кислот), за допомогою електричного струму називають:

а) хімічним травленням;

б) плазмовим травленням;

в) гальванічним травленням;

г) немає правильної відповіді.

10. Як білі пігменти застосовують такі неорганічні речовини:

а) кремній (IV) оксид (SiO_2), титан (IV) оксид (TiO_2), цинк оксид (ZnO);

б) кремній (IV) оксид (SiO_2), титан (IV) оксид (TiO_2), хром (III) оксид (Cr_2O_3);

в) алюміній гідроксид ($Al(OH)_3$), ферум (III) оксид (Fe_2O_3), барій сульфат ($BaSO_4$);

г) немає правильної відповіді.

11. Найбільш небезпечними неорганічними речовинами серед зазначених є:

а) ортофосфатна кислота H_3PO_4, сульфатна кислота H_2SO_4;

б) нітратна кислота (HNO_3), хлоридна кислота (HCl);

в) натрій гідроксид (NaOH), алюміній гідроксид ($Al(OH)_3$);

г) немає правильної відповіді.

12. До хімічних властивостей речовин належить:

а) здатність речовин взаємодіяти з іншими речовинами й перетворюватися на інші речовини: зміна кольору, виділення газу, поява осаду, вивільнення або поглинання теплоти;

б) здатність речовин взаємодіяти з іншими речовинами й перетворюватися на інші речовини: температура, густина, розчинність, запах;

в) здатність речовин відрізнятися одна від одної або бути подібними між собою: виділення газу, електропровідність, поглинання тепла, зміна кольору;

г) немає правильної відповіді.

Розділ 2
Видавничо-поліграфічні матеріали

5. Формні матеріали

Мета теми полягає у формуванні системного уявлення про склад, структуру, властивості та класифікацію формних матеріалів, а також розкрити взаємозв'язок між хімічною природою формних матеріалів і технологічними процесами виготовлення друкарських форм.

Професійні компетентності: здатність аналізувати хімічний склад і властивості формних матеріалів та оцінювати їхню придатність для різних технологій виготовлення друкарських форм; уміння обґрунтовано добирати формні матеріали, з огляду на вимоги поліграфічного процесу, якості друку та технологічних і експлуатаційних умов.

Основні питання:

5.1. Формні матеріали високого друку.

5.2. Формні матеріали глибокого друку.

5.3. Формні матеріали плоского друку.

5.4. Офсетне полотно.

Ключові слова: високий друк, глибокий друк, плоский друк, офсетний друк, формні матеріали, друкарська форма, друкувальні елементи, пробільні елементи, метали, полімери, гума, офсетне полотно, відбиток.

5.1. Формні матеріали високого друку

Високий друк – це вид друкування, коли зображення передають на задрукований матеріал із друкарської форми, друкувальні й пробільні елементи якої розташовано в різних рівнях, друкувальні – вище, а пробільні – нижче [10; 13].

Під час високого друку фарбовий апарат наносить фарбу на поверхню друкарської форми, закріплену на формному циліндрі (рис. 5.1) [10]. Завдяки рельєфу, фарба потрапляє тільки на частини, що виступають, – друкувальні елементи. Задрукований матеріал, переважно папір, притискають до форми за допомогою друкарського циліндра, і фарба переходить на матеріал. У класичному високому друці фарбу передають прямо з форми на папір, тому зображення на формі має бути дзеркальним.

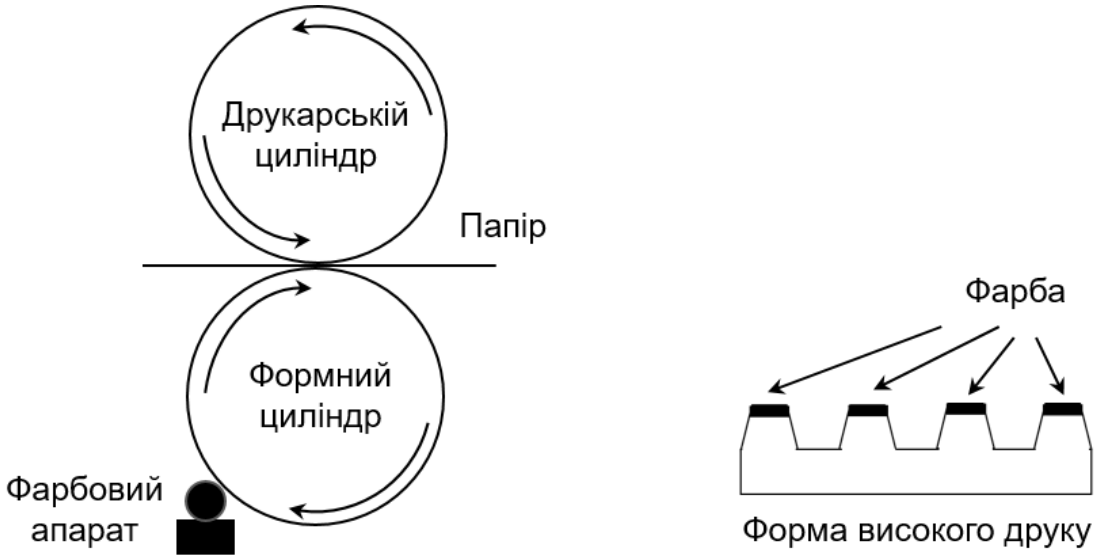


Рис. 5.1. **Схема високого способу друкування**

Фарба має бути достатньо в'язкою, щоб не потрапляти й не затікати на пробільні елементи. Хімічна нейтральність поверхні друкарських форм високого друку дозволяє використання фарб як на жировій основі, так і на основі водяних та спиртових розчинників.

Перенесення зображення із друкарської форми на задрукований матеріал відбувається під тиском безпосередньо в зоні контакту. Значні нерівності розподілу тиску, характерні для високого способу друкування, визначають особливі вимоги до паперу, який мусить мати підвищену гладкість та рівномірну щільність.

Особливість фарбового відбитка високого способу друкування полягає в наявності невеликого рельєфу (деформації паперу) та "крайового ефекту" (скупчення фарби по краях штрихів).

У високому друці основними способами створення друкарської форми є набір та кліше, які належать до *первинних (оригінальних) друкарських форм* [13].

Набір – це сукупність складальних друкарських елементів (літер, цифр, знаків, пробільного матеріалу), із яких формують текстову друкарську форму. Набір виконують уручну або машинним способом (на лінотипах або монотипах) із металевих, дерев'яних чи полімерних елементів, його призначено для багаторазового використання. Після друкування тиражу друкарської продукції набір можна розібрати, а його елементи використати знову для іншої продукції.

Кліше – це суцільна (нерозбірна) друкарська форма з рельєфним зображенням (ілюстрацій або складних графічних елементів), виготовлена з металу, полімерів або інших матеріалів, де друкувальні елементи виступають над пробільними. Кліше застосовують для відтворення нетекстових елементів у високому друці: ілюстрацій, фотографій (растрових), логотипів або художніх шрифтів, які неможливо зібрати зі стандартних літер.

У класичному високому друці (до появи цифрового друку) на одній сторінці часто комбінували обидва елементи. Металевий текст (набір) оточував металеву пластину з ілюстрацією (кліше). Усе це затискали в одну рамку, яку називають друкарською формою. Сьогодні термін "кліше" найчастіше вживають у контексті тиснення (наприклад, золотий логотип на щоденнику – це робота магнієвого або мідного кліше).

Вторинними друкарськими формами високого друку є стереотипи.

Стереотип – це копія складеної друкарської форми високого друку (набору та/або кліше), виготовлена з металу або полімеру, яка повністю відтворює рельєф друкувальних елементів і призначена для багаторазового або масового друкування без використання оригінального набору. Якщо набір складається з тисяч окремих літер, які можуть розсипатися, то стереотип – це суцільна монолітна важка плита, що повторює все зображення первинної друкарської форми. Стереотипи застосовували для збереження набору, прискорення друкування та зниження зношування оригінальних друкарських форм.

Хоча класичний друк металевими літерами майже зник, цей принцип продовжують у двох сучасних формах:

флексографічний друк (флексографія) – це друкування з використанням гнучких фотополімерних форм і друкарських фарб низької в'язкості. Це дозволяє менше часу витрачати на прилагодження форм, створювати більш якісний друк і підвищити швидкість роботи друкарських машин. Флексографію застосовують для опакування, етикеток та пакетів;

типографський друк – на сьогодні це елітний вид друку для візиток, запрошень та лімітованих книг, де підкреслений рельєф (удавлювання) уважають ознакою преміальності.

Усі матеріали для виготовлення друкарських форм високого друку розподіляють на дві великі групи:

металеві (традиційні);

полімерні (сучасні, зокрема фотополімерні).

Металеві формні матеріали

Для виготовлення металевих друкарських форм здебільшого застосовують цинк, на другому місці – сплави магнію, менше значення мають мідь і алюміній. Метали використовують переважно для виготовлення кліше (штампів) для тиснення або тривалих тиражів [10; 13].

Далі коротко наведено властивості кожного із цих металів, їхні переваги та недоліки під час виготовлення форм.

Цинк (Zn) – це найпоширеніший метал у класичному високому друці, який використовують для виготовлення переважно ілюстративних (штрихових і растрових) кліше методом фотохімічного травлення.

Основні характеристики цинку як формного матеріалу такі:

має достатню твердість і зносостійкість для високого друку;

добре піддається механічному обробленню та хімічному травленню, яке виконують за допомогою нітратної кислоти;

забезпечує чіткий рельєф друкувальних елементів;

порівняно недорогий і технологічний у використанні.

Чистий (100 %) цинк є непридатним для безпосереднього застосування, оскільки під час термічного оброблення відбувається рекристалізація його структури – із дрібнокристалічної вона стає крупнокристалічною. У процесі травлення крупнокристалічного цинку (оброблення поверхні металу розчинами кислот або солей для розчинення частини поверхні) спотворюють передавання дрібних деталей, знижують міцність, а, отже, і тиражестійкість форми, і стійкість його щодо сильного тиску під час матрицювання.

Для підвищення температури рекристалізації матеріалу до чистого цинку додають кадмій або титан. Успішно використовують так званий *мікроцинк*, для якого є характерною дрібна однорідна кристалічна структура і висока температура рекристалізації. Його утворюють додаванням до чистого цинку 0,07 – 0,10 % (мас.) алюмінію та 0,03 – 0,07 % (мас.) магнію.

Магній (Mg) є одним із найпопулярніших металів для виготовлення жорстких друкарських форм (кліше) у сучасному високому друці, який практично витіснив традиційний цинк, завдяки своїм властивостям.

Переваги магнію перед іншими металами такі:

легкість – із-поміж усіх металів, придатних для виготовлення форм, магній має найнижчу густину (у 1,5 раза нижчу за алюміній, у 4 – за цинк

і 5 – за мідь). Це забезпечує легкість друкарських форм і підвищує швидкість друкування;

дрібнокристалічна структура, більш дрібна, ніж у цинку, що дозволяє утворювати дуже тонкі лінії та дрібні деталі зображення;

термостійкість – під час нагрівання магнієві кліше не деформують і не розширюють так сильно, як цинкові, що критично важливо для гарячого тиснення;

швидкість травлення – магній розчиняють нітратною кислотою значно швидше за мідь чи цинк, що скорочує час виготовлення кліше.

Разом із перевагами магній має і ряд недоліків, порівняно із цинком, а саме: низьку корозійну стійкість, значну пожежонебезпечність (легкозаймистість магнієвої стружки), ускладнене виготовлення комбінованих і вигнутих друкарських форм.

Магнієві кліше широко використовують у малотиражному друці на паперових пакетах або дерев'яних виробах, гарячому тисненні фольгою, конгревному друці (створенні об'ємного (опуклого) зображення без фольги) та блінтовому друці ("сліпому" вдавлюванні ілюстрації на шкірі або цупкому картоні). Для друкування та тиснення використовують не чистий магній, а спеціальні сплави, що містять невелику кількість алюмінію, цинку та манґану для підвищення твердості.

Мідь (Cu) уважають "королівським" металом у високому друці. Вона є найбільш зносостійким, точним, але й найдорожчим матеріалом для виготовлення металевих кліше. Якщо магній вибирають за швидкість, то мідь – за бездоганну якість та здатність витримувати величезні наклади. Із міді виготовляють високоякісні кліше через механічне гравіювання або фотохімічне травлення.

Унікальність міді для високого друку пояснено так:

найвищою тиражестійкістю – мідні кліше можуть витримувати до 1 000 000 відбитків (і навіть більше під час хромування), тоді як магній починає деформуватися вже після 50 – 80 тис.;

дрібнокристалічною структурою – мідь дозволяє витравлювати надзвичайно тонкі лінії (до 0,02 мм) та складні растрові зображення з високою лініатурою;

термічною стабільністю – мідь має високу теплопровідність, що робить її ідеальною для гарячого тиснення фольгою. Вона рівномірно розподіляє тепло і не "пливе" під час тривалого нагрівання;

твердістю – мідь є значно твердішою за магній і цинк, тому друкувальні елементи (особливо дрібні точки) не вдавлюють і не сплющують під тиском преса.

Зазначмо, що виготовлення мідних форм є більш складним і тривалим процесом, ніж робота з магнієм. Для міді не використовують нітратну кислоту, як для магнію, бо реакція була б занадто бурхливою і некерованою. Основним реагентом є ферум (III) хлорид ($FeCl_3$). Завдяки високій густині, мідь добре піддається механічному гравіюванню, що дозволяє створювати багаторівневі кліше (наприклад, для 3D-конгреву), де рельєф має різну висоту.

Мідні кліше використовують у високому друці для відповідальних, художніх і великих тиражів (наприклад, друкування грошових знаків та цінних паперів), а також у спеціальних видах друку, де потрібно підвищена якість і довговічність друкарської форми.

Алюміній (Al) у сучасному високому друці використовують переважно як підкладку (основу) для фотополімерних форм або як матеріал для виготовлення недорогих кліше через механічне гравіювання чи травлення (найчастіше використовують розчини на основі хлоридної кислоти або лугів, наприклад, натрій гідроксиду). Хоча магній та мідь є традиційнішими для металевих кліше, алюміній має свої унікальні переваги та специфіку застосування.

Основними цінними властивостями алюмінію для високого друку є такі:

низька густина матеріалу, що полегшує монтаж і експлуатацію друкарських форм;

достатня механічна міцність для невеликих і середніх тиражів;

добра оброблюваність механічними та хімічними методами;

корозійна стійкість матеріалу через утворення оксидної плівки, що підвищує його міцність;

відносна дешевизна.

Незважаючи на позитивні характеристики, алюміній має суттєві недоліки для друкування, а саме:

м'якість – друкувальні елементи швидко деформуються під тиском друкарського верстата, що призводить до втрати чіткості (тиражестійкість зазвичай не перевищує 5 – 10 тис. відбитків);

окиснення – оксидна плівка може по-різному взаємодіяти з друкарськими фарбами, що іноді спричиняє неякісне передавання фарби (недостатню адгезію);

труднощі травлення – кислоти часто підривають краї друкувальних елементів, роблячи їх нерівними.

Отже, алюмінієві форми використовують у високому друці обмежено, переважно для лінійних зображень, допоміжних форм або з навчальними й експериментальними цілями, оскільки за зносостійкістю вони поступаються цинку та магнію.

Полімерні формні матеріали

Використання полімерів стало справжньою революцією у високому друці. Вони практично витіснили важкі металеві друкарські форми, дозволивши перейти до швидкого та точного цифрового виготовлення форм [3; 10; 13]. Основним класом цих матеріалів є **фотополімери** – це високомолекулярні органічні речовини, які під дією УФ-випромінювання переходять із рідкого або м'якого стану у твердий нерозчинний стан.

Процес опромінювання УФ-світлом фоточутливого матеріалу називають *експонуванням*. А процес утворення нерозчинного фотополімеру – *фотополімеризацією*.

Фотополімери – це композиційні матеріали, до складу яких входять такі компоненти:

полімери, які є основою композиції, наприклад, стирол-ізопренові сополімери, стирол-бутадієнові сополімери, нітрильні каучуки. Саме вони визначають гнучкість та еластичність друкарської форми, необхідні для флексографії;

мономери та *олігомери* – це невеликі молекули, які під час опромінення УФ-світлом (експонування) "зшиваються" між собою та з полімерною основою, перетворюючи м'яку масу на твердий пластик. До них належать акрилати та метакрилати, наприклад, гександіолдіакрилат. Вони забезпечують швидкість затвердіння та твердість друкувальних елементів;

фотоініціатори – це речовини, які під час експонування поглинають УФ-промені, розпадаються на вільні радикали та запускають реакцію полімеризації. Найчастіше для цього застосовують бензофенони та їхні похідні;

інгібітори та *стабілізатори* – це речовини, наприклад, гідрохінони, що додають у мінімальних кількостях, щоб пластина не "застигла" сама по собі під час транспортування або зберігання на складі. Вони

перехоплюють випадкові вільні радикали, що виникають від тепла або слабкого світла;

пластифікатори та *добавки*, а саме, мінеральні оливи, які додають для регулювання в'язкості та м'якості пластини (особливо для друкування на грубому гофрокартоні), а також УФ-абсорбери (барвники), які допомагають контролювати глибину проникнення світла, щоб форма не "пропеклася" занадто глибоко і мала правильний рельєф.

Є **два типи фотополімерних форм**, що застосовують у флексографічному друці:

рідкі форми, які наносять шаром на основу безпосередньо в друкарні (використовують їх рідко, переважно для друкування на гофрокартоні);

тверді (листові) форми, а саме, готові багатошарові пластини, які складаються з металевої або поліефірної підкладки, адгезійного шару та самого фотополімеру.

Утворення друкарських форм відбувається в такий спосіб. Під час експонування через негатив у шарі фотополімеру, закріпленого на підкладку (основу), відбувається фотополімеризація й утворюються нерозчинні ділянки. Ці ділянки і є друкувальними елементами, на які пізніше наносять фарбу. Ділянки, що відповідають пробільним елементам, і на які не потрапили світло, потім вимиваються кислотою або водою із мийним засобом для видалення фотополімеру.

Фотополімерні форми мають ряд переваг перед металевими:

процес виготовлення форм є більш швидким і простим у виконанні;

під час їхнього використання поліпшують умови праці та не забруднюють довкілля;

ці форми володіють більшою фарбовіддачою, що забезпечує утворення відбитків із підвищеною оптичною щільністю;

вони можуть відтворювати складні зображення з текстовими, штриховими та растровими елементами;

форми є стійкими до дії в'яжучих фарб і змивальних речовин;

мають високу тиражестійкість;

використання фотополімерів значно скорочує витрати кольорових металів.

Проте фотополімерні форми важко піддаються коригуванню, потребують високої якості негативів, формний матеріал не піддається повторному переробленню, фотополімери є порівняно дорогими.

5.2. Формні матеріали глибокого друку

Глибокий друк – це вид друку, коли зображення передають на задрукований матеріал із друкарської форми, друкувальні елементи якої заглиблені відносно пробільних елементів [10; 13].

У глибокому друці заглиблені друкувальні елементи заповнюють фарбою, яку наносять на всю поверхню форму, а її надлишок із пробільних елементів видаляють тонким металевим ножем – ракелем (рис. 5.2) [10]. Для досягнення високої якості друкування ракель має повністю знімати фарбу із пробільних елементів, аби не утворювати зайві точки та штрихи на відбитку. Це можливо за ідеально гладкої поверхні пробільних елементів без тріщин і пор, а також добре заточеному ракелі (без зазублин).

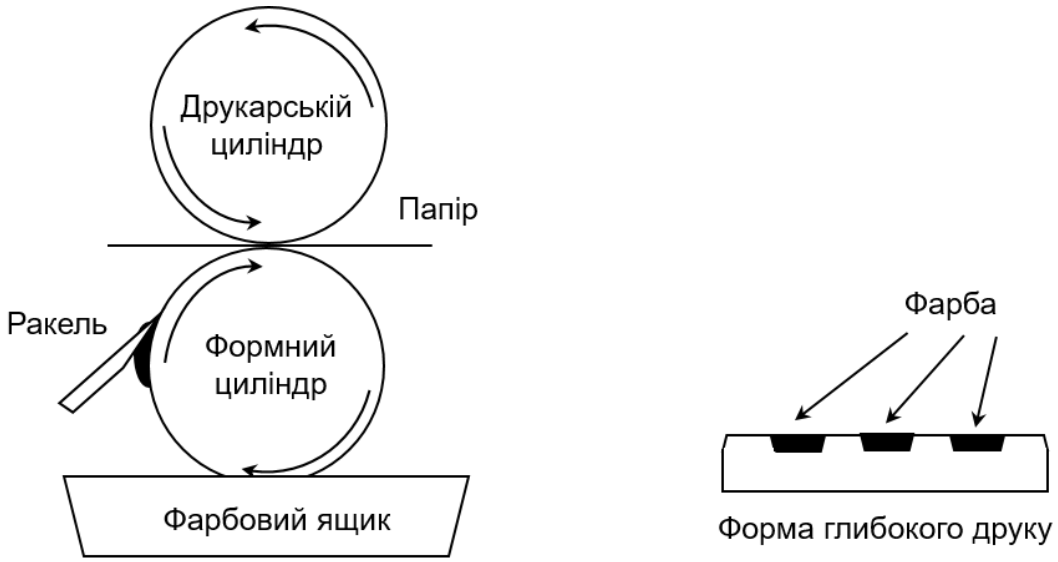


Рис. 5.2. **Схема глибокого способу друкування**

Далі під час друкування папір під великим тиском за допомогою друкарського циліндра вдавлюється в заглиблення і забирає фарбу. Чим глибшим або ширшим є заглиблення, тим більшою кількість фарби, а отже, темнішим відбиток. У цьому виді друку зазвичай використовують рідку (малов'язку) фарбу на легколетких розчинниках (толуені, бензені), які є токсичними. Але зараз усе частіше використовують малотоксичні фарби на водно-спиртовій основі.

На відміну від високого друку чи офсету, де використовують змінні пластини, у класичному глибокому друці формою є сам циліндр.

Друкарський циліндр глибокого друку – це багатошарова конструкція (рис. 5.3) [13], яка складається з таких шарів:

сталевої основи (керна), який забезпечує жорсткість і точність обертання;

проміжного шару (підкладки), яким є зазвичай шар нікелю або цинку, що наносять методом гальванічного осадження для кращої адгезії (зчеплення) поверхні сталевого циліндра з міддю;

робочого шару, утвореного міддю, товщиною 80 – 120 мкм. Мідь наносять на поверхню циліндра гальванічним осадженням за допомогою розчину купрум (II) сульфату і сульфатної кислоти. Саме на ньому формують поглиблені друкувальні елементи методами хімічного травлення (розчином ферум (III) хлориду) або гравіювання (електромеханічного чи лазерного);

захисного шару у вигляді хрому (Cr) товщиною 6 – 8 мкм, який наносять гальванічним способом (розчином хром (VI) оксиду (CrO_3)), після гравіювання для захисту міді від тертя ракеля.

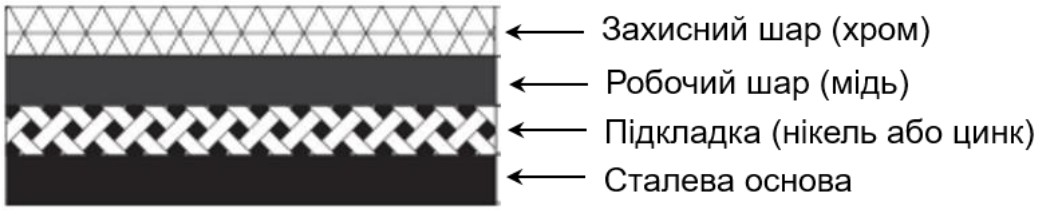


Рис. 5.3. **Структура формного циліндра глибокого друку**

Застосування **сталі** як матеріалу для виготовлення основи формного циліндра глибокого друку забезпечує найважливішу його властивість – зносостійкість через високу твердість та міцність на вигинання. Це важливо, з огляду на те, що зусилля притискання формного циліндра до друкарського циліндра під час друкування може досягати 500 кг.

Застосування **міді (Cu)** – достатньо дорогого матеріалу – як робочого шару друкарської форми пояснено такими її властивостями:

легкістю гравіювання та травлення, що зумовлює високу якість друкування через відтворення високолініатурних зображень;

термостійкістю друкарської форми під час друкування;

сумісністю з фарбами глибокого друку;

доброю адгезією із шарами хрому і нікелю.

Отже, мідь є оптимальним матеріалом для форм глибокого друку, але для великих накладів обов'язково потребує хромового захисного покриття. Такі властивості **хрому (Cr)**, як екстремальна твердість, низький коефіцієнт тертя, висока корозійна та хімічна стійкість, особлива структура поверхні, перетворюють друкарський циліндр на повноцінний інструмент, здатний друкувати мільйонні тиражі. Основною продукцією глибокого друку є банкноти, цінні папери, марки, ілюстрації високої якості, журнали та опакування.

5.3. Формні матеріали плоского друку

Плоский друк є одним із найпоширеніших способів друкування в сучасній поліграфії. Його домінування зумовлено високою якістю відбитків, економічністю та можливістю автоматизації процесів.

Плоский друк – це вид друку, коли зображення передають на задрукований матеріал із друкарської форми, друкувальні та пробільні елементи якої розташовані в одній площині та розрізняються лише фізико-хімічними властивостями [10; 13].

Здебільшого *друкувальні елементи* сприймають фарбу на жировій основі та відштовхують воду, отже, мають оліофільні (або гідрофобні) властивості. *Пробільні елементи*, навпаки, добре сприймають воду (водний розчин) і відштовхують фарбу, отже, мають гідрофільні (або оліофобні) властивості.

Розрізняють два способи плоского друкування: прямий і непрямий (рис. 5.4) [10]. Під час *прямого способу* зображення є дзеркальним і його передають на матеріал, що задруковують, безпосередньо із друкарської форми, закріпленої на формному циліндрі. Під час *непрямого способу* (зазвичай офсетного способу друкування) фарбу із друкарської форми передають на задрукований матеріал за допомогою проміжного *офсетного циліндра*, на якому закріплено офсетне полотно.

В обох випадках для утворення відбитка поверхню друкарської форми спочатку зволожують спеціальним розчином *(зволожувальним розчином)*. Він покриває всю форму, але затримується тільки на пробільних елементах. Потім на форму наносять валиком друкарську фарбу. Оскільки фарбу виготовлено на жировій основі, вона лягає лише на сухі друкувальні елементи, а від мокрих пробільних відштовхується. Після подвійного оброблення (водним розчином і фарбою) друкарська форма вступає

у контакт із проміжним офсетним циліндром або безпосередньо з папером і під тиском друкарського циліндра фарбу з форми переносять на задрукований матеріал.

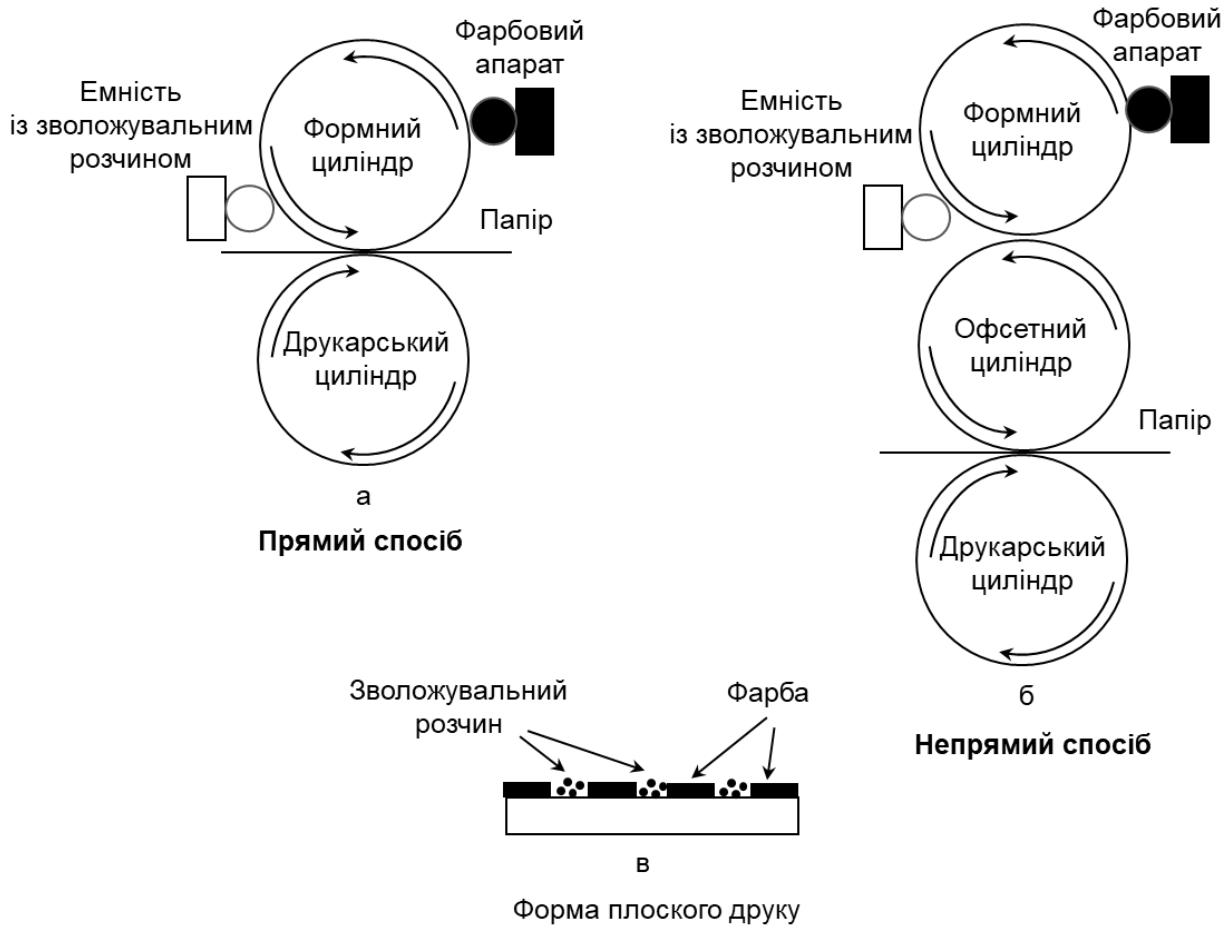


Рис. 5.4. **Схема плоского способу друкування**

Більшість видів плоского друку є непрямими.

Отже, найбільш поширеним різновидом плоского друку є **офсетний друк**, коли зображення передають із друкарської форми на задрукований матеріал через проміжну еластичну поверхню – офсетне полотно [10; 13].

Це дає кілька переваг:

зображення на самій формі роблять прямим (читабельним), а не дзеркальним;

м'яка гума, що міститься на поверхні офсетного полотна, краще прилягає до паперу, дозволяючи друкувати на шорстких поверхнях;

друкарська форма менше зношується, бо не контактує безпосередньо із грубим папером.

Плоский офсетний друк домінує серед друкарських процесів. Він охоплює близько 80 % ринку друкарських послуг.

Формою плоского друку є гнучка пластина, під час виготовлення якої на її поверхні створюють стійкі олеофільні друкувальні та гідрофільні пробільні елементи. Основою цієї пластини можуть бути:

метал – алюміній, цинк, сталь (вуглецева або нержавійна);

полімери – зазвичай синтетичні смоли, наприклад, поліефірні (лавсанові) плівки;

папір зі спеціальним покриттям (тільки для малих тиражів).

Сьогодні понад 90 % офсетних форм виготовляють на основі алюмінію. Водночас використовують алюміній високої чистоти (99,5 % та вищого). Такі пластини мають високу зносостійкість, стабільну геометрію та великий тиражестійкий ресурс (до сотень тисяч відбитків).

Структура офсетної друкарської форми (пластини) є багатошаровою композицією, де кожен шар має точне функціональне призначення. Оскільки в плоскому друці друкувальні та пробільні елементи містяться в одній площині, саме внутрішня мікроструктура пластини забезпечує фізико-хімічний розподіл фарби та води.

Формні пластини плоского друку, залежно від кількості металів, із яких складається робоча поверхня, розподіляють на монометалеві та біметалеві.

Типова сучасна *монометалева друкарська форма* зазвичай складається із чотирьох ключових шарів (рис. 5.5) [13]:

основи (підкладки) – алюмінієвої стрічки товщиною 0,15 – 0,40 мм. Це "фундамент" форми, який забезпечує її механічну міцність та стабільність розмірів під час друкування;

гідрофільного шару (зернистої поверхні) – поверхню алюмінію піддають електрохімічному зернуванню (гіруванню), під час якого створюють мікроскопічні піки та западини. Це збільшує питому площу поверхні для кращого утримання зволожувального розчину на пробільних елементах та кращої адгезії копіювального шару;

оксидного шару – твердої пористої плівки алюміній оксиду, яка утворюється через анодування. Ця плівка захищає алюміній від окиснення та поліпшує змочуваність водою, а також робить пластину твердою та зносостійкою;

копіювального (світлочутливого) шару – шару полімеру, який змінює свої властивості під дією лазерного випромінювання або УФ-світла.

Після проявлення цей шар стає олеофільним (приймає фарбу), формуючи друкувальні елементи.

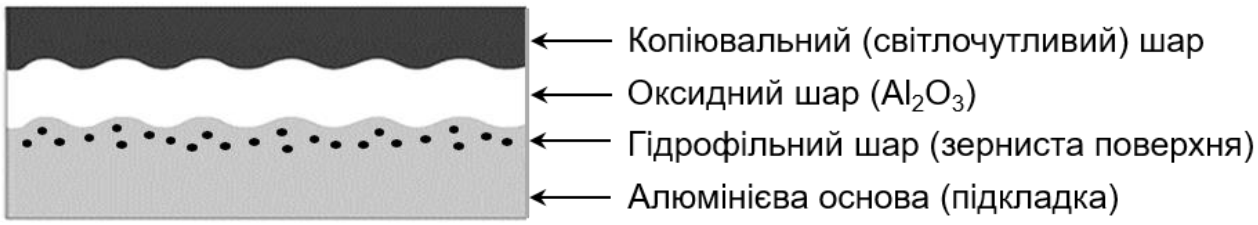


Рис. 5.5. **Структура офсетної друкарської форми**

Розрізняють позитивні й негативні шари. *Позитивні шари* під час експонування стають розчинними та вимиваються (на формі залишаються неекспоновані ділянки). *Негативні шари* під час експонування полімеризуються (дубіють) і стають нерозчинними (на формі залишаються експоновані ділянки).

У *біметалевій друкарській формі* робоча поверхня складається із двох шарів різних металів, нанесених на міцну основу за допомогою гальванічних процесів, напилення або фотографічного копіювання з подальшим травленням. На відміну від монометалевих (алюмінієвих) пластин, де розподіл на друкувальні та пробільні елементи досягають хімічним обробленням одного металу, у біметалевих формах використовують природні властивості різних металів: один метал має бути гідрофільним, а другий – олеофільним.

Структура такої форми зазвичай містить три шари:

основу зі сталі, яка забезпечує гнучкість і надзвичайну міцність, або алюмінію;

друкувальний шар – олеофільний шар товщиною 5 – 10 мкм найчастіше з міді, яка має природну здатність міцно утримувати жирні друкарські фарби;

пробільний шар – гідрофільний шар товщиною 1 – 3 мкм найчастіше із хрому або нікелю, які ідеально змочуються водою та відштовхують фарбу, стійкі до окиснення на повітрі, завдяки утворенню тонкої захисної (оксидної) плівки, мають гарну адгезію (зчеплення) до сталевої основи та мідного підшару.

Через складне й дороге виготовлення та трудомістку підготовку біметалеві форми майже повністю витіснено сучасними алюмінієвими

офсетними формами. Хоча сьогодні їх усе ще можна побачити в дуже специфічних сегментах:

літографії (друкуванні на жерсті), де під час виробництва металевого опакування (консервних банок, кришок) використовують жорсткі фарби та високий тиск, а біметалеві форми тримаються довше, завдяки сталевій основі;

захищеному друкуванні, де під час виготовлення банкнот і цінних паперів використовують комбіновані металеві форми для досягнення екстремальної точності ліній, яку не можуть дати полімерні шари.

5.4. Офсетне полотно

Офсетне полотно – це багатошаровий еластичний матеріал, який установлюють на офсетний циліндр і є проміжною ланкою для перенесення фарбового зображення із друкарської форми на задруковуваний матеріал. Інша назва офсетного полотна – "офсетна гума".

Основні функції офсетного полотна полягають у перенесенні фарби без утрати деталей зображення, компенсації нерівностей поверхні паперу, забезпечення рівномірного тиску під час друкування, збереження стабільності розмірів у процесі роботи [13].

Отже, офсетне полотно належить до найбільш відповідальних видаткових матеріалів у поліграфії всіх типів призначення, від якості якого значно залежать чіткість, рівномірність та стабільність друкування, а також тривалість строку служби матеріалу.

Структура офсетного полотна буде визначати здатність витримувати великі наклади друкування на високій швидкості, не втрачаючи водночас своїх фізичних характеристик. Його структуру розроблено так, щоб поєднувати міцність на розрив з еластичністю для ідеального контакту з поверхнею. Більш відповідальна растрова високохудожня робота потребує більш якісних полотен, а для текстового друкування можна використовувати більш прості й дешеві полотна.

Сучасне офсетне полотно має багатошарову структуру, кожен шар якої виконує свою функцію (рис. 5.6). Кількість і послідовність розташування шарів залежить від технології друкування, для якої призначено полотно, наявності сушіння в офсетній машині та деяких інших факторів. Далі наведено характеристику кожного функціонального шару офсетного полотна.

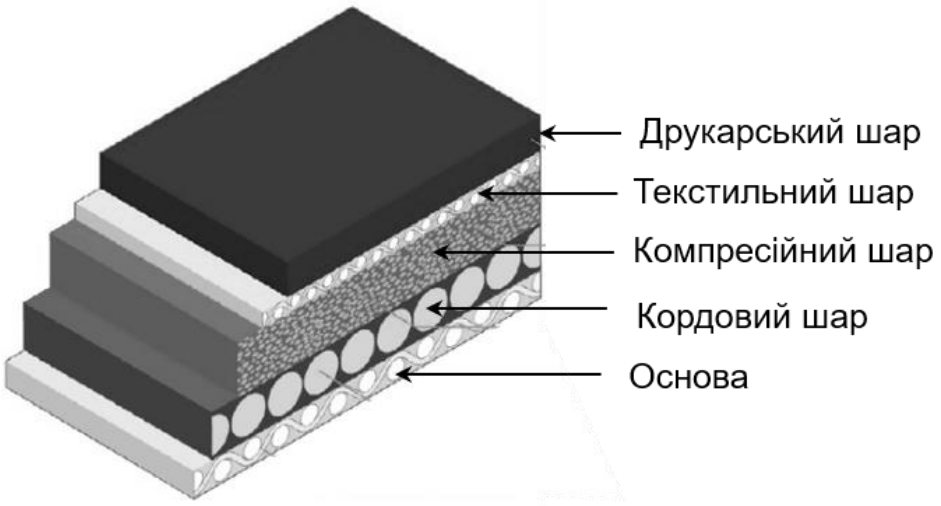


Рис. 5.6. **Структура офсетного полотна**

Друкарський (робочий) шар виготовляють із полімерів (гуми або синтетичного каучуку). Саме цей шар вибірково сприймає фарбу (тобто є оліофільним) і повністю передає її на задрукований матеріал. Він мусить мати високу адгезію до фарби, бути еластичним і зносостійким до механічних навантажень, а також стійким до хімічних впливів (компонентів фарби, зволожувального розчину, змивального розчину та інших друкарських і допоміжних хімікатів).

Поверхню офсетного полотна піддають механічному обробленню: шліфуванню та поліруванню. Гладкість поверхні (мікрорельєф) має бути такою, щоб, з одного боку, забезпечити гарне фарбопередавання, а з іншого – легкість відокремлення паперу від полотна. Полотна з необробленою поверхнею мають шорстку поверхню і переносять менше фарби, ніж шліфовані або поліровані.

Текстильні шари утворюють каркас, що надає твердість офсетному полотну, забезпечує стабільність розмірів і міцність на розтягнення. Дуже важливо, щоб полотно не розтягувалося під час натягування на офсетний циліндр, інакше порушиться суміщення фарб. Чим більше текстильних шарів має офсетне полотно, тим воно є міцнішим. Для виготовлення текстильних шарів зазвичай використовують високоякісні бавовняні або синтетичні тканини.

Компресійний шар – це спеціальний шар, виготовлений із полімерів (синтетичного каучуку, гуми), який містить мікроскопічні порожнини (мікропори), заповнені газом або повітрям. Цей шар дозволяє полотну стискатися в зоні контакту без бічного зміщення (видавлювання). Завдяки

цьому шару, полотно швидко відновлює свою форму після проходження через зону тиску, що запобігає розмазуванню точок (розтискуванню) та компенсує нерівності паперу.

Отже, наявність в офсетного полотна компресійного шару гарантує точність передавання зображення, стабілізує якість друкування і підвищує строк його служби через зниження навантажень на інші ділянки офсетного полотна.

Кордовий шар – це армувальний (зміцнювальний) шар офсетного полотна, який забезпечує його міцність, стабільність розмірів і правильну роботу під час друкування. Кордовий шар складається із тканинного корду, просоченого гумою або полімерним складом. Для його виготовлення використовують бавовняні волокна, поліестерові (синтетичні) нитки, нейлонові волокна, комбіновані тканини (бавовну + синтетику). Нитки розташовують у певному напрямку (поздовжньо або хрест-навхрест), що підвищує міцність полотна. Використання корду дозволяє скоротити витрати полотен до 30 %, порівняно з текстильними аналогами.

Основа (нижній шар) – це конструктивний елемент офсетного полотна, який забезпечує його кріплення на офсетному циліндрі, загальну стабільність і збереження форми під час друкування. Основу офсетного полотна виготовляють із прогумованої тканини, синтетичних матеріалів (поліестеру, нейлону), іноді з бавовняної тканини, просоченої гумовими або полімерними сумішами. Матеріал основи має бути міцним, зносостійким і вологостійким.

Усі шари офсетного полотна скріпляють між собою вулканізацією з використанням спеціальних клейових та гумово-полімерних сполук. *Вулканізація* – це технологічний процес, під час якого шари полотна спочатку укладають у визначеній послідовності та просочують гумовими або полімерними сумішами, а далі з'єднують під дією високої температури та тиску. У результаті відбувається міцне молекулярне з'єднання шарів у єдину монолітну структуру.

Залежно від конструкції, призначення та умов друкування, **офсетні полотна класифікують** за кількома основними ознаками:

1) за конструкцією:

компресійні – офсетні полотна, що мають компресійний шар із мікропорами. Вони забезпечують рівномірний тиск, високу якість друкування, довговічність, і є найбільш поширеними;

некомпресійні – (тверді) офсетні полотна, що не містять компресійного шару. Вони є менш еластичними, набагато швидше зношуються і дають високу усадку, їх використовують рідше, переважно для друкування на жерсті або дуже жорсткому картоні;

2) за кількістю кордових шарів:

однокордові;

двокордові;

багатокордові (3 – 4 шари).

Найчастіше використовують 3-шарові або 4-шарові полотна. Кількість тканинних шарів (кордів) впливає і міцність на розрив та стабільність розмірів під час натягу;

3) за типом поверхні друкарського шару:

гладкі (шліфовані) – офсетні полотна, які забезпечують максимально повне передавання фарби, але можуть викликати проблеми з витягуванням волокон паперу (висмикуванням);

мікрошорсткі (нешліфовані) – офсетні полотна, які мають природню мікроструктуру поверхні, що поліпшує відлипання аркуша та запобігає злипанню паперу з полотном;

спеціальні (хімічно стійкі) – офсетні полотна, робочий шар яких виготовляють із різних типів каучуку, залежно від фарб. Наприклад, для олійних фарб застосовують нітрильний каучук, для УФ-фарб – етилен-пропіленовий каучук, стійкий до агресивних компонентів УФ-лаків та фарб;

4) за твердістю. Твердість вимірюють в одиницях за Шором.

Розрізняють:

м'які (60 – 70) – офсетні полотна для друкування на пористих, шорстких паперах;

середні (75 – 80) – універсальні офсетні полотна;

тверді (> 80) – офсетні полотна для гладких крейдованих паперів і картону, де є потрібною максимальна деталізація;

5) за призначенням та типом друкування:

для аркушевого друку – універсальні офсетні полотна з високою роздільною здатністю та гарним відлипанням для роботи з різними типами паперу, стійкі до механічних навантажень та впливу змивань;

для рулонного друку із сушкою – офсетні полотна, стійкі до високих температур та здатні працювати на швидкостях до 15 – 20 м/с;

для рулонного друку без сушки – офсетні полотна, які мають спеціальну шорсткість для роботи з газетним папером, що запобігає

розмазуванню фарби, та мають підвищену стійкість до накопичення паперового пилу;

для УФ-друку – офсетні полотна, які виготовляють зі спеціальних складів гуми, які не розбухають під дією агресивних УФ-фарб та лаків;

для друкування на металі – офсетні полотна, що вирізняються підвищеною твердістю для роботи із жорсткими поверхнями;

для друкування на картоні – офсетні полотна, які мають посилений компресійний шар для компенсації нерівностей товстих матеріалів;

для лакування – офсетні полотна зі спеціальним верхнім шаром, які легко піддаються різанню (плотерному або ручному) для вибіркового лакування.

Класифікація офсетних полотен дозволяє правильно підібрати матеріал, відповідно до типу друкарської машини, фарб, паперу та умов друкування, що безпосередньо впливає на якість готової поліграфічної продукції.

Отже, під час добору офсетного полотна слід зважати на такі фактори: вид технологічного процесу, вид друкарської машини, вид друкарських фарб, тип запечатуваних носіїв, швидкість друкування, наявність модуля сушіння тощо.

Щоб продовжити строк служби офсетних полотен, необхідно дотримуватися певних умов їхнього зберігання й експлуатації. Розміщувати офсетні полотна для зберігання потрібно в приміщеннях із кімнатною температурою повітря та вологістю приблизно 60 %. Полотна слід зберігати на горизонтальній площині, їх можна укладати в стопи оборот до обороту, лицьового боку до лицьового боку. Потрібно захищати офсетні полотна від потрапляння прямого сонячного світла.

Рекомендована література: [3; 10; 13].

Питання для самопідготовки

1. Світлочутливі шари формних матеріалів: призначення та механізм дії.

2. Сучасні тенденції розвитку формних матеріалів у поліграфії.

3. Порівняльна характеристика традиційних і цифрових формних матеріалів.

Запитання для самодіагностики

1. Що належить до форм високого друку?

2. Наведіть порівняльну характеристику конструкційних матеріалів форм високого друку.

3. Які матеріали належать до фотополімерів? Перелічіть їхні переваги.

4. Наведіть структуру форми глибокого друку.

5. У чому полягають переваги матеріалів форм глибокого друку?

6. Що є формою плоского друку?

7. Які матеріали застосовують для виготовлення монометалевих офсетних форм?

8. Які матеріали застосовують для виготовлення біметалевих офсетних форм?

9. Що таке "офсетне полотно"? Із яких функціональних шарів воно складається?

10. На які фактори слід зважати під час добору офсетного полотна?

6. Папір

Мета теми полягає в наданні системних знань фізико-хімічної природи, структури та властивостей паперу як основного задруковуваного матеріалу, а також розуміння закономірностей його взаємодії з фарбою та зволожувальним розчином у процесі друкування.

Професійні компетентності: уміння здійснювати вхідний контроль за якістю паперу; здатність обґрунтовано здійснювати вибір паперу для конкретних видів друкованої продукції; прогнозувати характер фізико-хімічної взаємодії в системі "папір – фарба – зволожувальний розчин".

Основні питання:

6.1. Загальні відомості про папір.

6.2. Склад паперу.

6.3. Класифікація паперу.

6.4. Види друкарського паперу та вимоги до нього.

Ключові слова: папір, целюлоза, волокниста структура, деревна маса, наповнювачі, барвні речовини, проклеювання, поверхневе оброблення, паперова маса, маса 1 $м^2$, товщина, щільність, пористість, шорсткість, білизна, вологість, міцність, друкарські властивості, фарбовбирання, змочуваність.

6.1. Загальні відомості про папір

Папір – це унікальний матеріал, винахід якого став справжнім каталізатором розвитку людської цивілізації, дозволивши фіксувати, зберігати та передавати знання крізь покоління. Офіційною датою появи паперу вважають 105 рік н. е., коли китайський сановник Цай Лунь удосконалив технологію його виготовлення з кори дерев та старих сіток. Із Китаю технологію паперового виробництва поширили до Кореї та Японії, а згодом через арабські країни вона потрапила до Європи. У середньовічній Європі папір поступово витіснив пергамент як основний матеріал для письма і друкування. Винахід книгодрукування сприяв різкому зростанню попиту на папір. У XIX ст. відбувся перехід від ручного до машинного виробництва паперу. У цей період деревина стала основною сировиною для виготовлення целюлози. Розвиток хімії дозволив удосконалити властивості паперу та розширити його асортимент. У XX ст. виникли спеціальні та поліграфічні види паперу.

Сьогодні папір є одним з основних видавничо-поліграфічних матеріалів поліграфії та визначає якість друкованої продукції. Сучасний поліграфічний папір виготовляють, зважаючи на конкретний спосіб друкування, – офсетний, цифровий, глибокий чи трафаретний друк. Широко застосовують крейдовані, некрейдовані та спеціальні види паперу з регульованими друкарськими властивостями. Значну увагу приділяють стабільності розмірів, рівномірності поверхні та контрольованому фарбовбиранню. Розвиток хімії дозволив виготовити папір із поліпшеною білизною, гладкістю та міцністю. Важливим напрямом є використання вторинної сировини й екологічно безпечних добавок. Папір адаптують до високих швидкостей друкування та вимог сучасного обладнання. Незважаючи на розвиток цифрових медіа, папір залишається ключовим носієм інформації в поліграфії.

Із *технічного погляду,* **папір** – це листовий матеріал масою 1 м^2 до 250 г, що складається переважно з рослинних волокон (целюлози та деревної маси), пов'язаних між собою силами поверхневого зчеплення, який може містити наповнювачі, проклеювальні речовини, барвники та інші добавки (рис. 6.1). Лист формують через осадження волокон із розведеної водної суспензії на сітці папероробної машини.

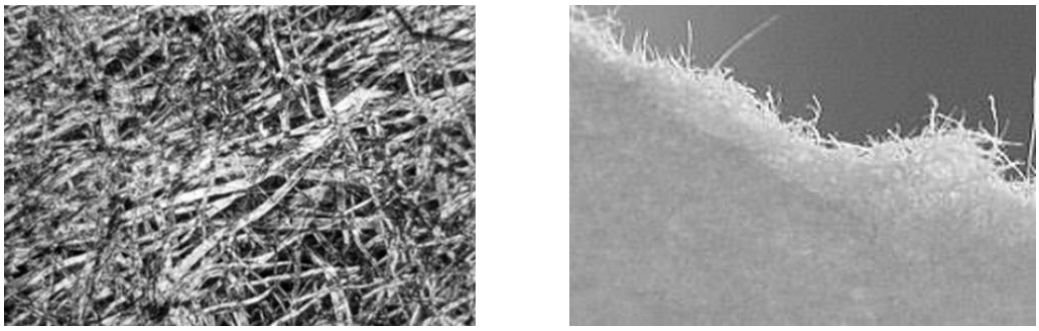


Рис. 6.1. **Вигляд паперу під мікроскопом**

Умовно вважають, що папір має масу 1 м^2 до 250 г. Матеріал із масою понад 250 г/м^2 класифікують як картон, хоча є винятки, залежно від товщини та жорсткості [13].

Із *фізико-хімічного погляду,* **папір** – це гетерогенна, капілярно-пориста колоїдна система, утворена осадженням рослинних волокон із водної суспензії, механічну міцність якої забезпечено переважно водневими зв'язками між гідроксильними групами (– ОН) целюлози та силами Ван-дер-Ваальса.

Отже, міцність паперового листа забезпечено не клеєм, а фізико-хімічною взаємодією між гідроксильними групами молекул целюлози. Вода під час формування листа відіграє роль середовища, що зближує волокна на відстань дії водневих зв'язків.

Папір є композиційним матеріалом.

У матеріалознавстві **композиційний матеріал** – це штучно створена неоднорідна суцільна система, що складається із двох або більше компонентів із чіткою межею розподілу між ними.

Отже, папір має складну структуру, де кожен компонент виконує свою специфічну функцію, забезпечуючи йому властивості, яких не має жодний із компонентів окремо.

Папір складається з основи (рослинних волокон) – матриці та різноманітних добавок (наповнювачів, проклеювальних речовин, барвників, модифікаторів тощо), які разом формують його фізико-механічні, хімічні й експлуатаційні властивості. Волокна забезпечують міцність і структурну цілісність, а добавки регулюють шорсткість, гладкість, білизну, водостійкість та друкарські характеристики. Для певних видів робіт та обладнання, що застосовують, бажаним є свій тип паперу з відповідними властивостями.

Для виготовлення паперу потрібно матеріали, які мають *достатньо довгі волокна*, під час змішування яких із водою, утворюється однорідна, пластична маса. У технології виготовлення паперу вона має назву **паперова маса**. Для виробництва паперу переважно застосовують волокнисті матеріали (напівфабрикати) деревної й недеревної рослинної сировини. Хоча також можуть бути використаними волокнисті матеріали тваринного, мінерального та синтетичного походження [13].

Як паперотвірні напівфабрикати застосовують:

деревну целюлозу хвойних (м'яких) і листяних (твердих) порід дерев;

недеревну целюлозу однорічних рослин;

деревну масу, виготовлену механічним подрібненням деревини;

напівцелюлозу – волокнистий напівфабрикат, що посідає проміжне місце між деревною масою та чистою целюлозою, який утворюють поєднанням хімічного та механічного оброблення деревної сировини;

макулатуру – використані паперові та картонні вироби, а також відходи паперового виробництва, придатні для подальшого перероблення як вторинна сировина;

вовну (шерсть) і *шовк* – волокна тваринного походження, що складаються з білків (кератину або фіброїну);

ганчіркову напівмасу – високоякісний волокнистий напівфабрикат, який утворюють переробленням текстильних відходів (бавовняних, лляних або конопляних ганчірок); уважають елітним матеріалом у паперовій промисловості, завдяки надзвичайній міцності та довговічності волокон;

синтетичні волокна, хімічно синтезовані з нафтопродуктів, вугілля або природного газу (поліамідні, поліефірні, акрилонітрильні тощо).

Основною сировиною сучасної целюлозно-паперової промисловості є *деревина хвойних* і *листяних порід* (ялини, сосни, берези, буку, тополі, осики тощо) та *однорічні рослини* (бавовна, очерет, комиш, льон тощо). Чим більше в початковій сировині целюлози, тим ціннішим є цей матеріал для виробництва паперу. Целюлоза міститься в клітинних стінках усіх рослин, але в різній кількості. Наприклад, волокна бавовни містять 90 – 95 % целюлози, волокна льону – 80 – 85 %, у різноманітних видах деревини вміст целюлози коливається в межах 40 – 60 %, у стеблах соломи – 30 – 35 %.

Своєю чергою, якість паперу залежить від довжини волокна. Найдовші волокна має целюлоза різних порід дерев. Через це найбільш

поширеною для виготовлення волокнистої сировини є деревина, у якій міститься до 50 % целюлози. Серед деревини волокна *хвойних порід* мають більшу довжину, яка становить 2,5 – 5 мм, що забезпечує міцність матриці паперу. Целюлоза *листяних порід* має більш короткі волокна (0,8 – 1,2 мм), які заповнюють пустоти, роблячи папір гладким та непрозорим. Треба зазначити, що найкращі види паперу – це завжди суміш довгих і коротких волокон у певному співвідношенні [13].

6.2. Склад паперу

6.2.1. Характеристика целюлози

Основним волокнистим матеріалом, що створює безперервну матрицю в паперовій масі є целюлоза [11].

Целюлоза – це природний полімер (полісахарид), який належить до класу вуглеводів. Вона не розчиняється у звичайних розчинниках, є гігроскопічною та набухає у воді. Целюлоза має лінійну будову (рис. 6.2) і складається з декількох тисяч глюкозних одиниць – залишків β-глюкози (глюкозидних залишків), з'єднаних між собою глікозидними зв'язками.

Хімічна формула целюлози:

$$(C_6H_{10}O_5)_n,$$

де n – число полімеризації або кількість глюкозидних залишків.

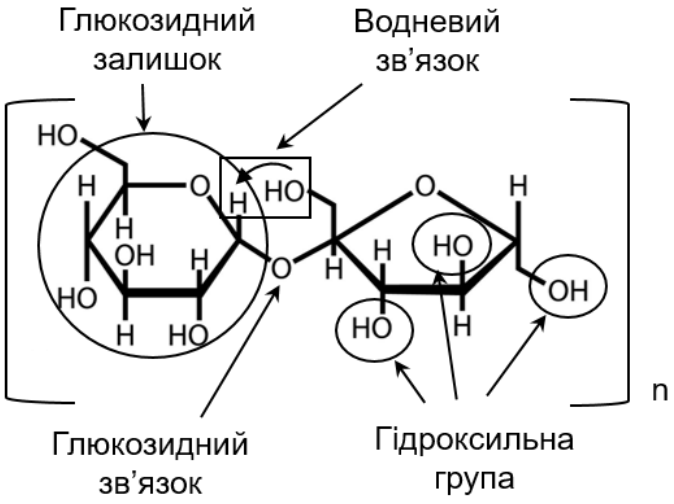


Рис. 6.2. **Структура молекули целюлози**

Кожен глюкозидний залишок має три гідроксильні групи, які забезпечують міжмолекулярне з'єднання волокон, їхню гнучкість і здатність розмелюватися та скріплятися. Це відбувається через утворення водневих зв'язків.

Молекули целюлози в клітинній стінці рослин (рис. 6.3) розміщуються паралельно одна одній, утворюючи фібрили різної товщини й довжини (від 5 до 30 нм), з'єднані між собою водневим зв'язком. Міцність водневого зв'язку є низькою, що дозволяє легко руйнувати структуру сировини й потім знову з'єднувати волокна в разі відновлення його під час виготовлення паперу. Коли паперова маса сохне, вода випаровується, і ці гідроксильні групи сусідніх волокон притягуються одна до одної, створюючи "хімічні містки". Саме ці містки тримають аркуш разом без жодного додаткового клею.

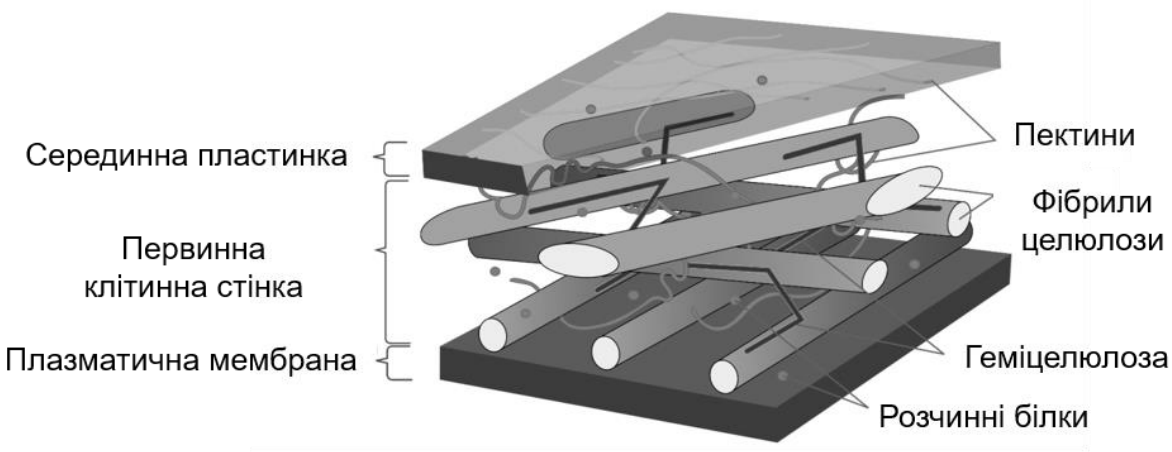


Рис. 6.3. **Будова клітинної стінки рослини**

Крім целюлози, рослинні клітини містять, так звані інкрустуювальні речовини, зокрема **лігнін**. Після целюлози лігнін є найпоширенішим полімером на Землі, що відіграє важливу роль у природному кругообігу карбону. Лігнін розташовано в клітинних стінках і міжклітинному просторі рослин та скріплює целюлозні волокна. Разом із геміцелюлозою він визначає механічну міцність стовбурів та стебел, і завдяки барвникам, що містяться в ньому, зумовлює колір здерев'янілої тканини. Лігнін є несвітлостійким, через що волокна із часом жовтіють.

Целюлозу виділяють із деревини за допомогою механічного або хімічного оброблення. Механічна маса містить більше лігніну та напівцелюлози, що робить папір більш жорстким і темним. Хімічна маса має

більшу чистоту целюлози, підвищує білизну та міцність, що важливо для високоякісного друкування.

Отже, для виробництва гладкого, міцного і білого паперу використовують волокнисті напівфабрикати, які не містять лігніну: деревну целюлозу, бавовну тощо. Для інших видів паперу – целюлозу в суміші з більш дешевим напівфабрикатом – деревною масою, що містить лігнін.

У складі паперу целюлоза виконує такі функції:

структурну – формує механічний каркас (матрицю) аркуша, забезпечуючи міцність на розрив, завдяки довгим полімерним ланцюгам;

зв'язувальну – забезпечує цілісність листа без клею через утворення хімічних водневих зав'язків між гідроксильними групами волокон;

еластичну – надає паперу гнучкості, дозволяючи багаторазово його згинати та проходити через друкарські циліндри без руйнування;

сорбційну (убирну) – завдяки пористій будові та гідрофільності, забезпечує всотування розчинника фарби (її закріплення) та змочування водою;

оптичну – хімічно чиста целюлоза (без лігніну) забезпечує високу білизну паперу та стійкість до пожовтіння (старіння) із часом.

Окрім волокнистих матеріалів, до складу паперу входять наповнювачі, проклеювальні речовини та барвні речовини.

6.2.2. Характеристика наповнювачів

Наповнювачі – це білі мінеральні (неорганічні) речовини, які додають у паперову масу, із метою регулювання властивостей паперу та зниження витрат целюлозних волокон. Вони рівномірно розподіляються між волокнами, заповнюючи пори й капіляри волокнистої структури [11].

Під час виготовлення паперу найчастіше застосовують такі мінеральні наповнювачі:

кальцій карбонат або **крейду ($CaCO_3$)** – природний або штучно утворений матеріал. Природний мелений $CaCO_3$ є дешевою речовиною, яку утворюють подрібненням мінеральних порід. Осаджений хімічним способом $CaCO_3$ виготовляють у промисловості за допомогою реакції між кальцій гідроксидом та карбон (IV) оксидом. Синтетичний кальцій карбонат має ідеальну кристалічну форму частинок і дуже високу білизну. Хімічне обмеження цього матеріалу полягає в тому, що $CaCO_3$ розчиняється в кислотах із виділенням CO_2, що приводить до утворення піни.

Тому його не можна використовувати під час кислого проклеювання паперу. Використання крейди потребує переходу на нейтральне або лужне проклеювання. Це є сучасним стандартом для виготовлення офсетного паперу;

каолін або **білу глину ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$)** – природний мінерал (гідратований алюмосилікат), є хімічно інертним (можна використовувати в кислому середовищі), його частинки мають пластинчасту форму (лусочки). Завдяки пластинчастій формі лусочки лягають "черепицею", що дає високу гладкість і глянцевість паперу. Це дешевий і доступний матеріал. Головним недоліком є злегка жовтуватий або сіруватий відтінок, через що він має нижчу білизна, порівняно із крейдою;

титан (IV) оксид (TiO_2) – синтетичну речовину, яка має найвищий коефіцієнт заломлення світла серед усіх білих пігментів. Вона забезпечує екстремальну білизну та непрозорість навіть за малої товщини паперу. Використовують у тонких паперах (біблійному папері, словниковому папері), де папір має бути тонким, але непрозорим. Головний недолік – це дуже дорогий матеріал;

тальк ($3Mg \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$) – природний мінерал (гідратований магній силікат), який використовують як специфічний наповнювач, завдяки його унікальним поверхневим властивостям. Він має пластинчасту структуру (як і в каоліну), але дуже м'яку й "жирну" на дотик. На відміну від крейди чи каоліну, тальк відштовхує воду, але добре змочується жирами та оліями. Це робить його корисним для поліпшення сприйняття офсетної фарби, яка є жирною. Тальк адсорбує смоли на етапі виробництва паперу, що знижує липкість і поліпшує його оброблюваність.

У складі паперу наповнювачі виконують такі функції:

підвищення непрозорості – целюлозні волокна самі по собі напівпрозорі, а частинки наповнювачів розсіюють світло, дозволяючи друкувати на обох боках аркуша без просвічування;

підвищення білизни – більшість наповнювачів є білішими за целюлозу;

підвищення гладкості – наповнювачі вирівнюють мікрорельєф поверхні, закриваючи пустоти між волокнами; це критично для якісного відтворення растрової точки;

м'якість та *пластичність* – папір краще деформується під тиском у друкарській зоні, забезпечуючи кращий контакт;

регулювання всотування – наповнювачі створюють систему дрібних пор, які працюють як капіляри для швидкого всотування розчинників фарби (закріплення);

економічну функцію – наповнювачі, зазвичай, є значно дешевшими за целюлозу; заміна частини дорогого волокна дешевим мінералом знижує собівартість продукції.

Додавання наповнювачів до складу паперу може не тільки поліпшувати, але й **погіршувати деякі його ключові властивості**, а саме:

знижувати механічну міцність – мінеральні частинки розташовуються між волокнами целюлози та блокують утворення водневих зв'язків і, як результат, папір стає менш міцним на розрив і злам;

підвищувати пилуватість – частинки наповнювача слабко зв'язано з волокнами і під час друкування липкі фарби можуть виривати їх із поверхні. Пил, що утворюється, осідає на офсетному полотні, змішується з фарбою, утворює "нарости", що призводить до дефектів друку;

зниження проклеювання – наповнювачі, маючи велику питому поверхню, адсорбують на собі клей, тому витрати проклеювальних речовин зростають.

Ступінь впливу на ці показники залежить від виду й кількості наповнювачів, що додають. Тому наповнювачі підбирають, з огляду на призначення паперу, його споживчі й технологічні властивості.

Кількісний показник умісту наповнювача називають **зольністю паперу**. Волокнисті матеріали й органічні сполуки у складі паперу практично повністю згорають, а в залишку – золі – залишаються тільки неорганічні наповнювачі та деякі пігменти. Тому зольність паперу визначають як відношення маси золи до початкової маси паперу (у процентах).

За зольністю розрізняють такі види паперу:

малозольні (до 5 % (мас.)) – це газетний та інші види паперу, де важливо зберегти механічну міцність;

середньозольні (5 – 25 % (мас.)) – це офсетний та деякі види паперу для друкування;

високозольні (до 25 – 35 % (мас.)) – це типографський та інші види паперу, де важливо мати високу непрозорість і друкарські властивості.

6.2.3. Характеристика проклеювальних речовин

Проклеювальні речовини – це спеціальні хімічні сполуки, які додають до паперу для підвищення його водостійкості та поліпшення друкарських і експлуатаційних властивостей [11].

У складі паперу проклеювальні речовини виконують такі функції:

гідрофобізувальну (бар'єрну) – створення водовідштовхувального шару, який надає паперу стійкості до дії води, чорнил, фарб та клеїв; це забезпечує чіткість відбитків, зменшує розпливання чорнила та фарби;

зв'язувальну – зміцнення контактів між волокнами, що підвищує міцність поверхні та зносостійкість паперу;

захисну – утримання наповнювачів та дрібних волокон, що зменшує пилення паперу під час друкування;

оптичну – незначне змінення заломлення світла, що може впливати на білизну та прозорість паперу.

Залежно від функції, яку виконують ці сполуки, розрізняють:

гідрофобізувальні проклеювальні речовини, які роблять папір гідрофобним, тобто знижують його водо- та рідинопроникність. Наявність у целюлозі великої кількості гідроксильних груп надає паперу гідрофільності, тому він добре змочується, усмоктує воду і навіть поглинає вологу з повітря, тобто є гігроскопічним. Водночас папір набухає, змінюється в розмірах, зв'язки між волокнами послаблюються і в результаті знижується його міцність. Додавання відповідних речовин запобігає таким процесам. До гідрофібізувальних речовин належать каніфоль, парафін, гірський віск, стеарати, силікони, бітуми, латекс, синтетичні клеї тощо;

зв'язувальні проклеювальні речовини, які сприяють підвищенню зімкнутості й механічної міцності паперу. Вони посилюють зчеплення волокон целюлози у структурі паперу, що підвищує його міцність і жорсткість та знижує ворсистість. У результаті цього підвищується гладкість паперу і опір висмикуванню волокон фарбою, знижується його пилення, посилюється утримання наповнювача в папері. До зв'язувальних речовин належать крохмаль, тваринний клей, казеїн, соєвий протеїн, рослинні камеді, рідке скло, синтетичні полімери тощо.

Процес проклеювання паперу здійснюють двома способами:

проклеюванням у масі (внутрішнє проклеювання), коли проклеювальні речовини додають безпосередньо в паперову масу (суспензію

волокон) до того, як папір буде сформовано на сітці папероробної машини. Це забезпечує гідрофобність по всьому об'єму аркуша;

поверхневим проклеюванням, коли проклеювальні речовини наносять на поверхню вже сформованого і висушеного аркуша за допомогою клеїльного преса. Це поліпшує якість поверхні, гладкість та міцність.

Вибір проклеювальних речовин залежить від типу паперу та кислотності технологічного середовища (pH).

До найбільш поширених речовин для *проклеювання в масі* належать такі [13]:

каніфоль або **каніфольний клей** – природну аморфну речовину, утворену зі смоли хвойних порід дерев (живиці). Каніфоль сама по собі не прилипає до волокна целюлози. Тому в паперовому виробництві її застосовують у вигляді емульсії разом з алюміній сульфатом ($Al_2(SO_4)_3$ – *квасцями*), який відіграє роль "осаджувача". Таке проклеювання є найдавнішим і найпоширенішим способом (використовують понад 200 років), який виконують у кислому середовищі (pH = 4,5 − 5,5). Воно є ефективним, але через залишкову кислотність папір із часом стає ламким – "старіє", що може знижувати його довговічність.

синтетичні клеї на основі:

АКД (алкілкетин-димерів), які створюють стійкий хімічний зв'язок із целюлозою; реакція відбувається повільно, остаточну гідрофобність виявляють після повного висихання;

АСА (алкенилянтарного ангідриду), які діють дуже швидко, але потребують точного дозування безпосередньо перед подаванням на машину.

Такі речовини застосовують у сучасному виробництві, яке перейшло на проклеювання паперу в нейтральному або слаболужному середовищі (pH = 7,0 − 8,0). Це підвищує стабільність і довговічність паперу, що особливо важливо для високоякісних поліграфічних та офісних паперів.

Для *поверхневого проклеювання* часто використовують:

крохмаль, модифікований крохмаль – високомолекулярний природний полімер (полісахарид), що складається з амілози та амілопектину. Сирий крохмаль має занадто високу в'язкість і погано проникає в папір, тому використовують модифіковані форми:

окислений крохмаль (найпоширеніший) має низьку в'язкість за високої концентрації, що дозволяє наносити його тонким рівним шаром;

катіонний крохмаль має позитивний заряд, завдяки чому краще притягується до негативно заряджених волокон целюлози;

ферментативно розщеплений крохмаль, в'язкість якого знижують безпосередньо на заводі за допомогою ферментів (амілаз).

Крохмаль є екологічно безпечним, доступним і сумісним із нейтральним та лужним середовищем. Поверхневе проклеювання крохмалем дозволяє використовувати більше дешевих наповнювачів (наприклад, крейди) усередині паперу, зберігаючи водночас його високу міцність. Це робить його важливою проклеювальною речовиною для поліграфічних паперів;

тваринний клей (желатин) – природну білкову речовину, утворену з колагену кісток, шкіри та сухожиль тварин. Це історично найперша речовина, яку почали використовувати для проклеювання паперу. Хоча сьогодні його майже повністю витіснено дешевим крохмалем та синтетичними речовинами, але все ще застосовують у виробництві паперу ручного відливання, елітних художніх, архівних і спеціальних сортів паперу.

Тваринний клей значно краще за крохмаль підвищує опір паперу до стирання, зламу та розриву. Він створює настільки щільну плівку, що чорнило залишається на самій поверхні, забезпечуючи ідеальну чіткість ліній. До його недоліків належать чутливість до вологи, біологічна нестійкість та обмежена довговічність, тому в сучасному масовому виробництві його значною мірою замінили синтетичні проклеювальні речовини;

синтетичні проклеювальні речовини зазвичай не замінюють крохмаль повністю, а працюють у парі з ним. Їх додають у розчин на клеїльному пресі, щоб надати паперу специфічних властивостей, яких неможливо досягти лише природними компонентами.

До них належать:

стирол-акрилат підвищує гідрофобність і якість друку;

стирол-малеїнат впливає на адгезію фарб і тонерів;

поліуретан надає зносостійкості та міцності паперу.

Синтетичні проклеювальні речовини є добре сумісними з пігментами та наповнювачами, забезпечують стабільну якість проклеювання і дозволяють регулювати поглинальні властивості паперу.

Показником, який відображає, наскільки ефективно проклеювальні речовини заповнили капіляри між волокнами целюлози та змінили кут змочування поверхні, є ступінь проклеювання паперу.

Ступінь проклеювання – це кількісний показник, який визначає рівень гідрофобності паперу, тобто його здатність чинити опір проникненню та розтіканню рідин (води, чорнила, туші). Вимірюють у міліметрах (мм), згідно з методикою визначення, наведеною в стандартах.

Згідно з науковою класифікацією, папір розподіляють на чотири основні групи, залежно від умісту гідрофобних речовин [11]:

непроклеєний папір – це папір, який майже не містить проклеювальних речовин (ступінь проклеювання – 0 мм). Він має високу водо- і рідинопроникність, швидко вбирає воду та чорнило. Його використовують для технічного (фільтрувального) та санітарно-гігієнічного паперу;

слабко проклеєний папір – це папір, який містить мінімальну кількість проклеювальних речовин, зазвичай від 0,2 до 0,5 % від маси волокна (ступінь проклеювання 0,25 – 0,75 мм). Він частково стримує проникнення рідин, але зберігає підвищену поглинальну здатність. Його використовують для газетного та деяких інших видів друкарського паперу;

обмежено (середньо) проклеєний папір – це папір, який містить помірну кількість проклеювальних речовин, зазвичай 0,5 – 1,5 % від маси волокна (ступінь проклеювання 1,0 – 1,25 мм). Він має достатню стійкість до проникнення води та чорнил, забезпечує нормальні друкарські та письмові властивості. Його застосовують для офсетного, книжкового та писального паперу;

високо проклеєний папір – це папір, який містить значну кількість проклеювальних речовин – від 1,5 до 4 % і вищу від маси волокна, (ступінь проклеювання 2,0 – 2,5 мм). Він має низьку водо- і чорнилопроникність, високу стійкість до зволоження. Його використовують для креслярського, картографічного, пакувального та спеціального паперу.

6.2.4. Характеристика барвних речовин

Барвні речовини – це речовини, які додають у паперову масу або наносять на папір для надання йому певного кольору, відтінку чи білизни, а також для поліпшення декоративних і поліграфічних властивостей.

За хімічною природою та способом взаємодії із целюлозним волокном барвні речовини розподіляють на дві великі групи: барвники та пігменти [11].

Барвники – це добре розчинні у воді речовини (зазвичай органічної природи), розчини яких є здатними глибоко проникати у структуру целюлозних волокон, надаючи їм необхідного забарвлення. Вони взаємодіють із волокнами на молекулярному рівні, утворюючи хімічні або фізичні зв'язки й забезпечуючи прозорі та яскраві кольори.

Розрізняють такі види барвників:

прямі барвники (найпоширеніші) – добре розчиняються у воді та безпосередньо адсорбуються на целюлозних волокнах, забезпечуючи рівномірне забарвлення паперу; є стійкими до світла;

основні (катіонні) барвники – мають високу інтенсивність кольору, але низьку світлостійкість; їх використовують переважно для паперів із високим умістом деревної маси (газетного паперу, пакувального картону);

кислотні барвники – не мають природної спорідненості до целюлози (не адсорбуються на волокнах), тому потребують використання осаджувачів (наприклад, алюміній сульфату); дають рівномірне забарвлення;

реактивні барвники – утворюють хімічний зв'язок із целюлозою, відрізняються високою стійкістю забарвлення.

Пігменти – це високодисперсні нерозчинні порошкоподібні речовини, які надають паперу насичений і стійкий колір, але потребують закріплення за допомогою клеїв або полімерів. Вони не проникають у глибокі шари целюлози, а концентруються лише на поверхні, утримуючись між волокнами механічно або за допомогою зв'язувальних речовин. Завдяки цьому вони виконують дві функції: фарбування і захисту поверхні виробу від впливу зовнішніх факторів [5].

За походженням розрізняють:

мінеральні пігменти – сполуки металів (оксиди, сульфати, силікати), які утворюють подрібненням природних мінералів або хімічним синтезом. Вони мають високу світлостійкість, покривну здатність, хімічну стійкість та широку колірну гаму. Основними представниками є титан (IV) оксид та каолін, що мають білий колір; оксиди заліза (охри, мумії) – червоний, жовтий, оранжевий колір; ультрамарин ($2(Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2) \cdot \cdot Na_2S_4$) – синій колір; сажа (технічний вуглець) – чорний колір;

органічні пігменти – це складні високомолекулярні кристалічні карбонові сполуки, які мають циклічну структуру. Їх утворюють багатостадійним органічним синтезом із нафтохімічної сировини (бензену, нафталіну

тощо). Ці пігменти мають набагато дрібніші частинки, ніж мінеральні; дуже високу інтенсивність кольору; нижчу, ніж у мінеральних, але значно вищу, ніж у розчинних барвників, світлочутливість; часто є напівпрозорими; зазвичай є значно дорожчими за мінеральні через складність синтезу. Основними представниками є фталоціанінові пігменти (блакитний, зелений відтінки), азопігменти пігменти (червоний, жовтий, оранжевий відтінки), антрахінонові пігменти (червоні, фіолетові, сині відтінки) тощо.

Особливим видом барвних речовин у складі паперу є **оптичні відбілювачі**. Це речовини, які поглинають невидимі ультрафіолетові промені та випромінюють їх у видимій синій частині спектра. Водночас папір здається сліпучо-білим. Їхня ефективність залежить від наявності УФ-світла (у темному приміщенні або за жовтого освітлення ефект зникає).

До оптичних відбілювачів належать:

похідні стильбену – солі діаміностильбендисульфокислоти, які є основою для 90 % усіх відбілювачів паперу;

похідні кумарину та *піразоліну* – їх використовують рідше, переважно для специфічних полімерних покриттів або синтетичного паперу.

У складі паперу барвні речовини виконують такі функції:

надання кольору – від ніжних пастельних відтінків до насичених кольорів;

корекцію білизни (підсинювання) – додавання мінімальної кількості синього або фіолетового барвника для нейтралізації природного жовтуватого відтінку целюлози, що робить папір візуально білішим;

регулювання оптичних властивостей – додавання пігментів дозволяє зробити тонкий папір непрозорим і більш світлостійким;

підвищення гладкості – мінеральні пігменти, на відміну від розчинних барвників, заповнюють порожнечі між волокнами. Це поліпшує гладкість поверхні, що забезпечує якісніший відбиток під час друкування та знижує витрату друкарської фарби;

захисну – барвники виконують роль елементів безпеки. Наприклад, люмінесцентні барвники невидимі за звичайного світла, але яскраво світяться під ультрафіолетом, а хімічно чутливі барвники змінюють колір під дією хімічних розчинників, лугів або кислот під час несанкціонованого виправлення документів;

технологічну – деякі барвники слугують індикаторами. Наприклад, в індикаторному папері барвник змінює колір, залежно від pH середовища. Також можливе технічне маркування, коли фарбування шарів

багатошарового картону або спеціального паперу здійснюють для контролю за рівномірністю нанесення покриттів.

6.3. Класифікація паперу

Класифікація паперу за призначенням ґрунтується на його експлуатаційних і функціональних властивостях та сфері використання.

За призначенням папір розподіляють на такі основні групи [10; 13]:

Поліграфічний папір (друкарський) – це широка група видів паперу, спеціально розроблених для розмноження текстової та графічної інформації за допомогою різних методів друкування. До цієї групи належать газетний, етикетковий, картографічний, форзацний, офсетний папери, папір для глибокого та високого друку тощо).

Папір для писання, креслення та малювання – це група високоякісних видів паперу, призначених для графічних робіт, які виконують уручну різними інструментами: олівцями, тушшю, фарбами (аквареллю, гуашшю), лінерами або чорнилом. Головною вимогою до цих видів паперу є висока механічна міцність поверхні та специфічне проклеювання, підібране під конкретний тип художнього матеріалу. До цієї групи належать такі види паперу: для писання (писальний), креслення (ватман), малювання, зошитів, нотний, міліметровий, поштовий, копіювальний папір.

Пакувальний папір – це група видів паперу, основною функцією яких є захист товарів від механічних пошкоджень, вологи, пилу та забруднень під час транспортування та зберігання. На відміну від друкарського або писального паперу, тут пріоритетом є механічна міцність, жорсткість та специфічні бар'єрні властивості. До цієї групи належать крафт-папір, пергамент та підпергамент, обгортковий папір, флютинг (папір для гофрування), тест-лайнер (зовнішній шар гофрокартону).

Декоративний папір – це група паперової продукції, де на перший план виходять не механічні чи друкарські властивості, а візуальний та тактильний ефект. Такий папір використовують для оздоблення, дизайну, виготовлення елітного опакування та предметів інтер'єру. Його виробництво є поєднанням класичних паперових технологій та художнього мистецтва. До цієї групи належать фактурний (текстурований), металізований, оксамитовий (флокований), креповий, дизайнерський папір (із вкрапленнями).

Санітарно-гігієнічний папір – це група паперових виробів, головною функцією яких є поглинання вологи та дотримання особистої гігієни. На відміну від інших видів паперу, тут ключовими властивостями є м'якість, убираність, здатність до розпаду, екологічна чистота та гіпоалергенність. До цієї групи належать туалетний папір, паперові рушники, серветки, носові хустинки та медичні простирадла.

Технічний папір – це група різних видів паперу, які використовують як допоміжний матеріал у різних промислових процесах та будівництві. Він є частиною технологічного циклу виробництва інших товарів: від автомобілів та електроніки до продуктів харчування та меблів. Головною особливістю такого паперу є вузька спеціалізація, тобто кожен вид розробляють під конкретне фізико-хімічне завдання. До цієї групи належать електротехнічний, фільтрувальний, абразивний, антикорозійний (інгібіторний) папір і папір для пакування стерильних інструментів тощо.

Спеціальний папір – це група паперових виробів, які мають унікальні властивості, не притаманні масовим видам паперу, і використовують для виконання складних технічних, безпекових або промислових завдань. Його відмінність полягає в специфічному складі волокон (не лише целюлози, а й синтетики), особливому проклеюванні та багатошарових покриттях. До цієї групи належать фотопапір; захищений папір для банкнот, паспортів та акцій; термопапір для чеків та квитків; самоклейний папір для етикеток, реклами, декоративних плівок [3].

Папір-основа – це напівфабрикат, який використовують як основу для виробництва багатьох видів паперів, паперових виробів і фібри через відповідні оброблення, просочення і покриття. Папір-основу застосовують як основу крейдованого, термореактивного, копіювального, парафінованого, пергаментного, абразивного паперу, фотопаперу, фотокальки; як основу для перекладної фольги, як оздоблювальний матеріал; пакувальний матеріал для молочних продуктів, гігієнічних серветок, клеєної стрічки, склеєного картону тощо.

Кожен клас об'єднує види паперу, які різняться між собою волокнистим складом, масою 1 $м^2$ (грамажем), кількістю наповнювача, ступенем проклеювання та іншими властивостями.

6.4. Види друкарського паперу та вимоги до нього

Для орієнтації в різноманітних видах паперів для друкування їх класифікують за такими ознаками:

за волокнистим складом (чистоцелюлозний, зі вмістом деревної маси, синтетичний);

за наявністю покриття (некрейдований, крейдований);

за способом оброблення поверхні (некаландрований, каландрований, висококаландрований, глянцевий, матовий);

за форматом готового виробу (рулонний, листовий);

за способом друкування (для високого, флексографічного, глибокого, офсетного, цифрового друку);

за призначенням (книжково-журнальний, газетний, офісний, бланковий, картографічний, етикетковий тощо).

Кожну класифікацію та детальну характеристику різних видів паперу наведено далі.

6.4.1. Класифікація паперу за волокнистим складом

Класифікація паперу за волокнистим складом є фундаментальною, оскільки саме природа волокон визначає довговічність, здатність зберігати білизну та ціну друкарського виробу. В основі класифікації лежить співвідношення між хімічною целюлозою (очищеним, міцним волокном) і деревною масою (волокном, що містить лігнін), які входять до складу паперу [11].

Традиційно в технічних стандартах папір розподіляють на *три основні групи*:

Група № 1 (чистоцелюлозний). Папір найвищої якості, який на 100 % складається з вибіленої хімічної целюлози. Характеризують його високою білизною, підвищеною міцністю, та він майже не піддається "старінню" під час зберігання (не жовтіє і не стає ламким). Використовують папір для видань тривалого строку зберігання (енциклопедій, словників, офіційних довідкових видань, державних документів, дорогих книг, грошових знаків).

Група № 2 (змішаний). Папір середньої якості, який складається із суміші целюлози та деревної маси з масовою часткою від 25 до 50 %. Має гарну гладкість і нижчу ціну, ніж № 1, проте через уміст деревної

маси із часом починає жовтіти. Його призначено для підручників, масових книжкових видань, кольорових журналів.

Група № 3 (механічний). Папір низької якості, який на 50 – 70 % і більше складається з деревної маси. Для нього характерно низька міцність, сіруватий відтінок, висока пористість. Він дуже швидко старіє під дією світла (стає коричневим і крихким). Застосовують його переважно для газет і бланків для тимчасових записів.

Окремою групою виділяють **синтетичний папір** – матеріал, виготовлений на основі синтетичних полімерів (поліетилену, поліпропілену, поліестеру тощо), який за зовнішнім виглядом і деякими властивостями нагадує звичайний папір, але не містить целюлозних волокон. Він поєднує в собі властивості пластику та паперу. Синтетичний папір застосовують там, де потрібно підвищена міцність, вологостійкість і довговічність матеріалу. Основні сфери використання – виготовлення етикеток, ярликів, рекламних матеріалів, карт, меню, інструкцій, що мають бути стійкими до вологи та стирання.

6.4.2. Класифікація паперу за наявністю покриття

Класифікація паперу за наявністю та типом покриття є однією з найважливіших у поліграфії, оскільки саме шар покриття визначає, як фарба буде взаємодіяти з поверхнею, наскільки яскравим буде зображення та чи буде папір блищати.

Основний розподіл відбувається на некрейдований та крейдований папір [11; 13].

Некрейдований папір (без покриття) – це папір без спеціального покривного шару, який має природну, трохи шорстку поверхню, добре вбирає чорнило і фарбу, іноді занадто, що робить колір тьмянішим. Поверхня такого паперу складається безпосередньо з волокон целюлози, які пройшли лише механічне оброблення та внутрішнє проклеювання. Використовують його для письма, офсетного друку, книжково-журнальної продукції, зошитів і документів.

Крейдований папір (із покриттям) – це папір, поверхню якого покрито шаром крейдяної пасти, що складається із суміші пігментів (каоліну або крейди), зв'язувальних речовин (крохмалю, латексу або полівінілового спирту) та інших допоміжних речовин (оптичних відбілювачів, пластифікаторів і антисептиків). Цей шар заповнює пустоти між волокнами,

створюючи ідеально рівну поверхню, що поліпшує друкарські та оптичні властивості паперу.

Отже, крейдований папір має високу гладкість, білизну, непрозорість і забезпечує чітке відтворення зображень. Використовують його для журналів, каталогів, рекламної та ілюстраційної продукції.

Для крейдування використовують папір-основу з біленої целюлози або її суміш із деревною масою. Нанесення покриття на папір-основу здійснюють на спеціальних машинах у декілька прийомів (рис. 6.4).

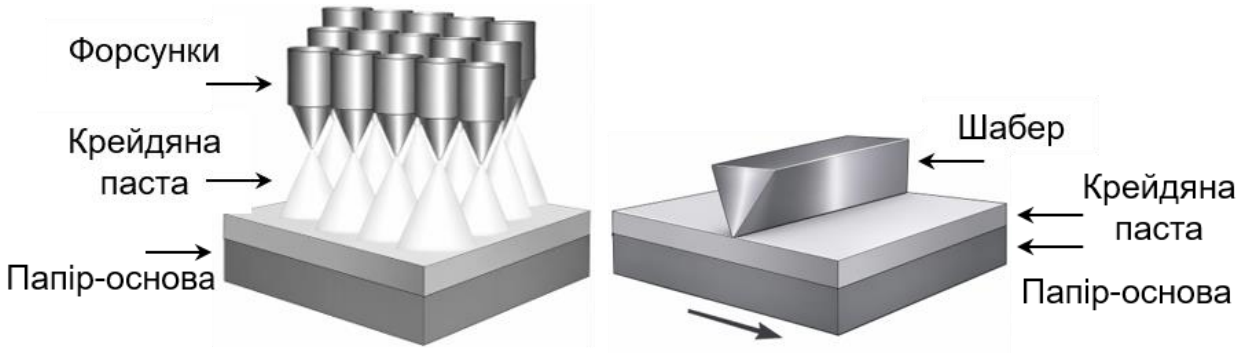


Рис. 6.4. **Принцип крейдування паперу**

Товщина і кількість шарів покриття паперу безпосередньо впливає на міцність поверхні, ступінь білизни та його здатність передавати складні відтінки під час друкування. Чим більше є шарів, тим менше папір поглинає фарбу, залишаючи пігмент на поверхні для максимальної яскравості.

Залежно від товщини покривного шару, виготовляють:

папір легкого крейдування (із напівпокриттям) із масою покривного шару 5 – 10 г/м^2. Покриття лише частково заповнює мікронерівності основи, через що поверхня залишається дещо пористою. Застосовують його для масових рекламних каталогів супермаркетів, недорогих щотижневих журналів, вкладок;

папір повного крейдування (із повним покриттям) із масою покривного шару 12 – 40 г/м^2. Такий папір може мати декілька шарів крейдяного покриття.

Розрізняють:

папір одноразового крейдування з масою покриття 12 – 15 г/м^2 на бік аркуша. Це стандартний варіант для якісної багатоколірної поліграфії. Одного повноцінного крейдяного шару достатньо, щоб повністю

приховати структуру целюлозних волокон. Водночас папір стає стабільним, його характеризують більшою гладкістю, кращою білизною та вищою якістю друкування (фарба лягає рівномірно). Застосовують його для листівок, флаєрів, брошур, внутрішніх блоків журналів середнього цінового сегмента;

папір багаторазового крейдування (дво- та триразового) із масою покриття 20 – 40 г/м^2 сумарно на бік аркуша. Це папір преміум-класу, де кожен наступний шар робить поверхню ще більш гладкою (дзеркальною). Перший шар зазвичай відіграє роль "ґрунтівки", заповнюючи пори, а фінішні шари створюють ідеальну площину. Такий папір має найвищі показники білизни та глянцю, дозволяє друкувати з найвищою лініатурою растра (найдрібніші деталі). Застосовують його для дорогих мистецьких альбомів, елітних глянцевих журналів, подарункового опакування, річних звітів великих корпорацій тощо.

Папір повного крейдування також класифікують за тим, на скільки боків паперового полотна нанесено покриття.

Розрізняють:

однобічно крейдований папір, який має крейдувальне покриття лише з одного боку, інший бік залишається некрейдованим або менш гладким. Покритий бік забезпечує високу гладкість, білизну та якість друкування, тоді як зворотний бік добре вбирає клей або фарбу. Сфера застосування – етикетки, обкладинки, пакувальний папір, плакати, рекламні матеріали;

двобічно крейдований папір, який має покриття з обох боків паперового полотна. Обидва боки мають високу гладкість, білизну та однакові друкарські властивості, що дозволяє виконувати якісне двобічне друкування. Сфера застосування – журнали, каталоги, буклети, рекламна та ілюстраційна поліграфія.

6.4.3. Класифікація паперу за способом оброблення поверхні

Класифікація паперу за способом оброблення поверхні ґрунтується на технологіях, які застосовують на фінальній стадії папероробної машини для надання паперу потрібної гладкості, щільності та друкарських властивостей.

Згідно із цим, папір розподіляють на такі класи [11; 13]:

папір машинної гладкості (некаландрований папір) – це папір, який пройшов повний цикл виготовлення на папероробній машині, серед них сушіння, але не піддавався додатковому обробленню на окремих

установках (каландрах). Його поверхня формується природним способом під час проходження через сушильні циліндри. Це найбільш поширений вид паперу, який поєднує низьку собівартість та базові друкарські властивості: шорстку поверхню, високу поглинальну здатність і нижчу гладкість;

каландрований папір – це папір, який пройшов через спеціальне оброблення на каландрах.

Каландр – це машина (агрегат) у паперовому виробництві, що складається із системи гладких сталевих валів, між якими пропускають папір для оброблення його поверхні. У каландрі під дією тиску та температури волокна целюлози сплющуються, а папір стає більш тонким, щільним і гладким (рис. 6.5).

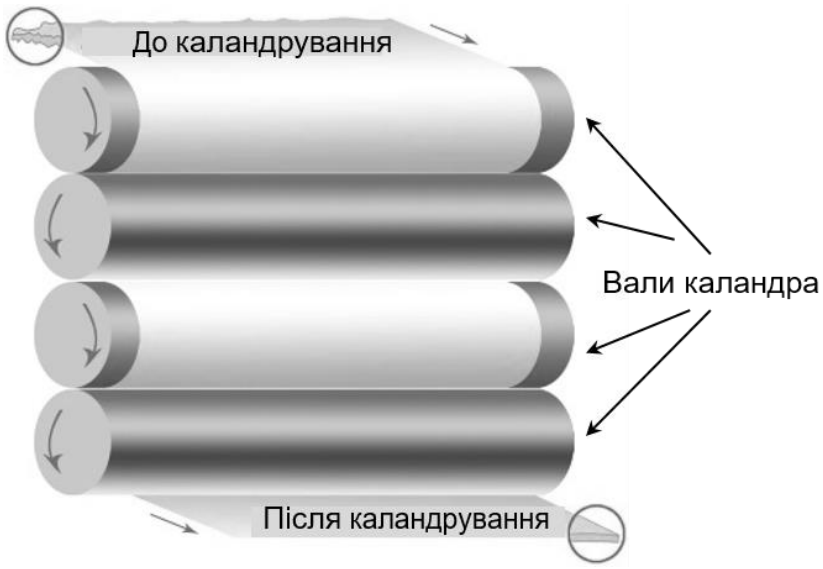


Рис. 6.5. **Принцип каландрування паперу**

Для каландрованого паперу характерно низька пористість, у зв'язку із чим фарба менше проникає всередину, що поліпшує чіткість друку. Він має помітний природний блиск, але це ще не дзеркальний глянець крейдованого паперу. Недоліком цього виду паперу є висока прозорість через сильне стискання паперу в каландрі, що компенсують додаванням наповнювачів;

висококаландрований папір – це папір, який пройшов інтенсивне оброблення в суперкаландрі, де чергуються сталеві й еластичні (паперові або волокнисті) вали, під підвищеним тиском (до 300 МПа). Унаслідок цього, його поверхня стає дуже гладкою, щільною та частково блискучою. Така поверхня мінімально поглинає фарбу, що дозволяє утворювати яскраві кольори без спеціального крейдованого покриття.

За характером поверхні крейдований папір буває:

глянцевий папір – це вид крейдованого паперу, поверхню якого піддають інтенсивному обробленню суперкаландруванням для досягнення глянцю – дзеркального блиску та ідеальної гладкості. Глянцева поверхня паперу дуже слабко вбирає фарбу і чорнила, що робить витрату барвних речовин мінімальною. Але фарби й чорнила, зазвичай, повільно сохнуть на його поверхні, що підвищує ймовірність змащування та плям.

Наявність глянцу забезпечує високу якість передавання яскравих насичених кольорів із безліччю відтінків та колірних градацій, а також запобігає вицвітанню і змиванню фарби й чорнила з поверхні. Тому навіть через тривалий час зображення залишається чітким, немає спотворення картинки.

Отже, глянцевий папір є "золотим стандартом" для друкування високоякісних фотографій та видань із великою кількістю ілюстрацій.

Недоліками цього виду паперу є його відблиски за яскравого світла, що заважає читанню тексту; чіткі залишки відбитків пальців і жирних плям на його поверхні; неможливість писати кульковою ручкою або олівцем, оскільки чорнило розмазується, а грифель не залишає сліду;

матовий папір – це вид крейдованого паперу, поверхню якого піддають м'якому каландруванню, під час якого вирівнюють товщину листа, не заперезаючи мікропори покриття, щоб залишити поверхню мікрошорсткою на молекулярному рівні. Світло, потрапляючи на таку поверхню, відбивається дифузно (у різних напрямках), що й створює ефект матовості. Завдяки текстурі матовий папір більше вбирає (адсорбує) фарбу і чорнило, вони швидко висихають на його поверхні – що знижує ризик плям і змащування.

Основними властивостями матового паперу є те, що немає блиску, добра читабельність, м'яке відтворення кольорів (кольори є менш насиченими, ніж на глянцевому папері) та нижча маркість (менш помітними відбитки пальців і подряпини).

Отже, матовий крейдовий папір найчастіше застосовують для друкування поліграфічної продукції з величезним переважанням текстових матеріалів (книг, підручників, журналів, каталогів, буклетів, навчальних та довідкових видань).

6.4.4. Класифікація паперу за форматом готового виробу

Класифікація паперу за форматом готового виробу ґрунтується на розмірі аркушів або рулонів паперу, які використовують для друкування або виробництва поліграфічної продукції. Формат визначає зручність роботи з папером, технологію друкування та можливість стандартизованого оброблення продукції [10; 11].

Розрізняють:

аркушевий папір, призначений для друкування, копіювання та виготовлення поліграфічної продукції в стандартних розмірах. Постачають його у вигляді окремих аркушів стандартних форматів (міжнародного стандарту ISO 216): A0 (841×1 189 мм), A1 (594×841 мм), A2 (420×594 мм), A3 (297×420 мм), A4 (210×297 мм), A5 (148×210 мм). Аркушевий формат забезпечує зручність оброблення, фальцювання та брошурування, а також сумісність із друкарськими та офісними пристроями. Щільність зазвичай становить 60 – 160 г/м^2, що дозволяє використовувати папір для книг, журналів, офісних документів та бланків;

рулонний папір – це широкоформатний папір, призначений для використання в друкарських машинах та автоматичних пристроях, де потрібно безперервне подавання матеріалу. Виготовляють його у вигляді довгого рулону, що дозволяє друкувати великі тиражі без частих замін паперу. Рулони можуть мати ширину від 210 мм до 1 500 мм і довжину від 500 м до кількох тисяч метрів, залежно від призначення та друкарської машини. Рулонна форма забезпечує безперервне друкування й економію часу під час оброблення. Щільність паперу зазвичай становить 40 – 120 г/м^2, що дозволяє використовувати його для різних видів друку газет, журналів, реклами, плакатів, пакування, бланків, чеків тощо;

папір спеціальних форматів – це папір, який виготовляють не за стандартними розмірами, а під конкретні замовлення або особливі потреби поліграфії. Виробляють його як аркушевим, так і рулонним, залежно від технології друкування та потреб замовника. Дозволяє оптимізувати виробництво та досягати високої якості друку нестандартної продукції.

6.4.5. Класифікація паперу за способом друкування

Класифікація паперу за способом друкування визначає розподіл паперу, залежно від технології друкування, для якого його призначено.

Різні способи друкування становлять різні вимоги до гладкості, міцності, поглинання фарби та структури паперу. Характеристику різних видів паперу за способом друкування наведено далі [11; 13].

Для **високого друку** застосовують папір масою 50 – 70 г/м^2, виготовлений на основі деревної целюлози або з додаванням деревної маси 20 – 75 %. Папір зазвичай є слабко проклеєним, що забезпечує оптимальне вбирання фарби. Він має білий колір і середній або підвищений уміст золи, що впливає на його щільність та гладкість. Поверхня може бути каландрованою, висококаландрованою або мати машинну гладкість, що сприяє чіткому перенесенню зображень. Папір має помірну гладкість, достатню для контакту з рельєфною формою друкарської машини. Його характеризує добра пружність і стисливість, що забезпечує повне перенесення фарби з елементів форми, що виступають. Міцність паперу є достатньою для роботи з високими тисками, а структура – рівномірною, щоб текст і зображення були чіткими. Оптимальна поглинальна здатність запобігає розтіканню фарби й забезпечує рівномірне закріплення відбитка. Папір є стійким до деформацій під час друкування і фальцювання.

Для **флексографічного друку** застосовують папір масою 50 – 120 г/м^2, виготовлений на основі деревної целюлози або з додаванням вторинної деревної маси до 50 %. Папір зазвичай має середній або слабкий ступінь проклеювання, щоб забезпечити оптимальне вбирання рідких фарб. Колір паперу може бути білим або кремовим, іноді з підвищеною зольністю для стабільності структури. Поверхня може бути каландрованою, машинної гладкості або напівматовою, що забезпечує рівномірний контакт з еластичними друкарськими формами. Папір має достатню пружність і міцність, щоб витримувати високошвидкісне друкування та механічні навантаження. Оптимальна пористість і поглинальна здатність забезпечують швидке закріплення фарби без її розтікання. Структура паперу є рівномірною, що гарантує якісне відтворення тексту, графіки та штрихкодів. Папір є стійким до деформацій під час рулонного друкування і фальцювання.

Для **глибокого друку** (ротогравюри) застосовують папір масою 50 – 120 г/м^2, виготовлений на основі деревної целюлози або з додаванням вторинної деревної маси до 30 – 50 %. Папір зазвичай має слабкий або середній ступінь проклеювання, щоб забезпечити повне заповнення заглиблень форми фарбою. Колір паперу є білим або кремовим, іноді

з підвищеною зольністю для стабільності структури. Поверхня паперу є каландрованою або висококаландрованою, гладкою, що сприяє рівномірному перенесенню фарби з рельєфних комірок форми. Папір має помірну пористість, достатню для приймання фарби без розтікання. Добра пружність і стисливість забезпечують повне вилучення фарби з комірок під час друкування. Міцність і стабільність розмірів дозволяють використовувати папір на високошвидкісних друкарських машинах.

Для **офсетного друку** застосовують папір масою 60 – 120 г/м^2, виготовлений на основі деревної целюлози або з додаванням вторинної деревної маси до 30 – 50 %. Папір має середній ступінь проклеювання, щоб забезпечити оптимальне поглинання фарби та води, характерних для офсетного процесу. Колір паперу є білим або кремовим, іноді з підвищеною білизною для більш чіткого відтворення тексту і кольорових зображень. Поверхня може бути каландрованою, висококаландрованою або напівматовою, що забезпечує рівномірне перенесення фарби та високу якість відбитка. Папір має добру пружність і стисливість, що дозволяє уникати деформацій під час друкування та фальцювання. Оптимальна пористість і гладкість забезпечують чітке й рівномірне друкування тексту та графічних елементів.

Папір для **цифрового друку** призначено для лазерних та струменевих принтерів і гарантує чітке друкування тексту та зображень. Його маса зазвичай становить 70 – 160 г/м^2, залежно від типу продукції – офісний папір або фотопапір. Поверхня є каландрованою або висококаландрованою, що забезпечує гладкість і рівномірне перенесення тонера або чорнила. Папір має середній ступінь проклеювання, щоб фарба або тонер не розтікався і добре закріплювався на поверхні. Білизна є високою, що забезпечує контрастність тексту та яскравість кольорових зображень. Папір є достатньо міцним і гнучким, щоб витримувати проходження через механізми принтера без розривів і деформацій. Оптимальна вологість і стабільність розмірів запобігають скручуванню аркушів під час друкування.

6.4.6. Класифікація паперу за призначенням

Класифікація паперу за призначенням полягає в розподілі його на групи, залежно від того, для якої поліграфічної продукції або з якою технічною метою його використовують.

Отже, різні види паперу мають специфічні фізико-механічні та оптичні властивості, які забезпечують оптимальну якість друкування й експлуатації в конкретних сферах. Загальну характеристику різних видів паперу за призначенням наведено далі [10; 11].

Книжково-журнальний папір призначено для друкування книжок, журналів і брошур. Він має помірно гладку, зазвичай матову поверхню, що забезпечує добру читабельність тексту. Білизна і непрозорість є достатніми, щоб текст і зображення не просвічували з іншого боку аркуша. Папір має добру міцність, що дозволяє витримувати друкування, фальцювання та брошурування. Поглинальна здатність є оптимальною – фарба добре закріплюється без розтікання. Звичайна щільність становить приблизно 60 – 120 г/м^2, що робить його економічним для масового друкування. Спосіб друкування: офсетний, високий.

Газетний папір призначено для друкування газет і масових періодичних видань. Він має невисоку гладкість і матову поверхню, що забезпечує швидке вбирання фарби. Білизна є невисокою, папір злегка сіруватим, непрозорість обмеженою. Папір має достатню міцність для швидкісного рулонного друкування, але легко рветься за механічного впливу. Поглинальна здатність є високою, тому фарба швидко закріплюється, але є можливим незначне розтікання. Звичайна щільність становить приблизно 40 – 52 г/м^2, що робить його економічним для масових видань. Спосіб друкування: високий, офсетний.

Офісний папір призначено для принтерів, копіювальних апаратів і факсів. Має рівну поверхню середньої гладкості для чіткого друкування тексту та простих зображень. Білизна є високою, що забезпечує контрастність і зручність читання. Папір має достатню міцність, щоб витримувати проходження через принтер або копіювальний апарат без розривів. Поглинальна здатність є оптимальною для тонера або чорнила, фарба не розтікається. Щільність зазвичай становить 70 – 120 г/м^2, що робить його універсальним для офісного використання. Спосіб друкування: цифровий, офсетний.

Бланковий папір призначено для виготовлення офіційних документів, формулярів, рахунків і сертифікатів. Його поверхня є рівномірною і має невелику гладкість, що забезпечує якісне друкування тексту та штампів. Білизна є середньою або високою для контрастності відбитка і зручності читання. Папір має достатню міцність, щоб витримувати друкування і зберігати форму під час експлуатації. Поглинальна здатність

є оптимальною – фарба закріплюється без розтікання. Звичайна щільність становить 70 – 100 г/м^2, що забезпечує економічність і зручність використання. Спосіб друкування: офсетний, цифровий.

Етикетковий папір призначено для виготовлення етикеток на продукцію, ярликів та маркувальних матеріалів. Він має рівну і досить гладку поверхню для якісного друкування тексту, штрихкодів та зображень. Білизна зазвичай є середньою або високою, що забезпечує контрастність надписів. Папір є міцним і стійким до механічних впливів, щоб витримувати наклеювання та транспортування. Поглинальна здатність є оптимальною для різних технологій друкування. Звичайна щільність його становить 70 – 120 г/м^2, часто папір використовують із клейовим шаром для самоклейних етикеток. Спосіб друкування: офсетний, флексографічний, цифровий.

Папір для плакатів та афіш призначено для виготовлення рекламних матеріалів, плакатів і афіш. Він має щільну та гладку поверхню для яскравого і контрастного друкування. Білизна є середньою або високою, забезпечує чітке відтворення тексту та зображень. Папір має високу міцність, щоб витримувати транспортування та розклеювання. Поглинальна здатність є оптимальною: фарба добре закріплюється без розтікання. Щільність паперу зазвичай становить 120 – 200 г/м^2, що робить його стійким для зовнішнього використання. Спосіб друкування: офсетний, флексографічний, цифровий.

Папір для картографічної та технічної продукції призначено для друкування карт, схем, креслень і технічних документів. Він має рівну і помірно гладку поверхню для точного нанесення ліній та тексту. Білизна є середньою або високою, забезпечує контрастність і зручність читання. Папір має високу міцність, щоб витримувати фальцювання та багаторазове користування. Поглинальна здатність є контрольованою, що дозволяє фарбі рівномірно закріплюватися без розтікання. Щільність паперу зазвичай становить 80 – 120 г/м^2, що робить його стійким до зношування. Спосіб друкування: офсетний, цифровий та високий.

Рекомендована література: [3; 5; 10; 11; 13].

Питання для самопідготовки

1. Технологія виготовлення паперу.
2. Вплив вторинної сировини на якість паперу.

3. Головні властивості паперу (розмірні, оптичні, механічні, друкарсько-технічні).

4. Папір спеціального призначення (термопапір, самоклейний папір, фотопапір).

Запитання для самодіагностики

1. Що становить папір?

2. Які матеріали можуть використовувати для виробництва паперу? Назвіть основну сировину для виготовлення паперу.

3. Дайте загальну характеристику целюлози.

4. Визначте функції наповнювачів у складі паперу.

5. Із якою метою до складу паперу додають проклеювальні речовини?

6. Які речовини належать до барвників і пігментів? У чому полягає різниця між ними?

7. Наведіть класифікацію паперу за призначенням.

8. Що таке "крейдований папір"?

9. Назвіть переваги та недоліки глянцевого і матового паперу.

10. Для чого призначено рулонний і листовий папір?

11. Дайте характеристику паперу для офсетного, високого та глибокого друку.

12. На які види розподіляють друкарський папір за характером друкованої продукції?

7. Друкарські фарби

Мета теми полягає у формуванні системних знань фізико-хімічної природи друкарських фарб, їхнього компонентного складу, класифікації та специфіки поведінки в різних видах друку для забезпечення якості поліграфічної продукції.

Професійні компетентності: здатність ідентифікувати хімічну природу компонентів фарби та прогнозувати їхню поведінку, залежно від способу друкування та виду матеріалу; уміння контролювати реологічні параметри фарби та механізми її висихання для забезпечення високої якості відбитка та стабільності друкарського процесу.

Основні питання:

7.1. Загальні відомості про друкарські фарби.

7.2. Склад друкарських фарб.

7.3. Класифікація друкарських фарб.

7.4. Види друкарських фарб, залежно від способу друкування, та вимоги до них.

Ключові слова: фарба, пігмент, барвник, зв'язувальна речовина, розчинник, сикатив, в'язкість, липкість, текучість, окиснювальна полімеризація, абсорбція (убирання), випаровування, УФ-затвердіння, адгезія, колірна інтенсивність, світлостійкість, прозорість.

7.1. Загальні відомості про друкарські фарби

Друкарські фарби є важливим компонентом поліграфічного процесу, які забезпечують утворення видимого зображення у вигляді тексту, ілюстрацій і графічних елементів на різних задрукованих матеріалах. Перші фарби виникли в давнину, їх виготовляли із природних матеріалів, як-от сажа, мінеральні пігменти та рослинні олії. У Стародавньому Китаї використовували чорнила на основі сажі та клею для друкування з дерев'яних форм. Значного розвитку друкарські фарби набули після винайдення книгодрукування Йоганном Ґутенберґом у XV ст., коли було створено олійні фарби для металевих форм. Подальший прогрес у хімії у XVIII – XIX ст. сприяв появі нових пігментів і поліпшенню властивостей фарб. У XX ст. було розроблено спеціалізовані фарби для офсетного, глибокого, флексографічного та інших способів друкування. Сучасні друкарські фарби є високотехнологічними матеріалами, які забезпечують високу якість друкування та відповідають вимогам різних технологій і матеріалів.

Із *технічного погляду* **друкарська фарба** – це багатокомпонентна система, призначена для формування видимого зображення, його перенесення із друкарської форми на задруковуваний матеріал і закріплення у вигляді стійкого шару, що володіє певними оптичними та друкарсько-технічними властивостями.

Із *фізико-хімічної погляду* **друкарська фарба** – це гетерогенна дисперсна система (суспензія), у якій тверда фаза (пігменти або барвники) є рівномірно розподіленою в рідкому або в'язкопластичному дисперсійному

середовищі (зв'язувальна речовина (олії, смоли, полімери) із розчинниками та добавками) і яка в процесі друкування та закріплення зазнає фізико-хімічних перетворень, у результаті чого формують адгезійно стійку фарбову плівку на поверхні задрукованого матеріалу.

Якість друкарської фарби визначає насиченість, точність передавання кольору та чіткість зображення на відбитку. Вона впливає на рівномірність фарбового шару та немає дефектів під час друкування. Якісна фарба забезпечує надійну адгезію до задруковуваного матеріалу [10; 13]. Від неї залежить стійкість зображення до стирання, світла та вологи. У результаті якість фарби визначає довговічність, стабільність і економічну ефективність поліграфічної продукції.

Формування фарбової плівки на поверхні задрукованого матеріалу відбувається в такий спосіб (рис. 7.1). Під час друкування фарбу переносять із друкарської форми на поверхню задруковуваного матеріалу у вигляді тонкого суцільного шару товщиною від 2 до 30 мкм, залежно від процесу друкування. Під дією капілярних і поверхневих сил фарба заповнює мікронерівності поверхні матеріалу, формуючи однорідний шар. Далі відбувається закріплення (затвердіння) фабри на поверхні через перебіг фізичних або хімічних процесів. У результаті формують тонку, рівномірну, адгезійно стійку фарбову плівку.

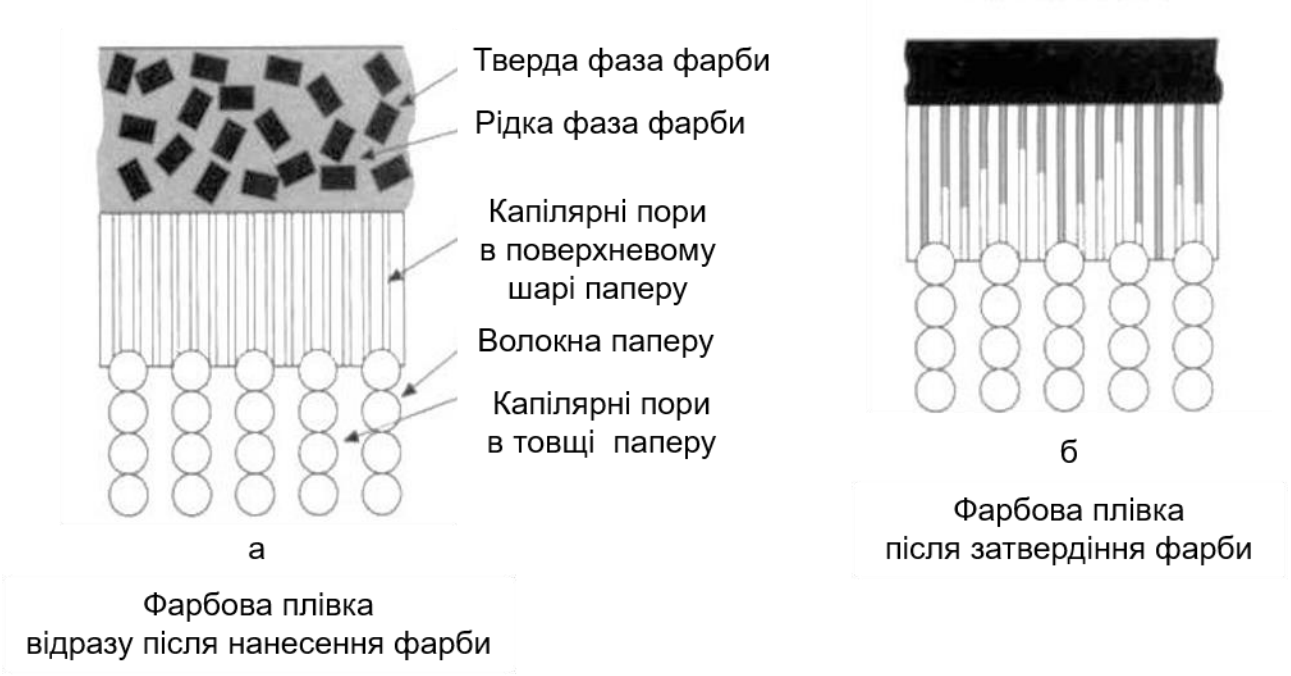


Рис. 7.1. **Принцип формування фарбової плівки**

Сформована фарбова плівка забезпечує потрібні оптичні властивості відбитка (колір, насиченість, блиск) і стійкість зображення під час подальших технологічних операцій та використання друкарської продукції. Барвистий шар не має змазуватися, переходити на декель (гумово-тканинне полотно, яке регулює тиск між циліндрами), перетискуватися на зворотний бік аркушів під час укладання їх у стопу тощо.

Закріплення фарби на відбитку (затвердіння) – це складний фізико-хімічний процес, який займає певний час. У деяких випадках фарбу закріплюють протягом декількох часток секунд, у деяких – потрібно декілька годин. Принципово розрізняють фізичні (поглинання, випаровування) і хімічні (окиснювальну полімеризацію, фотополімеризацію) способи закріплення. Часто застосовують комбінації цих способів. Особливістю всіх є перехід фарби з рідкого стану у твердий. Механізм і швидкість утворення фарбової плівки на відбитку, її структура і міцність залежать від способу друкування, складу фарби, властивостей паперу, товщини шару фарби, температури навколишнього середовища тощо.

Виділяють три основні механізми закріплення фарб на відбитках [10]:

убирання (адсорбцію);

випаровування;

хімічне затвердіння (плівкоутворення).

Закріплення фарби вбиранням (абсорбцією) – це фізичний процес, під час якого рідка фаза фарби (розчинник або рідкі олії) проникає в пори й капіляри задрукованого матеріалу, а тверду фазу (пігмент та смоли) частково вбирає поверхневий шар матеріалу, адсорбує на волокнах і механічно утримує на них. Таке закріплення фарби можливо тільки на поглинальних поверхнях – некрейдованому папері, картоні, дереві, тканині. Фарба на пористому матеріалі може закріплюватися за 5 – 30 с, повне вбирання в товщу паперу відбувається за 1 – 2 хв. Спосіб друкування: газетний офсетний, струменевий, високий (класичний), трафаретний (на тканині).

Закріплення фарби випаровуванням – це фізичний процес, під час якого рідка фаза фарби (розчинник) переходить у газоподібний стан (зазвичай під час сушіння гарячим повітрям), а тверда фаза (пігмент та смоли) залишається на поверхні, утворюючи міцну тверду плівку. Такий спосіб закріплення фарби є універсальним і його можна застосовувати для паперу, полімерних плівок, фольги металу тощо. Швидкість затвердіння фарби під час випаровування є значно повільнішою, ніж

під час вбирання, і значно залежить від типу розчинника. Водні фарби висихають швидше (10 – 30 хв), органічні – повільніше (кілька годин). Спосіб друкування: флексографічний, глибокий (ротогравюра), струменевий, трафаретний (шовкографія).

Хімічне затвердіння фарби (плівкоутворення) – це процес утворення твердої фарбової плівки на поверхні матеріалу через перебіг хімічних реакцій, як-от окиснювальна полімеризація або фотополімеризація, у результаті чого рідка фарба перетворюється на міцне, стійке покриття. Це зумовлено наявністю у її складі реакційно здатних компонентів, які після нанесення шару фарби на поверхню задрукованого матеріалу вступають у реакції полімеризації.

Розрізняють:

окиснювальну полімеризацію – процес, під час якого зв'язувальні речовини фарби (рідкі рослинні олії) взаємодіють із киснем повітря, перетворюючись на тверду полімерну плівку. Найпридатнішим задрукованим матеріалом є папір і картон, які добре пропускають повітря. Процес є тривалим від 2 до 24 год; для прискорення додають спеціальні речовини – сикативи. Спосіб друкування: офсетний;

фотополімеризацію – процес, під час якого фотополімери, що входять до складу фарби, активізуються під дією УФ-випромінювання і запускають реакцію полімеризації, у результаті якої рідка фарба дуже швидко перетворюється на тверду, міцну плівку. Процес відбувається практично миттєво (частки секунди – секунди). Його можна застосовувати для будь-якого задрукованого матеріалу: паперу, скла, пластику, металу, кераміки, дерева. Спосіб друкування: УФ-друк, трафаретний, флексографічний.

7.2. Склад друкарських фарб

Основними компонентами друкарської фарби є такі [10; 13]:

фарбувальні речовини (пігменти або барвники) – 5 – 25 %;

зв'язувальні (сполучні) речовини (олії, смоли) – 15 – 50 %;

розчинники – 15 – 70 %;

допоміжні добавки (адитиви) (розріджувачі, сикативи, пластифікатори, стабілізатори, воски, ПАР тощо) – 5 – 10 %.

У складі друкарських фарб кількість компонентів можуть змінювати, залежно від способу друкування, але можна виділити середньостатистичні

пропорції для найбільш поширених систем. Проте потрібно звертати увагу на такі особливості:

якщо пігменту забагато (більше ніж 30 %), фарба стає занадто густою і починає забивати друкарську форму;

для паперу, що сильно вбирає (пористого паперу), частку розчинників збільшують; для крейдованого – збільшують частку смол для блиску;

в офсетних фарбах розчинників менше, фарба є густішою; у флексографічних і глибоких фарбах більше розчинника, тому вони є рідкішими; в УФ-фарбах розчинників майже немає, замість них – реакційноздатні мономери та олігомери;

у сучасних фарбах мінеральні олії замінюють рослинними (соєвою, ріпаковою), що може дещо змінювати частку адитивів для збереження швидкості сохнення.

7.2.1. Характеристика фарбувальних речовин

Фарбувальна речовина – це компоненти друкарської фарби, які відповідають за її здатність вибірково поглинати та відбивати промені світла, створюючи видиме кольорове зображення. Саме вони визначають колір, насиченість та оптичні властивості відбитка, а також через них можуть змінювати фізико-хімічні властивості фарби [10; 13].

У хімії видавничо-поліграфічних матеріалів фарбувальні речовини розподіляють на дві великі групи, залежно від їхньої розчинності: пігменти та барвники.

Пігменти – це тонкодисперсні тверді речовини, які не розчиняються у воді та зв'язувальній речовині фарби. Частинки пігментів рівномірно розподіляються у зв'язувальній речовині та містяться у фарбі у вигляді завислих частинок (суспензії). Вони забезпечують покривну здатність, інтенсивність кольору, світлостійкість і стійкість до зовнішніх впливів [3; 5].

Пігменти розподіляють на:

неорганічні – це природні або синтетичні сполуки металів (оксиди, солі), які мають високу світлостійкість, термічну стабільність та хімічну інертність. До них належать: сажа (технічний вуглець) – головний чорний пігмент; титан (IV) оксид – найпоширеніші білила, мають високу покривну здатність; металізовані порошки – алюміній (срібний колір) та бронза (золотий колір) тощо;

органічні – це складні карбонові сполуки синтетичного походження. Вони є набагато яскравішими за неорганічні, мають величезну палітру відтінків і високу фарбувальну здатність, проте є менш стійкими до сонячного світла та хімікатів. До них належать: азопігменти (жовті, оранжеві відтінки), фталоціанінові пігменти (блакитні та зелені відтінки), антрахінонові пігменти (червоні, фіолетові, сині відтінки), периленові пігменти (яскраво-червоні, бордові, темно-червоні (вишневі) відтінки), індантронові пігменти (насичені сині, темно-сині, синьо-фіолетові відтінки).

Барвники – це зазвичай органічні синтетичні сполуки, які повністю розчиняються у зв'язувальній речовині фарби, утворюючи однорідні забарвлені розчини. Вони забезпечують прозорість і високу інтенсивність кольору, але мають нижчу світлостійкість, порівняно з пігментами.

Вибір фарбувальної речовини (пігменту або барвника) залежить від вимог щодо насиченості кольору, чіткості зображення, покривної здатності та довговічність відбитка, а також визначають способом друкування і типом задрукованого матеріалу. Проте саме *пігменти становлять основу 95 % усіх сучасних друкарських фарб* (особливо офсетних). Це пояснено тим, що пігменти не розчиняються, мають вищу світлостійкість і стійкість до вологи та хімічних впливів, не мігрують у матеріал і забезпечують стабільний, довговічний колір. Барвники саме є розчинними, менш стійкими й можуть вицвітати або розтікатися. Але їх все ж таки застосовують у флексографічних, глибоких та цифрових фарбах, а також у водорозчинних і спиртових системах [10; 13].

Особливість застосування пігментів як фарбувальних речовин полягає в тому, що під час виготовлення фарби потрібно забезпечити якісне змочування його частинок зв'язувальною речовиною, тобто частинки пігменту мають бути повністю оточеними молекулами зв'язувальною речовиною. Якщо змочування є неякісним, фарба буде розшаровуватися, а пігмент – випадати в осад. Для поліпшення взаємодії додають ПАР (поверхнево-активні речовини), які "містком" з'єднують тверду поверхню пігменту зі зв'язувальною речовиною, наприклад, рідкою олією.

Виділяють також особливу групу фарбувальних речовин, яку називають колірні лаки.

Колірні лаки – це нерозчинні пігменти, створені за допомогою хімічної фіксації розчинних барвників на твердому інертному носії. У процесі їхнього виробництва рідкий барвник осаджується на частинки гідроксидів алюмінію або барію за допомогою спеціальних солей металів.

Така технологія дозволяє перетворити хімічно нестійкий барвник на стабільний порошок, придатний для виготовлення друкарської фарби.

Головною технічною цінністю лаків є їхня виняткова прозорість, що забезпечує ідеальне змішування кольорів під час накладання шарів. Вони забезпечують набагато більш яскраву та соковиту палітру відтінків, ніж стандартні мінеральні чи синтетичні пігменти. Найширше колірні лаки застосовують у виробництві пурпурових та синіх офсетних фарб.

У складі друкарських фарб фарбувальні речовини виконують такі функції:

оптичну – забезпечують візуальне сприйняття кольору, насиченості та яскравості відбитка через вибіркове поглинання світлових хвиль;

інформаційну – формують чітке видиме зображення, точно відтворюючи найдрібніші деталі друкарської форми на матеріалі;

реологічну – впливають на в'язкість, липкість, текучість і розтікання фарби під час друкування;

структурну – дозволяють утворювати прозорі кольори для накладання або зробити повне покриття основи;

захисну – визначають стійкість готового зображення до світла, тепла, вологи та хімічних і механічних впливів;

спеціальні (технічні) – надають електропровідність для друкованої електроніки, магнітні властивості для зчитування кодів на банківських чеках, флуоресцентні властивості для захисту банкнот від підробок.

7.2.2. Характеристика зв'язувальних (сполучних) речовин

Зв'язувальні речовини – це компоненти друкарських фарб, які утримують пігмент або барвник на поверхні матеріалу, утворюють міцну фарбову плівку та забезпечують адгезію, еластичність і стійкість відбитка до стирання, вологи та світла. Вони визначають фізико-механічні властивості фарби та впливають на спосіб і швидкість її висихання [3; 10; 13].

У складі друкарських фарб застосовують натуральні та синтетичні зв'язувальні речовини, які принципово можна розподілити на такі групи:

рослинні олії (лляна, соєва, конопляна, тунгова) – це класична та найбільш екологічна основа для виробництва зв'язувальних речовин. Їхня особливість полягає в здатності перетворюватися з рідкого стану на тверду полімерну плівку під дією кисню повітря через перебіг реакції

окиснювальної полімеризації. Сирі рослинні олії рідко використовують у чистому вигляді. Їх піддають спеціальному обробленню через варіння та полімеризацію для підвищення стійкості та поліпшення технологічних властивостей. Застосовують їх у високому та глибокому друку;

природні смоли (каніфоль, шелак, асфальтит) та **клеї** (тваринний клей, казеїн, гуміарабік) – це історично перші зв'язувальні речовини, які й сьогодні використовують у флексографічних і офсетних фарбах для поліпшення адгезії, еластичності та блиску фарбової плівки. Затвердіння фарби на основі цих речовин на поверхні задрукованого матеріалу відбувається через *випаровування розчинника, убирання в пори матеріалу або часткової полімеризації*;

синтетичні полімери (алкідні смоли, поліакрилати, поліаміди, полівінілацетат, поліуретан, нітроцелюлоза) – це сучасні універсальні зв'язувальні речовини, що дозволяють створювати якісні, міцні й довговічні друкарські фарби з гарними оптичними та фізико-механічними властивостями. Закріплення фарби на поверхні матеріалу відбувається через *випаровування розчинника, убирання в поверхневий шар матеріалу та полімеризації*. Застосовують їх практично в усіх способах друку.

Вибір зв'язувальної речовини залежить від способу друкування, типу задрукованого матеріалу та технологічних умов утворення фарбової плівки (сушіння, УФ-випромінювання тощо). Водночас зв'язувальні речовини мають бути хімічно інертними, прозорими та безбарвними для виготовлення кольорових фарб, а також екологічно чистими.

У складі друкарських фарб зв'язувальні речовини виконують такі функції:

диспергувальну – змочують частинки пігменту та запобігають їхньому злипанню (агрегації);

адгезійну – забезпечують надійне зчеплення фарби з поверхнею задрукованого матеріалу;

захисну – формують покриття, що підвищує стійкість відбитка до стирання, вологи, світла, хімічних речовин і механічних впливів;

технологічну – забезпечують висихання/затвердіння фарби та впливають на швидкість закріплення фарби;

оптичну – впливають на глянець, прозорість або покривну здатність фарбового шару та насиченість кольору.

7.2.3. Характеристика розчинників

Розчинники – це леткі рідкі компоненти фарби, які розчиняють або диспергують зв'язувальні речовини, регулюють в'язкість фарби, її текучість і швидкість висихання. Вони сприяють рівномірному розподілу фарби та перенесенню її на матеріал у процесі друкування. Розчинники зазвичай випаровуються після нанесення фарби, сприяючи утворенню міцної плівки зв'язувального на поверхні задрукованого матеріалу [13].

Основними властивостями розчинників є такі:

леткість – визначає швидкість випаровування (затвердіння) фарби;

розчинювальна здатність – забезпечує однорідність фарби та стабільність системи;

поверхневий натяг – визначає ступінь змочування задрукованого матеріалу та друкарської форми;

гігроскопічність – здатність поглинати вологу з повітря, що призводить до помутніння фарбової плівки та втрати глянцю;

токсичність і *пожежонебезпечність* – важливі з погляду безпеки виробництва, визначають умови зберігання та експлуатації фарби.

У друкарських фарбах розчинники класифікують за типом системи, залежно від того, яка речовина є основним носієм для фарбувальних та зв'язувальних речовин. Тип системи визначає не лише екологічність, а й швидкість друкування та матеріал, на якому можна працювати.

Класифікацію розчинників за типом систем у друкарських фарбах наведено далі.

Водні системи – це системи, у яких основним дисперсійним середовищем є вода. Як співрозчинники часто використовують спирти, гліколі або їхні ефіри для поліпшення розчинення полімерів і стабільності системи. Вони мають низьку токсичність, негорючі та екологічно безпечні, порівняно з органорозчинними системами. Висихання відбувається через випаровування води та подальшого плівкоутворення полімерної зв'язувальної речовини. Добре підходять для друкування на папері, картоні, шпалерах та деяких видах пакувальних матеріалів. Основна сфера застосування – флексографічні, трафаретні та деякі види глибокодрукарських фарб. Недоліками є повільніше висихання, порівняно зі спиртовими системами, і чутливість до умов температури та вологості.

Спиртові системи – це розчинникові системи, у яких основним летким компонентом є низькомолекулярні спирти. Найчастіше застосовують

етанол (C_2H_5OH), ізопропанол ($CH_3CH(OH)CH_3$), н-пропанол (C_3H_7OH), іноді бутанол (C_4H_9OH) у поєднанні з водою або естерами. Їх характеризує швидке випаровування, що забезпечує швидке висихання фарби на відбитку. Такі системи ефективно розчиняють багато полімерних зв'язувальних речовин (нітроцелюлозу, поліаміди, акрилати). Спирти добре змочують поверхню матеріалу та поліпшують перенесення фарби із друкарської форми на задрукований матеріал. Основна сфера застосування – флексографічні та глибокодрукарські фарби, особливо для плівок, фольги та пакувальних матеріалів. Недоліками є висока леткість і пожежонебезпечність, тому потрібно вентиляція та контроль за умовами друкування.

Ефірні системи – це системи, у яких основними розчинниками є прості та складні ефіри органічних кислот і спиртів. Найчастіше використовують етил ацетат ($CH_3COOC_2H_5$), бутил ацетат ($CH_3COOC_4H_9$), ізопропіл ацетат ($CH_3COOCH(CH_3)_2$) та інші леткі ефіри. Їх характеризує висока розчинювальна здатність щодо багатьох смол і полімерних зв'язувальних речовин. Висихання відбувається швидко, завдяки високій леткості ефірів, що забезпечує швидке закріплення фарби. Такі системи широко застосовують у флексографічних і глибокодрукарських фарбах, особливо для пакувальних матеріалів та полімерних плівок. Недоліками є горючість, характерний запах і підвищені вимоги до вентиляції та безпеки виробництва.

Вуглеводневі або *олійні системи* – це системи, у яких як розчинники й середовище використовують мінеральні оливи та вуглеводневі фракції нафтопродуктів. Основними компонентами є аліфатичні й ароматичні вуглеводні, друкарські оливи, а також рослинні олії (лляна, соєва, тунгова). Вони мають порівняно низьку леткість, тому фарби висихають повільніше переважно через окиснювальну полімеризацію та всмоктування в папір. Забезпечують міцне закріплення фарбової плівки та добру стійкість відбитка до механічних впливів. Такі системи є характерними для офсетних друкарських фарб, особливо аркушевого офсетного друку. Недоліками є повільне висихання, можливість пожовтіння та залежність процесу закріплення від умов навколишнього середовища.

Комбіновані системи – це друкарські фарби, у яких використовують суміш різних типів розчинників. Вони поєднують властивості кількох фарбових систем для досягнення оптимальних друкарсько-технічних показників. Закріплення може відбуватися одночасно кількома способами: випаровуванням розчинника, убиранням у матеріал і хімічною поліме-

ризацією. До комбінованих належать фарби водно-спиртових, олійно-смоляних та водно-УФ-систем. Такі системи дозволяють регулювати швидкість висихання, адгезію та реологічні властивості фарби. Їх широко застосовують у флексографії, глибокому та офсетному друці. Недоліком є більш складний склад і потреба в точному підборі компонентів.

Безрозчинникові системи – це друкарські фарби, які не містять летких органічних розчинників. Усі компоненти такої фарби після закріплення повністю переходять у фарбову плівку на матеріалі. Закріплення відбувається через полімеризацію, окиснення або фізичне твердіння. Такі фарби мають дуже високий уміст сухих речовин, майже 100 %. Вони зменшують викиди летких органічних сполук і є більш екологічними. До безрозчинникових належать УФ-фарби, електронно-променеві та пастоподібні офсетні фарби. Недоліками є вища вартість і потреба в спеціальному обладнанні для закріплення.

У складі друкарських фарб розчинники виконують такі функції:

розчинювальну – розчиняють або диспергують зв'язувальну речовину, забезпечуючи однорідність фарби;

стабілізаційну – підтримують рівномірний розподіл пігменту та запобігають його осіданню;

реологічну – забезпечують потрібні в'язкість, текучість і липкість фарби, впливаючи на процес перенесення фарби в друкарській машині, та сприяють рівномірному контакту фарби з поверхнею задрукованого матеріалу;

контроль за швидкістю висихання – визначають, як швидко фарба твердне або випаровується з поверхні задрукованого матеріалу;

допоміжну – впливають на блиск, прозорість та покривну здатність фарбового шару.

7.2.4. Характеристика допоміжних добавок (адитивів)

Допоміжні добавки – це речовини, що додають до складу друкарських фарб у невеликих кількостях для поліпшення технологічних, експлуатаційних та оптичних властивостей фарби. Вони не відіграють основну роль фарбувальної або плівкоутворювальної, але значно впливають на якість відбитка та зручність друкування. Адитиви додають у фарбу ще в процесі її виготовлення, але в деяких випадках їх можуть додавати у вже готовий продукт [10].

Застосовують такі допоміжні добавки у складі друкарських фарб:

сикативи – це добавки, які прискорюють висихання фарби. Вони діють як каталізатори окиснювально-полімеризаційних процесів у зв'язувальній речовині фарби. Найчастіше сикативи містять солі металів (кобальту, марганцю, кальцію), що активізують затвердіння фарбової плівки;

пластифікатори – це добавки, які підвищують еластичність і гнучкість фарбової плівки та запобігають її розтріскуванню після висихання. Вони поліпшують адгезію та довговічність покриття, особливо на гнучких матеріалах. Як пластифікатори застосовують фталати (дибутилфталат, діоктилфталат), фосфати, адипати та сучасні безфталатні сполуки;

регулятори реології – це добавки, які регулюють в'язкість і текучість фарби. Вони забезпечують оптимальний розподіл фарби під час нанесення та запобігають її стіканню. Такі добавки поліпшують стабільність суспензії пігментів і запобігають осіданню.

До них належать:

загусники – речовини, які підвищують в'язкість і знижують текучість фарби (карбоксиметилцелюлоза, гідроксіетилцелюлоза, ксантанова камедь, гуарова камедь, бентонітові глини, аеросил (кремнезем), акрилові та поліуретанові загусники);

розріджувачі – речовини, які знижують в'язкість і підвищують текучість фарби (вайт-спірит, терпентин, ацетон, толуол, ксилол, етиловий спирт, ізопропіловий спирт);

антиоксиданти (антиокислювачі) – це добавки, які запобігають окисненню зв'язувальних речовин під час зберігання й експлуатації фарби. Вони продовжують строк служби фарби та зберігають її колір і властивості. Антиоксиданти можуть бути натуральними (токофероли) або синтетичними (бутилований гідроксианізол, бутилований гідрокситолуол). Їх використання є особливо важливим для фарб на основі олійних і полімерних зв'язувальних речовин;

стабілізатори – це добавки, які запобігають хімічним і фізичним змінам складу фарб під час зберігання й експлуатації. Вони захищають фарбу від розшарування, утворення осаду, зміни кольору та руйнування під дією світла, кисню або тепла. Прикладами стабілізаторів є ультрафіолетові поглиначі (UV-стабілізатори), фосфати металів і барвні ад'юванти;

антипінні речовини – це добавки, які запобігають утворенню піни під час перемішування, нанесення або висихання фарби. Вони забезпечують рівномірне нанесення фарби та зменшують дефекти покриття,

пов'язані з бульбашками повітря. Антипінними речовинами є силіконові олії, поліакрилати, поліефірні сполуки та деякі спиртові розчини;

антиадгезійні добавки – це речовини, що знижують прилипання фарби до інструментів, друкарських форм або поверхонь під час виробництва та нанесення. Вони запобігають злипанню шарів фарби й полегшують відділення готових виробів. Прикладами антиадгезійних добавок є силіконові олії, воски, фторвмісні сполуки та парафіни;

воски – це сполуки, які застосовують у фарбах як добавки для поліпшення поверхневих властивостей покриття. Вони підвищують водовідштовхувальні властивості, блиск і зносостійкість фарбової плівки. У складі фарб використовують натуральні воски (карнаубський, канделільський, бджолиний) та синтетичні (поліетиленові, поліпропіленові). Воски також виконують функцію антиадгезійних та антипінних агентів;

поверхнево-активні речовини (ПАР) – це компоненти фарб, які знижують поверхневий натяг рідини і поліпшують змочування поверхні. Вони забезпечують рівномірний розподіл фарби, стабілізацію дисперсії пігментів і запобігають утворенню пінних бульбашок. ПАР можуть бути іонними (катіонні, аніонні) або неіонними, залежно від хімічної природи. Використання ПАР підвищує адгезію, однорідність покриття та якість фарбового шару;

фотоініціатори – це добавки до фоточутливих фарб, які під дією ультрафіолетового або видимого світла ініціюють полімеризацію зв'язувальної речовини. Вони забезпечують швидке твердіння покриття без нагрівання. Фотоініціаторами є бензоїлбензоат, ацетофенон, кетони та бензофенони;

наповнювачі – це інертні тверді речовини, які додають для регулювання густини, об'єму та механічних властивостей покриття. Вони підвищують покривність, знижують витрату дорогих пігментів і поліпшують адгезію до поверхні. До наповнювачів належать тальк, каолін, крейда, слюда, барит та кварцовий пісок. Використання наповнювачів робить фарбу більш економічною і поліпшує її фізико-механічні властивості.

7.3. Класифікація друкарських фарб

Класифікацію друкарських фарб використовують для правильного вибору фарби, відповідно до технології друкування, задрукованого матеріалу та вимог до якості відбитка.

В основі класифікації лежить системний розподіл фарб на групи за певними ознаками:

складом;

механізмом закріплення;

оптичними властивостями;

призначенням;

способом друкування.

7.3.1. Класифікація друкарських фарб за складом

Класифікація друкарських фарб за складом – це розподіл фарб на групи за їхніми основними компонентами: барвними та зв'язувальними речовинами, розчинниками й допоміжними добавками для правильного вибору і застосування в різних типах друкування.

За **типом фарбувальних речовини** фарби розподіляють на [13]:

пігментні фарби містять нерозчинні частинки – пігменти, які рівномірно розподілено у зв'язувальній речовині. Їх характеризують висока світлостійкість, добра покривна здатність та стійкість до води й хімічних впливів. Такі фарби утворюють непрозорий шар і забезпечують довговічність відбитка. Пігментні фарби є менш яскравими, ніж барвникові, але значно стійкішими до вицвітання та стирання. Найчастіше їх застосовують в офсетному, флексографічному, глибокому та трафаретному друці;

барвникові фарби містять розчинні органічні барвники, які повністю розчинено у зв'язувальній речовині або розчиннику. Вони відзначаються високою яскравістю, чистотою та насиченістю кольорів і утворюють прозорий шар. Такі фарби добре проникають у матеріал, але мають нижчу світлостійкість і стійкість до води та стирання, ніж пігментні. Найчастіше їх використовують у струминному друці та деяких видах флексографічного і глибокого друку;

лакові фарби – це прозорі фарби, які не містять барвних речовин і утворюють безбарвну плівку. Їх використовують для захисту відбитка від стирання, вологи та механічних пошкоджень. Лакові фарби можуть надавати поверхні глянцевий або матовий ефект і поліпшують зовнішній вигляд продукції. Застосовують їх у поліграфії для суцільного або вибіркового лакування друкованих виробів;

металізовані фарби містять металеві пігменти (алюмінієві або бронзові порошки). Вони створюють характерний металевий блиск і мають високу декоративність та добру покривну здатність. Такі фарби потребують ретельного перемішування і стабілізації, оскільки металеві частинки можуть осідати. Застосовують їх для друкування етикеток, опакування, декоративної та захисної поліграфічної продукції;

флуоресцентні фарби містять спеціальні пігменти, що світяться під ультрафіолетовим світлом. Наприклад, до таких пігментів належать рутинові (жовтий відтінок), рохамінові (червоний відтінок), флуоресцентний зелений та помаранчевий пігменти. Вони дають яскраві, насичені кольори та привертають увагу, завдяки світінню. Такі фарби є менш стійкими до світла та води, порівняно з пігментними, і їх використовують у рекламі, маркуванні та спеціальній поліграфії;

спеціальні фарби – це фарби з особливими властивостями, які виходять за межі звичайного забарвлення. Їх використовують для створення декоративних ефектів або виконання спеціальних технологічних функцій. До них належать термохромні, фотохромні, магнітні, електропровідні та ароматизовані фарби. Термохромні змінюють колір під дією температури, а фотохромні реагують на ультрафіолетове світло. Магнітні фарби містять магнітні частинки, їх застосовують для захисного друкування та банківських технологій, а електропровідні – провідні пігменти для друкування електронних схем. Ароматизовані фарби виділяють запах під час тертя або нагрівання, їх застосовують у флексографії, офсетному та трафаретному друці. До складу цих фарб входять такі спеціальні добавки: стабілізатори, пластифікатори, антипінні речовини й ароматичні компоненти, що підвищують їхню ефективність і довговічність.

За **типом зв'язувальних речовин** розрізняють такі фарби [13]:

олійні фарби містять натуральні або мінеральні (продукти перероблення нафти) олії як зв'язувальну речовину. Вони повільно висихають, утворюючи еластичну та міцну плівку на поверхні. Фарби мають гарну покривну здатність і насичений, глибокий колір. Вони є стійкими до стирання та забезпечують довговічність відбитка. Найчастіше їх застосовують в офсетному, високому та художньому друці;

смолисті фарби містять натуральні або модифіковані смоли (каніфоль, алкідні або фенольні смоли) як зв'язувальну речовину. Вони є прозорими або напівпрозорими та утворюють захисну плівку на поверхні.

Смолисті фарби надають відбитку глянцевий або матовий ефект і поліпшують декоративність продукції. Вони захищають від стирання, вологи та механічних пошкоджень. Застосовують їх для покривного і вибіркового лакування, декоративного та спеціального друкування, переважно в офсетному, флексографічному та трафаретному друці;

полімерні (синтетичні) фарби містять синтетичні смоли (акрилові, поліуретанові, епоксидні або вінілові) як зв'язувальну речовину. Вони швидко висихають і утворюють міцну, еластичну й стійку до води та стирання плівку. Фарби забезпечують рівномірне покриття, насичені кольори та гарну адгезію до різних матеріалів. Вони є стійкими до хімічних і температурних впливів, а також добре передають деталі зображення. Застосовують їх в офсетному, флексографічному, трафаретному друці та пакувальній продукції;

водно-дисперсійні фарби містять водні дисперсії акрилових, латексних або вінілових полімерів як зв'язувальну речовину. Вони є екологічними, малотоксичними та швидко висихають, утворюючи еластичну та стійку плівку. Фарби добре адгезують до паперу, картону та деяких полімерних поверхонь і забезпечують рівномірне покриття. Застосовують їх у флексографії, струминному друці та пакувальній продукції;

УФ-отверджувані фарби (УФ-фарби) містять олігомери та мономери, які полімеризуються під дією ультрафіолетового світла. Вони миттєво закріплюються, утворюючи тверду та стійку плівку без летких розчинників. Фарби є стійкими до механічних, хімічних і світлових впливів та добре адгезують до різних матеріалів. Застосовують їх в офсетному, флексографічному, цифровому друці та пакувальній продукції.

За **типом розчинника** фарби розподіляють на [13]:

водні фарби містять воду або водні дисперсії як розчинник. Вони є екологічними, малотоксичними та швидко висихають, утворюючи стійку плівку. Такі фарби добре адгезують до паперу, картону та деяких полімерних поверхонь. Вони утворюють рівномірний колірний шар і їх легко наносять під час друкування. Найчастіше застосовують їх у флексографії, струминному друці та деяких видах офсетного друку;

спиртові фарби містять етиловий або ізопропіловий спирт як розчинники. Вони швидко висихають і забезпечують добру адгезію до полімерних плівок та інших гладких поверхонь. Фарби дають яскраві та насичені кольори, що добре виявляють на матеріалі. Їх легко наносять і утворюють рівномірний колірний шар. Найчастіше їх застосовують у флексографії, етикетуванні та друкуванні на плівках;

ефірні або *кетонові фарби* містять органічні ефіри або кетони (наприклад, ацетон ($CH_3(O)CH_3$)) як розчинник. Вони дуже швидко висихають, що дозволяє високошвидкісне друкування без розтікання фарби. Фарби утворюють рівномірний колірний шар і добре передають деталі зображення. Вони забезпечують яскраві кольори й гарну адгезію до гладких поверхонь. Застосовують їх переважно у швидкісному друкуванні та для спеціальних декоративних ефектів у флексографії, шовкографії та спеціальному офсетному друці;

вуглеводневі фарби містять нафтові розчинники, терпентин або мінеральні олії. Вони повільно висихають, утворюючи еластичну та міцну плівку. Фарби мають гарну покривну здатність і насичений колір. Вони є стійкими до стирання та забезпечують довговічність відбитка. Найчастіше їх застосовують в офсетному, високому та художньому друку;

комбіновані (гібридні) фарби містять суміш різних типів розчинників. Вони поєднують властивості різних систем, забезпечуючи оптимальне висихання та добру адгезію до поверхні. Фарби утворюють рівномірний колірний шар і добре передають деталі зображення. Найчастіше їх застосовують у флексографії, офсетному та трафаретному друці, а також у спеціальному пакувальному друці.

7.3.2. Класифікація друкарських фарб за механізмом закріплення

Основою класифікації друкарських фарб за механізмом закріплення є розподіл фарб, залежно від способу, яким вони висихають або тверднуть після нанесення на поверхню задрукованого матеріалу [3; 13].

Основні групи наведено в табл. 7.1.

Таблиця 7.1

Класифікація друкарських фарб за механізмом закріплення

Механізми закріплення	Основні властивості	Приклади фарб	Застосування (способи друкування)
1	2	3	4
Фарби фізичного висихання (випарування розчинника)	Швидке або середнє висихання; утворюють еластичну плівку	Водні, спиртові, ефірні, комбіновані	Флексографічний, струминний, офсетний, трафаретний

Закінчення табл. 7.1

1	2	3	4
Фарби фізичного висихання (убирання в пористу поверхню)	Швидке висихання, але повільніше, ніж під час випаровування; утворюють стійкий відбиток без поверхневої плівки	Барвникові й пігментні на водній основі	Офсетний, високий, флексографічний на пористих матеріалах
Фарби хімічного висихання (реакція окиснювальної полімеризації)	Повільне висихання; утворюють міцну та стійку плівку	Олійні, полімерні, лакові	Офсетний, високий, трафаретний, художній
Фарби фотохімічного висихання (УФ-отвердження)	Миттєве висихання; утворюють тверду, стійку плівку; висока адгезія; без летких розчинників	УФ-отверджувані	Офсетний, флексографічний, цифровий, пакувальна продукція

7.3.3. Класифікація друкарських фарб за оптичними властивостями

Класифікація за оптичними властивостями є критично важливою для дизайну та стадії переддрукарської підготовки, оскільки вона визначає, як людське око буде сприймати колір, як кольори будуть змішуватися між собою та чи зможе фарба перекрити колір самого матеріалу. Згідно із цим, фарби класифікують за різними ознаками [10; 13].

За **кольором** фарби розподіляють на:

чорні – це фарби, які дають насичений темний колір і створюють контраст на відбитку. Використовують їх для підкреслення деталей та тіней у зображенні. Приклади: чорні пігментні та барвникові фарби;

білі – це фарби, які світліють відбиток і можуть слугувати підкладкою під прозорі або напівпрозорі фарби. Використовують їх для освітлення кольорів і підвищення їхньої яскравості. Приклади: білі пігментні та лакові фарби;

тріадні – це фарби, які ґрунтуються на трьох основних кольорах, що утворюють кольорову тріаду: червоному, жовтому і синьому. Вони

дозволяють змішуванням утворювати всі інші кольори спектра. Використовують їх для повнокольорового друку, художніх робіт і дизайну. Приклади: базові пігментні фарби для змішування в поліграфії та художньому друці;

нетріадні – це фарби, які не входять до основної кольорової тріади; їх утворюють змішуванням або спеціальним виготовленням. Їх використовують для розширення колірної гами, створення додаткових відтінків, а також у повнокольоровому друці, художньому оформленні та декоративній поліграфії. Приклади: помаранчеві, зелені, фіолетові, металізовані та флуоресцентні фарби.

За **ступенем прозорості (покривної здатності)** розрізняють такі фарби:

непрозорі (опакові) – це фарби, які містять нерозчинні пігменти та повністю закривають поверхню задрукованого матеріалу (підкладку). Вони дають насичений і рівномірний колір. Приклади: пігментні та металізовані фарби;

напівпрозорі (напівопакові) – це фарби, які частково пропускають світло, дозволяючи побачити текстуру матеріалу. Використовують їх для м'яких градієнтів і декоративних ефектів. Приклади: деякі барвникові та лакові фарби;

прозорі – це фарби, які повністю пропускають світло і не закривають підкладку. Використовують їх для створення декоративного блиску або тонких кольорових ефектів. Приклади: лакові (безпігментні) фарби та деякі барвникові.

За **характером відбиття світла (наявністю спеціальних ефектів)** фарби бувають:

металізовані – це фарби, які містять металеві пігменти, наприклад алюміній або бронзу, що відбивають світло. Вони створюють декоративний металевий блиск і привабливий візуальний ефект. Використовують їх для етикеток, опакування та дизайнерського друку. Такі фарби добре підкреслюють контраст і надають виробу преміального вигляду;

флуоресцентні – це фарби, які поглинають ультрафіолетове світло і випромінюють видиме світло, завдяки чому фарби світяться. Вони є яскравими, помітними та привертають увагу. Застосовують їх у рекламі, маркуванні та спеціальній поліграфії. Найбільш ефективними вони є для привернення уваги або сигнальних елементів;

люмінесцентні (фосфоресцентні) – це фарби, які містять спеціальні пігменти, які накопичують світло і поступово випромінюють його в темряві. Вони дозволяють створювати світні ефекти після короткочасного освітлення. Фарби є яскравими, помітними та використовують їх для декоративного друку, сигналізації й безпечного маркування. Найчастіше їх застосовують у рекламі, опакованні та спеціальній поліграфії, де потрібен ефект "світіння в темряві";

перламутрові – це фарби, які містять мікрочастинки, що переливаються, створюючи ефект перламутру. Відбиток набуває глибини та декоративної складності. Використовують їх у пакувальній продукції, подарункових виданнях та дизайнерському друку. Вони дають ефект легкого переливання під час зміни кута освітлення;

фотохромні – це фарби, яка змінюють колір під впливом світла. Вони створюють спеціальні декоративні та сигнальні ефекти. Використовують їх у безпечному маркуванні, опакованні та рекламі. Такі фарби роблять продукцію інтерактивною і привабливою для споживача.

За **ступенем глянцю** друкарських фарб розподіляють на:

глянцеві фарби, що утворюють гладку поверхню із сильним відбиттям світла і виявленим блиском. Глянець забезпечують смоли та спеціальні глянцювальні добавки, які вирівнюють поверхню плівки й підсилюють відбиття світла. Вони підвищують насиченість кольорів, роблять зображення більш яскравим і контрастним. Використовують їх у рекламній, пакувальній та журнальній поліграфії;

напівглянцеві фарби, що утворюють порівняно гладку поверхню з помірним відбиттям світла і м'яким блиском. Напівглянець забезпечують смоли й регулювальні добавки, які частково вирівнюють поверхню плівки та пом'якшують відбиття світла. Вони дають збалансовану насиченість кольорів без сильних відблисків і поліпшують читабельність зображення. Використовують їх у книжковій, етикетковій та універсальній поліграфії;

матові фарби, що утворюють шорстку або бархатисту поверхню з мінімальним відбиттям світла і без блиску. Матовість забезпечують матувальні добавки, які створюють мікронерівності плівки та розсіюють світло. Вони зменшують відблиски, поліпшують читабельність тексту і надають відбитку спокійного вигляду. Використовують їх у книжковій, навчальній та художній поліграфії.

7.3.4. Класифікація друкарських фарб за призначенням

Класифікація друкарських фарб за призначенням передбачає їхній розподіл на групи, залежно від виду друкарського виробу, для яких їх призначено, наприклад: книжково-журнальні, повнокольорові, пакувальні, етикеткові або спеціальні для декоративних чи функціональних ефектів [10; 13]. Згідно із цією класифікацією, загальну характеристику різних видів фарб наведено в табл. 7.2.

Таблиця 7.2

Класифікація друкарських фарб за призначенням

Призначення фарб	Основні властивості	Приклади фарб	Застосування (способи друкування)
1	2	3	4
Текстові (книжково-журнальні)	Чіткість штрихів, добра читабельність, рівномірне покриття, швидке закріплення	Пігментні олійні, водно-дисперсійні, УФ-фарби	Офсетний, високий, цифровий
Ілюстраційні (повнокольорові)	Точне передавання кольору, плавні півтони, яскравість, широка кольорова гама	Тріадні (пігментні), УФ-фарби, барвникові або пігментні чорнила	Офсетний, глибокий, цифровий
Газетні фарби	Легка в'язкість, швидке висихання, економічність, достатня покриваність	Олійні, водні	Офсетний, високий
Пакувальні	Стійкість до стирання, вологи, світла, добра адгезія, міцність	Водні, спиртові, сольвентні (на основі органічних розчинників), полімерні, УФ-фарби	Флексографічний, глибокий, офсетний

Закінчення табл. 7.2

1	2	3	4
Етикеткові	Яскравість, декоративність, зносостійкість, гарна адгезія	УФ-фарби, металізовані, перламутрові, полімерні	Флексографічний, трафаретний, офсетний
Спеціальні	Світіння, блиск, зміна кольору, спеціальні та захисні ефекти, висока стійкість	Флуоресцентні, люмінесцентні, металізовані, перламутрові, фотохромні, магнітні, електропровідні, УФ-фарби	Трафаретний, флексографічний, офсетний, спеціальні технології

7.4. Види друкарських фарб, залежно від способу друкування, та вимоги до них

Друкарські фарби класифікують не лише за складом, кольором чи призначенням, але й за способом друкування, оскільки різні технології накладання фарби зумовлюють специфічні вимоги до її властивостей. Знання взаємозв'язку між видом фарби та способом друкування дозволяє забезпечити якісний відбиток і ефективне виробництво поліграфічної продукції.

Залежно від способу друкування, розрізняють такі фарби для:

офсетного;

високого;

флексографічного;

глибокого;

трафаретного;

цифрового друку.

Ці друкарські фарби відрізняються одна від одної, насамперед в'язкістю, липкістю, водостійкістю, швидкістю і характером закріплення на матеріалі, що задруковують, стійкості й сумісності з матеріалом. Є й універсальні фарби, придатні для різних видів друку.

Загальну характеристику кожного виду фарб наведено далі [10; 13].

Фарби для офсетного друку застосовують для друкування на папері, картоні та деяких плівках і є основними в книжковому, журнальному та рекламному друці. Основними компонентами фарб є пігменти (органічні й неорганічні), зв'язувальні речовини, розчинники та допоміжні добавки для регулювання реологічних властивостей. Пігменти забезпечують колір, насиченість і світлостійкість відбитка, а їхнє рівномірне диспергування є критичним для однорідності фарбового шару. Зв'язувальні речовини складаються із твердих смол, оліфи або модифікованих полімерних смол, які утворюють міцну плівку після висихання. Тверді смоли забезпечують стійкість фарби до стирання, а оліфа підвищує рівномірність нанесення і знижує структурування пігментів. Для підтримання стабільності та плинності додають розчинники й реологічні добавки, як-от парафін або каолін.

В'язкість офсетних фарб становить 5 – 15 Па · с, що дозволяє точне передавання фарби з офсетної форми на гумовий циліндр і далі на поверхню. Фарби висихають через убирання частини компонентів папером і часткової полімеризації на поверхні, що забезпечує стійкість відбитка. Важливими властивостями є еластичність, оптимальна плинність та здатність відтворювати точні півтони.

Офсетні фарби мусять мати стабільність кольору, гарну адгезію до паперу, низьку схильність до висихання на формі та взаємодію зі змочувальною рідиною. Вони можуть бути традиційними олійними або УФ-отверджуваними для підвищення швидкості друкування. Завдяки цим властивостям офсетні фарби забезпечують високу якість друкування, точне передавання графічних деталей та довговічність відбитків.

Фарби для високого друку застосовують на ротаційних і листових високодрукарських машинах, переважно для газет, рекламних листівок, етикеток та пакувальної продукції. Основними компонентами є пігменти (органічні, неорганічні й іноді металізовані), оліфні або алкідні зв'язувальні речовини та спеціальні розчинники, що забезпечують товстий шар нанесення. До складу входять також структурувальні добавки, як-от парафіни або високодисперсні наповнювачі (каолін, глинозем), які підтримують однорідність фарбової маси та запобігають розтіканню на формі. Пігменти забезпечують насиченість кольору, покриваність і контрастність, а правильне їхнє диспергування впливає на чіткість штрихів. Зв'язувальні речовини відіграють роль плівкоутворювача та стабілізатора

суспензії, а алкідні смоли додатково підвищують еластичність фарби та здатність до окиснювальної полімеризації. Розчинники регулюють в'язкість фарби, полегшують її нанесення на форму та забезпечують рівномірне перенесення на підкладку.

В'язкість фарб для високого друку є значно вищою, ніж для офсету, і становить 50 – 150 Па · с, що дозволяє наносити товстий шар і досягати яскравого насиченого відбитка. Висихання відбувається двома способами: спочатку через убирання частини компонентів папером, а потім через окиснювальну полімеризацію смол. Вимоги до таких фарб охоплюють гарну адгезію до паперу, стабільність кольору, еластичність плівки та стійкість до стирання під час друкування і подальшого використання продукції.

Допустима структура частинок фарби має забезпечувати точне передавання графічних деталей без розтікання та замилювання контурів. Важливою вимогою є здатність фарби до перенесення на рельєфну форму й утворення товстого шару без прилипання до валів. Фарби для високого друку є більш економічними через нижчу концентрацію пігментів на одиницю маси, але забезпечують високий контраст і чіткість відбитка.

Фарби для флексографічного друку застосовують для друкування на папері, картоні, плівках, полімерних матеріалах та гнучкому опакованні. Основними компонентами є пігменти (органічні, неорганічні та іноді металізовані), полімерні або алкідні зв'язувальні речовини, органічні розчинники або вода, а також допоміжні добавки для регулювання реології й адгезії. Пігменти забезпечують насиченість кольору, покриваність і стабільність під час довготривалого друкування. Зв'язувальні речовини утворюють плівку на поверхні підкладки, забезпечують еластичність фарби та міцність відбитка.

Для регулювання плинності й запобігання розтікання використовують реологічні добавки, як-от парафіни, віск або високодисперсні наповнювачі (каолін, глинозем, титанові біліла). В'язкість флексографічних фарб зазвичай є нижчою, ніж у високодрукарських, і становить 20 – 50 Па · с, що дозволяє рівномірно передавати фарбу з еластичної друкарської форми на підкладку. Фарби швидко висихають через випаровування розчинника або води, а також частково полімеризуються на поверхні для підвищення стійкості відбитка.

Вимоги до флексографічних фарб охоплюють високу адгезію до різних підкладок, еластичність плівки, стабільність кольору та швидке висихання. Фарби мають зберігати однорідність під час тривалого друкування та не забивати еластичні форми. Важливою властивістю є стійкість до стирання, вологи та зовнішніх впливів, особливо для пакувальної продукції. Фарби для флексографії також мають забезпечувати точне накладання півтонів та гарну передбачуваність перенесення кольору.

Ці фарби широко застосовують для друкування етикеток, опакування харчових продуктів, промислових матеріалів і рекламної продукції, де важливо висока швидкість виробництва і стійкість відбитка. Сучасні флексографічні фарби можуть бути водними, сольвентними або УФ-отверджуваними, залежно від типу підкладки та технології друкування.

Фарби для глибокого друку застосовують у поліграфії для відтворення високоякісних повнокольорових зображень на папері, картоні та пакувальних матеріалах, а також у промисловому пакуванні й опакованні продуктів харчування. Основними компонентами є високоякісні органічні та неорганічні пігменти, спеціальні зв'язувальні речовини (олійні, алкідні або полімерні смоли) і розчинники, які регулюють в'язкість фарби. Пігменти забезпечують насиченість кольору, покриваність і точне передавання півтонів, а їхнє правильне диспергування визначає однорідність фарбового шару та те, що немає замилювання деталей. Зв'язувальні речовини утворюють міцну плівку на поверхні, забезпечують еластичність і стійкість відбитка до стирання, а також впливають на плинність фарби. Розчинники й реологічні добавки забезпечують оптимальну в'язкість, полегшують перенесення фарби із кліше на підкладку та запобігають нерівномірності шару. В'язкість фарб для глибокого друку зазвичай становить 10 – 25 Па · с, що дозволяє тонко відтворювати півтони та дрібні деталі.

Фарби висихають через випаровування розчинника і часткової полімеризації, що забезпечує стійкість кольору та довговічність відбитка. Основні вимоги до фарб охоплюють стабільність кольору під час тривалого друкування, гарну адгезію до підкладки, швидке висихання та стійкість до стирання. Важливою властивістю є здатність точно відтворювати півтони, градієнти та дрібні графічні деталі. Фарби мають витримувати високі швидкості друкування і не змінювати реологічних властивостей під час тривалого циклу.

Глибокодрукарські фарби широко застосовують у друкуванні опакування для харчових продуктів, етикеток, журнальної продукції та декоративних видань. У сучасній поліграфії використовують як традиційні олійні або алкідні фарби, так і УФ-отверджувані модифікації для швидкого закріплення та підвищеної стійкості.

Фарби для трафаретного (шовкотрафаретного) друку застосовують на папері, картоні, текстилі, пластику, металі, склі та інших поверхнях, а також для декоративних і спеціальних ефектів. Їхній склад містить пігменти (органічні, металеві або перламутрові), спеціальні полімерні смоли та гелі, а також розчинники або водні системи для забезпечення оптимальної плинності. Часто до складу додають наповнювачі та загущувачі, які дозволяють фарбі утримувати форму під час проходження через трафарет і запобігають розтіканню. Пігменти забезпечують яскравий колір і стійкість до світла, а полімерні смоли утворюють еластичну й міцну плівку на поверхні. Розчинники або водні системи регулюють плинність і швидкість висихання, а допоміжні добавки, як-от віск чи парафін, підвищують стабільність суспензії та поліпшують перенесення фарби. Їх відрізняють висока в'язкість – 50 – 200 Па · с – і здатність бути нанесеними товстим шаром на різні матеріали, що дозволяє створювати рельєфні та насичені відбитки.

Фарби висихають через випаровування розчинника або полімеризацію (для УФ-варіантів), забезпечуючи міцність і стійкість покриття.

Основні вимоги до фарб охоплюють гарну адгезію до різних підкладок, еластичність плівки, стійкість до стирання та здатність створювати рівномірний шар навіть на нерівних поверхнях. Трафаретні фарби широко застосовують для декоративного друку, опакування, етикеток, промислових виробів і текстилю. Вони дозволяють утворювати насичені кольори, спеціальні ефекти, як-от металевий блиск або флуоресценція, і витримують багаторазові проходи через форму без зміни властивостей.

Фарби для цифрового друку застосовують на папері, картоні, плівках, текстилі та інших матеріалах за допомогою струменевих або лазерних технологій. Вони суттєво відрізняються від традиційних поліграфічних фарб і містять дрібнодисперсні барвники або пігменти, суспендовані в дисперсній основі – водній, сольвентній або УФ-чутливій.

У струменевому друку використовують *рідкі цифрові фарби*, які можуть бути барвниковими або пігментними. Фарба міститься в резервуарі принтера і через мікроскопічні форсунки розпилюється на підкладку

у вигляді крапель точної величини. Барвникові чорнила швидко проникають у папір і дають яскраві насичені кольори, тоді як пігментні – утворюють більш стійку і водовідштовхувальну плівку на поверхні. Важливою властивістю фарб є низька в'язкість (2 – 20 Па · с) для легкого проходження через форсунки та точного позиціонування крапель.

У лазерному друку використовують *тонер* – порошкоподібну фарбу на основі пластикових смол та пігментів. Друкування відбувається за принципом електростатичного заряду: лазер "малює" електростатичний образ на світлочутливому барабані, до якого прилипають частинки тонера. Потім тонер переносять на папір і закріплюють термічним запіканням, утворюючи міцний і стійкий відбиток. Основні вимоги до тонера – точність перенесення, рівномірність частинок та здатність повільно плавитися під дією нагрівання. Тонер може становити небезпеку під час інгаляції дрібнодисперсного порошку, а під час нагрівання деякі компоненти виділяють леткі органічні сполуки, тому важливою є вентиляція та уникання контакту зі шкірою та очима.

Загальні вимоги до цифрових фарб і тонера охоплюють стабільність кольору, точне передавання деталей, швидке висихання та сумісність із різними підкладками. Вони мають витримувати багаторазові проходи через друкарське обладнання без зміни властивостей.

Цифрові фарби й тонери широко застосовують для рекламних матеріалів, персоналізованих видань, опакування, етикеток і малих тиражів, де важливою є швидкість і гнучкість виробництва. Вони забезпечують насичені кольори, точне відтворення графічних деталей і довговічність відбитків, а УФ-варіанти додатково дозволяють друкувати на непористих матеріалах.

Рекомендована література: [3; 5; 10; 13].

Питання для самопідготовки

1. Технологія виготовлення друкарських фарб.
2. Головні властивості друкарських фарб (оптичні, реологічні, друкарсько-технічні).
3. Сучасні фотополімерні й УФ-фарби.
4. Міжнародні стандарти та сертифікації фарб.

Запитання для самодіагностики

1. Що становить друкарська фарба з фізико-хімічного погляду?

2. Опишіть механізми закріплення фарби на поверхні задрукованого матеріалу.

3. У чому полягає різниця між пігментами й барвниками у складі друкарських фарб?

4. Яку функцію виконують зв'язувальні речовини у складі друкарських фарб?

5. Для чого застосовують розчинники під час виготовлення друкарських фарб?

6. Які допоміжні добавки додають до складу друкарських фарб? Які функції вони виконують?

7. За якими ознаками класифікують друкарські фарби?

8. Охарактеризуйте фарби для високого і трафаретного друку.

9. Визначте основні особливості фарб для глибокого друку.

10. Дайте характеристику офсетних фарб.

11. Назвіть основні властивості трафаретних фарб.

12. У чому полягає особливість фарб для цифрового друку?

8. Палітурні матеріали

Мета теми полягає у формуванні системних знань складу, властивостей, класифікації та фізико-хімічних особливостей палітурних матеріалів для забезпечення їхньої функціональності й адгезійної сумісності під час виготовлення та експлуатації друкованої продукції.

Професійні компетентності: здатність обґрунтовано добирати палітурні матеріали, з огляду на вимоги до якості й довговічності виробів; оцінювати сумісність матеріалів, прогнозувати їхню поведінку в процесі виготовлення й експлуатації та забезпечувати стабільність технологічного процесу.

Основні питання:

8.1. Палітурний картон.

8.2. Покривні палітурні матеріали.

8.3. Матеріали для скріплення та зміцнення книжкового блока.

8.4. Поліграфічні клеї.

Ключові слова: палітурні матеріали, обкладинкові матеріали, картон, технічні тканини, бумвініл, коленкор, лідерин, синтетичні матеріали, палітурний картон, форзац, каптал, марля, адгезія, когезія, механічна міцність, вологостійкість, зносостійкість, тиснення фольгою, ламінування, полівінілхлоридне покриття, хімічна сумісність, довговічність видань.

8.1. Палітурний картон

Слово "картон" має італійське походження й означає "твердий".

Згідно з наявними стандартами, у загальному розумінні термін "папір" може бути застосованим також для поняття "картон". Відмінність між папером і картоном ґрунтується на оцінюванні їхньої товщини або маси площі одного квадратного метра, а, в деяких випадках, також їхньому призначенні.

Отже, *маса паперу площею 1 м^2 становить зазвичай 30 – 250 г, картону – більше ніж 250 г. Товщина паперу дорівнює приблизно від 30 до 300 мкм, картону – 0,5 – 3,0 мм.* Хоча на практиці буває папір підвищеної міцності й товщини та тонкий картон.

Отже, цей розподіл є умовним.

Палітурний картон – це багатошаровий листовий матеріал підвищеної щільності та жорсткості, який застосовують у виготовленні книжкових палітурок, обкладинок, папок, футлярів та іншої поліграфічної продукції. Він забезпечує механічну міцність виробу, збереження форми та довговічність друкованої продукції [11; 13].

Основною сировиною для виробництва палітурного картону є макулатурні волокна, деревна маса, напівцелюлоза, а також допоміжні речовини – клеї, наповнювачі, проклеювальні та зміцнювальні добавки. Використання суміші деревної маси та макулатури робить матеріал екологічним та порівняно дешевим. Для підвищення міцності можуть додавати довговолокнисті целюлозні волокна.

Картон зазвичай має багатошарову структуру (3 – 6 шарів), що забезпечує жорсткість та міцність матеріалу за відносної легкості. Кожний шар виготовляють із сировини відповідної якості та він виконує певну функцію (рис. 8.1):

верхній шар картону є лицьовою поверхнею матеріалу і визначає його зовнішній вигляд та якість оброблення. Його виготовляють із більш

якісних, часто вибілених целюлозних волокон або вибіленої макулатури, що забезпечує підвищену гладкість і щільність. Цей шар забезпечує добру придатність до друкування, ламінування, лакування та склеювання. Здебільшого верхній шар додатково проклеюють або крейдують;

середній шар картону (укладка) є внутрішньою частиною матеріалу і формує його основну товщину й об'єм. Його зазвичай виготовляють із менш якісних, часто невибілених макулатурних або деревних волокон, що мають більш пухку та пористу структуру. Цей шар забезпечує жорсткість, пружність і зменшує масу картону без значного зниження міцності. Пориста будова середнього шару також поліпшує амортизаційні властивості та здатність матеріалу зберігати форму;

нижній шар картону є зворотною поверхнею матеріалу і завершує його багатошарову структуру. Його виготовляють із волокон середньої або нижчої якості, але з достатньою щільністю для забезпечення міцності. Цей шар надає картону стабільність, знижує короблення та забезпечує рівномірний розподіл напружень у матеріалі. Нижній шар також сприяє доброму склеюванню з палітурними та конструкційними матеріалами;

крейдований шар картону (1 – 3 шари) – це тонке покриття на поверхні матеріалу, утворене з мінеральних наповнювачів (каоліну, крейди, тальку) і зв'язувальних речовин. Він надає картону високу гладкість, рівність і поліпшує його оптичні властивості – білизну та яскравість. Завдяки крейдованому шару, значно підвищують якість друкування, чіткість зображення та рівномірність нанесення фарби. Крім того, таке покриття знижує пористість поверхні, підвищує зносостійкість і поліпшує зовнішній вигляд готової продукції.



Рис. 8.1. **Структура картону**

Процес виготовлення багатошарового картону починається з підготовки різних видів волокнистої маси, які подають на багатосіткову машину. Кожна сітка формує окремий елементарний шар, після чого вони з'єднуються між собою у вологому стані під дією тиску. Завдяки природній силі зчеплення волокон (адгезії), шари міцно зрощуються без використання додаткового клею. Сформоване полотно проходить через сушильні циліндри та важкі вали-каландри, які ущільнюють структуру і вирівнюють товщину. На завершальному етапі на лицьовий бік можуть наносити крейдоване покриття для надання матеріалу ідеальної гладкості та білизни.

Палітурний картон – це основний конструкційний матеріал палітурної кришки, від якого залежать міцність, формостійкість і довговічність книги. Якісний палітурний картон мусить мати високу міцність на розрив і згин, щоб витримувати механічні навантаження під час виготовлення й експлуатації. Важливою вимогою є стійкість до викривлення й стабільність розмірів, щоб палітурка не коробилася під час зволоження клеєм і подальшого висихання. Картон має бути щільним, однорідним, без розшарування, складок, зморшок і сторонніх домішок, із рівною поверхнею, придатною до склеювання з покривними матеріалами. Необхідною є добра адгезія до клеїв, тому поверхня не має містити речовин, що перешкоджають склеюванню [11; 13].

Оптимальна вологість палітурного картону становить приблизно 6 – 12 %, оскільки пересушений картон буде ламатися, а надмірна вологість викликати деформацію кришок і зниження міцності. Картон має добре піддаватися технологічному обробленню – різанню, бігуванню (створенню на картоні згину (борозни)), фрезеруванню (вирізанню пазів, вирізів або фасок на краях картону) – без кришіння і пилення.

Для палітурних робіт зазвичай застосовують картон товщиною приблизно 1 – 3 мм: більш товстий використовують для великоформатних і масивних видань, більш тонкий – для малих форматів, гнучких палітурок і виготовлення футлярів.

Палітурний картон класифікують, залежно від складу волокон, способу виробництва та призначення. У промисловості найчастіше використовують класифікацію за літерами, згідно з якою випускають палітурний картон марок А, Б та ПС.

Палітурний картон марки А є еталоном якості в поліграфії, завдяки використанню у складі чистої деревної маси та целюлози. Він

вирізняється високою механічною міцністю, ідеально гладкою поверхнею та стабільною вологістю. Товщина картону марки А зазвичай становить 1,5 – 2,0 мм, що робить його стійким до деформацій під час складання та експлуатації. Цей матеріал має світло-коричневий або бежевий відтінок і демонструє відмінну адгезію (зчеплення) із будь-якими клеями та покривними матеріалами. Використовують його для якісної друкованої продукції, де важливо міцність і естетичний вигляд обкладинки: видань преміум-класу, енциклопедій, подарункових коробок, папок тощо.

Палітурний картон марки Б виготовляють переважно з перероблені макулатурної маси та вторинної деревної сировини, що зумовлює його світло-сірий або сірий колір та пористу структуру. Хоча він поступається марці А за механічною міцністю, картон забезпечує достатню жорсткість виробів, проте під час роботи слід контролювати його вологість, щоб уникнути лінійної деформації та розшарування. Товщина картону цієї марки дорівнює 1,2 – 1,5 мм, що робить його надійним під час складання та використання. Завдяки економічності та доступній ціні, він є популярним матеріалом для продукції середнього сегмента: масових книжкових видань, підручників, стандартних блокнотів та папок.

Палітурний картон марки ПС (палітурний склеєний) виготовляють із первинноволокнистого та вторинного матеріалів за допомогою пресування та склеювання декількох шарів тонкого картону, що забезпечує йому виняткову монолітність і підвищену міцність. Завдяки багатошаровій структурі, він має найвищі показники жорсткості й опору на згин серед усіх марок, а також його відзначає стабільність лінійних розмірів і він майже не деформується за перепадів вологості або під час інтенсивного нанесення клею. Товщина картону марки ПС коливається від 1,5 до 2,5 мм, що дозволяє виготовляти міцні міцні палітурки та конструкції, що витримують навантаження. Матеріал має світлий або бежевий відтінок, добре тримається із клеями та покривними декоративними матеріалами. Картон цієї марки підходить для виробів, де важливо надійність, презентабельний вигляд та точна геометрія: дитячих книжок-іграшок, масивних фоліантів і елітних пакувальних коробок.

Окрім стандартних марок, у сучасному виробництві виділяють такі види палітурного картону:

пресшпан – це проклеєний, лощений картон, який обробляють на суперкаландрах для утворення рівної та гладкої поверхні. Його виготовляють із 100 % сульфатної целюлози, він має товщину 0,35 – 1,2 мм

та поєднує високу міцність на розрив і злам із достатньою гнучкістю, витримуючи не менше ніж 300 – 500 подвійних перегинів. Матеріал зазвичай є коричневим, але його можна фарбувати або ламінувати для декоративного застосування. Він добре тримає форму, не деформується під час склеювання й оброблення і легко поєднується із тканинами, шкірою, папером та іншими декоративними покриттями. Пресшпан є найбільш міцним і стійким видом картону, тому його використовують для обкладинок преміальної та дитячої літератури, словників, енциклопедій, архівних і довготривалих видань;

картон із поролоном (сендвіч-картон) – це унікальний матеріал, який складається із трьох шарів. Нижній шар (основа) із палітурного картону марки А або марки Б забезпечує жорсткість та форму виробу. Середній (м'який) шар із поролону або пінополіуретану створює об'єм. Його товщина зазвичай становить від 2 мм до 4 мм, залежно від бажаного ефекту "пухкості". Верхній (захисний) шар із паперу або нетканого полотна наклеюють зверху поролону для того, щоб під час обтягування палітурки основним матеріалом (шкірою чи тканиною) клей не вбирався в поролон і поверхня залишалася рівномірною. Завдяки спеціальним методам склеювання шарів і того, що немає внутрішньої напруги, картон не коробиться і не кривиться під час оброблення. Матеріал має пружність і амортизаційні властивості, що захищає вміст палітурок і опакування від ударів та деформацій. Цей матеріал є універсальним і популярним для палітурних кришок, подарункових коробок та обкладинок, де важливо легкість, гнучкість і надійний захист виробу;

крейдований палітурний картон – це високотехнологічний матеріал, що поєднує міцність класичного палітурного картону та ідеальні друкарські властивості крейдованого паперу. Завдяки спеціальному покриттю, він дозволяє утворювати зображення високої якості безпосередньо на самій основі. Спеціальний шар крейдування запобігає надмірному вбиранню фарби, що забезпечує максимальну яскравість кольорів та чіткість найдрібніших деталей зображення. Цей матеріал дозволяє застосовувати складні види оздоблення, як-от вибіркове лакування, тиснення фольгою або конгрев, без утрати якості покриття. Завдяки своїй естетичності, його часто використовують для виготовлення елітних подарункових коробок, дитячих книжок-іграшок та брендованих папок;

крафт-картон – це високоміцний матеріал, що виготовляють із довговолокнистої сульфатної целюлози, яка забезпечує йому виняткову

стійкість до розривів та зношування. Його характерною особливістю є природний коричневий колір, хоча є і вибілені варіанти з одностороннім або двостороннім покриттям. Завдяки особливій структурі волокон, цей картон має підвищену вологостійкість, порівняно зі звичайними макулатурними марками. У палітурній справі крафт-картон цінують за його екологічний вигляд та здатність витримувати багаторазове згинання без появи тріщин на корінці. Його часто використовують для виготовлення обкладинок у стилі "еко", меню для ресторанів, дизайнерських блокнотів та міцних папок для архівного зберігання.

8.2. Покривні палітурні матеріали

Покривні палітурні матеріали – це група спеціалізованих матеріалів, які використовують для зовнішнього облицювання (каширування) палітурок книг, блокнотів, альбомів та іншої друкованої продукції. Їхнє головне завдання – створити захисний бар'єр для палітурного картону, забезпечити довговічність виробу та сформувати його візуально-естетичну цінність [13].

Для того щоб друкована продукція витримувала роки експлуатації, ключовими **вимогами до покривних палітурних матеріалів** є такі:

механічна витривалість – висока міцність на розрив, опір надривам на кутах та стійкість до стирання лицьового шару;

стійкість до деформацій – здатність витримувати велику кількість циклів відкривання/закривання без появи тріщин;

стабільність розмірів – матеріал не має надмірно розтягуватися під час зволоження клеєм, щоб уникнути перекосу палітурки;

захисні властивості – висока світлостійкість (захист від вигорання) та водостійкість (можливість вологого очищення обкладинки);

технологічна адгезія – здатність надійно з'єднуватися з палітурним клеєм та міцно тримати декоративні плівки;

якість поверхні – поверхня не мусить мати надмірну вбиральну здатність (капілярність), щоб фарби та лаки залишалися на поверхні, а не поглиналися, забезпечуючи соковитість кольорів.

Вибір покривного матеріалу визначено призначенням виробу, його форматом, умовами експлуатації та бюджетом виробництва. Для преміальних видань використовують тканини та натуральну шкіру, для масових і дитячих видань – папір, плівку, картон із декоративними покриттями.

Сучасні покривні матеріали також можуть мати спеціальні властивості, як-от антибактеріальне покриття, стійкість до ультрафіолету або підвищену зносостійкість для інтенсивного використання. Також вони мають бути придатними для складних процесів оздоблення, а саме:

тиснення (гарячого та холодного тиснення фольгою, блінтового (сліпого) тиснення, а також конгреву (створення рельєфу));

ламінування – нанесення захисних плівок (матових, глянцевих);

термоактивності – здатності матеріалу змінювати колір у місці притискання гарячим штампом, що характерно для високоякісної штучної шкіри.

Залежно від матеріалу основи розрізняють такі **види покривних палітурних матеріалів**:

на тканинній основі;

на паперовій основі;

на нетканій основі;

без основи;

із натуральної шкіри;

спеціалізовані.

8.2.1. Покривні палітурні матеріали на тканинній основі

Палітурні матеріали на тканинній основі вважають золотим стандартом серед покривних матеріалів, розрахованих на довгий строк зберігання. Для їхнього виготовлення використовують спеціальні технічні тканини, які мають відповідати суворим вимогам: мати низьку розтяжність, високу міцність на розрив та стійкість до стирання.

Тканина – це текстильний виріб, виготовлений на ткацькому верстаті за допомогою взаємного переплетення двох систем ниток (поздовжніх – основи та поперечних – піткання), розташованих перпендикулярно одна до одної. Основою для створення тканини є *прядиво* – тонка нитка, яку утворюють витягуванням та скручуванням текстильних волокон [13].

За походженням сировини (текстильних волокон) тканини розподіляють на:

натуральні – рослинні (бавовна, льон) і тваринні (вовна, шовк);

штучні та *синтетичні* – утворені переробленням природних полімерів (віскоза, модал, ліоцел (тенсел), ацетат) або хімічного синтезу (поліестер, поліамід (нейлон, капрон), акрил, еластан (спандекс, лайкра)).

Тканину, що щойно знята з верстата, називають суворою або "сувор'я". Вона має непривабливий вигляд, жорстка на дотик і містить домішки. Щоб перетворити її на готовий продукт, вона проходить через цикл оздоблювальних робіт: очищення та відбілювання, фарбування або друкування, каландрування та апретування.

Апретування – це процес просочування тканини спеціальними речовинами (апретами) для надання їй необхідних споживчих властивостей – естетичних, захисних та експлуатаційних. Як апрети застосовують крохмаль, тваринний клей (кістковий, міздряний), синтетичні смоли, жирові речовини (олії, мила), гігроскопічні добавки (гліцерин). У результаті апретування тканини стають приємними на дотик, м'якими, еластичними, блискучими або матовими, водонепроникними або вогнестійкими, немнучкими, довговічними тощо.

Для виготовлення покривних палітурних матеріалів використовують переважно бавовняні тканини (міткаль, мадаполам), оскільки вони мають найкращу адгезію (зчеплення) із клеями та хімічними покриттями. Рідше застосовують синтетичні (віскозну, поліестер) або змішані полотна.

Основні матеріали на тканинній основі розподіляють на три групи, залежно від типу покриття:

матеріали із крохмально-ґрунтованим покриттям (коленкор);

матеріали з нітроцелюлозним покриттям (ледерин на тканинній основі);

матеріали з вініловим покриттям (вінілісшкіра).

Характеристику головних представників цих груп наведено далі [13].

Коленкор – це класичний палітурний матеріал, який виготовляють на основі бавовняної тканини (міткалю) нанесенням крохмально-каолінового покриття. Головною особливістю виробництва є інтенсивне апретування та каландрування, що робить поверхню тканини гладкою, жорсткою та придатною для друкування. Завдяки заповненню пор тканини апретом, матеріал стає непроникним для клею, що запобігає появі плям на лицьовому боці палітурки під час її виготовлення. Поверхня коленкору підходить для нанесення назв і малюнків за допомогою трафаретного друку або гарячого тиснення фольгою. Основним недоліком матеріалу є його низька вологостійкість: під час потрапляння води крохмальний шар розм'якшується, а палітурка може деформуватися. Також коленкор є схильним до стирання на кутах та розтріскування в місцях постійного згину (на фальцах) за тривалого використання. Незважаючи на появу

сучасних синтетичних аналогів, цей матеріал залишається незамінним для виготовлення бюджетних видань та архівних папок.

У поліграфії для виготовлення палітурок застосовують дві марки коленкору:

марку КК, яка вирізняється гладким і щільним покриттям, що повністю приховує фактуру ниток. Використовують її для палітурок художньої літератури, підручників та енциклопедій;

марку "Модерн", що має тонкий шар апрету, який підкреслює природне тканинне переплетення основи. Використовують її для подарункових видань, де дизайн передбачає підкреслення натуральності матеріалу.

Ледерин на тканинній основі – це високоміцний палітурний матеріал, що виготовляють нанесенням на міткаль еластичного нітроцелюлозного покриття з додаванням пігментів та пластифікаторів. На відміну від коленкору, нітропокриття робить цей матеріал повністю водостійким, що дозволяє очищувати поверхню книги вологою серветкою без ризику пошкодження. Завдяки високій еластичності плівки, ледерин не розтріскується на фальцях (згинах) і має значно вищу стійкість до стирання на кутах палітурки. Технологія виробництва дозволяє надавати поверхні ледерину різноманітну фактуру, найчастіше імітуючи натуральну шкіру або мармуровий малюнок. Матеріал підходить для оздоблення методом гарячого тиснення фольгою або блінтового (сліпого) тиснення, оскільки він є стабільним під дією високих температур. Через свою довговічність і презентабельний вигляд, ледерин є основним вибором для виготовлення дипломів, енциклопедій, словників та офіційних документів.

Для виготовлення палітурок використовують дві основні марки ледерину на тканинній основі:

марку А (нітроцелюлозний) – це класичний тип ледерину, де на бавовняну основу (міткаль) нанесено шар нітроцелюлозної плівки з пігментами. Найчастіше її використовують для офіційних документів, дипломів, посвідчень та папок, оскільки він є дуже міцним і довговічним;

марку "Престиж" (високоякісний еластичний), яка відрізняється підвищеним умістом пластифікаторів у покритті. Використовують її для багатотомних енциклопедій, подарункових книг та ювілейних видань.

Вінілісшкіра – це багатошаровий палітурний матеріал, що складається з міцної тканинної або нетканої основи, на яку нанесено шар пластифікованого полівінілхлориду (ПВХ). Завдяки високій еластичності

полімерного шару, цей матеріал демонструє високу стійкість до багаторазових згинів, не утворюючи тріщин на корінці книги навіть за інтенсивного використання. Матеріал має абсолютну водонепроникність і стійкість до жирів, що дозволяє очищувати палітурку вологою тканиною та використовувати її у складних експлуатаційних умовах. Технологія виробництва дозволяє імітувати будь-яку фактуру – від тонкої натуральної шкіри до складних геометричних візерунків, забезпечуючи високі естетичні властивості виробу. Вінілісшкіра підходить для гарячого тиснення фольгою та блінтового тиснення, під дією якого ПВХ-шар стає пластичним і чітко фіксує відбиток штампа. Основною технологічною особливістю є потреба у використанні спеціальних синтетичних клеїв на основі ПВА, оскільки інертна вінілова поверхня має низьку адгезію до звичайних рослинних клеїв.

8.2.2. Покривні палітурні матеріали на паперовій основі

Покривні палітурні матеріали на паперовій основі – це група матеріалів, які зазвичай складаються з міцного паперу-основи та нанесеного на нього захисно-декоративного шару. Вони є бюджетною, але функціональною альтернативою тканинам та шкірі.

За типом покриття їх розподіляють на три основні групи:

матеріали з полівінілхлоридним та *віниловим покриттям* (бумвініл, балакрон, балдек, неома, танго);

матеріали з нітроцелюлозним покриттям (ледерин на паперовій основі);

матеріали без плівкового покриття (ефалін, сурбалін).

Характеристику найбільш поширених видів паперових палітурних матеріалів наведено далі [13].

Бумвініл – це один із найпопулярніших палітурних матеріалів, який виготовляють нанесенням полівінілхлоридного (ПВХ) покриття на міцну паперову основу. Завдяки полімерному шару, він має високу вологостійкість та надійно захищає палітурку від забруднень і жирних плям. Матеріал відзначає гарна еластичність, що дозволяє йому витримувати багаторазові згини без появи тріщин на корінці книги. Поверхня бумвінілу може бути як гладкою, так і фактурною, часто імітуючи дорогу шкіру, мармур або тканину. Цей матеріал підходить для гарячого тиснення фольгою, оскільки під дією температури вініл стає пластичним і чітко

фіксує відбиток. Для надійної фіксації на палітурному картоні під час роботи з бумвінілом рекомендують використовувати спеціальні синтетичні або тваринні клеї. У промисловій поліграфії його цінують за низьку вартість у поєднанні з високою зносостійкістю, що робить його незамінним для підручників, дипломів, щоденників та архівних папок.

Балакрон – це високоякісний палітурний матеріал на паперовій основі, покритий шаром пластифікованого вінілу, який відрізняється особливою міцністю й естетикою, високою стійкістю до стирання, вологи та механічних пошкоджень, що робить його придатним для щоденного використання. Головною особливістю матеріалу є великий вибір фактур, що імітують натуральну шкіру, льон, шовк, дерево або металізовані поверхні. Завдяки високій еластичності вінілового шару, балакрон щільно облягає кути палітурного картону, не утворюючи заломів чи тріщин на згинах корінця. Він підходить для всіх видів оздоблення: від гарячого тиснення фольгою до сліпого (блінтового) тиснення, яке залишає чіткий та глибокий відбиток. Хоча він є дорожчим за звичайний бумвініл, використання балакрону та його аналогів (балдек, неома, танго) надає друкованій продукції престижного вигляду, характерного для подарункових та ексклюзивних видань.

Ледерин на паперовій основі (марка Б) – це економічний палітурний матеріал, що складається з міцного паперу, покритого еластичним нітроцелюлозним шаром. Він був розробленим як доступна альтернатива класичному ледерину на тканинній основі, зберігаючи його характерний зовнішній вигляд. Поверхня цього матеріалу зазвичай має напівматовий блиск і специфічне дрібне тиснення, яке імітує фактуру шкіри або тканини. Завдяки нітропокриттю, він володіє помірною вологостійкістю і захищає обкладинку від швидкого стирання та забруднень. Матеріал добре сприймає гаряче тиснення фольгою, проте потребує ретельного підбору температурного режиму, щоб не пошкодити нітрошар. Порівняно з бумвінілом, паперовий ледерин має більш традиційний вигляд, тому його часто вибирають для масового виготовлення книжкових видань, офісних архівів та недорогих дипломних папок.

Ефалін та **Сурбалін** – це високоякісні палітурні матеріали на основі чистої целюлози, які відзначає надзвичайна міцність на розрив. На відміну від бумвінілу, ці матеріали не мають пластикового покриття, оскільки їхню стійкість забезпечують спеціальним просоченням паперового волокна. Поверхня цих паперів має благородний матовий вигляд

і може бути як гладкою, так і з фактурним тисненням під "льон" чи "верже". Завдяки високій зносостійкості, вони не стираються на кутах палітурки та не тріскаються на згинах навіть за інтенсивного використання. Ці матеріали підходять для офсетного друку та гарячого тиснення фольгою, що дозволяє втілювати складні дизайнерські ідеї. Їх найчастіше використовують для виготовлення преміального опакування, фірмових пакетів та обкладинок ексклюзивних видань.

8.2.3. Покривні палітурні матеріали на нетканій основі

Покривні палітурні матеріали на нетканій основі є сучасною альтернативою традиційним матеріалам на основі тканини та паперу.

Неткана основа – це текстильне полотно, утворене скріпленням волокон (синтетичних чи натуральних) термічним або хімічним способом без використання класичного ткацького переплетення ниток.

До нетканих матеріалів належать такі:

флізелін, який виготовляють із суміші натуральних (целюлози) та синтетичних (поліестеру) волокон;

мікрофібра, яка складається з ультратонких синтетичних волокон поліестеру або поліаміду;

спанбонд – синтетичний нетканий матеріал, виготовлений зі 100 % поліпропілену термоскріпленим способом.

Головною перевагою такої основи в палітурній справі є те, що немає обсипання країв під час розрізання та однакова міцність матеріалу в усіх напрямках.

Покривні палітурні матеріали на нетканій основі мають достатню міцність, гнучкість і зносостійкість, добре піддаються бігуванню, різанню та склеюванню. Їх відзначають рівна поверхня, мала маса, стійкість до стирання, а також характеризують доброю адгезією із клеями, що забезпечує надійне приклеювання до картону й паперу; після полімерного покриття, вони можуть набувати вологостійкості та декоративних властивостей.

Серед палітурних матеріалів на нетканій основі виділяють такі [13]:

коленкор на нетканій основі – палітурний матеріал, виготовлений із флізеліну, який для надання йому міцності та гнучкості обов'язково просочують латексною емульсією, що перетворює пухкі волокна на єдину еластичну основу, яка не рветься на згинах;

вінілісшкіру на нетканій основі – палітурний матеріал, що складається із зазвичай флізеліну (рідше з мікрофібри й сандбонду), просоченого латексом і нанесеного зверху декоративного шару полівінілхлориду (ПВХ);

бумвініл на нетканій основі – удосконалений палітурний матеріал, що складається із флізеліну, покритого шаром полівінілхлориду (ПВХ). На відміну від класичного паперового бумвінілу, він має значно вищу еластичність і міцність на розрив, що запобігає появі тріщин на корінці та кутах книги за тривалого використання.

У поліграфічній справі як покривний матеріал також використовують штучну шкіру і флок-покриття, яке часто називають оксамитовим папером або штучним велюром.

Поліуретанова штучна шкіра (ПУ-шкіра) – це палітурний матеріал, що складається з міцної нетканої (мікрофібри) або тканинної (міткалю) основи, покритої шаром пористого поліуретану. Їх вирізняє надзвичайна м'якість та еластичність, що дозволяє ідеально обтягувати складні елементи палітурки та кути без заломів. Головною перевагою ПУ-шкіри є її термочутливість: під час гарячого блінтового тиснення матеріал змінює колір у місці відбитка, утворюючи ефектний контраст і глибину зображення. На відміну від ПВХ-матеріалів (вінілісшкіри, бумвінілу), поліуретанове покриття має мікропори, які дозволяють матеріалу "дихати" і роблять його приємним (теплим) на дотик, максимально наближаючи до натуральної шкіри. Завдяки високій зносостійкості та стійкості до перепадів температур, цей матеріал є еталонним вибором для виготовлення щоденників, планерів та елітного подарункового опакування.

Флок-покриття – це декоративний матеріал, який утворюють напиленням дрібно нарізаного ворсу (нейлону, віскози або поліаміду) на клейову основу в електростатичному полі. Основою може бути папір, флізелін або ПВХ-плівка. Головною особливістю матеріалу є його тактильний ефект, який імітує дорогий оксамит, велюр або м'яку замшу. Завдяки вертикальному закріпленню ворсинок, покриття має високу щільність, зносостійкість і здатність тривалий час зберігати насиченість кольору, не вигораючи на сонці. У друкарстві флок цінують за здатність до блінтового (сліпого) тиснення, яке створює глибокі, чіткі та контрастні відбитки на ворсистій поверхні. Через свої властивості цей матеріал

використовують для елітного опакування, фотоальбомів та ювелірних футлярів.

8.2.4. Покривні палітурні матеріали без основи

Покривні палітурні матеріали без основи – це полімерні плівки або листи, виготовлені методом екструзії або каландрування. Оскільки у їхній структурі немає армувального шару (тканини чи паперу), вони мають специфічні фізико-механічні властивості: високу еластичність, здатність до зварювання та повну вологонепроникність.

Основні видами таких матеріалів є такі [13]:

полівінілхлоридні плівки (ПВХ) – найпоширеніший вид безпідкладкових матеріалів. Вони можуть бути м'якими (пластифікованими) або жорсткими; виявляють стійкість до жирів, кислот та вологи. Їхньою головною особливістю є здатність до зварювання струмами високої частоти (ТВЧ). ПВХ-плівки застосовують для виготовлення обкладинок для документів (паспортів, посвідчень), залікових книжок, папок-реєстраторів та спецвипусків технічної документації;

поліпропіленові плівки (ПП) є більш екологічною альтернативою ПВХ, яка стає все популярнішою в сучасному палітурному виробництві. Вони є легшими за ПВХ-плівки, не виділяють шкідливих хлорорганічних сполук, стійкі до високих температур, але є складнішими у склеюванні. ПП-плівки застосовують для виготовлення канцелярських папок, гнучких обкладинок для звітів, розділювачів;

поліуретанові плівки (ПУ) використовують рідше через високу вартість, але вони мають унікальні тактильні властивості. ПУ-плівки володіють надзвичайною міцністю на розрив та стирання. Для них є характерним ефект *soft-touch*, який створює приємне на дотик "оксамитове" або "гумоване" відчуття на поверхні палітурного матеріалу. Їх застосовують для виготовлення преміальних еластичних палітурок.

8.2.5. Покривні палітурні матеріали з натуральної шкіри

Покривні палітурні матеріали на основі шкіри традиційно вважають вершиною палітурної справи і використовують переважно для дорогих подарункових та авторських видань. Як основний матеріал для виготов-

лення палітурок вибирають елітні види натуральної шкіри, характеристику яких наведено далі.

Опойок – це один із найякісніших і найдорожчих видів натуральної шкіри, який утворюють зі шкур телят-сисунів (віком до 6 місяців), що перебувають на грудному вигодовуванні. Завдяки молодому віку тварини, матеріал має ніжну, м'яку й однорідну структуру без грубих пор. У палітурній справі його цінують за високу еластичність, що дозволяє щільно обтягувати навіть найдрібніші елементи корінця та кутів. Матеріал гарно піддається шерфуванню, дозволяючи зрізати товщину країв до мінімуму для створення акуратних і тонких стиків. На гладкій поверхні опойка золоте та блінтове тиснення є максимально чітким, відтворюючи найскладніші деталі авторського кліше. Висока зносостійкість та здатність не тріскатися на згинах роблять цю шкіру ідеальним вибором для створення дорогих видань, розрахованих на тривале зберігання.

Замша – це вид м'якої натуральної шкіри жирового або формальдегідно-жирового дублення, яку виготовляють зі шкур оленів, лосів або молодих телят видаленням лицьового шару. Головною ознакою матеріалу є густий і низький ворс, який надає поверхні тактильну м'якість та оксамитовий вигляд. Завдяки особливій технології оброблення, замшу відзначає висока еластичність та здатність легко набувати форми палітурки. У книжковій справі її цінують за матову фактуру, на якій сліпе тиснення має дуже глибокий та контрастний вигляд. Матеріал має гарну пористість, що дозволяє шкірі "дихати", проте він потребує дбайливого догляду через схильність до накопичення пилу. Використовують замшу переважно в оформленні преміальних авторських видань.

Сап'ян – це тонка, міцна шкіра козячої вичинки (рідше овечої), яка проходить процес рослинного дублення та фарбування у яскраві кольори. Головною особливістю цієї шкіри є її характерна природна зернистість (мерея), що надає поверхні рельєфу та впізнаваного вигляду. Завдяки рослинному дубленню, сап'ян має надзвичайну міцність, стійкість до вологи та здатність зберігати яскравість кольору протягом десятиліть. Матеріал вирізняє висока щільність та помірна жорсткість, через що застосовують для виготовлення довговічних обкладинок цінних фоліантів. У палітурній справі сап'ян цінують за те, що він бездоганно тримає золоте тиснення, підкреслюючи багатство декоративних орнаментів.

Окрім цільних шкур, у сучасному палітурному виробництві активно застосовують **рецикльовану шкіру**, виготовлену пресуванням подрібнених натуральних волокон.

Палітурки на основі натуральної шкіри мають ефектний зовнішній вигляд, пропонуючи на вибір гладку, зернисту або ж оксамитову поверхню. Матеріали відзначає висока еластичність, що дозволяє ідеально обтягувати навіть найскладніші елементи палітурного картону та бинти на корінці. Однією з головних переваг є здатність натуральної шкіри до глибокого блінтового тиснення, яке під дією температури створює ефект "підгоряння" кольору. Завдяки своїй пористій структурі, такі матеріали "дихають", що запобігає деформації обкладинки в разі зміни вологості повітря. За відповідного зберігання та професійного вичинення шкіряна палітурка є здатною зберігати свою цілісність і привабливість протягом століть.

8.3. Матеріали для скріплення та зміцнення книжкового блока

Для скріплення та зміцнення книжкового блока використовують спеціальну групу допоміжних матеріалів, які забезпечують цілісність конструкції книги, з'єднують окремі аркуші у єдиний блок та надійно скріплюють цей блок із палітуркою.

Ці матеріали можна розподілити на три основні групи, залежно від їхніх функцій:

матеріали для безпосереднього скріплення сторінок (палітурні нитки, палітурні клеї, дріт брошурувальний, тасьма);

матеріали для зміцнення корінця (палітурна марля, паперова смужка (гільза));

декоративно-зміцнювальні елементи (форзацний папір, каптал).

Загальну характеристику основних матеріалів для скріплення та зміцнення книжкового блока (рис. 8.2) наведено далі [13].

Палітурні нитки – це спеціалізований вид швейних матеріалів, призначений для механічного з'єднання паперових зошитів (конструктивних елементів книги, виготовлених з аркушів паперу) у єдиний блок. Головною вимогою до них є надзвичайна міцність на розрив за мінімально можливою товщини. Використання ниток забезпечує книзі довгий строк експлуатації, оскільки таке скріплення є значно витривалішим за звичайне клейове.

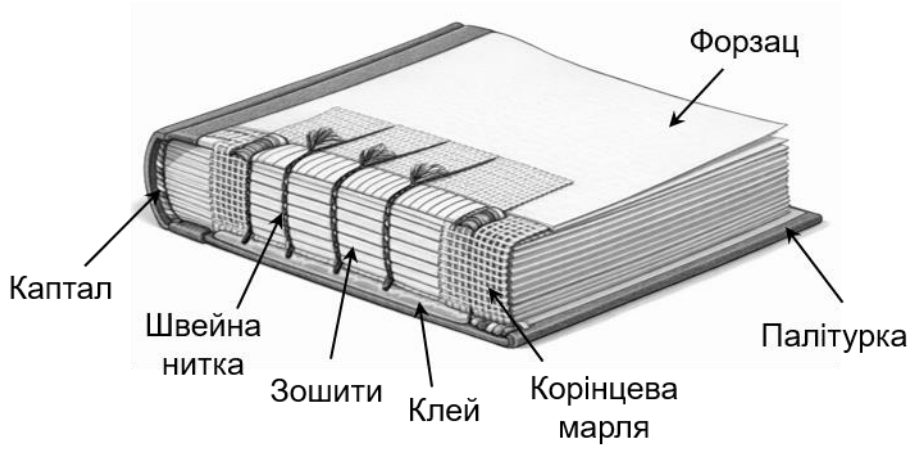


Рис. 8.2. **Книжковий блок з елементами конструкції корінця**

За складом нитки розподіляють на натуральні (бавовняні, лляні), синтетичні та комбіновані.

Бавовняні нитки – це традиційний матеріал, що виготовляють скручуванням кількох пасом натуральної пряжі (найчастіше у 3, 4 або 6 складань). Їхньою головною перевагою є гарна адгезія, оскільки ворсиста структура волокон забезпечує надійне зчеплення з палітурним клеєм на корінці. Для стабільності та міцності нитки обов'язково піддають апретуванню, що запобігає їхньому розкручуванню та кошлатанню під час шиття. У поліграфії їх позначають номерами від 10 до 80, де більший номер завжди вказує на тоншу нитку. Найбільш універсальним варіантом уважають номер 30, який має оптимальну товщину (0,30 мм) і достатнє розривне зусилля для зшивання книжкових блоків. Хоча вони є менш еластичними за синтетику, натуральні нитки цінують за те, що вони не прорізають папір і створюють м'який, податливий корінець.

Для особливо цінних видань і реставраційних робіт застосовують натуральні *лляні нитки* через їхню довговічність.

Синтетичні нитки (капрон) виготовляють із поліамідних полімерів, що робить їх значно тоншими за бавовняні за збереження удвічі більшої міцності. Головною перевагою капрону є висока еластичність, оскільки нитку можна розтягувати до 25 % перед обриванням, що запобігає пошкодженню обладнання. Завдяки малій товщині, ці нитки дозволяють створювати компактні корінці та використовувати голки меншого діаметра, залишаючи мінімальні отвори в папері. Синтетика не піддається гниттю, впливу вологи чи плісняви, що гарантує довговічність книжкового блока протягом десятиліть. Проте через високу гладкість волокна вони

є досить слизькими, що потребує особливої уваги під час зав'язування вузлів та натягування під час ручного шиття. У промисловому масштабі використання капронових ниток дозволяє скоротити витрати матеріалу на 20 – 25 %, завдяки їхній витривалості та здатності до натягування.

Термонитки – це комбінований палітурний матеріал, що складається з основи (віскозного шовку) та спеціального зовнішнього покриття з поліпропілену. Головна особливість цих ниток полягає у їхній здатності розплавлятися під дією високої температури, що дозволяє фіксувати стібки без використання вузлів. У процесі шиття нагрівальний елемент машини розплавляє полімерний шар, завдяки чому нитка надійно "приварюється" до паперу в місцях проколів. Такий метод забезпечує надзвичайно міцне з'єднання, яке усуває розпускання шва, навіть якщо одна з ниток буде випадково пошкодженою. Використання термониток дозволяє утворювати ідеально плоский корінець без потовщень, що є особливо важливим для видань, які згодом уклеюють в обкладинку. Найчастіше їх застосовують у швидкісних автоматичних лініях для виготовлення брошур та книг, де швидкість фіксації блока є критично важливою.

Брошурувальний дріт є спеціалізованим сталевим матеріалом, який використовують для швидкого й дешевого скріплення журналів, блокнотів та тонких книжкових блоків. Головні вимоги до нього – висока механічна міцність у поєднанні із гнучкістю, що дозволяє дротошвейній машині легко формувати скобу без зламу металу. Для захисту від корозії та надання охайного вигляду дріт покривають тонким захисним шаром цинку, міді, олова або спеціального кольорового лаку. Скріплення дротом значно прискорює виробничий процес, проте воно суттєво збільшує товщину корінця, що може призводити до нещільного закривання книги. Порівняно з нитковим шиттям, дротяне скріплення вважають менш естетичним і довговічним, оскільки метал може із часом пошкоджувати папір у місцях сильного натягу. У сучасній поліграфії дріт буває круглим або плоским, причому останній частіше вибирають для зшивання особливо товстих блоків для кращої фіксації аркушів.

Палітурна тасьма – це надміцний корінцевий матеріал у формі вузької стрічки шириною від 4 до 12 мм, що виготовляють методом щільного плетіння з бавовняних, лляних або поліефірних ниток. Вона відіграє роль силового каркаса книги: під час шиття нитки охоплюють тасьму, жорстко прикріплюючи до неї кожен зошит, що гарантує блоку максимальну витривалість. Головною особливістю тасьми є її здатність

бути надійним шарніром, оскільки її вільні кінці приклеюють безпосередньо до сторін палітурки, створюючи нерозривний зв'язок між блоком та обкладинкою. У професійній реставрації та виготовленні фоліантів перевагу віддають стрічкам із натуральних волокон (льону чи конопель), оскільки вони мають найкращу адгезію до кісткового або крохмального клею. Якщо немає спеціалізованої тасьми, технологія дозволяє замінити її смужками будь-якої міцної тканини, яка має достатню пористість для проникнення клею та гнучкість для вільного відкривання книги.

Поліграфічна марля – це спеціальна бавовняна тканина рідкого полотняного переплетення, яка є основним армувальним елементом для зміцнення корінця та з'єднання блока з палітуркою. Їх виготовляють із суворої пряжі із двонитковою основою, а її потрібної жорсткості досягають апретуванням крохмальним клейстером, уміст якого становить близько 30 %.

За призначенням марлю розподіляють на два види:

марку НШ (для ниткошвейних машин), яка проходить інтенсивне апретування крохмалем або клеєм Na–КМЦ (натрій-карбоксиметилцелюлозою), що надає їй високої жорсткості для безперебійної роботи швейного обладнання. Її використовують як основу під час зшивання зошитів, забезпечуючи надійну фіксацію стібків і всього корінця;

марку БО (для блокообробних агрегатів), яка має нижчу жорсткість і призначено для автоматизованого наклеювання на корінець уже скомплектованого блока. Її структура є оптимізованою для швидкого просочування клеєм у потокових лініях, що гарантує міцне з'єднання блока з палітуркою.

Якісна марля має бути чистою, без олійних плям, дірок та забитих крохмалем ділянок, оскільки будь-які дефекти структури послаблюють зчеплення з палітурним клеєм. Хоча сама по собі марля легко рветься, після приклеювання до корінця вона створює надзвичайно міцний композитний шар, що витримує тисячі циклів відкривання книги. Якщо немає спеціалізованого матеріалу, допускають використання добре накрохмаленого бинта, канви або сучасних нетканих синтетичних матеріалів, які також ефективно пропускають клей.

Паперова смужка (гільза) – це елемент зміцнення корінця, що становить смужку цупкого паперу, яку наклеюють поверх марлі та капталу вздовж усієї довжини блока. Вона виконує функцію жорсткого каркаса, який приховує всі технічні деталі зшивання, вирівнює поверхню корінця

та надає йому фінальної форми. У книгах із твердою палітуркою гільза забезпечує так званий відліт, завдяки якому під час розгортання книги корінець блока не тягне за собою обкладинку, запобігаючи її деформації. Для виготовлення гільзи використовують папір із поздовжнім напрямком волокон, щоб уникнути утворення зморшок під час згинання та забезпечити довговічність конструкції.

Форзацний папір – це спеціальний вид міцного паперу підвищеної щільності (120 – 160 г/м^2), який є сполучною ланкою між книжковим блоком та палітуркою. Він виконує важливу конструктивну функцію, працюючи як шарнір, що бере на себе основне навантаження за багаторазового розгортання та загортання видання. Окрім зміцнення, форзац має естетичне навантаження, приховуючи технічні елементи корінця та створюючи гарний перехід від обкладинки до першої сторінки тексту. Для запобігання деформації книги цей папір мусить мати високу опірність зламу, а напрямок його волокон обов'язково має бути паралельним корінцю.

Каптал – це спеціальна бавовняна, шовкова або комбінована стрічка завширшки 13 – 15 мм, що вирізняє наявність кольорового потовщеного бортика (1,5 – 2 мм) з одного боку. Його наклеюють на верхню (''головну'') та нижню (''хвостову'') частини корінця книжкового блока для підвищення його механічної міцності й естетичного приховування технічних шарів конструкції. Окрім декоративної функції, бортик капталу, що виступає, щільно прилягає до палітурки, надійно захищаючи внутрішню порожнину корінця від потрапляння пилу та бруду. Матеріал має бути якісно апретованим і рівним, щоб під час нарізання на деталі по бортику не утворювалася бахрома, яка псує зовнішній вигляд видання. У сучасному виробництві каптал використовують для книг обсягом понад 10 аркушів, підбираючи його колір у гармонії з палітурним матеріалом, форзацом та лясе (стрічкою-закладкою).

8.4. Поліграфічні клеї

Поліграфічні клеї (адгезиви) – це складні хімічні композиції на основі високомолекулярних сполук, що створюють міцні адгезійно-когезійні зв'язки між різними матеріалами (папером, тканиною, картоном тощо), не порушуючи водночас їхню структуру [13].

Склад клейових композицій є таким:

основа (полімери/олігомери) – сполуки з лінійною будовою, які містять активні функціональні групи (наприклад, – COOH чи – NH_2), що забезпечують "липкість" та еластичність клейової плівки.

До основних компонентів клеїв належать: синтетичні полімери (полівінілацетат, етиленвінілацетат (поліуретан), тваринні білки (глютин, желатин), рослинні полісахариди (крохмаль, декстрин), похідні целюлози (карбоксиметилцелюлоза), природні смоли та каучуки (каніфоль, латекс);

пластифікатори – речовини, які підвищують еластичність, гнучкість та морозостійкість клеїв. У палітурній справі вони є важливими для того, щоб клейовий шов на корінці не тріскався за багаторазового розгортання книги. Як пластифікатори використовують такі: гліцерин дибутилфталат, діетилфталат, поліетиленгліколь, рицинову олію, фталати та адипінати;

розчинники – речовини, що надають потрібну плинність клейовій композиції для її рівномірного нанесення на поверхню.

До них належать: вода, спирти (етанол, ізопропанол), органічні розчинники (толуен, етилацетат, ацетон), специфічні розчинники для термоклеїв;

антисептики – біоцидні добавки на водній основі для запобігання біологічному псуванню клеїв. Оскільки багато палітурних клеїв містять органічні компоненти (крохмаль, желатин, кістковий колаген або навіть ПВА), вони є ідеальним середовищем для розвитку бактерій, грибків та плісняви. Поширеними антисептиками є такі: фенольні сполуки (оксидифеніл), формалін, борна кислота, бура, бензоат натрію, сучасні ізотіазолінони;

наповнювачі – порошкоподібні інертні речовини (зазвичай мінерального походження), які коригують фізичні властивості клейової композиції та знижують вартість продуту. У палітурній справі їх використовують обережно, оскільки надмірна кількість наповнювача може зробити клейовий шов крихким. Як наповнювачі застосовують такі: крейду, каолін, тальк, титан (IV) оксид.

У поліграфії клеї зазвичай класифікують за природою походження та складом. Згідно із цим, виділяють дві великі групи поліграфічних клеїв: природні та синтетичні.

Природні клеї – це адгезиви, що виготовляють із речовин рослинного або тваринного походження. У поліграфії їх цінують за екологічність,

довговічність та "оборотність" (можливість розклеїти з'єднання без пошкодження паперу).

Клеї тваринного походження (білкові/колагенові) вирізняють висока початкова липкість та міцність з'єднання. Хоча вони зазвичай мають темний колір і специфічний запах, їхньою головною особливістю є термопластичність: вони потребують постійного підігрівання на водяній бані до 50 – 60°С для підтримання робочого стану. Ці клеї є порівняно дешевими, проте схильними до піноутворення під час машинного нанесення, що потребує використання піногасників. У поліграфії вони залишаються незамінними під час виготовлення палітурок, оскільки забезпечують швидку фіксацію покривних матеріалів до картону та мають мінімальну усадку, що запобігає жолобленню (скручуванню) готової обкладинки.

До клеїв тваринного походження належать такі:

кістковий клей, який виготовляють виварюванням знежирених кісток і вважають найбільш доступним та міцним у своїй групі. Через високий уміст мінеральних домішок він утворює дуже твердий, але крихкий шов, який може тріснути під час згинання. Його доцільно використовувати для склеювання нерухомих частин палітурки, наприклад для з'єднання картонних сторін із відставом;

міздровий клей утворюють із внутрішнього шару шкір тварин, що забезпечує високий уміст довгих білкових ланцюгів у складі. Така структура робить клейову плівку надзвичайно еластичною та стійкою до розривів навіть після повного висихання. У палітурній справі це основний матеріал для оброблення корінців, оскільки він дозволяє книгу вільно розгортати без ризику руйнування блока;

риб'ячий клей – це найчистіший вид тваринного клею, який виготовляють із плавальних міхурів риб, що гарантує його прозорість та те, що немає пігментації. На відміну від кісткового, він зберігає рідку консистенцію за кімнатної температури, значно спрощуючи тривалі ручні роботи. Його використовують для реставрації цінних книг і стародавніх рукописів, де є важливою повна оборотність клею та його делікатний вплив на папір;

казеїновий клей основано на молочному білку, який після оброблення лугами набуває високої адгезії та здатності протистояти волозі. Хоча він забезпечує дуже міцне з'єднання, його агресивне хімічне середовище може спричинити появу плям на папері або зміну кольору фарб.

Через свою жорсткість його майже не застосовують для книжкових корінців, зате клей підходить для промислового склеювання щільного картону.

Клеї рослинного походження (полісахаридні) – це світлі композиції без запаху, що мають помірну липкість, високу еластичність і які рівномірно наносять на поверхню. Вони є порівняно дешевими та безпечними для паперу, проте через органічний склад швидко псуються (загнивають) і потребують додавання антисептиків. Завдяки своїй здатності не деформувати матеріали, вони найкраще підходять для склеювання паперу з папером або картоном у делікатних палітурних та реставраційних роботах.

До клеїв рослинного походження належать:

крохмальний клейстер – це адгезив, який готують заварюванням пшеничного, кукурудзяного або рисового крохмалю ($(C_6H_{10}O_5)_n$) у воді до утворення напівпрозорого гелю. Він є основним інструментом у професійній реставрації, оскільки має нейтральний показник pH, не викликає пожовтіння паперу та його легко видаляти водою навіть через багато років. Завдяки своїй м'якості та еластичності після висихання, клейстер ідеально підходить для делікатного ремонту розривів сторінок та дублювання цінних документів;

декстрин – це адгезив, який утворюють за допомогою термічного та хімічного оброблення крохмалю, що перетворює його на порошок, який легко розчиняється у воді. Його вирізняє висока швидкість висихання та липкість, тому клей традиційно використовують для створення клейового шару на поштових марках, конвертах та етикетках. У палітурній справі його цінують за те, що він майже не жолобить папір під час висихання, проте через високу крихкість плівки його частіше застосовують у суміші з іншими клеями або для пакування.

Синтетичні клеї – це високомолекулярні сполуки, утворені за допомогою хімічного синтезу, які є основним стандартом сучасної поліграфії, завдяки своїй універсальності та стабільності. Вони мають надзвичайно високу адгезію до більшості матеріалів, серед яких пластик та ламінований папір, і водночас не є схильними до гниття чи ураження пліснявою. На відміну від природних клеїв, синтетичні сполуки забезпечують стабільну якість шва за високих швидкостей роботи обладнання та не потребують складного приготування. Завдяки можливості змінювати хімічну формулу, вони можуть бути як миттєво застигальними (термоклеї), так і залишатися еластичними протягом багатьох років (ПВА-дисперсії).

У поліграфії застосовують такі види синтетичних клеїв:

полівінілацетатний клей (ПВА) – це водна дисперсія полімеру (полівінілацетату), яка під час висихання утворює прозору, міцну та надзвичайно еластичну плівку. У поліграфії його цінують за високу адгезію до паперу та картону, за те, що клей немає токсичного запаху, і його здатність глибоко проникати у волокна матеріалу для надійного зчеплення. Завдяки своїй стабільності, він не жовтіє із часом і не руйнується під впливом світла, що робить його універсальним вибором як для ручних палітурних робіт, так і для автоматизованих ліній;

латексний клей – це водна емульсія натуральних або синтетичних каучуків, яка після висихання утворює надзвичайно еластичну та гумоподібну плівку. Оскільки латекс є чутливим до світла та кисню (із часом може ставати липким або розкладатися), його частіше використовують для продукції з коротким строком служби або як тимчасову фіксацію. Для палітурок латексний клей у чистому вигляді використовують рідко через надмірну м'якість плівки, яка може спричинити деформацію корінця. Його переважно застосовують як еластичну добавку до ПВА або для виготовлення відривних палітурок (блокнотів, квитанційних книжок), де сторінки мають легко виривати, не пошкоджуючи сусідні аркуші;

поліуретановий клей – це найсучасніший вид адгезиву в поліграфії, який твердне під впливом вологи з повітря, створюючи надміцний хімічний зв'язок. Він утворює надзвичайно тонку та еластичну плівку, що дозволяє книжкам ідеально розгортатися на 180° без ризику випадіння сторінок або розтріскування корінця. Завдяки своїй високій стійкості до екстремальних температур і хімічних речовин, цей клей є затребуваним для виготовлення високоякісних каталогів, фотоальбомів та підручників з інтенсивним використанням;

термоклей – це адгезив на основі етиленвінілацетату, який переходить у рідкий стан під час нагрівання до 160 – 180°С і миттєво застигає під час охолодження. Він гарно підходить для швидкісних автоматизованих ліній, оскільки дозволяє проводити подальше обрізання та пакування книг уже за кілька секунд після нанесення. Хоча цей клей забезпечує високу міцність з'єднання та стійкість до вологи, його плівка із часом може втрачати еластичність і ставати крихкою за низьких температур. У палітурній справі термоклей застосовують для безшовного скріплення книжкових блоків (так званої м'якої обкладинки), завдяки його

здатності миттєво фіксувати аркуші. Однак для елітних видань або книг на дуже щільному крейдованому папері його використовують рідше, оскільки товстий шар застиглого полімеру може заважати легкому розгортанню книги.

Процес перетворення рідкого клею на твердий з'єднувальний прошарок називають **затвердінням**. Залежно від хімічного складу та фізичного стану клею, цей процес може відбуватися різними способами.

Основними **механізмами утворення клейового шва** в поліграфії є такі [13]:

випаровування та *всмоктування розчинника* – цей процес є характерним для водно-дисперсійних клеїв (наприклад, ПВА) та натуральних клейстерів. Під час нанесення рідка фаза клею проникає в капіляри паперу та картону, забезпечуючи глибоке механічне зчеплення з його волокнами. У міру видалення вологи частинки полімеру зближуються і зливаються в суцільну міцну плівку, що надійно тримає деталі;

охолодження розплаву (фізичне затвердіння) – цей механізм використовують у термоклеях, які переходять у робочий стан лише під час нагрівання до високих температур. Після контакту з холодним книжковим блоком клей миттєво віддає тепло і стає твердим, що дозволяє завершити скріплення книги всього за кілька секунд. Такий шов залишається термопластичним, тобто його можна повторно розплавити під час нагрівання, що зручно для виправлення дефектів;

полімеризація (хімічне затвердіння) – цей метод лежить в основі роботи поліуретанових клеїв, які тверднуть, завдяки хімічній взаємодії з вологою, що міститься в папері (картоні) та повітрі. У результаті реакції утворюється складна просторова структура молекул, яка має високу стійкість до розчинників та високих температур. Сформований таким способом шов є незворотним: він не плавиться під час повторного нагрівання та забезпечує найвищу міцність на розрив;

випаровування дисперсійного середовища (коалесценція) – механізм властивий латексним та деяким акриловим клеям, де мікроскопічні частинки каучуку є рівномірно розподіленими в рідині. Коли рідина зникає, ці частинки стикаються одна з одною і буквально "зварюються" у єдину гумоподібну масу. Утворений шов вирізняє висока еластичність, що робить його придатним для продукції, яка потребує багаторазового згинання без ризику розривання.

Міцність склеювання в поліграфії та палітурній справі визначають не лише типом клею, а й низкою фізико-хімічних параметрів взаємодії адгезиву з матеріалом.

Основними факторами, що впливають на міцність клейового з'єднання є такі:

ступінь полімеризації – найвищу міцність мають полімери із середнім ступенем молекулярної структури (оптимальним для конкретного виду клею). Якщо цей показник є нижчим за 30, клей стає занадто рідким і втрачає внутрішню (когезійну) міцність; якщо він є вищим за 400 – розчин стає надмірно в'язким, що заважає йому проникати в пори паперу;

якість змочування – клей має максимально розтікатися по поверхні для створення великої площі контакту. Для якісного з'єднання крайовий кут змочування не має перевищувати 30°; якщо кут є більшим, клей просто "скочується" з поверхні, не створюючи зв'язку;

товщина клейового шару – оптимальна товщина для максимальної міцності становить 0,1 – 1 мкм. Це є важливим правилом: зі збільшенням товщини клейового шару міцність з'єднання суттєво знижується через виникнення внутрішніх напружень та крихкості;

стан поверхні матеріалів – для гарної адгезії поверхні мають бути чистими та шорсткими (саме тому корінці книг часто шліфують). Наявність пилу, жирів або пластифікаторів, що виділяються на поверхню, утворює бар'єр, який перешкоджає контакту клею з волокнами;

будова матеріалу – аморфні матеріали (наприклад, звичайний папір, картон) склеюються набагато легше, ніж кристалічні. У матеріалах із високим ступенем кристалізації (наприклад, це деякі види синтетичних плівок, фольга або щільні ламіновані покриття) побічні валентні сили є насиченими, тому клею важче визначити вільні хімічні зв'язки для надійного прилипання.

У поліграфії та палітурній справі важливими є не лише міцність клейового з'єднання, а й стабільність друкарського виробу (наприклад, книги) протягом багатьох років експлуатації.

Через це ставлять такі **вимоги до поліграфічних клеїв**:

технологічні – клеї мусять мати високу адгезію до різних матеріалів та оптимальну в'язкість для рівномірного нанесення тонким шаром без просочування наскрізь. Важливою є швидкість закріплення, яка дозволяє оперативно переходити до наступних етапів оброблення видання

без ризику зміщення деталей. Також клей має бути стабільним у роботі, не утворюючи згустків та не змінюючи своїх властивостей під час тривалого перебування в клейовому апараті;

фізико-механічні – клейовий шар має зберігати високу еластичність після повного висихання, щоб запобігти розтріскуванню корінця за багаторазового розкриття книги. Важливо, щоб адгезив мав мінімальну усадку, оскільки надмірне стягування матеріалу призводить до жолоблення сторінок та деформації палітурки. Крім того, клей має забезпечувати високу когезійну міцність, надійно утримуючи елементи видання під впливом механічних навантажень;

експлуатаційні – клей має бути стійким до старіння, не жовтіти та не втрачати міцності під дією світла й кисню протягом усього строку служби виробу. Важливою є хімічна нейтральність складу, щоб він не руйнував волокна паперу та не вступав у реакцію із друкарськими фарбами. Крім того, адгезив має бути екологічно безпечним, біостійким до плісняви та не виділяти токсичних випаровувань під час експлуатації.

Рекомендована література: [11; 13].

Питання для самопідготовки

1. Технологія виготовлення книжкового блока.
2. Екологічні та спеціальні покривні палітурні матеріали (безхлорні покриття, матеріали з переробленої сировини, вогнестійкі або вологостійкі покриття).
3. Характеристика матеріалів для декоративного оздоблення (фольги, кольорових полімерних плівок, лаків, фурнітури та додаткових елементів).

Запитання для самодіагностики

1. Який матеріал належить до палітурного картону? Якими властивостями має володіти палітурний картон?
2. Які матеріали належать до покривних палітурних матеріалів?
3. Охарактеризуйте палітурні матеріали на тканинній основі.
4. Які ви знаєте покривні палітурні матеріали на паперовій основі?

5. Охарактеризуйте покривні палітурні матеріали на нетканій основі.

6. Охарактеризуйте покривні палітурні матеріали без основи.

7. Охарактеризуйте покривні палітурні з натуральної шкіри.

8. Які матеріали застосовують для скріплення і зміцнення книжкового блока?

9. Що таке "поліграфічний клей"? Назвіть основні компоненти поліграфічних клеїв та вимоги до них.

10. Дайте загальну характеристику природних і синтетичних клеїв.

9. Еколого-хімічні проблеми в поліграфії

Мета теми полягає у формуванні комплексного розуміння екологічних і хімічних аспектів виробництва поліграфічної продукції та впливу хімічних компонентів видавничо-поліграфічних матеріалів на довкілля і здоров'я людини.

Професійні компетентності: здатність класифікувати видавничо-поліграфічні матеріали за ступенем їхньої екологічної небезпеки; пропонувати альтернативні, екологічно чисті замінники для традиційних токсичних компонентів; запроваджувати способи мінімізації негативного впливу поліграфічних процесів на довкілля під час професійної діяльності.

Основні питання:

9.1. Фактори впливу поліграфічного виробництва на довкілля і здоров'я людини.

9.2. Найбільш небезпечні процеси поліграфічного виробництва.

9.3. Газові викиди поліграфічного виробництва та рекомендації щодо запобігання їм.

9.4. Стічні води та відходи поліграфічного виробництва і рекомендації щодо запобігання їм.

Ключові слова: екологічна безпека, сталий розвиток, хімічний склад матеріалів, небезпечний фактор, шкідливий фактор, хімічні небезпеки, фізичні небезпеки, біологічні небезпеки, психофізіологічні небезпеки, газові викиди, стічні води, тверді відходи, леткі органічні сполуки, аерозолі, кислоти, луги, пил, важкі метали, електромагнітні поля, електромагнітне випромінювання, гранично припустима концентрація (ГДК).

9.1. Фактори впливу поліграфічного виробництва на довкілля і здоров'я людини

Сучасний розвиток поліграфії характеризує зростання уваги до екологічної безпеки виробництва. Підприємства дедалі частіше впроваджують принципи сталого розвитку, орієнтуючись на зменшення використання небезпечних хімічних речовин, скорочення відходів, економію енергоресурсів та поліпшення умов праці. Екологічність виробництва охоплює не лише кінцевий продукт, а й усі стадії технологічного процесу – від підготовки друкарських форм до післядрукарського оброблення виробів.

Хоча поліграфія не належить до найбільш екологічно небезпечних галузей промисловості, її підприємства часто розташовано в межах населених пунктів, що підвищує вимоги до екологічного контролю. Якщо немає або недостатня ефективність санітарно-захисних зон, систем очищення повітря і стічних вод, то це може спричиняти локальне забруднення атмосферного повітря та водних ресурсів.

У виробничому середовищі поліграфічних підприємств діють різні групи небезпечних і шкідливих факторів: хімічних, фізичних, біологічних та психофізіологічних. Основними джерелами небезпек є технологічне обладнання та хімічні компоненти друкарських матеріалів.

Хімічний фактор у поліграфії вважають провідним, оскільки на нього припадає приблизно 50 % усіх виробничих небезпек. Це зумовлено специфікою технологічних процесів, де майже на кожному етапі використовують складні хімічні сполуки [1].

Основними джерелами хімічної небезпеки є такі:

органічні розчинники (сольвенти) – використовують у фарбах, лаках та для промивання обладнання. Найбільш небезпечними є толуен, ксилен, етилацетат та спирти. Вони легко випаровуються, утворюючи леткі органічні сполуки (ЛОС);

друкарські фарби та *пігменти* – можуть містити сполуки важких металів (хрому, кадмію, свинцю, барію). Особливу увагу приділяють азофарбникам, які під час розкладання можуть виділяти канцерогенні аміни;

фотополімерні композиції – використовують для виготовлення друкарських форм. Вони містять акрилові мономери та олігомери, які мають сильну подразнювальну дію на шкіру та слизові оболонки;

допоміжні речовини – кислоти та луги для травлення форм, зволожувальні розчини (із умістом ізопропілового спирту, поверхнево-активних речовин (ПАР)), порошки проти відмарювання;

паперовий пил – виникає під час різання, фальцювання та транспортування паперу. Це не просто целюлоза, а суміш волокон із хімічними відбілювачами, наповнювачами (крейдою, каоліном) та проклеювальними речовинами;

тонерний пил – у цифровому друку частинки тонера (суміш полімерів, магнетиту та вуглецю) мають розмір 5 – 10 мкм, що робить їх надзвичайно леткими.

Хімічний фактор у поліграфії має складний та багатовекторний вплив на довкілля. Оскільки більшість друкарень використовують леткі сполуки, важкі метали та синтетичні полімери, забруднення охоплює всі три природні геосфери: атмосферу, гідросферу та літосферу.

Забруднення атмосфери відбувається через потрапляння в повітря газоподібних викидів, що містять:

леткі органічні сполуки (ЛОС) – під час сушіння фарб та використання розчинників у повітря потрапляють пари ЛОС, які сприяють утворенню приземного озону та фотохімічного смогу;

озон – УФ-лампи, що використовують для закріплення фарб, іонізують повітря, утворюючи озон. Хоча у стратосфері він виконує захисну функцію, біля поверхні землі O_3 є агресивним окиснювачем, що пошкоджує рослинність;

аерозолі та *пил* – паперовий пил у поєднанні із дрібнодисперсними частинками порошків проти відмарювання утворює стійке запилення навколо підприємства.

Забруднення гідросфери здійснюють через скидання у водойми стічних вод, які містять:

важкі метали – залишки пігментів містять сполуки міді, хрому, цинку та кадмію. Потрапляючи у водойми, вони накопичуються в організмах риб та через ланцюги живлення повертаються до людини;

поверхнево-активні речовини (ПАР) – ці речовини містяться в змивних розчинах та зволожувальних сумішах. Вони змінюють натяг води, що перешкоджає газообміну у водоймах та веде до загибелі водної флори;

фотохімікати – відпрацьовані проявники та фіксажі (у традиційних технологіях) мають високу кислотність або лужність, що різко змінює pH води.

Забруднення літосфери здебільшого пов'язано з накопиченням на поверхні ґрунту твердих та пастоподібних відходів, як-от:

шлам друкарських фарб – осади, що залишаються після чищення машин, є токсичними відходами. За неправильного захоронення вони отруюють ґрунтові води;

мікропластик – ламінування паперу полімерними плівками робить його непридатним для швидкої біодеградації. Під час розкладання таких відходів утворюється мікропластик, який десятиліттями залишається в екосистемі;

макулатура з високим умістом хімічних речовин – папір, укритий щільним шаром УФ-лаку або металізованими фарбами, важко піддається вторинному переробленню через складність хімічного відшарування пігменту від волокна, отже, їх вивозять на полігони зберігання твердих відходів.

Хімічний фактор також має значний вплив на організм людини, яка працює в поліграфічній галузі або перебуває на забрудненій території навколо підприємства.

Основними напрямами хімічного впливу на організм людини є такі:

вплив на органи дихання – органи дихання є головним шляхом потрапляння друкарських токсинів та озону в кров. Постійне подразнення слизових оболонок викликає хронічні бронхіти та першіння в горлі. Паперовий пил у поєднанні з хімікатами часто стає причиною професійної астми. Озон від УФ-ламп діє як сильний окиснювач, пошкоджуючи тканини альвеол;

ураження центральної нервової системи – органічні розчинники мають наркотичну дію на мозок. Під час вдихання їхніх парів у людини виникає запаморочення, сонливість та сповільнення реакції. Тривалий вплив призводить до хронічної втоми, розладів сну та частих головних болів. У важких випадках можливо токсичне ураження нервових волокон, що викликає тремор рук;

дерматологічні захворювання – постійний контакт із фарбами та розчинниками руйнує природний ліпідний бар'єр шкіри людини. Це призводить до появи сухості, тріщин та болісних дерматитів. Фотополімери та УФ-акрилати є сильними алергенами, що викликають стійкі екземи. Найбільш небезпечним є миття рук технічними розчинниками, що пришвидшує всмоктування токсинів через пори;

порушення внутрішніх органів та *імунітету* – печінка та нирки беруть на себе основне навантаження з фільтрації хімічних сполук, що потрапили в кров. Постійна інтоксикація може спровокувати розвиток токсичного гепатиту або порушення обміну речовин. Хімічні фактори виснажують захисні сили організму, викликаючи стан вторинного імунодефіциту. Через це людина стає більш уразливою до вірусних та інфекційних захворювань.

Фізичний фактор у поліграфії подано групою явищ, що виникають, унаслідок роботи обладнання, енергетичних процесів та особливостей організації робочого простору. Хоча ці явища є менш агресивними за хімічні, але їхній вплив є кумулятивним (накопичувальним) і часто призводить до формування стійкого фізичного забруднення територій або виникнення професійних захворювань через роки роботи в поліграфічній галузі [8].

До **головних напрямів негативного впливу фізичного фактора на довкілля** належать:

шумове та *вібраційне забруднення* – друкарські цехи обладнано потужними ротаційними машинами та системами вентиляції, які є джерелами постійного техногенного шуму. Якщо підприємство розташовано в межах населеного пункту, шум і низькочастотна вібрація порушують екосистему району. Це негативно впливає на птахів та дрібних тварин, а також знижує якість життя людей у прилеглих будинках;

теплове забруднення – поліграфічне виробництво супроводжують значні енерговитрати, більша частина яких перетворюється на тепло. Потужні системи інфрачервоного та газового сушіння викидають у довкілля великі об'єми нагрітого повітря. Це утворює локальні "теплові острови", які змінюють мікроклімат навколо підприємства, що може впливати на місцеву флору та прискорювати хімічні реакції в атмосфері (наприклад, утворення смогу);

електромагнітне випромінювання – робота потужних електродвигунів, сушильних камер та електронних систем управління створює електромагнітні поля (ЕМП) різної частоти. Тривале випромінювання змінює природний електромагнітний фон. Це може дезорієнтувати комах-запилювачів та перелітних птахів, а також впливати на роботу чутливого електронного обладнання в сусідніх будівлях;

іонізацію повітря та *виділення озону* – ці явища виникають під час роботи ультрафіолетових (УФ) сушарок та пристроїв для зняття статичної

електрики. Жорстке УФ-випромінювання взаємодіє з киснем повітря, утворюючи озон. Потрапляючи в приземний шар атмосфери поза межами цеху, озон діє як сильний окиснювач: він пошкоджує листя дерев, призводить до передчасного старіння полімерних матеріалів у довкіллі та подразнює дихальні шляхи живих організмів.

Фізичні фактори поліграфічної галузі також виявляють негативний вплив на організм працівників. Це виявляють у такому вигляді:

шуму та *вібрації* – постійний звуковий тиск (шум) з інтенсивністю понад 80 – 85 дБ виснажує нервову систему, викликає професійну туговухість та підвищує ризик травматизму через утрату концентрації. Вібрація передається через підлогу або важелі управління. Вона порушує кровообіг, що призводить до болів у суглобах та "вібраційної хвороби";

випромінювання (УФ, ІЧ та *лазерного)* – сучасні технології друкування та додрукарської підготовки основано на використанні різних спектрів енергії. Ультрафіолетове випромінювання діє в сушарках для миттєвого закріплення фарби; без належного екранування викликає опіки сітківки ока та шкіри. Інфрачервоне випромінювання виникає під час теплового сушіння відбитків, що призводить до перегріву працівників та порушення теплообміну. Лазерне випромінювання характерно для CtP-систем, де зображення переносять безпосередньо з комп'ютера на друкарську пластину за допомогою лазерного променя. Прямий або відбитий промінь лазера може миттєво пошкодити зір;

порушення мікроклімату виробничих приміщень – поліграфічні цехи часто характеризують надлишковим тепловиділенням від двигунів та сушильних камер. Висока температура сприяє швидкій утомлюваності та підвищує токсичну дію хімічних речовин (організм швидше вбирає і речовини під час перегрівання). Вологість повітря має бути стабільною і становити 40 – 60 %, але відхилення від норми впливають на слизові оболонки працівників, роблячи їх уразливими до інфекцій та пилу;

електромагнітних полів та *статики* – електромагнітні поля утворюють потужним електрообладнанням, що за тривалого впливу порушує роботу серцево-судинної та ендокринної систем. Статична електрика виникає під час тертя паперу або плівок об валики машин. Окрім ризику пожежі, розряди статики викликають нервове напруження в персоналу та "магнітять" шкідливий пил до обличчя працівника;

освітленості – поліграфія потребує точного контролю за кольором та дрібними деталями (растровими точками).

Отже, недостатнє освітлення або засліплювальні відблиски на глянцевому папері викликають швидку зорову втому, головний біль та розвиток короткозорості.

Біологічний фактор у поліграфії зумовлено мікробним забрудненням повітря та сировини (зокрема макулатури), особливо за умов підвищеної вологості. Він відіграє значну роль на підприємствах із великим обігом паперу та використанням натуральних матеріалів [8].

До **головних аспектів впливу біологічного фактора на організм людини** належать:

бактеріальне та *грибкове обсіменіння* – целюлоза як органічна основа паперового пилу є поживним середовищем для багатьох видів грибків (плісняви) та бактерій, що розмножуються і поширюються у виробничих приміщеннях. В офсетному друці використовують резервуари з водою. Якщо воду не міняти регулярно або не додавати спеціальні біоциди, у ній швидко розвиваються водорості та слизоутворювальні бактерії. Під час друкування ця "біологічна суміш" розпилюється у вигляді аерозолю, який вдихають працівники;

застосування натуральних клеїв – використання клейових сумішей на основі крохмалю або тваринного колагену (хоча вони зараз є рідкісними) також сприяє розвитку мікроорганізмів.

Біологічні фактори діють на організм людини через дихальні шляхи та шкіру, викликаючи:

алергічні реакції – спори грибків і продукти життєдіяльності бактерій є сильними алергенами; вони можуть спричиняти хронічний нежить, кон'юнктивіт та професійну астму;

мікози – тривалий контакт із забрудненим папером (особливо за порушення умов зберігання на складі) може призвести до грибкових уражень шкіри та нігтів;

ослаблення імунітету – постійне вдихання біологічно активного пилу змушує імунну систему працювати в режимі перевантаження, що робить працівника вразливим до звичайних вірусних інфекцій.

Є таке поняття як **біодеградація матеріалів** – це зворотний біологічний фактор, який виявляє вплив мікроорганізмів на саму друкарську продукцію. Грибки можуть руйнувати структуру паперу та змінювати колір фарби на готових виданнях, якщо їх зберігають в умовах підвищеної вологості. Для боротьби із цим у фарби та лаки іноді додають фунгіциди

(антигрибкові речовини), які самі по собі є хімічно агресивними, що створює замкнене коло впливів.

Крім того, має місце **ентомологічний фактор** (наявність шкідників), оскільки склади готової продукції та паперу можуть приваблювати комах (наприклад, папероїдів) і гризунів. Окрім прямого псування накладів, вони є переносниками небезпечних інфекційних захворювань.

Біологічний фактор у поліграфії також має негативний вплив на довкілля, який часто розглядають через призму біозабруднення та порушення природного балансу в екосистемах, куди потрапляють відходи виробництва. Зокрема, макулатура та вологі відходи паперу, що зберігають неналежним способом, стають осередками розмноження мікроскопічних грибів роду Aspergillus і Penicillium, які легко розносить вітер із територій звалищ, забруднюючи навколишнє повітря та ґрунт. Накопичення целюлозних відходів також змінює склад ґрунтових мікроорганізмів, що може пригнічувати ріст місцевих видів рослин.

Психофізіологічний фактор у поліграфії – це особливості робочого процесу, які потребують значного напруження нервової системи, органів чуття та опорно-рухового апарату працівників поліграфічних підприємств. У цій галузі вони мають специфічний характер, оскільки поєднують монотонність із високою відповідальністю за якість дороговартісної продукції [8].

Психофізіологічний фактор пов'язано із:

зоровим напруженням (сенсорним навантаження) – це ключова особливість праці друкарів, коректорів та дизайнерів. Друкар є змушеним безперервно стежити (контролювати) за суміщенням фарб, за тим, щоб не було марашок (дефектів), і стабільністю кольору на високій швидкості. Постійна робота із дрібними деталями, зокрема перевірка растрових точок та шрифтів малих кеглів викликає швидку втомлюваність очних м'язів. Як наслідок, відбувається розвиток короткозорості (міопії), астенопії (зорової втоми) та головного болю;

інтелектуальним та *емоційним навантаженням* – висока відповідальність за виконання певних видів робіт створює постійний психологічний пресинг. Робота в умовах жорстких дедлайнів і нічних змін порушує циркадні ритми, ведучи до розладів сну та хронічного стресу. Оператори цифрових систем і CtP мають постійно обробляти великі масиви даних, що виснажує когнітивні ресурси;

фізичним навантаженням та *робочою позою* – тривале перебування працівників у положенні стоячи створює надмірне статичне навантаження, що провокує розвиток варикозу та захворювань хребта. Потреба в маніпуляції з важкими деталями та матеріалами потребують значної фізичної сили й підвищують ризик травмування опорно-рухового апарату. Водночас висока монотонність операцій під час деяких видів робіт притуплює увагу, що часто призводить до помилок та виробничого травматизму.

9.2. Найбільш небезпечні процеси поліграфічного виробництва

Серед різноманітних процесів поліграфічного виробництва найбільшу екологічну та гігієнічну небезпеку традиційно становили **процеси додрукарської підготовки**, особливо ті, що пов'язані з використанням токсичних металів і агресивних хімічних реагентів. Водночас слід зазначити, що частина таких технологій (наприклад, свинцеве лінотипне лиття) сьогодні практично не застосовують, однак їхній аналіз має історичне та навчальне значення [1; 13].

До **найбільш небезпечних процесів додрукарської підготовки** належать:

виготовлення набірно-ливарних форм високого друку з використанням свинцевих сплавів. Під час плавлення металу в повітря потрапляють випари свинцю та дрібнодисперсний пил, що створює ризик хронічних отруєнь;

виготовлення цинкових і *магнієвих форм* методом травлення, за якого застосовують розчини кислот (зокрема нітратної). У процесі травлення можуть виділятися оксиди нітрогену та кислотні аерозолі, а промивні води містити залишки травильних розчинів і продукти реакцій;

виготовлення біметалевих офсетних форм із застосуванням хімічного травлення хрому. Використання сполук шестивалентного хрому утворює підвищену токсикологічну небезпеку та потребує спеціальних систем очищення стічних вод;

гальванічні процеси (нікелювання, міднення, хромування форм глибокого друку), які супроводжують утворенням кислотних і лужних аерозолів та забрудненням стічних вод іонами металів;

фототехнічні процеси, пов'язані із традиційним проявленням плівок і форм, що потребує агресивних проявників та фіксажів, які містять гідрохінон і сполуки срібла.

У сучасній поліграфії значну частину цих технологій замінено цифровими та безпроцесними системами виготовлення форм (CtP), що суттєво зменшило використання агресивних хімічних речовин.

Друкарські процеси загалом уважають менш токсичними, ніж процеси виготовлення форм, однак у процесі друкування і сушіння відтисків виникають специфічні хімічні та фізичні ризики. Основне негативне навантаження пов'язано з використанням фарб, розчинників і значними енерговитратами на закріплення зображення.

Найбільшу небезпеку під час друкарських процесів мають:

глибокий друк, який передбачає традиційне застосування фарб на основі органічних розчинників (толуену, ксилену, естерів та спиртів). Під час друкування та сушіння ці речовини інтенсивно випаровуються, утворюючи леткі органічні сполуки (ЛОС). Сучасні підприємства поступово переходять на фарби зі зниженим умістом розчинників або на водні системи;

високотемпературне сушіння через проходження паперу через інфрачервоні або повітродувні сушарки. Під час цього процесу відбувається інтенсивне випаровування розчинників і зв'язувальних компонентів фарб, утворення продуктів термічної деструкції полімерів, а також нагрівання повітря робочої зони. Окрім хімічного аспекту, цей процес має значний енергетичний вплив, оскільки сушильні установки споживають великі обсяги електроенергії або теплової енергії, що опосередковано збільшує вуглецевий слід підприємства;

ультрафіолетове закріплення фарб є сучасною альтернативою традиційному сушінню. Перевагою є те, що немає летких розчинників, і швидке твердіння фарб. Проте існують певні ризики, пов'язані з утворенням озону під дією УФ-випромінювання, впливом жорсткого ультрафіолетового випромінювання на шкіру й органи зору працівників за порушення техніки безпеки, потреби в контролі за температурним режимом та вентиляцією.

На етапі **брошурування** і **палітурних робіт** основне навантаження пов'язано не стільки з хімічними речовинами, скільки з фізико-механічними факторами виробничого середовища. Водночас окремі технологічні операції можуть супроводжувати й хімічні ризики.

Найбільш небезпечними процесами післядрукарського оброблення виробів є такі:

різання, фальцювання, шиття та *обрізування* блоків, яке призводить до утворення паперового та картонного пилу;

лакування продукції за допомогою засобів на основі органічних розчинників (зокрема нітроцелюлозних), яке сприяє потраплянню в повітря парів токсичних летких сполук;

термоклейові процеси скріплення блоків, що здійснюють із застосовуванням клеїв-розплавів на основі полімерів. Їхнє нагрівання супроводжує виділення парів і продуктів термоокиснювальної деструкції полімерів.

Концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої зони поліграфічних підприємств, а також у відпрацьованих технологічних розчинах і промивних водах, що відводять у каналізаційні мережі або після очищення скидають у водні об'єкти, не має перевищувати встановлених гранично допустимих концентрацій (ГДК). Дотримання цих нормативів є обов'язковою вимогою під час проєктування, будівництва й експлуатації поліграфічних підприємств, його регламентують санітарними нормами та природоохоронним законодавством.

Контроль за вмістом летких органічних сполук, аерозолів кислот і лугів, пилу, іонів важких металів та інших забруднювачів здійснюють за допомогою виробничого моніторингу повітря, стічних вод і відходів. У разі перевищення нормативів підприємство зобов'язано впроваджувати такі коригувальні заходи: модернізацію вентиляційних систем, установлення очисних споруд, заміну небезпечних матеріалів менш токсичними аналогами.

Підвищення екологічної безпеки поліграфічного виробництва реалізують за двома основними напрямами:

зниження негативного впливу наявних технологічних процесів, що охоплює:

герметизацію обладнання та вдосконалення систем місцевої й загальнообмінної вентиляції;

очищення газових викидів;

локальне очищення та нейтралізацію стічних вод;

раціональне використання сировини й повторне перероблення відходів паперу та картону;

заміну фарб на основі органічних розчинників на водні або низьколеткі композиції;

розроблення та впровадження сучасних екологічно орієнтованих технологій, а саме:

безпроцесних систем виготовлення форм;

цифрового друку, що зменшує кількість допоміжних хімічних операцій;

УФ- та LED-отвердіння фарб без використання летких розчинників;

автоматизованих маловідходних виробничих ліній із замкненими циклами водопостачання;

енергоефективного обладнання з мінімальним вуглецевим слідом.

9.3. Газові викиди поліграфічного виробництва та рекомендації щодо запобігання їм

Газоподібні викиди поліграфічного виробництва розподіляють на технологічні та вентиляційні [8].

До **технологічних викидів** належать потоки, що утворюються безпосередньо під час виконання виробничих операцій:

у сушильних системах машин глибокого та флексографічного друку;

у лакувальних установках;

під час ламінування та пресування плівки;

у системах сушіння палітурок і книжкових блоків.

Такі викиди зазвичай мають високу концентрацію шкідливих речовин, насамперед летких органічних сполук (ЛОС), тому підлягають обов'язковому очищенню перед викидом в атмосферу.

Вентиляційні викиди формують системами загальнообмінної та місцевої витяжної вентиляції.

Викиди місцевої витяжної вентиляції (від конкретного обладнання) за складом і концентрацією забруднювачів часто є наближеними до технологічних і також потребують очищення.

Викиди загальнообмінної вентиляції характеризують нижчими концентраціями шкідливих речовин, однак їхній обсяг може бути значним, що потребує постійного контролю за відповідністю нормативам.

До **складу газових викидів** поліграфічних виробництв входять:

леткі органічні сполуки (ЛОС);

інші токсичні газоподібні речовини;

тверді частинки (аерозолі, пил).

Леткі органічні сполуки становлять переважну частину токсичних викидів поліграфії (до 90 – 99 %, залежно від технології).

Основними джерелами їхнього утворення є такі:

фарби на основі органічних розчинників (глибокий та флексографічний друк);

зволожувальні розчини в офсетному друці, особливо за наявності ізопропілового спирту;

змивні й очисні розчини для миття форм і обладнання;

лаки на нітрооснові;

клеї та адгезиви на основі органічних розчинників, які застосовують для ламінування та безшовне скріплення.

До **рекомендованих заходів щодо запобігання викидам ЛОС та контролю за ними** належать [1; 8]:

заміна матеріалів і технологій – перехід на фарби на водній основі або на основі рослинних олій; використання УФ- та LED-отвердіння без розчинників; упровадження офсетного друку без зволоження; застосування низьколетких або безспиртових зволожувальних розчинів; використання водних або біорозкладних мийних засобів; перехід на цифрові технології виготовлення форм;

технічні заходи зниження випаровувань – автоматизовані системи змивання; герметичні резервуари для зберігання розчинників; насосні системи закритого типу; охолодження зволожувальних розчинів для зниження випаровування спиртів; належне зберігання забрудненого ганчір'я в закритих контейнерах;

вторинне очищення викидів – адсорбцію на активованому вугіллі; термічне або каталітичне окиснення; рекуперацію розчинників із поверненням у виробництво;

організаційні заходи – облік споживання розчинників і контроль за ними; регулярний моніторинг викидів; розроблення програм поступового скорочення використання летких речовин.

Окрім ЛОС, у спеціалізованих процесах (зокрема під час виготовлення циліндрів глибокого друку) можливо виділення *інших токсичних сполук*, а саме:

сполук шестивалентного хрому (Cr^{+6});

кислотних парів (HCl);

ізоціанатів (похідні ізоціанатної кислоти HN = C = O) у клеях та покриттях.

До рекомендованих **заходів щодо зниження такого роду викидів та запобігання їм** належать [1; 8]:

установлення аерозольних екранів над гальванічними ваннами;

підтримання оптимальних режимів роботи ванн і герметизація обладнання під час виготовлення друкарських форм;

використання менш летких або менш токсичних аналогів;

застосування закритих систем змішування і перекачування;

очищення повітря за допомогою спеціалізованих фільтраційних установок.

Під час різання паперу й картону, фальцювання, перфорації та обрізування друкованої продукції утворюється значна кількість **твердих частинок** – паперового пилу. Через його негативний вплив на здоров'я працівників галузі та стан атмосферного повітря викиди паперового пилу необхідно мінімізувати через застосування ефективних профілактичних і очисних заходів.

До рекомендованих **заходів запобігання утворенню та зниження кількості паперового пилу** належать [1; 8]:

зменшення утворення та локалізація пилу в місцях його виникнення – оснащення обладнання (великих фальцювальних, різальних і друкарських машин) убудованими пилозбірниками; установлення вакуумних систем аспірації безпосередньо на вході та виході друкарських машин; підтримання оптимальної відносної вологості повітря для зниження інтенсивності пиловиділення; застосування сучасних ножів і різальних інструментів із мінімальним утворенням пилу;

організація ефективного збирання пилу у виробничих приміщеннях – утворення локальних зон із пониженим тиском (у ділянках різання та друкування) для запобігання поширенню пилу; герметизація виробничих приміщень через установлення ущільнювачів на підлогах і дверях для відокремлення "пилових" зон від інших ділянок; монтаж припливно-витяжної вентиляції з фільтрувальними вентиляторами; очищення повітря за допомогою циклонних установок та високоефективних фільтрів, здатних затримувати найдрібніші частинки.

9.4. Стічні води та відходи поліграфічного виробництва і рекомендації щодо запобігання їм

Стічні води в поліграфії утворюються переважно під час додрукарської підготовки, виготовлення друкарських форм та оброблення фотоматеріалів (традиційні фотохімічні процеси, які нині поступово витісняють цифровими технологіями) [8].

На етапі експонування та проявлення фотоплівок застосовували світлочутливі солі срібла, лужні й кислотні розчини та інші хімічні реагенти,

характерні для чорно-білого друку: н-гексан, тіосульфат натрію, аміак, гідрохінон, діетаноламін, сполуки цинку тощо.

У стічних водах, що утворюються під час проявлення та закріплення зображення, можуть міститися: сполуки важких металів (зокрема срібла, іноді ртуті); відпрацьовані проявники й закріплювачі; промивні води з домішками барвників, кислот, органічних розчинників (наприклад, толуену), активних акрилатів.

У процесі виготовлення форм і циліндрів для глибокого друку застосовують травильні розчини, до складу яких можуть входити нітратна кислота, перхлоретилен, бутанол, сполуки міді та хрому, етиленгліколь, його ефіри, метанол. Промивні води після оброблення циліндрів часто мають кисле середовище та містять іони міді, хрому й нікелю, що потребує обов'язкового очищення перед скиданням.

До **рекомендованих заходів щодо запобігання утворенню стічних вод** належать [1; 8]:

заміна небезпечних речовин і впровадження безпечніших технологій – використання фотоплівок і друкарських форм із водним проявленням; перехід на цифрові технології виготовлення форм; застосування лаків на водній основі; використання клеїв, розчинних у воді, або адгезивів із низьким умістом летких органічних сполук; відмова від хлорумісних і високотоксичних розчинників;

скорочення обсягів стічних вод, що потребують очищення – упровадження безсрібних фотоматеріалів та технологій безпромивного оброблення; організацію промивання за принципом протитечії для зниження споживання води; зниження вмісту хлору, свинцю, барію у фарбах та заміна їх на менш токсичні аналоги; застосування альтернативних способів нанесення покриттів (електростатичного напилення, спікання); максимальне повторне використання очищених стічних вод у замкнених водооборотних системах.

У процесі поліграфічної виробництва утворюються як рідкі, так і тверді **відходи**, що можуть містити токсичні компоненти та потребують належного поводження, відповідно до екологічних вимог [8].

До *рідких відходів* належать такі:

залишки друкарських фарб, які можуть містити сполуки цинку, хрому, барію, олова, марганцю, а також органічні розчинники (бензен, дибутил- і етилацетати);

відпрацьовані зволожувальні та змивні розчини (трихлоретан, метиленхлорид, чотирихлорметан, ацетон, метанол);

залишки розчинників і хімічних реагентів у тарі (толуен, ксилен, ефіри гліколю, метилетилкетон, етанол);

відходи фарб на водній основі, що можуть містити фотоініціатори та окремі біоцидні добавки;

залишки органічних речовин, які утворюються під час післядрукарського оброблення (н-гексан, метанол; 1,1,1-трихлоретан).

Твердими відходами поліграфії є такі:

макулатура із залишками фарб, що містять важкі метали (цинк, барій, кадмій);

використані друкарські форми (металеві та полімерні);

відходи травлення циліндрів глибокого друку;

пластикові та інші полімерні носії;

використане ганчір'я, пакувальні матеріали, тара;

відпрацьовані картриджі та допоміжні витратні матеріали.

До **рекомендацій щодо видалення та очищення відходів** у поліграфічній галузі належать [1; 8]:

скорочення обсягів утворення відходів – упровадження комп'ютеризованих систем дозування фарби та цифрового налаштування обладнання для зменшення кількості приладних відбитків; використання довготривалих (високотиражних) друкарських форм; перехід від хімічного травлення до гравіювання формних циліндрів у глибокому друці; повторне використання залишків фарб після фільтрації та коригування властивостей; застосування сучасних полімерних форм із можливістю перероблення;

раціональна утилізація та перероблення – переплавлення металевих друкарських форм; регенерація розчинників із повторним використанням у виробництві; передавання небезпечних відходів ліцензованим підприємствам для знешкодження; використання відпрацьованих фарб і розчинників як альтернативного палива (за умови дотримання екологічних норм); організація роздільного збирання та вторинного перероблення макулатури й пакувальних матеріалів.

Отже, комплексний підхід до управління всіма видами відходів дозволяє знизити екологічне навантаження, підвищити ресурсоефективність

виробництва та забезпечити відповідність діяльності поліграфічного підприємства сучасним екологічним стандартам.

Рекомендована література: [1; 8; 13].

Питання для самопідготовки

1. Екологічні аспекти технології виготовлення паперу.
2. Екологічні аспекти технології виготовлення і застосування друкарських фарб.
3. Екологічні аспекти використання металів і сплавів у поліграфії.
4. Екологічні аспекти використання пластикових матеріалів у поліграфії.

Запитання для самодіагностики

1. Дайте характеристику основних хімічних небезпек поліграфічного виробництва.
2. Охарактеризуйте основні фізичні небезпеки поліграфічного виробництва.
3. Що належить до біологічних небезпек поліграфічного виробництва?
4. У чому полягає особливість психофізіологічного фактора поліграфічного виробництва?
5. Які процеси є найбільш небезпечними на стадії додрукарської підготовки?
6. Які процеси є найбільш небезпечними під час друкування?
7. Які процеси є найбільш небезпечними на стадії післядрукарського оброблення виробів?
8. Який склад мають газові викиди поліграфічного виробництва? Наведіть основні рекомендації щодо зниження цих викидів та запобігання їм.
9. Який склад мають стічні води поліграфічного виробництва? Наведіть основні рекомендації щодо їх зниження та запобігання їм.
10. Що входить до складу відходів поліграфічного виробництва? Наведіть основні рекомендації щодо їх зниження та запобігання їм.

Тестові завдання з розділу 2

1. Фотополімери – це:

а) високомолекулярні органічні речовини, молекули яких під дією світла за наявності ініціаторів зчіплюються між собою і втрачають здатність розчинятися;

б) високомолекулярні органічні речовини, молекули яких під дією каталізаторів зчіплюються між собою і втрачають здатність розчинятися;

в) високомолекулярні органічні речовини, молекули яких під дією світла за наявності ініціаторів зчіплюються між собою і набувають здатності розчинятися.

2. На друкарській формі плоского друку:

а) друкувальні елементи заглиблено відносно пробільних елементів;

б) друкувальні елементи розташовано вище за пробільні;

в) друкувальні та пробільні елементи розташовано в одній площині та їх розрізняють за фізико-хімічними властивостями.

3. Офсетне полотно складається з:

а) мідного, нікелевого та сталевого шарів;

б) сплаву міді;

в) каучукового фарбопередавального, тканинного, компресійного, кордового, прогумованого текстильного шарів.

4. Уставте потрібне слово:

"Зволожувальний розчин застосовують під час _____ друкування".

5. Для виробництва паперу використовують такі волокнисті матеріали:

а) целюлозу дерев і рослин, деревну маса, крейду;

б) целюлозу хвойних та листяних дерев, целюлозу однолітніх рослин, синтетичні волокна;

в) целюлозу дерев і рослин, макулатуру, ганчір'я, шкіру.

6. Зольність паперу визначає:

а) кількість наповнювача у складі паперу;

б) кількість барвних речовин у складі паперу;

в) кількість проклеювальних речовин у складі паперу.

7. Метою крейдування паперу є:

а) утворення паперу з більшою масою, поруватістю і міцністю, що поліпшує його друкарські властивості;

б) утворення щільного паперу із гладкою поверхнею, що забезпечує під час друкування рівномірне вбирання друкарської фарби та здатність застосування растрів високої лініатури;

в) підвищення білизни й зольності паперу.

8. Уставте потрібні слова:

"До хімічних способів утворення фарбової плівки на задрукованому матеріалі належать _____ ".

9. Сикативи – це:

а) речовини, що прискорюють закріплення фарб на відбитку;

б) речовини, що уповільнюють окиснення і плівкоутворення;

в) речовини, що застосовують для запобігання переходу фарби з відбитка на інші поверхні.

10. Спосіб друкування, який виконують без застосування друкарських форм:

а) трафаретний друк;

б) флексографічний друк;

в) цифровий друк.

11. Принципова відмінність між папером і картоном полягає в:

а) масі 1 $м^2$, товщині та призначенні;

б) умісті волокнистих матеріалів, наповнювачів, проклеювальних речовин;

в) призначенні.

12. До покривних палітурних матеріалів належать:

а) поліграфічна марля, каптал, нитки;

б) ледерин, коленкор, бумвініл;

в) ледерин, шкіра, поліграфічна марля.

13. Уставте потрібне слово:

"До матеріалів на паперовій основі з поліхлорвініловим покриттям належить _____ ".

14. Процес просочення тканин спеціальними розчинами, із метою поліпшення їхнього зовнішнього вигляду і надання їм особливих властивостей (м'якості, еластичності, водонепроникності, вогнестійкості тощо), – це:

а) апретування тканини;

б) проклеювання тканини;

в) каландрування тканини.

15. Основними компонентами клеїв є такі:

а) полімери або олігомери, що містять хімічно активні групи та мають низьку температуру склування;

б) мінеральні речовини з низькою температурою склування для забезпечення еластичності клейової плівки;

в) полімери або олігомери, що містять хімічно активні групи та мають високу температуру склування.

Використана та рекомендована література

1. Аналіз хімічних небезпек і попередження їхнього впливу на працівників поліграфічного виробництва [Електронний ресурс] / Є. О. Михайлова, О. Ф. Протасенко, М. О. Мороз, Д. М. Дейнека // Комунальне господарство міст. – 2025. – Т. 1. – Вип. 189. – С. 404–409. – Режим доступу : https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/35916.

2. Басов В. П. Хімія: загальна, органічна та неорганічна хімія : навч. посіб. / В. П. Басов, В. М. Родіонов. – Київ : Каравела, 2018. – 320 с.

3. Величко О. М. Матеріали зі спеціальними властивостями : навч. посіб. / О. М. Величко, С. Ф. Гавенко, К. І. Золотухіна. – Львів : УАД, 2016. – 155 с.

4. Воронов С. А. Органічна хімія : підручник / С. А. Воронов, В. А. Дончак, А. М. Когут. – Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2021. – 488 с.

5. Гуріна Г. І. Пігменти : навч. посіб. / Г. І. Гуріна. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 158 с.

6. Дмитрів Г. С. Загальна та неорганічна хімія : навч. посіб. / Г. С. Дмитрів, В. В. Павлюк. – Львів : ЛНУ ім. І. Франка, 2024. – 318 с.

7. Загальна хімія : навч. посіб. / А. М. Корогодська, І. В. Асєєва, В. І. Булавін та ін. – Харків : НТУ "ХПІ", 2025. – 407 с.

8. Ніколаєва А. С. Екологізація поліграфічного виробництва : навч. посіб. / А. С. Ніколаєва. – Київ : ДНЗ "Центр професійної освіти інформаційних технологій, поліграфії та дизайну м. Києва", 2017. – 102 с.

9. Новіков О. І. Органічна хімія : навч. посіб. / О. І. Новіков, С. Ю. Петрухін. – Харків : ФВП НТУ "ХПІ", 2017. – 320 с.

10. Пушкар О. І. Технології поліграфічного виробництва [Електронний ресурс] : навч. посіб. / О. І. Пушкар, Є. М. Грабовський, М. М. Оленич. – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2019. – 194 с. – Режим доступу : http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/21438.

11. Солтис І. В. Видавничо-поліграфічні матеріали Ч1. Друкарський папір та картон : навч. посіб. / І. В. Солтис, О. В. Дуболазов. – Чернівці : Чернівецький нац. ун-тет, 2021. – 347 с.

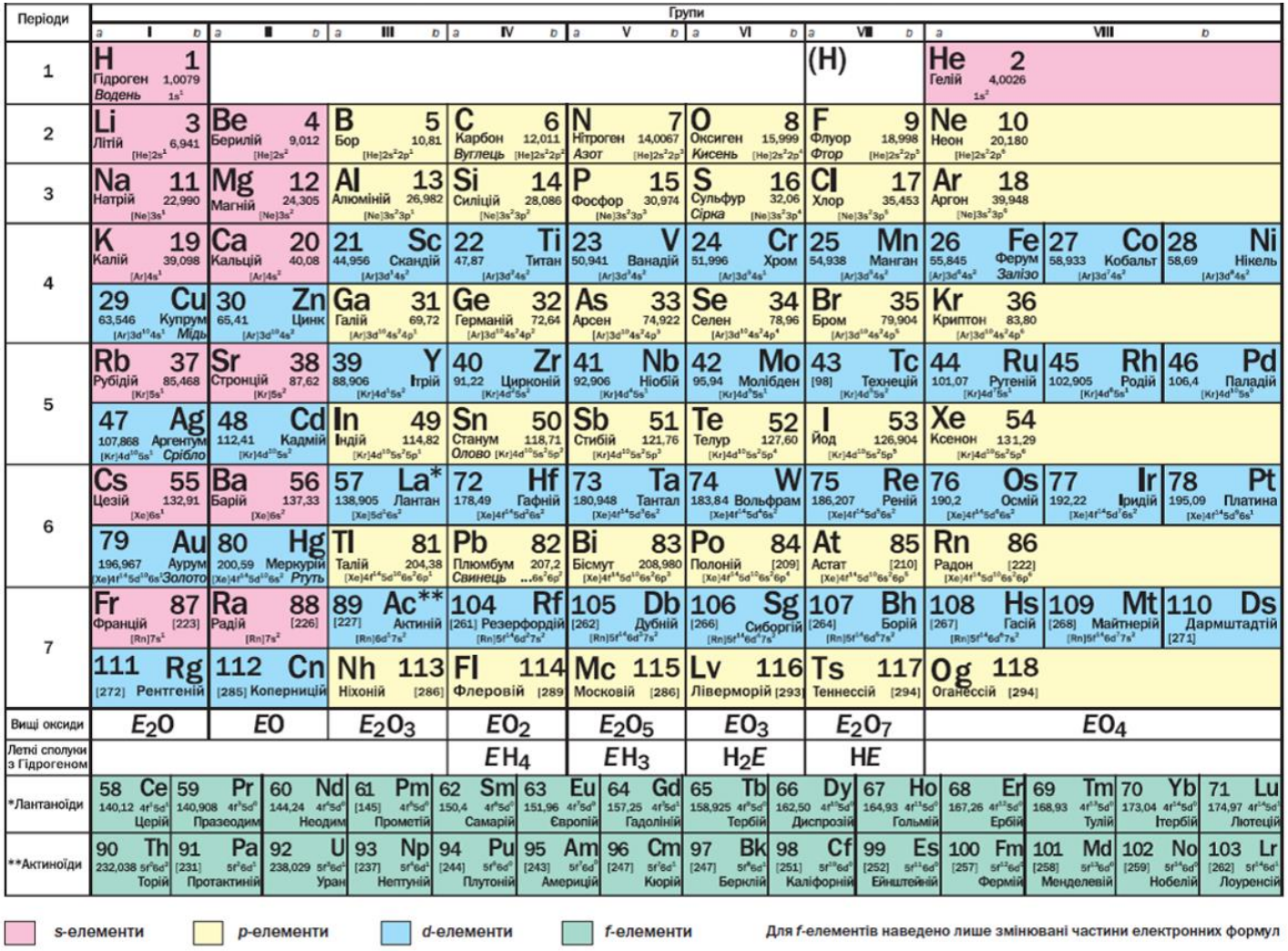
12. Хімія [Електронний ресурс] : навч. посіб. / С. М. Логвінков, О. М. Борисенко, Є. О. Михайлова, Г. С. Попенко. – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2019. – 186 с. – Режим доступу : http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/21443.

13. Шпак В. І. Поліграфія: книга редактора : навч. посіб. / В. І. Шпак. – Київ : ДП "Експрес-об'ява", 2017. – 288 с.

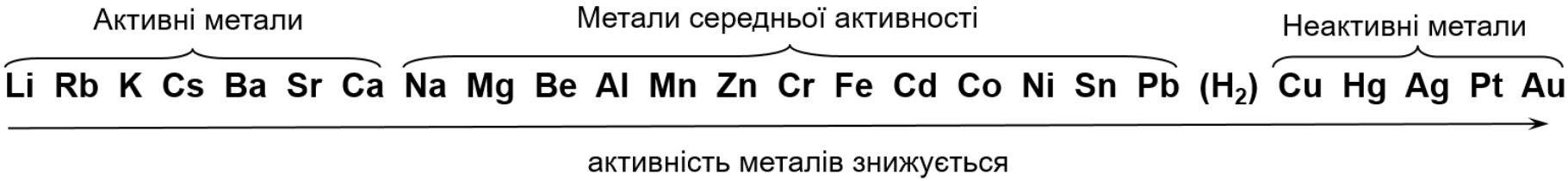
Додатки

Додаток А

Періодична система хімічних елементів



Ряд активності металів / електрохімічний ряд напруги



Додаток В

Розчинність солей, кислот і лугів у воді

іони	H^+	NH_4^+	Li^+	K^+	Na^+	Ag^+	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Zn^{2+}	Ni^{2+}	Sn^{2+}	Pb^{2+}	Cu^{2+}	Hg^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Al^{3+}	Cr^{3+}
OH^-		р	р	р	р	–	р	м	м	н	н	н	н	н	н	–	н	н	н	н
F^-	р	р	м	р	р	р	м	н	м	р	м	р	р	м	р	–	м	н	м	м
Cl^-	р	р	р	р	р	н	р	р	р	р	р	р	р	м	р	р	р	р	р	р
Br^-	р	р	р	р	р	н	р	р	р	р	р	р	р	м	р	м	р	р	р	р
I^-	р	р	р	р	р	н	р	р	р	р	р	р	р	н	–	м	р	–	р	р
S^{2-}	р	р	р	р	р	н	–	–	–	н	н	н	н	н	н	н	н	–	–	–
SO_3^{2-}	р	р	р	р	р	н	м	м	м	м	м	н	–	м	–	–	м	–	–	–
SO_4^{2-}	р	р	р	р	р	м	н	м	р	р	р	р	р	н	р	р	р	р	р	р
CO_3^{2-}	р	р	р	р	р	н	н	н	н	н	н	–	–	н	–	–	н	–	–	–
SiO_3^{2-}	н	–	р	р	р	–	н	н	н	н	н	н	–	н	–	–	н	–	–	–
PO_4^{3-}	р	р	м	р	р	н	н	н	н	н	н	н	н	н	–	–	н	н	н	н
NO_3^-	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р
CH_3COO^-	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	–	р	р

Примітки:

р – розчинна (більше ніж 1 г на 100 г води);

м – малорозчинна (від 1 г до 0,001 г на 100 г води);

н – нерозчинна (менше ніж 0,001 г на 100 г води);

"–" – речовина розкладається водою або не існує.

Зміст

Вступ 3
Розділ 1. Хімія 5
1. Базові основи хімічної складової поліграфії 5
1.1. Видавничо-поліграфічні матеріали та їхня класифікація 5
1.2. Вимоги до видавничо-поліграфічних матеріалів 8
1.3. Основні хімічні поняття в поліграфії: матеріал, речовина 13
1.4. Властивості речовин 17
2. Метали та сплави в поліграфії 24
2.1. Загальна характеристика металів 24
2.2. Метали, які застосовують у поліграфії 32
2.3. Загальна характеристика сплавів 43
2.4. Найважливіші властивості друкарських сплавів 45
3. Органічні речовини в поліграфії 49
3.1. Основні положення органічної хімії 49
3.2. Загальні відомості про полімери 60
3.3. Полімери та їхнє застосування в поліграфії 66
3.4. Пластмаси, каучуки й гума в поліграфії 73
4. Неорганічні речовини в поліграфії 78
4.1. Склад і властивості основних класів неорганічних сполук 78
4.2. Оксиди, які застосовують у поліграфії 96
4.3. Гідроксиди, які застосовують у поліграфії 99
4.4. Кислоти, які застосовують у поліграфії 102
4.5. Солі, які застосовують у поліграфії 104
Тестові завдання з розділу 1 108
Розділ 2. Видавничо-поліграфічні матеріали 111
5. Формні матеріали 111
5.1. Формні матеріали високого друку 111
5.2. Формні матеріали глибокого друку 119
5.3. Формні матеріали плоского друку 121
5.4. Офсетне полотно 125

6. Папір 130
6.1. Загальні відомості про папір 131
6.2. Склад паперу 134
6.3. Класифікація паперу 145
6.4. Види друкарського паперу та вимоги до нього 147
7. Друкарські фарби 158
7.1. Загальні відомості про друкарські фарби 159
7.2. Склад друкарських фарб 162
7.3. Класифікація друкарських фарб 171
7.4. Види друкарських фарб, залежно від способу друкування, та вимоги до них 180
8. Палітурні матеріали 186
8.1. Палітурний картон 187
8.2. Покривні палітурні матеріали 192
8.3. Матеріали для скріплення та зміцнення книжкового блока 202
8.4. Поліграфічні клеї 206
9. Еколого-хімічні проблеми в поліграфії 214
9.1. Фактори впливу поліграфічного виробництва на довкілля і здоров'я людини 215
9.2. Найбільш небезпечні процеси поліграфічного виробництва 222
9.3. Газові викиди поліграфічного виробництва та рекомендації щодо запобігання їм 225
9.4. Стічні води та відходи поліграфічного виробництва і рекомендації щодо запобігання їм 227
Тестові завдання з розділу 2 231
Використана та рекомендована література 234
Додатки 235

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Михайлова Євгенія Олександрівна
Козуб Павло Анатолійович

ХІМІЯ ТА ВИДАВНИЧО-ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ

Навчальний посібник

Самостійне електронне текстове мережеве видання

Відповідальний за видання *А. А. Івашура*

Відповідальний редактор *О. С. Вяткіна*

Редактор *О. Г. Доценко*

Коректор *О. Г. Доценко*

План 2026 р. Поз. № 20-ЕНП. Обсяг 240 с.

Видавець і виготовлювач – ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 61165, м. Харків, просп. Науки, 9-А

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру
ДК № 4853 від 20.02.2015 р.