



Лекція 6  
Технології  
друкарських  
процесів



## Основні поняття друкарських процесів

*Друкування* – це багаторазове отримання однакових зображень із заданими параметрами якості шляхом перенесення фарби з друкарської форми (безпосередньо або через проміжну поверхню) на матеріал, що запечатується. Отримуване при цьому зображення називається *відбитком*. Загальним завданням процесу друку є відтворення з необхідною точністю зображень (тексту або ілюстрацій), що знаходяться на друкарській формі.

Основними ознаками друкарського процесу є:

- перенесення фарби з друкарської форми на матеріал, що запечатується та її закріплення на ньому;
- багаторазовість отримання відбитків та його ідентичність.

Проблему побудови загальноприйнятої класифікації методів друкування нині вважатимуться остаточно вирішеної. Частково це пояснюється подальшим розвитком друкарських технологій та обладнання.

При побудові системи класифікації застосовують певні класифікаційні ознаки. Найбільш поширена класифікація за принципом просторового розташування на друкарській формі друкуючих та пробільних елементів. З урахуванням цієї ознаки розрізняють основні види друку: висока, плоска, глибока. Їхні різновиди є способами друку. Цю класифікацію не можна вважати повною мірою задовільною, оскільки вона пов'язана безпосередньо з

процесом друкування, а виходить з розгляду особливостей друкарських форм.

До суто технічних ознак способу виготовлення друкарської продукції відносяться такі класифікаційні ознаки:

1. спосіб перенесення фарби на матеріал, що запечатується – прямий (контактний), непрямий (офсетний), безконтактний (струменевий друк);
2. принцип друкування, що відображає особливості взаємозв'язку формного та друкарського процесу – друкування з постійної форми (високий друк), із змінної форми (офсетна), без друкарської форми (струменева);
3. спосіб отримання друкарського зображення, що передбачає використання конкретного механізму утворення друкуючих та пробільних елементів, взаємодія способу перенесення фарби та принципу друкування, а також враховує специфічні особливості друкарської форми (гнучка, еластична, не потребує зволоження тощо), використання при друкуванні особливих фізичних або фізико-хімічних ефектів, що зумовлюють можливості чи швидкодію друкарського процесу.

Головним напрямом розвитку поліграфічної промисловості є скорочення загальної кількості способів друку при одночасному розширенні їх технологічних можливостей. Нині у друкарських процесах налічується 135 технологічних методів друкування.

З них 56 способів відносяться до плоского друку, 31 – до спеціальних способів друкування, 24 – до глибокого друку, 13 – до високого друку, 11 – до цифрового друку.

Останнім десятиліттям відбулися відчутні зміни у розвитку основних способів друкування. В результаті вдосконалення формних процесів, покращення властивостей та розробки нових видів друкарських матеріалів, створення ефективних друкарських систем, технологічні можливості високого, офсетного та глибокого друку суттєво зблизилися. Цьому сприяє об'єднання технологічної бази додрукарських процесів. Комп'ютерний набір, електронні системи обробки зображень на графічних робочих станціях застосовуються для додрукарської підготовки під час використання практично

всіх видів та способів друкування.

Одним із пріоритетних напрямків розвитку поліграфічного виробництва є автоматизація всіх виробничих процесів, створення наскрізних цифрових систем, починаючи з обробки текстової та образотворчої інформації та закінчуючи палітурними процесами.

Насправді встановлено, кожен спосіб друку реалізує свої сильні боки під час виробництва певної друкарської продукції. Відповідно до цього основні способи друку завойовують свої сегменти ринку.

*Глибокий друк* завдяки високій якості вже довгий час закриває постійний сегмент ринку. Але її частка на ринку становить близько 10%, тому що потрібні великі витрати на виготовлення друкарських форм, а випуск продукції рентабельний тільки за дуже великих тиражів.

*Офсетний друк* тривалий час займав найбільшу частку ринку завдяки меншим витратам на виготовлення друкарських форм (порівняно з високим способом друку), більшою мірою автоматизації, меншим часом налагодження та високою якістю друку. Офсетний друк далі розвиватиметься на основі ще більшого впровадження цифрових процесів та подальшого поширення технології комп'ютер-друкарська машина.

Поширення безконтактних та цифрових технологій ґрунтується на їх перевагах при друкуванні малих і дуже малих тиражів, а також на можливості здійснення нових виробничих стратегій, таких як «Друк на вимогу», «Книга на вимогу», персоналізація друкарської продукції.

Класичний друкарський процес у загальному вигляді можна подати за допомогою схеми, наведеної на рис. 6.1. Відповідно до даної узагальненої схеми в кожній друкарській машині можна виділити чотири основні робочі органи:

1. систему подачі паперу, що підводить аркушевий або рулонний матеріал до зони друкарського контакту та оснащену пристроями для відокремлення аркушів від стопи (або розмотування рулону), вирівнювання положення кожного аркуша або паперового полотна по відношенню до

друкарської форми та забезпечення рівномірної (без перекосів та провисання) подачі аркуша чи полотна до друкарської секції машини;

2. барвистий апарат, як правило, багатоланкову систему (крім машин глибокого друку), призначення якої - безперервне постачання на друкарську форми певною кількістю фарби. Система забезпечує дозовану подачу фарби з барвистого ящика, розкочування фарби, її транспортування від барвистого ящика до друкарської форми шляхом послідовного розщеплення шару, накат фарби на форму;

3. друкарський апарат – комплект елементів, що включає носій друкарської форми (талер або циліндр) і носій паперу (елемент для створення тиску). У друкарському апараті створюються умови для перенесення певної кількості фарби з друкуючих елементів форми на матеріал, що запечатується, і проведення аркуша паперу або паперового полотна через зону друкарського контакту;

4. систему виведення надрукованої продукції, що транспортує відбитки до приймального пристрою та формує з них комплекти, зручні для подальшої технологічної обробки. У листових машинах це вирівняні по краях стопи аркушів, у рулонних – сфальцьовані зошити, або повторно намотані рулони, або рівномірні стопи аркушів, послідовно відрізані від запечатаного паперового полотна.

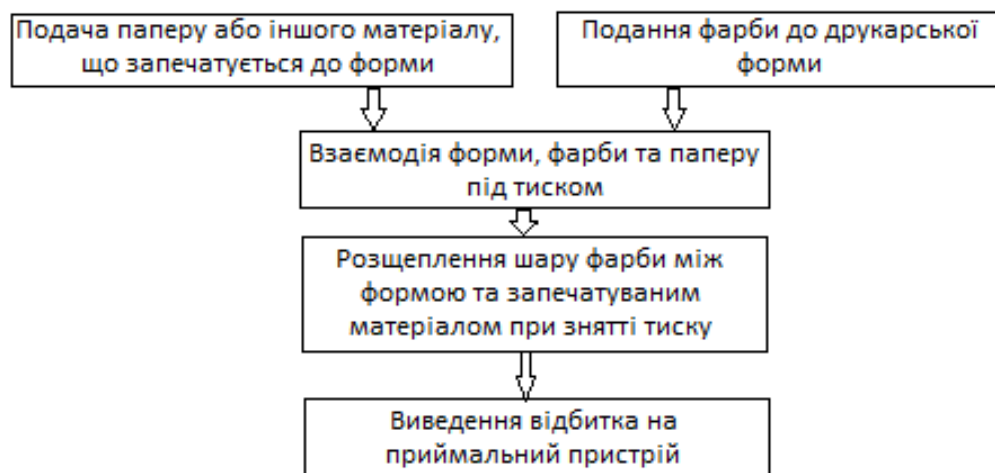


Рисунок 6.1. Узагальнена технологічна схема друкарського процесу

Крім основних апаратів та пристроїв до складу друкарської машини можуть входити й інші пристрої, зумовлені особливостями способу друкування (офсетні циліндри, зволожуючі апарати), вимогами до друкарської продукції (лакувальні секції, пристрої для висікання), специфікою технології (протівідмарюючи прилади, сушарки).

Однією з головних вимог при друкуванні є відповідність властивостей паперу та фарби один одному, способу друкування, конкретних умов проведення технологічного процесу.

## **Технологічні вимоги до друкарських матеріалів**

**Молекулярна природа поверхні паперу та фарби.** В основі друкарського процесу лежать явища, що виникають в момент взаємодії друкарської фарби з матеріалом, що запечатується. Властивості паперу та фарби та їх поведінка у процесі друкування значною мірою визначаються станом їх поверхонь.

*Папір* є пористою системою, що складається з волокон целюлози, проклейки, наповнювача та інших компонентів. Сукупний вплив всіх цих компонентів зумовлює взаємодію паперу з рідинами.

За характером взаємодії з полярною водою та гранично неполярною рідиною (олією) папір поділяють на гідрофільний та гідрофобний.

Крапля рідини, нанесена на тверду поверхню, змочує або не змочує цю поверхню залежно від співвідношення трьох сил поверхневого натягу (рис. 6.2):  $\sigma_{1,2}$  – на межі розділу рідина-газ (повітря);  $\sigma_{2,3}$  – на кордоні тверде тіло-газ;  $\sigma_{1,3}$  – на кордоні тверде тіло-рідина.

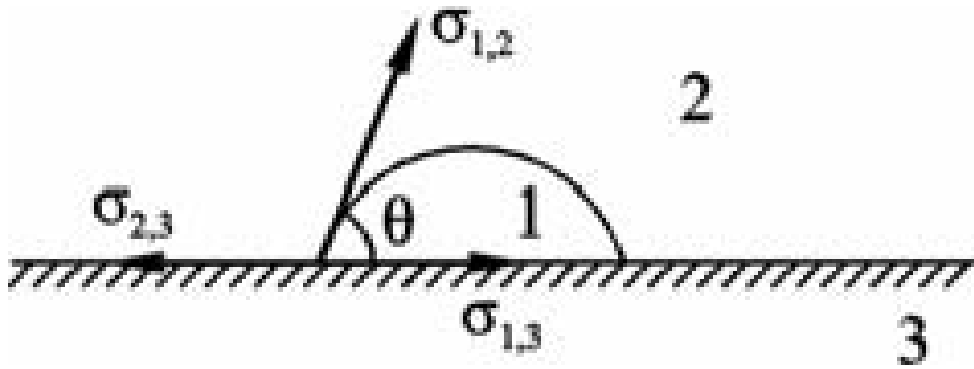


Рисунок 6.2. Залежність між крайовим кутом змочування та поверхневим натягом: 1 – рідина; 2 – газ; 3 – тверде тіло

Якщо молекули рідини (фарби) взаємодіють з молекулами твердого тіла (паперу) сильніше, ніж між собою, то рідина розтікатиметься по поверхні, тобто змочуватиме її. Якщо молекули рідини взаємодіють один з одним значно сильніше, ніж з молекулами твердого тіла, то рідина на поверхні твердого тіла збирається в краплю, формою близьку до сферичної, і змочування не відбувається.

Між цими двома умовами можливі перехідні випадки неповного змочування, коли крапля утворює з поверхнею твердого тіла певний рівноважний кут, який називається крайовим кутом змочування  $\theta$ .

*Крайовий кут змочування – кут, утворений дотичними площинами до міжфазних поверхонь, що обмежує рідину, що змочує, а вершина кута лежить на лінії розділу трьох фаз.*

Для характеристики молекулярної природи друкарського паперу прийнято її умовну класифікацію за граничними значеннями крайового кута  $\theta$  при змочуванні водою:

- 1)  $0^\circ < \theta < 15^\circ$  – гранично гідрофільна;
- 2)  $15^\circ < \theta < 60^\circ$  – гідрофільна;
- 3)  $60^\circ < \theta < 80^\circ$  – із проміжними властивостями;
- 4)  $80^\circ < \theta < 140^\circ$  – гідрофобна;
- 5)  $\theta > 140^\circ$  – абсолютно гідрофобна.

Вимоги поліграфічної промисловості до молекулярно-поверхневих

властивостей друкарського паперу визначаються: її призначенням; способами обробки у друкарських процесах; умовами використання друкарської продукції.

Особливого значення набувають властивості паперу в офсетному друку, де відбувається вибіркове змочування фарбою (у присутності зволожуючого розчину) форми та паперу.

*Гідрофільний* папір, здатний поглинати частину вологи, при зіткненні з офсетним полотном не дає можливість їй накопичуватися на його поверхні, що дещо знижує кількість емульгованої фарби.

*Гідрофобний* папір потребує мінімального зволоження форми. При цьому гідрофільний та гідрофобний папір залежно від умов отримання може в процесі друкування змінювати рН зволожуючого розчину, що призводить до порушення балансу фарба-вода та погіршує якість відбитків.

Практика використання в друкарських процесах різних видів паперу показує, що кожен з них має свої переваги та недоліки. Гідрофільний папір легше піддається акліматизації, активно сприймає водні фарби, а гідрофобний менше схильний до впливу вологи і добре сприймає олійну фарбу.

Разом із вивченням поверхневих властивостей паперу важливо знати поверхневі властивості *фарби*. Необхідно враховувати, що за певних поверхневих властивостей фарба може добре сприйматися гідрофільним папером та незадовільно – гідрофобним.

Молекулярно-поверхневі властивості фарб визначають їхню здатність змочувати та прилипати до поверхонь барвистих валиків та циліндрів, до друкуючих елементів форми та паперу. Ці властивості залежать головним чином від природи сполучної речовини, яка безпосередньо входить у контакт із зазначеними поверхнями.

Найважливішою характеристикою друкарських фарб є поверхнева активність, що виявляється на межі розділу з фазою, що контактує. Для різних сполучних поверхнева активність неоднакова. Найбільш активні полярні сполучні. У полімеризованих оліфів полярність знижена.



Друкарська фарба може взаємодіяти як з гідрофільним, так і з гідрофобним папером. Якщо поверхня має гідрофільні властивості, то поверхнево-активні речовини (ПАР) будуть адсорбуватися на межі розділу фарба-підкладка, орієнтуючись полярними групами у бік фарби. В результаті гідрофільна поверхня стає гідрофобною. Якщо поверхня гідрофобна, то полярні групи орієнтуються у бік фарби і відбувається гідрофілізація поверхні.

На умови взаємодії фарби та паперу в друкарському процесі сильно впливає тиск, під дією якого в момент друкарського контакту фарба впроваджується через приповерхневу пору паперу в її товщу. Зі збільшенням кількості фарби, що проникла в папір, колориметрична насиченість кольорових відбитків знижується, а оптична щільність чорно-білих зображень зменшується. У цьому витрата фарби зростає, що зумовлює збільшення собівартості відбитка. Це сформувало тенденцію використовувати в друкарському процесі високогладкий малопористий папір і фарби, що швидко закріплюються. Незважаючи на високу полярність даної фарби, дія її полярних груп під час поглинання обмежується швидким збільшенням в'язкості.

Знаходить застосування також малогладкий і високопористий папір, для якого використовують фарби, що повільно закріплюються. Ці фарби виготовляють на малополярних сполучних. Однак при вільному вбиранні через великий час закріплення сполучна може не тільки проникнути в папір на велику глибину, але згодом досягти зворотного боку відбитка. Зайве вбирання фарби в папір знижує якість друкарської продукції і призводить не тільки до зміни оптичної щільності зображення, але і зміни розмірів окремих його елементів.

## **Роль змочування у друкарському процесі**

В основі друкування будь-яким способом лежать такі явища, як адгезія та змочування. *Адгезія* зумовлює взаємодію між молекулами речовин, різних за своєю природою, але які знаходяться у контакті, а *змочування* – це явище,

що виникає за такої взаємодії.

У друкарському процесі може бути ні повного змочування, ні повного незмочування. При повному змочуванні фарба покриває не тільки друкуючі, а й пробільні елементи форми або розтікається по поверхні матеріалу, що запечатується. При повному незмочуванні фарба збиратиметься у сферичні краплі, що різко погіршить її контакт із твердою поверхнею та обмежить площу, за якою може відбуватися взаємодія її частинок. Таким чином, у друкарському процесі має бути неповне змочування фарбою твердих поверхонь, що контактують з нею.

Фарби високого та глибокого друку здатні змочувати як друкуючі, так і пробільні елементи, але через те, що пробільні елементи на формах високого друку знаходяться нижче друкуючих, а в глибокому друку вони очищаються від фарби ракелем, фарба з пробільних ділянок практично не переходить на відбиток.

В офсетному друку, друкуючі та пробільні елементи форми мають різні молекулярно-поверхневі властивості, а фарба і вода мають вибіркоче змочування. При порушенні умов вибіркового змочування може наступити інверсія змочування, коли пробільні елементи починають сприймати фарбу, а друкуючі – відштовхувати її.

У табл. 6.1 наведено значення крайового кута змочування паперу друкарською фарбою при кімнатній температурі.

Таблиця 6.1. Крайовий кут змочування паперу друкарською фарбою

Фарба	Папір газетний	Папір офсетний
Офсетна, Ехаст	33,1	39,0
Швидкозакріплювана, Rollo Term	45,2	50,8

У технічній літературі зазвичай наводяться дані про змочування паперу водою або машинним маслом як компонентом фарби. Однак ці дані не повною мірою відображають те, що реально відбувається у друкарському процесі. Як

очевидно з табл. 6.1 значення крайового кута змочування істотно залежать від конкретного вибору пари папір-фарба.

Для перенесення фарби з барвистого ящика на друкарську форму, а з неї на матеріал, що запечатується необхідно, щоб фарба не тільки змочувала контактуючи з нею поверхні, але і прилипала до них.

Друкарський процес можливий тоді, коли адгезія фарби до паперу і адгезія фарби до друкуючих елементів форми будуть більшими за когезію фарби, так як відрив фарби від друкуючих елементів відбувається по її шару. При цьому під адгезією, або прилипанням, розуміють силу зчеплення між двома наведеними в дотик різнорідними тілами (папір та фарба), а під когезією – силу взаємодії між молекулами однієї речовини, наприклад, фарби.

Таким чином, у друкарському процесі відбувається постійний контакт фарби з поверхнями форми та паперу. В результаті в зоні контакту виникає міжмолекулярна взаємодія, що призводить до змочування твердої поверхні рідиною і прилипання її до цієї поверхні. Ці явища залежать як від молекулярної природи тіл, що взаємодіють, так і від стану поверхні: шорсткості, наявності забруднень, оксидних плівок, ПАР і т.д.

При взаємодії фарби з пористим папером слід враховувати вплив пористості на змочування фарбою. При попаданні краплі фарби на папір відбуваються одночасно два процеси: розтікання фарби поверхнею паперу до утворення крайового кута і вбирання фарби в її пори.

У початковий момент розтікання відбувається швидше, ніж вбирання, тому площа просочення менше площі контакту краплі з папером. Зі збільшенням часу контакту та виникненням рівноважного стану швидкості розтікання та вбирання стають рівними, а кут змочування – максимальним. Після досягнення граничного значення крайовий кут починає зменшуватися, оскільки фарба продовжує вбиратися в товщу паперу, тому площа просочення збільшується, а площа контакту фарби з папером зменшується. Капілярне вбирання фарби в поровий простір паперу під впливом поверхневого натягу описується рівнянням Уошборна

$$l = \sqrt{\frac{\sigma \cdot t \cdot r \cdot \cos\theta}{2\eta}},$$

де  $l$  – глибина поглинання;  $\sigma$  – поверхневий натяг фарби;  $t$  – тривалість поглинання;  $r$  – радіус капілярів у папері;  $\theta$  – крайовий кут змочування паперу фарбою;  $\eta$  – в'язкість фарби.

Рівняння Уошборна дозволяє розрахувати глибину поглинання фарби, наприклад, при її закріпленні на друкарських відбитках.

Загалом під час розгляду молекулярно-поверхневих явищ необхідно враховувати вплив середовища, і навіть умов реального друкарського процесу, у якому протікають.

## **Підготовка поліграфічних матеріалів до друку**

Оскільки папір та фарби є основними друкарськими матеріалами, що визначають найважливіші експлуатаційні характеристики готової продукції, а також зорове та естетичне враження від неї, то технологічні процеси підготовки мають велике значення. Правильна підготовка матеріалів важлива також для забезпечення безперебійної роботи друкарського обладнання, дотримання графіків проходження замовлень по всьому технологічному ланцюзі.

Головною метою підготовки основних друкарських матеріалів є забезпечення їхньої повної відповідності один одному, призначенню та характеру поліграфічного оформлення продукції, типу друкарського обладнання, а також кліматичним умовам цеху.

Процеси підготовки паперу та фарби до друку у виробничих умовах включають три етапи:

1. вхідний контроль матеріалів;
2. попереднє коригування технологічних властивостей матеріалів

(фарби, а деяких випадках папери);

3. контроль та оперативне регулювання технологічних властивостей, насамперед фарби, у процесі друкування тиражу.

*Вхідний контроль* полягає у перевірці розмірних параметрів, кількості (або маси) матеріалів, що надходять, а також стану їх упаковки. Перевірочно-підготовчі роботи на великих підприємствах виробляються в лабораторії друкарні, на малих та середніх друкарнях виконують спеціально виділені співробітники виробничого відділу.

Важливою умовою успіху даної роботи є наявність на підприємстві технологічних засобів контролю матеріалів, сучасних методик випробувань, а також підтримання стабільних кліматичних умов у приміщеннях лабораторій та виробничих цехів.

Найважливіше місце в цій системі заходів належить правильному зберіганню паперу та фарби до їх надходження безпосередньо до друкарського цеху, а також періодична перевірка та ретельне спостереження за експлуатаційними характеристиками паперу та фарби протягом до операційного періоду.

Підготовка паперу за призначенням та змістом є загальною для всіх основних способів друку. Особливості її проведення залежать від того, чи використовується аркушева або рулонна друкарська машина.

Підготовка аркушевого паперу проводиться у приміщеннях паперового складу та складається з наступних операцій:

1. нарізування паперу на потрібний формат;
2. підрізування кромки паперу з фіксацією «вірного» кута, рівного 90° і утвореного поздовжнім і поперечним краями паперу, якими буде проводитися вирівнювання листа при подачі його в друкарські секції, при розрізанні після друку на потрібні частки і при фальцюванні зошита;
3. підрахунку паперу та укладання у стелажі.

На цій стадії лабораторія підприємства перевіряє вміст вологи паперу, для того щоб визначити його відповідність стандартним нормам і зіставити

цей показник з величиною рівноважної вологості паперу по відношенню до кліматичних умов друкарського цеху.

Лабораторна перевірка може включати оцінку таких показників паперу, як склад волокна, маса, щільність, товщина, зольність, анізотропія, неоднорідність лицьової і сіткової сторін, рН і т.д. До контрольованих показників відносяться також механічні властивості паперу: міцність на розрив, пружність, пильність, когезійна і фізико-хімічна міцність поверхневого шару паперу.

Перевірці також повинні піддаватися такі властивості паперу, які виявляються при безпосередній взаємодії з друкарською фарбою: гладкість, ступінь проклейки, здатність вбирати, стійкість паперу до впливу зволожуючого розчину, прозорість, білизна, глянець.

Підготовка рулонного паперу полягає у звільненні рулонів паперу від упаковки (амбалажу), зовнішньому огляді та видаленні зіпсованих шарів, наявність яких свідчить про порушення, що мають місце в процесі перевезення, внутрішньозаводського транспортування та зберігання паперу.

До серйозних дефектів рулонного паперу відносять нециліндричність форми рулону, яка може бути викликана неправильним транспортуванням і зберіганням, відхиленнями в товщині паперового полотна і нерівномірним намотуванням. Цей дефект призводить до зміни зусилля натягу паперу при проходженні через друкарську машину і неможливості точного приведення.

Велику роль під час підготовки паперу грає акліматизація. *Акліматизація* – це технологічна операція, внаслідок якої температура та вологість паперу наводяться у рівноважний стан із температурою та вологістю повітря у приміщенні друкарського цеху.

Призначення акліматизації наступне:

1. усунення внутрішніх напруги, що виникають у папері при його виготовленні, транспортуванні та зберіганні в упакованому стані, що може призводити до деформації паперу і, як наслідок, до несуміщення фарб при багатобарвному друкуванні;

2. забезпечення розмірної та деформаційної стабільності паперу під час друкування, що виключає сприйняття чи втрату папером деякої кількості вологи, що призводять до погіршення її технологічних властивостей;
3. зменшення можливості електризації паперу.

Відповідно до технологічних інструкцій акліматизація здійснюється обов'язково, коли перепад відносної вологості паперу в стопі та повітря в приміщенні цеху перевищує  $\pm 10\%$  або перепад відносної вологості повітря стопи паперу більше  $\pm 5\%$ .

Акліматизацію аркушевого паперу проводять або в атмосфері друкарського цеху за умови інтенсивної циркуляції повітря шляхом завішування пачок аркушів паперу на 1-2 години в затискачі транспортера, що переміщається у верхній зоні приміщення, або в ізольованих від друкарського цеху камерах кондиціонування, в яких автоматично підтримуються задані температури і вологість.

Аркушевий папір (особливо крейдований) поставляється в герметичній упаковці. За умови суворого дотримання кліматичних умов у приміщенні друкарського цеху такий папір безпосередньо після зняття упаковки може бути пущений у роботу.

Рулонний папір при значних перепадах вологості витримується протягом певного часу (від кількох годин до кількох діб) у приміщенні цеху.

**Підготовка фарб для високого, офсетного, глибокого та флексографського друку.** Метою підготовки фарб для всіх способів друку є надання їм необхідних колористичних та технологічних властивостей відповідно до виду, характеру, призначення та терміну служби друкарської продукції, особливостей застосовуваного паперу та обладнання.

*Підготовка фарб для високого та офсетного друку.* Підготовка фарб включає три етапи.

*Перший етап* починається з підбору фарб, що відповідають

колористичних характеристик відтворюваного оригіналу за кольором та відтінком. За відсутності відповідних фарб в асортименті постачальників безпосередньо в друкарні за допомогою лабораторного фарбозмішувального та фарботертинного обладнання створюються фарби.

*Другий етап* підготовки включає перевірку у лабораторних умовах технологічних властивостей фарб. При цьому досліджуються дві групи властивостей фарб:

1. властивості фарби у масі;
2. властивості фарби, що виявляються при взаємодії з друкарською формою і матеріалом, що запечатується.

До першої групи відносяться такі показники, як ступінь перетирання, в'язкість, липкість, схильність до пилу, тиксотропні властивості, сила, що барвить.

Друга група включає визначення коефіцієнта фарбоперенесення, особливості сприйняття фарби формою та папером, схильність до вищипування паперу, швидкість закріплення фарби на відбитку, можливість виникнення відмарування. Сюди входить також оцінка оптичних і колірних показників зображення: оптичної щільності, колірного тону, насиченості, яскравості, здатності, що криє, глянсуватості відбитка, а також його чіткості та рівномірності. До цієї групи відносять також перевірку механічних характеристик відбитка: міцність до стирання, стійкість до води та розчинників, а також до лакування. Перевірка показників, що входять до другої групи, потребує виготовлення пробних відбитків на прободрукарських пристроях.

*Третій етап* підготовки фарби – коригування технологічних властивостей шляхом застосування допоміжних засобів:

- сикативів, що прискорюють закріплення фарби;
- паст, що уповільнюють висихання на валиках та циліндрах барвистого апарату;
- м'яких паст, що знижують когезійну міцність фарби, що зменшують



схильність до вищипування паперу;

- спеціальних паст для зменшення липкості фарби, ступеня емульгування у зволожувальному розчині;
- добавок, що запобігають пиленню.

*Підготовка фарб для глибокого та флексографського друку* включає ті ж етапи, що і для фарб високого та офсетного друку (підбір, перевірка та коригування технологічних властивостей), проте має й деякі відмінності.

Фарби для глибокого та флексографського друку мають обмежене коло технологічних властивостей, які піддаються випробуванню у лабораторних умовах. Це пов'язано з особливостями складу і структурно-механічними властивостями фарб, а також з відсутністю прободрукарських пристроїв, що виготовляються серійно, для глибокого і флексографського друку.

Фарби для глибокого друку поставляються на підприємства в концентрованому вигляді, що пов'язано з необхідністю зменшення кількості розчинника, що випаровується. Їх в'язкість в 1,5 рази перевищує величину в'язкості фарби, що безпосередньо використовується в машині. Тому першою операцією підготовки фарби є операція доведення в'язкості до необхідної величини шляхом введення в неї летких розчинників та ретельне перемішування.

## **Перенесення фарби в барвисті апарати друкарських машин**

Основними елементами фарбоподаючої групи є барвистий ящик, дукторний вал і передавальний валик (рис. 6.3). Обертання дукторного валу супроводжується виведенням з барвистого ящика шару фарби певної товщини, який, розщеплюючись, частково переходить потім на передавальний валик. Порухення контакту між поверхнею дукторного валу і барвистим ножом

призводить до порушення подачі фарби в систему розкочування.

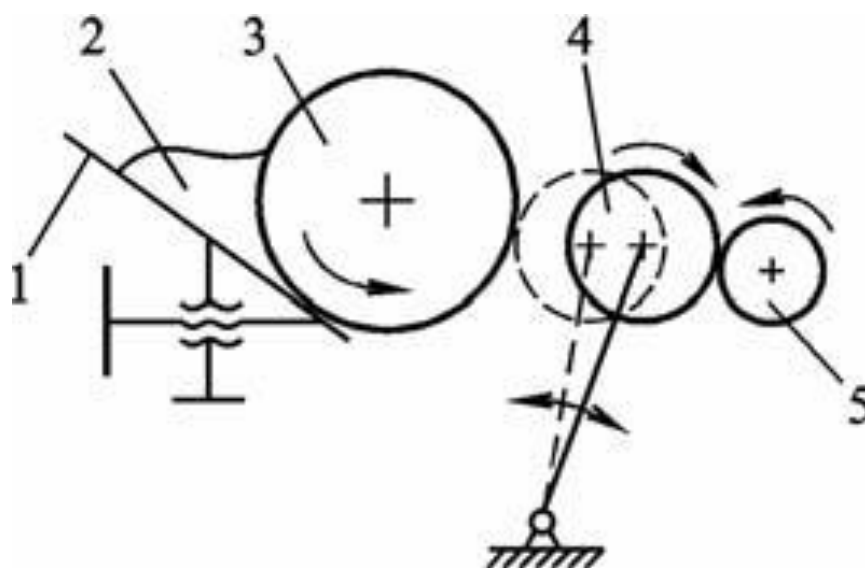


Рисунок 6.3. Технологічна схема фарбоподаючої групи фарбового апарату: 1 – барвистий ніж; 2 – фарба; 3 – дукторний вал; 4 – передавальний вал; 5 – циліндр розкочуючої групи

Шар фарби на поверхні дукторного валу формується під впливом комплексу факторів, які можна умовно поділити на три групи: технологічні, конструктивні, динамічні.

*Технологічні фактори* визначають процес дозування фарби в конкретних умовах друкування. До них відносяться особливості друкарської форми, вид матеріалу, що запечатується, в'язкість та інші реологічні властивості фарби, тип і швидкість роботи друкарської машини, величина зазору між ножом і дукторним валом.

*Конструктивні фактори* характеризують геометричні параметри та механічні властивості ножа та дукторного валу. Вони формуються при проектуванні та виготовленні друкарських машин та, як правило, є нерегульованими величинами.

*Динамічні чинники* зумовлюють величину та характер сил, що супроводжують формування шару фарби на дукторному валі. До них відноситься гідростатичний та гідродинамічний тиск фарби.

Аналіз факторів, що впливають на рівномірність товщини шару фарби по всій поверхні дукторного валу, дозволяє зробити такі висновки:

1. при рівномірному обертанні дукторного валу з постійною швидкістю, рівномірність товщини шару фарби на поверхні дукторного валу вища, ніж при його періодичному обертанні;
2. зі збільшенням швидкості періодичного обертання дукторного валу нерівномірність товщини шару фарби з його поверхні зростає;
3. з підвищенням точності виготовлення дукторного валу та барвистого ножа рівномірність товщини шару фарби збільшується;
4. шар фарби на поверхні дукторного валу стає рівномірнішим за товщиною зі збільшенням жорсткості ножа.

Періодичне або безперервне обертання дукторного валу в поєднанні з вязкотекучими властивостями фарби та особливостями її проходження через зазор між дукторним валом і барвистим ножом викликає нерівномірний розподіл тиску в площині поперечного перерізу барвистого ящика.

Загалом величину напруги у фарбі, що у барвистому ящику, визначають два чинники: швидкість обертання дукторного валу і в'язкість фарби.

У шарі фарби, що безпосередньо примикає до дукторного валу, в'язкість різко знижується, і вона починає текти, а вже на невеликому віддаленні від дуктора перебіг фарби припиняється. При збільшенні швидкості обертання дукторного валу ця зона розширюється і обсяг фарби, що виводиться з барвистого ящика, зростає.

Однак при досягненні швидкості певного критичного значення між дукторним валом і нерухомою масою фарби виникає пристінне ковзання. Нормальна подача фарби практично припиняється. Звідси випливає, що існує оптимальна швидкість обертання дукторного валу, що залежить від властивостей фарби, при якій умови виведення фарби з барвистого ящика в розкатну систему є найбільш сприятливими.

*Розкочування та транспортування фарби в розкочуючій групі*

*барвистого апарату*. На стадії гуркоту фарба потрапляє в складніші умови, ніж на стадії подачі з барвистого ящика. Розкочувальна група (рис. 6.4), що складається з металевих 4 і еластичних 5 валиків, містить циліндри розкочування 1-3 з осьовим переміщенням. У фарборозподільній системі фарба знаходиться у вигляді тонкого шару, що послідовно розщеплюється в контактних зонах, утвореними парами валик-циліндр, під впливом високих напруг і швидкостей зсуву. Одночасно шар фарби піддається осьовому розкочуванню, у процесі якого також розвиваються значні зусилля.

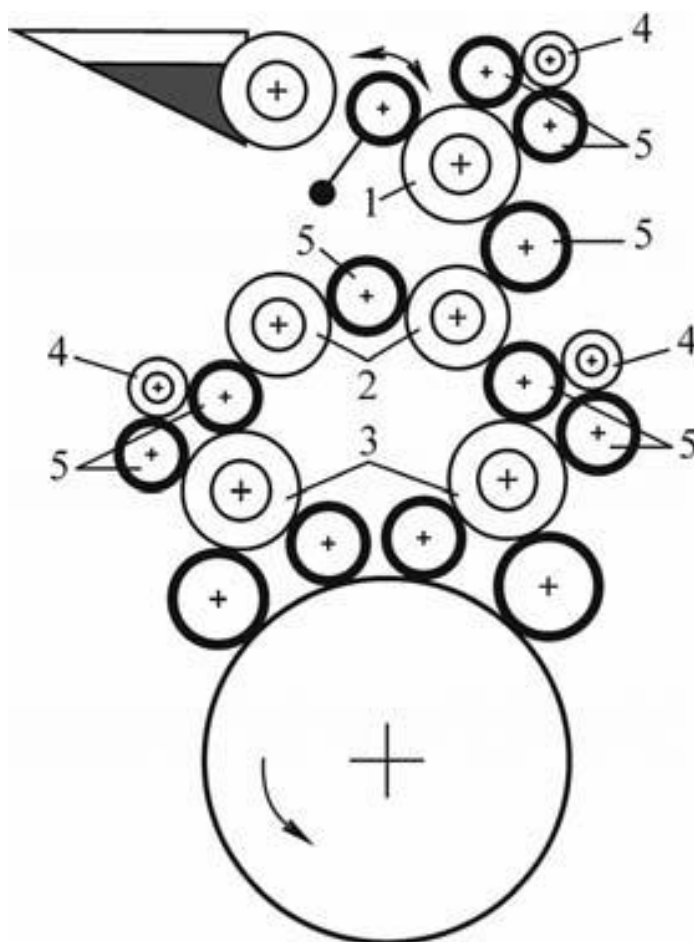


Рисунок 6.4. Схема барвистого апарату

Зусилля, що впливають на фарбу, є періодичними, короткочасними та знаковими. Зусилля зсуву в системі розкочування впливає на фарбу періодично - тільки в момент, коли ця ділянка барвистого шару потрапляє в зону контакту між валиком і циліндром. Час дії зусилля в залежності від

конструктивних особливостей розкочування і швидкості роботи машини становить близько  $10^{-3}$  с.

Знакозмінний характер зусиль проявляється в почерговому стиску та розтягуванні барвистого шару при вході шару в зону контакту та виході з неї.

При розгляді поведінки фарби в групі розкочування барвистого апарату важливо враховувати, що розщеплення фарби відбувається в нежорсткій контактній зоні, що утворюється еластичним барвистим валиком і недеформованим металевим циліндром.

Перебуваючи в системі розкочування, фарба повинна безперешкодно передаватися з одного елемента цієї системи на інший, добре змочуючи при цьому поверхні контактуючих валиків і циліндрів і досить міцно на них утримуючись. Еластичні валики фарбового апарату обертаються під впливом сил тертя, що виникають між ними та металевими циліндрами, що мають примусовий привід.

У високому та офсетному друку фарба накочується лише на друкуючі елементи форми, у зв'язку з чим на накатних валиках залишається барвистий шар, що має «порізаний профіль». Якщо цей профіль не вирівнювати, умови накату фарби на форму різко погіршуються, оскільки нерівності барвистого шару на накатних валиках поширюються на валики і циліндри розкатної системи. Тому всім або деяким розкатним циліндрам барвистих апаратів багатоланкового дукторного типу поряд з обертанням повідомляється зворотно-поступальне осьове переміщення, що викликає осьовий гуркіт фарби.

Осьовий гуркіт насамперед сприяє розрівнюванню рельєфу фарби та більш рівномірному нанесенню її на друкарську форму. При всіх перевагах осьовий гуркіт має і деякі негативні наслідки:

- збільшення деформації еластичних оболонок барвистих валиків;
- підвищення їх температури та зростання зносу внаслідок посиленого тертя при знакозмінних навантаженнях;
- ускладнення схеми приводу розкочувальних циліндрів;

- зростання труднощів при визначенні параметрів попереднього налаштування групи, що фарбує.

## **Технологічна характеристика барвистих апаратів машин глибокого та флексографського друку**

Барвисті апарати машин глибокого та флексографського друку працюють з малов'язкими фарбами.

Основу сполучного фарб глибокого та флексографського друку становить розчин тонкодиспергованої смоли в летючому розчиннику. Утворюючи при висиханні тверду плівку, смола утримує пігмент на поверхні матеріалу, що запечатується, а летючий розчинник, випаровуючись, прискорює плівкоутворення. Як розчинники використовують толуол і бензин. Особливістю даних фарб є рідина, що дозволяє відмовитися від громіздких груп гуркоти і накату фарби.

При нанесенні фарби в машинах глибокого друку вона має заповнювати растрові осередки друкарської форми. Найпростіший спосіб нанесення фарби на формний циліндр глибокого друку - занурення в ящик, заповнений фарбою, і обертання в ньому. З пробілів фарба знімається ракелем і потім потрапляє назад в барвистий ящик.

*Ракель* - гнучка сталева пластина шириною 60-80 мм і товщиною 0,15-0,20 мм, що розміщується на спеціальній опорі, яка забезпечує точну установку ракелю по відношенню до друкарської форми. Вплив на рапель при знятті ним фарби з пробільних елементів форми складається з гідродинамічного тиску фарби, що виникає в клиновому зазорі між ракелем і поверхнею форми, і зусилля притиску.

Найбільш сильно на величину гідродинамічного тиску впливають швидкість друку і кут, що утворюється ракелем і поверхнею формного

циліндра в напрямку його обертання і називається кутом установки ракеля. Показано, що при збільшенні швидкості друку в 2 рази гідродинамічне навантаження, що діє на ракель, зростає в 3-4 рази, а підвищення в 2 рази величини кута установки ракелю призводить до зменшення гідродинамічного тиску в 5-6 разів. Звідси випливає, що з зростання швидкості підтримати величину гідродинамічного тиску можна збільшенням кута установки ракеля.

Оптимальним кутом установки ракелю для високошвидкісних машин вважається  $70-80^\circ$  (крутий ракель). Він працює спільно з опорним ракелем, що встановлюється під кутом  $45-55^\circ$  (рис. 6.11).

*Технологічні особливості конструкції барвистих апаратів машин флексографського друку.* Принципова схема друкарського апарату машин флексографського друку наведено на рис. 6.12.

Дукторний вал обертається в фарбовому резервуарі та подає фарбу на передавальний валик, який переносить її на друкарську форму. Поверхня дукторного валу покрита гумою чи іншим еластичним матеріалом.

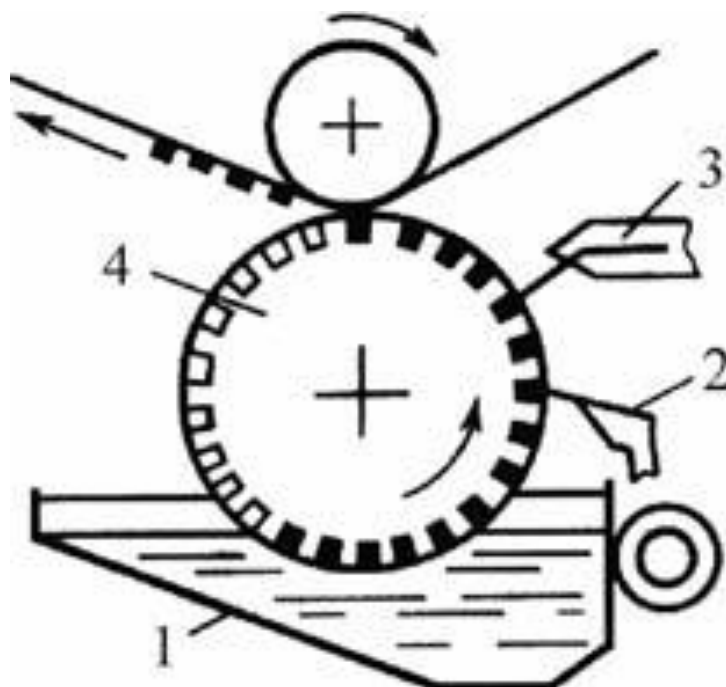


Рисунок 6.11. Схема установки ракеля: 1 - ящик, що відкидається, з фарбою; 2 – попередній (опорний) ракель; 3 – головний (крутий) ракель; 4 – формний циліндр.

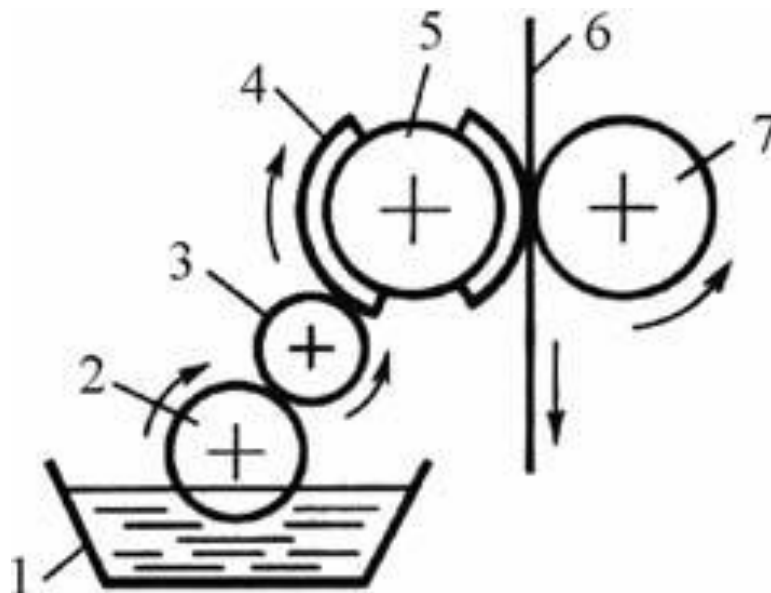


Рисунок 6.12. Схема друкарського апарату флексографської машини: 1 – барвистий резервуар; 2 – дукторний вал; 3 – передавальний валик; 4 – друкована форма; 5 – формний циліндр; 6 – матеріал, що запечатується; 7 – друкарський циліндр

Передавальний металевий валик має гладку хромовану поверхню. Як передавальний може використовуватися також анілоксовий валик, на поверхні якого гравіруються комірки, що мають форму призми, гострокутної або усіченої піраміди або напівсфери.

*Анілоксовий валик* – це металевий циліндр, для виготовлення якого можуть бути використані два матеріали: хромиста сталь та мідь. В даний час все більшого поширення набувають анілоксові валики з оксидної кераміки.

Залежно від розміщення анілоксового валика розрізняють три способи нанесення фарби на друкарську форму (рис. 6.13).

*Непрямий спосіб* (рис. 6.13 а) характеризується тим, що фарба з дукторного валу переноситься на анілоксовий валик, а потім через два накатних валика подається на друковану форму.

*Прямий спосіб* (рис. 6.13 б) – анілоксовий валик, занурений у барвистий резервуар, після зняття надлишку фарби безпосередньо накочує фарбу на друкарську форму.



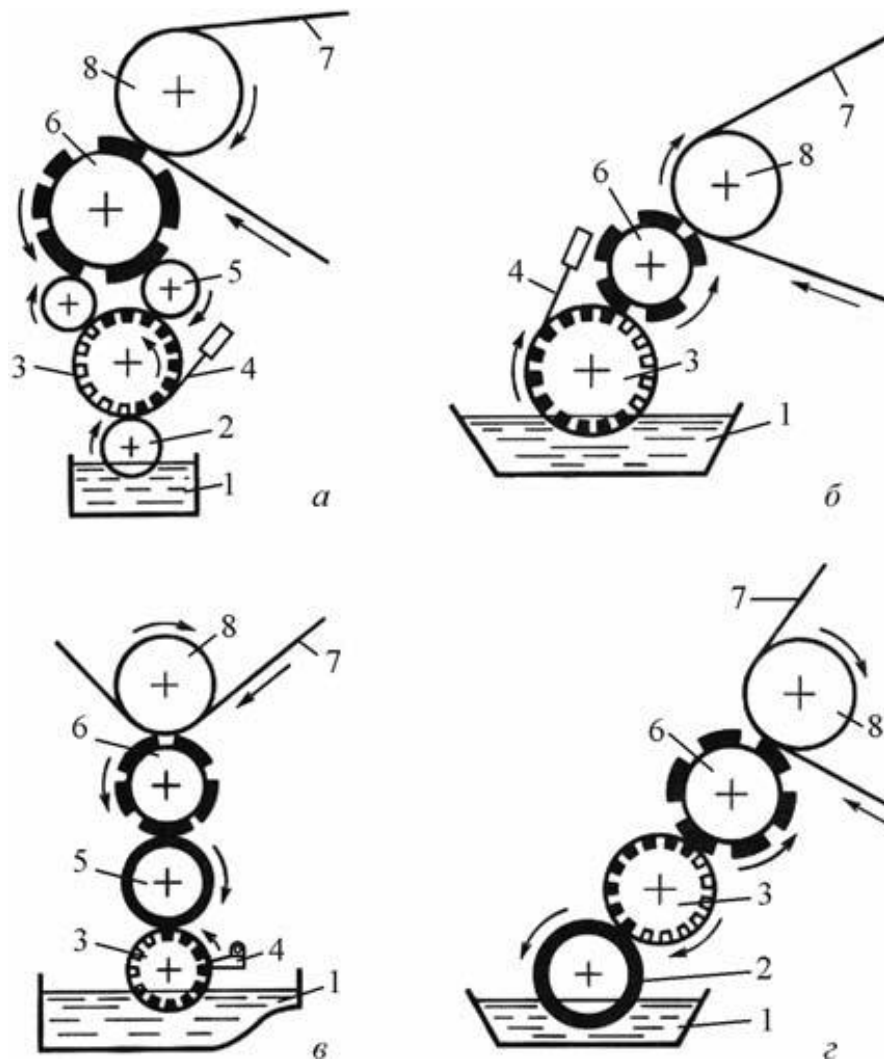


Рисунок 6.13. Типові схеми барвистих апаратів машин флексографського друку: 1 – барвистий резервуар; 2 – дукторний вал; 3 – анілоксовий валик; 4 – ракель; 5 – накатні валики; 6 – формний циліндр; 7 – матеріал, що запечатується; 8 – друкарський циліндр

*Напівнепрямий спосіб.* Анілоксовий валик, занурений у барвистий ящик, переносить фарбу на форму через накатний валик з еластичним облицюванням (рис. 6.13, в) або фарба через дукторний циліндр надходить на анілоксовий валик, а з неї – на форму. В даному способі не використовується ракель (рис. 6.13 г).

Існують два способи дозованого перенесення фарби на друковану форму: ракельний та безракельний. У безракельному способі дозування забезпечується різницею швидкостей обертання дукторного валу та

анілоксового валика, що обертається зі швидкістю формного та друкарського циліндрів та обганяє дукторний вал, що обертається з постійною швидкістю. У ракельному способі застосування ракелі забезпечує дозовану подачу фарби. Можливі три варіанти встановлення ракелю: під кутом 25°, нормальна (45-65°) і вертикальна (80°).

## **Перенесення фарби з форми на матеріал, що запечатується**

Папір, як і інші матеріали, що запечатуються, має нерівну поверхню. Величина площ нерівностей на поверхні паперу може бути порівнянна з площею друкуючих елементів, а іноді перевищує їхню величину. Висота нерівностей поверхні різна залежно від типу паперу. При такому нерівному рельєфі паперу неможливо передати на неї фарбу з поверхні друкуючих елементів форми. Для забезпечення перенесення зображення з форми на папір поверхня паперу повинна бути вирівняна, щоб забезпечувався повний контакт по всій площі друкувальних елементів.

Крім того, щоб перехід фарби на папір здійснювався в потрібних кількостях, і фарба могла закріпитися на папері, проникаючи в її пори, недостатньо забезпечити лише контакт друкарської форми з папером. Необхідно створити умови притиску паперу до форми з деяким зусиллям, величина якого великою мірою залежить від способу друку, тривалості контакту форми і паперу, шорсткості і жорсткості паперу та інших факторів.

Таким чином, тиск друку необхідно для наступних операцій:

- згладжування нерівностей на поверхні паперу, що запечатується, щоб забезпечити повний контакт друкуючих елементів форми з папером;
- перенесення фарби з форми на папір у необхідних кількостях;
- забезпечення початкового закріплення фарби шляхом її впровадження в приповерхневі шари та пори паперу.

Введемо поняття тиску друкування стосовно офсетного, глибокого і високого друку.

В офсетному друку друкуючі та пробільні елементи розташовані практично в одній площині. У глибокому друку друкуючі елементи поглиблені по відношенню до пробільних, але заповнені практично стисливою фарбою, що створює єдину поверхню форми. Під тиском друкування в офсетному та глибокому друку розумітимемо силу, що припадає на одиницю площі смуги контакту, що включає як друкуючі, так і пробільні елементи.

У високому друку під тиском треба розуміти силу, що припадає тільки на одиницю площі друкуючих елементів у смугі контакту, так як пробільні елементи розташовані нижче друкуючих і не повинні зазнавати тиску при друкуванні.

На рис. 6.14 показана ширина смуги контакту  $h$  при різному коефіцієнті заповнення окремих ділянок форми офсетного  $a$  і глибокого  $b$  друку.

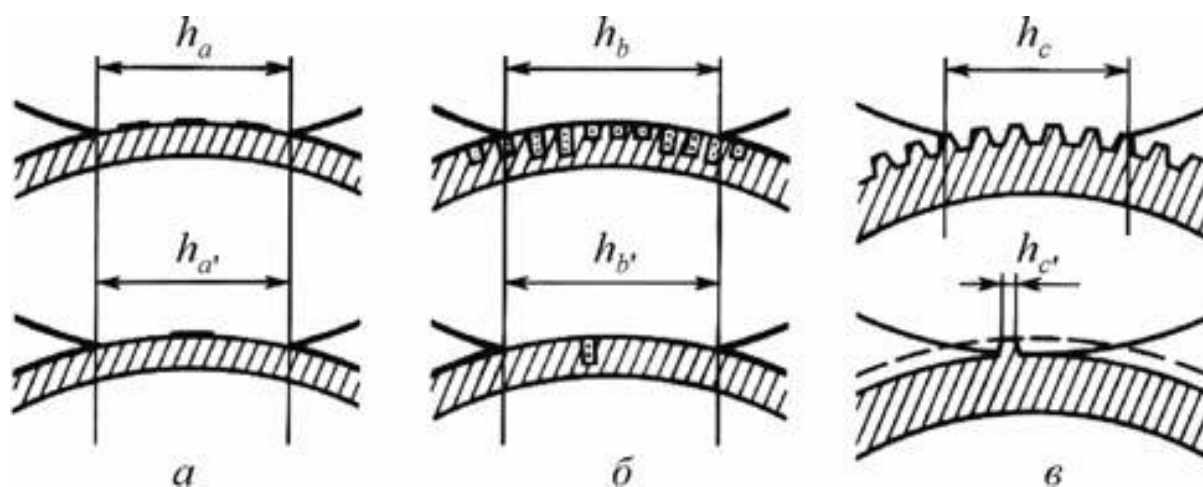


Рисунок 6.14. Ширина смуги контакту при різному коефіцієнті заповнення ділянок форми у різних способах друкування

Як видно із рис. 6.14 а, б, ширина смуги контакту, а отже, і площа смуги контакту  $S_{п.к}$  кожному з цих методів друку залежить від числа друкуючих елементів у ній:  $h_a = h_{a'}$ ,  $h_b = h_{b'}$ .

У високому друку (рис. 6.14, в) ширина  $h_c$ ,  $h_{c'}$  і площа смуги контакту

залежать від числа та площі друкуючих елементів, що знаходяться в зоні друку. Сумарна їх площа у смугі контакту, отже, і площа смуги контакту є постійної величиною.

До тиску друкування пред'являються дві основні вимоги:

1. для передачі шару фарби однакової товщини з кожного друкуючого елемента форми на папір тиск друку має бути однаковим по всій площі друкарської форми;
2. величина тиску має бути незмінною протягом друкування тиражу.

Розглянемо далі деякі вихідні положення, що дозволяють сформулювати кількісні вимоги до тиску друкування.

Так як друкарський процес зводиться до передачі фарби з форми на папір, а тиск є засобом забезпечення цієї передачі, важливо розглянути залежність кількості фарби, що передається формою, від тиску друкування. Ця залежність є основною діаграмою друкарського процесу (рис. 6.15).

Діаграма на рис. 6.15 побудована за відбитками високого друку, надрукованими з форми-плашки, при постійній товщині шару фарби на формі, однаковому часі контакту паперу з фарбою для певного виду паперу та фарби при незмінних температурі та вологості повітря. По осі абсцис на діаграмі відкладено тиск  $p$ , по осі ординат – кількість фарби  $q$ , переданої з форми на  $1 \text{ см}^2$  паперу, що запечатується.

Діаграму можна розбити на ряд ділянок:  $0A$ ,  $AB$ ,  $BC$ ,  $CD$  та  $DE$ , кожному з яких відповідає певний тиск.

На ділянці діаграми  $0A$ , отриманому при тиску  $0-p_1$  кількість фарби, переданої на папір, носить випадковий характер, так як тиск на цій ділянці недостатньо для забезпечення повного контакту паперу з фарбою. На цій ділянці закономірність передачі фарби встановити експериментально не вдається, оскільки впливає стохастичний характер структури поверхні паперу. В результаті розкид даних виходить неприпустимо великим.

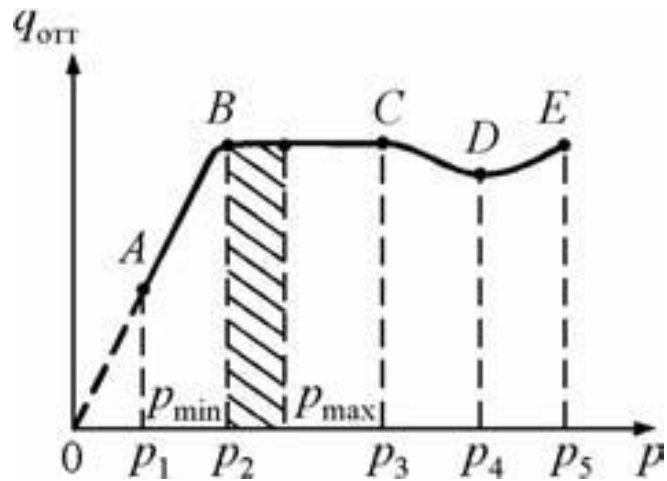


Рисунок 6.15. Залежність кількості фарби, яка переходить із форми на папір при високому друку, від тиску.

На ділянці АВ, якому відповідає тиск у межах  $p_1 - p_2$ , починаючи від точки А, зі збільшенням тиску зростає кількість фарби, що переходить на папір.

Відбитки, отримані в межах тиску  $p_1 - p_2$  мають різну товщину шару фарби, а отже, і різну оптичну щільність. Тиск  $p_1 - p_2$  не вважаються робочими, тому що будь-яка зміна величини тиску на цій ділянці веде до зміни оптичних властивостей відбитка.

На ділянці діаграми ВС, отриманому межах тисків  $p_2 - p_3$ , забезпечується максимальний перехід фарби на папір, причому кількість фарби на відбитках фактично залишається постійним, хоча величина тиску змінюється у досить широких межах. Відбитки, отримані в цьому діапазоні тисків, мають однакову оптичну густину, тому величина тисків в межах  $p_2 - p_3$  може вважатися робочою.

На ділянці діаграми CD, отриманому при тисках  $p_3 - p_4$  кількість фарби, що переходить з форми на папір, зменшується зі збільшенням тиску. Це пояснюється тим, що в результаті надлишку тиску фарба видавлюється за краї друкуючих елементів на їх бічні грані, отже, зменшується кількість на друкуючих елементах і разом з тим зменшується її перехід на папір. Відбитки, отримані ділянці тисків  $p_3 - p_4$ , мають великий оборотний рельєф, недостатню

і неоднакову оптичну щільність. Розмір тисків не більше  $p_3 - p_4$  не вважається робочою.

На ділянці діаграми DE, якому відповідають величини тисків  $p_4 - p_5$  кількість фарби, що перейшла з форми на папір, знову збільшується зі зростанням тиску. Це пояснюється тим, що при такій великій величині тисків друкуючі елементи вдавлюються в папір, вона притискається до їх бокових граней і знімає фарбу, що видавилася на них. У діапазоні тисків  $p_4 - p_5$  відбитки мають дуже великий оборотний рельєф, досить високу оптичну щільність і відрізняються значними графічними спотвореннями елементів зображення. Величину тисків ділянки  $p_4 - p_5$  також вважатимуться робочою.

Отже, з розглянутої діаграми видно, що робочим можуть вважатися тиск у межах  $p_2 - p_3$ . Проте, чим ближче тиск до точки  $p_3$ , тим більше висувається оборотний рельєф на відбитках, швидше настає знос друкарської форми, тим складніше режим роботи друкарської машини.

Основна діаграма друкарського процесу *для плоского офсетного та глибокого друку* носить той же характер, що і для високої, деяка відмінність полягає в тому, що на ній немає яскраво виражених ділянок CD і DE, оскільки в офсетному та глибокому друку відсутня вдавлювання друкувальних елементів у папір. Починаючи з точки, діаграма являє собою пряму лінію, практично паралельну осі абсцис, що говорить про те, що при зміні величини тиску в широких межах можливе лише незначне збільшення кількості фарби на відбитках.

З діаграми друкарського процесу випливає, що незалежно від кількості друкуючих елементів, що потрапляють у зону друкування (смугу контакту) за будь-якого способу друку, величина тиску по всій площі друкарської форми не повинна виходити за межі величини  $p_{\min} - p_{\max}$ , де забезпечується необхідне перенесення фарби з форми на папір.

Сумарна сила  $F$  може виникнути у смугі контакту друкарської машини як реакція механічної системи друкарського пристрою на один із видів збурення: силове або кінематичне.

*Силовий спосіб створення тиску.* При цьому способі сумарна сила  $F$  в смузі контакту є незалежною змінною, тобто визначається, і в найпростішому випадку може бути постійною величиною:  $F = \text{const}$ .

Як обурення при силовому завданні тиску може виступати, наприклад, сила, створювана пневматичним, гідравлічним або механічним приводом.

У плоскому офсетному та глибокому друку сумарна сила  $F$  буде розподілятися на всю площу смуги контакту і величина тиску друкування, що визначається як відношення сумарної сили до площі смуги контакту, буде однаковою по всій площі друкарської форми. Отже, силовий спосіб створення тиску в плоскому офсетному та глибокому друку відповідає першій вимозі до тиску друкування.

У високому друку постійна сила  $F$ , що задається, буде розподілятися тільки на ті друкуючі елементи, які опиняться в зоні контакту при даному положенні друкарського і формного циліндрів, що визначається деяким кутом повороту  $\varphi$ . Кількість друкуючих елементів та їх сумарна площа у кожній смузі контакту можуть бути різними.

На рис. 6.17 показано спрощену схему друкарської секції ротаційної машини високого друку при повороті друкарського та формного циліндрів на кут  $\varphi_1$  (а) і  $\varphi_2$  (б).

Як видно з рисунку, сумарна площа друкуючих елементів, що потрапляють у смугу контакту в положенні, що визначається кутом  $\varphi_1$  значно більше, ніж їх сумарна площа при куті повороту  $\varphi_2$ .

Оскільки кількість  $n$  друкуючих елементів, що потрапляють у смугу контакту, може змінюватися в широких межах при повороті циліндрів друкарської пари, які не взаємопов'язані зі зміною їх кількості, то тиск у високому друку буде різним у кожній смузі контакту і може значно перевищувати допустимий інтервал.

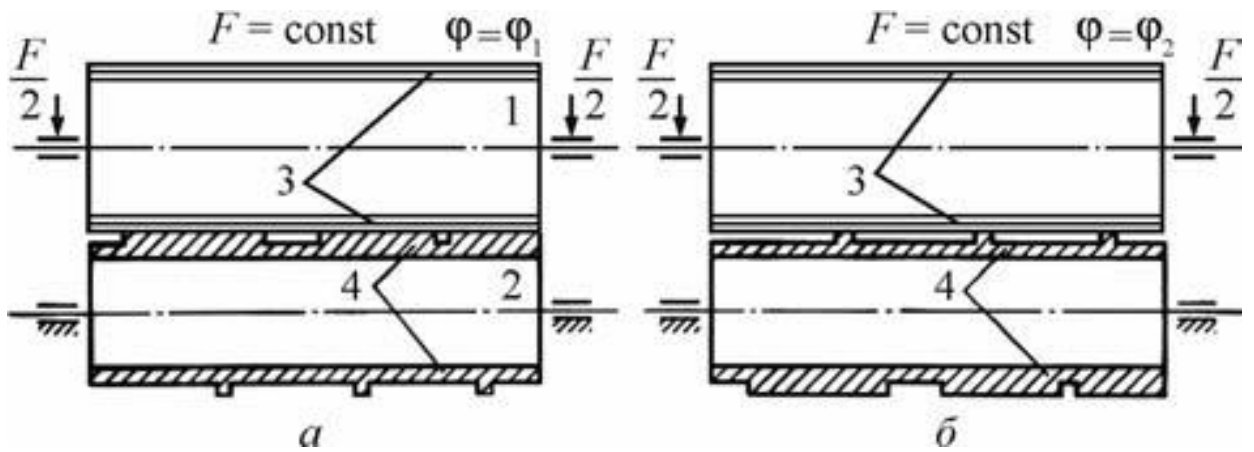


Рисунок 6.17. Схема друкарської секції ротаційної машини високого друку при повороті формного та друкарського циліндрів на кут  $\varphi_1$  (а) та  $\varphi_2$  (б): 1 – друкарський циліндр; 2 – формний циліндр; 3 – декель; 4 – друкарська форма

Виконання вимоги до тиску високого друку при силовому способі завдання було б можливе тільки у випадку, якби сумарна сила змінювалася за законом, суворо відповідним законом зміни сумарної площі друкуючих елементів у кожній смузі контакту. Але силовий спосіб завдання тиску заснований на завданні незмінної сумарної сили  $F = \text{const}$ , отже, силовий спосіб завдання тиску не підходить для машин високого друку.

У друкарських машинах високого друку використовується кінематичний спосіб тиску.

*Кінематичний спосіб створення тиску.* На відміну від силового способу при кінематичному способі незалежною величиною, що задається є деформація пружного декеля  $\varepsilon = \text{const}$  (кінематичний фактор). Цей спосіб полягає в зближенні (за допомогою механізму натиску) опорних поверхонь друкарського циліндра та талеру з плоскою друкарською формою в плоскодрукарській машині або друкарського і формного циліндра з формою в ротаційній машині до відстані меншої товщини декеля в стиснутому стані.

Розмір зазору  $h_{\text{заз}}$  між поверхнями друкарської пари конструктивно суворо визначено для кожного типу друкарських машин. Постійність



величини зазору забезпечується насамперед жорсткістю друкарського вузла. Величина зазору може становити, наприклад, для газетних агрегатів 3,8 або 4,2 мм, для рулонних книжково -журнальних ротаційних машин 2,0 мм, листових, ротаційних та плоскодрукарських машин 1,5 або 1,25 мм.

Якщо закріпити на друкарському циліндрі декель, товщина якого відповідає величині зазору в друкарській парі, тиск у зоні друкування не виникає. Пружний декель, що перевищує по товщині в стиснутому стані величину зазору, проходячи зону контакту, стискається, при цьому в ньому виникають внутрішні напруги, що визначаються величиною його деформації та жорсткості.

Деформація стиснення декеля при цьому є величиною  $\varepsilon$ , що задається, визначається як різницю між товщиною декеля в стиснутому стані  $h_0$  і величиною зазору в друкарській парі:

$$\varepsilon = 1 - h_{\text{заз}}/h_0.$$

Якщо прийняти матеріал декеля ідеально пружним, то відповідно до закону Гука тиск друкування при цьому буде однозначною функцією величини деформації декеля та його модуля пружності  $E$ :  $p = E \varepsilon$ .

Тиск, як видно з виразу, не залежить ні від кількості, ні від площі елементів друку в зоні друкарського контакту. Оскільки величина деформації декеля і його жорсткість постійні для кожного складу декеля, при кожному одиничному друкарському циклі, тиск по всій площі форми також матиме постійну величину. Таким чином, забезпечення першої вимоги до тиску високого друку можливе тільки при використанні кінематичного способу завдання тиску. Величину тиску можна регулювати, використовуючи декелі з різними модулями пружності.

Сумарна сила  $F$  не є постійною величиною в кожній смузі контакту при цьому способі завдання тиску, вона залежить від сумарної площі друкуючих елементів, які потрапляють в ту чи іншу смугу контакту, і автоматично змінюється при повороті циліндрів друкарської пари.

Кожен друкуючий елемент форми залежно від його площі  $S_{\text{елі}}$  при

кінематичному способі завдання тиску сприймає в зоні друкування різну силу  $F_{\text{елі}}$ , пропорційну його площі.

Таким чином, кінематичний спосіб завдання тиску забезпечує:

1. однакову по всій площі друкарської форми величину тиску в межах  $p_{\text{min}}$ - $p_{\text{max}}$ ;
2. мимовільне регулювання сили, що припадає на кожен друкуючий елемент форми, пропорційна до його площі;
3. мимовільне регулювання сумарної сили у смузі контакту залежно від сумарної площі друкуючих елементів у ній.

Практичне використання цього способу створення тиску має ряд особливостей. Кінематичний метод створення тиску обов'язково вимагає пружної прокладки - декеля на друкарському циліндрі.

Забезпечення однакової величини тиску площі друкарської форми залежить від забезпечення точності геометричних параметрів (товщини) друкарської форми, декеля, рівномірності величини зазору в друкарській парі. Значні відхилення названих величин від номінальних розмірів призводять до розкиду величини тиску площі друкарської форми, який може перевищувати допустимий інтервал.

Поряд з кінематичним обуренням може виникнути і параметричне, тобто обурення, пов'язане зі зміною параметрів системи (наприклад, місцева зміна жорсткості декеля), розкид значень механічних характеристик площі декеля викличе відповідний додатковий розкид тиску по площі друкарської форми.

При використанні в якості декелі матеріалів з яскраво вираженими в'язкопружними властивостями з'являється залежність тиску від швидкості друкування і пов'язане з нею явище релаксації напруги в декелі. Релаксація призводить до зниження величини тиску при друкуванні тиражу. При цьому чим сильніше виражена в'язка складова деформаційної характеристики декеля, тим помітніше прояв цих особливостей кінематичного способу створення тиску.

## **Вплив режимних параметрів друкарського процесу на перенесення фарби з форми на матеріал, що запечатується.**

Перенесення друкарської фарби з однієї поверхні на іншу може бути досягнуто за умови дотримання двох умов:

1. фарба повинна змочувати поверхню, що сприймає;
2. поверхня повинна мати міцність, що перевищує величину напруги, що виникають при розщепленні шару фарби.

Одним з факторів, що впливають на процес фарбоперенесення, є нагрівання, що викликається тертям фарби в області контакту. В результаті нагрівання фарби біля поверхні паперу підвищується температура, що знижує в'язкість фарби, а це, у свою чергу, обумовлює виникнення порожнин у частині шару, що знаходиться ближче до паперу. Цей ефект особливо яскраво проявляється при друкуванні на рулонних та високошвидкісних аркушевих ротаційних машинах, де теплові явища діють досить сильно. В результаті зі збільшенням швидкості друкуванні перехід фарби з форми на матеріал, що запечатується дещо зменшується.

Взаємодія паперу та фарби в процесі друкуванні протікає у два етапи, що відрізняються тривалістю, а також величиною та характером деформацій та напруги, що випробовуються папером та фарбою.

Перший етап – це перенесення фарби з форми на папір під впливом тиску.

Другий етап – закріплення фарби на відбитку.

У момент контакту паперу з друкарською формою (або передавальною поверхнею) шар фарби зазнає тиску, що робить на фарбу подвійну дію. По-перше, тиск розплющує шар фарби на поверхні паперу, по-друге, викликає проникнення фарби в пори паперу.

Розплющення проявляється сильніше зі збільшенням товщини

барвистого шару, тиску та в'язкості фарби. Воно зростає і при використанні жорсткого, малопористого паперу. Наростання тиску цьому етапі призводить до того, що фарба швидко розтікається і заповнює зовнішні пори поверхні паперу.

Експериментально встановлено, що із загальної кількості фарби, що вбирається в пори паперу, 80-90% вбирається в папір під дією тиску і лише 10-20% фарби проникає в папір у результаті капілярного вбирання.

Всмоктування рідкої фарби в пори паперу в більшості випадків супроводжується швидким зміцненням структури у верхньому шарі фарби, тобто агрегуванням частинок пігменту і зчепленням цих агрегатів в просторові грати. При цьому зростання в'язкості тонкого шару фарби на поверхні відбитка в результаті тиксотропного структуроутворення тим відчутніше, чим менш в'язкою була фарба в момент розриву шару.

Разом з тим розподіл компонентів друкарської фарби в товщі паперового аркуша не виглядає як дві чітко помітні фази: пігмент і сполучна. Фарба, що знаходиться у верхніх шарах паперового аркушу, має підвищену концентрацію пігменту та збіднена сполучною. У більш глибокі шари паперу, навпаки, проникає невелика частина пігменту і вся вільна маса сполучного.

Основними режимними параметрами друкарського процесу, що впливають на характер перенесення барвистого шару з форми на папір, а отже, і на сумарний оптичний ефект, є: товщина шару фарби на формі; тиск друку; швидкість друку.

Розглянемо залежність переходу фарби на папір від товщини шару фарби за формою (рис. 6.18, а).

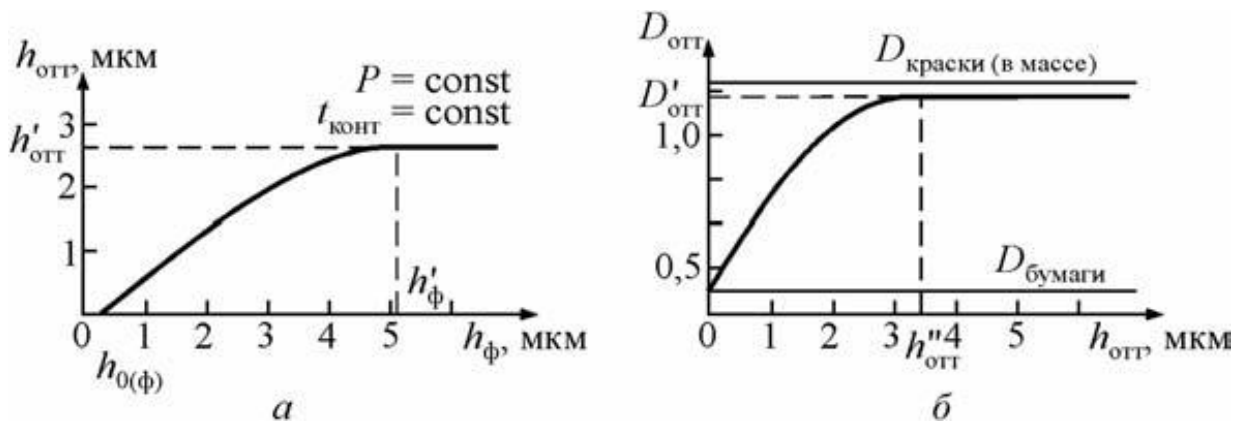


Рисунок 6.18. Залежність переходу фарби з форми на папір від товщини шару фарби на формі (а) і оптичної щільності відбитка від шару фарби, що перейшов на нього (б)

При збільшенні товщини шару фарби на формі (при постійному тиску  $p=const$  і часу контакту  $t_{конт}=const$ ) відбувається послідовне нашарування фарби на папір спочатку у вигляді окремих плям збільшеного розміру, а потім у вигляді суцільного (по всій площі відбитка) покриття, що потовщується. Однак, починаючи з деякого значення товщини шару фарби на формі  $h''_{ф}$  збільшення  $h_{отт}$  припиняється, тобто папір втрачає здатність сприймати додаткову кількість фарби, що свідчить про досягнення характеристичної величини  $h''_{отт}$ , названої технологічною межею насичення паперу фарбою. Це максимальна кількість фарби, що сприймається папером в умовах друку.

Розглянемо залежність оптичної щільності відбитка від шару фарби, що перейшов на нього (рис. 6.18, б).

Збільшення кількості фарби на відбитку призводить до зростання оптичної густини. Відповідна початку прямолінійної ділянки величина  $h''_{отт}$ , мінімальна в даних умовах товщина шару фарби на відбитку, при якій досягається найбільше значення оптичної щільності  $D'_{отт}$ . Ця крапка називається оптичною межею насичення паперу фарбою.

У більшості випадків тобто технологічний та оптичний межі насичення не збігаються між собою, що пов'язано з мікрогеометрією поверхні та внутрішньою структурою паперу, а також з реологічними властивостями

(насамперед в'язкістю) друкарської фарби.

Швидкість друку також впливає на перехід фарби. Зі збільшенням швидкості друкування коефіцієнт перенесення фарби дещо зменшується. Так, збільшення швидкості друкування у 6 разів (зі 100 до 600 об/хв) знижує коефіцієнт перенесення фарби на 15%. Це пояснюється накопиченням кількості фарби на формі через безперервне повторне її нанесення і збільшення тиску між декелем і друкованою формою, що особливо виявляються при підвищенні швидкості друкування.

У процесі друкування будь-яким способом форма зазнає дворазового впливу:

1. при нанесенні фарби та видаленні її надлишку;
2. при отриманні відбитка.

Дані впливу виражаються насамперед у прослизанні форми по поверхнях, що контактують з нею, в умовах тертя. У високому та флексографському друку спостерігається ще й вдавлення друкуючих елементів форми в накатні валики та папір. Це вдавлення викликає розтягування еластичного облицювання валиків та паперу. Воно супроводжується виникненням додаткового ковзання та тертя, викликаючи знос форми.

У високому друку нерівномірність розподілу тиску призводить до того, що концентрація напруги розподіляється по периметру друкуючих елементів. Тому ці зони виявляються особливо чутливими до зношування. Величина крайового ефекту залежить від положення друкуючих елементів на формі, величини кута між бічною гранню та робочою поверхнею, а також від глибини вдавлення друкуючого елемента в еластичне облицювання накатного валика барвистого апарату. Певний вплив на крайовий ефект має деформація паперу та декелю. Кінетика зміни показників зносостійкості друкарських форм у процесі друкування представлена на рис. 6.19.

На даному графіку виділено три області: початковий знос I, що встановився II і посилений III.

Початкове зношування відбувається в інтервалі від 0 до 50 тис. відбитків. При цьому форма припрацьовується, зішлифовуються шорсткості, зменшується глибина прогалін.

Зношування характеризується сталістю умов тертя і незмінною швидкістю. В інтервалі від 50 до 300 тис. відбитків показники якості незначно змінюються.

Посилений знос викликається змінами умов роботи тертя і відрізняється зростанням інтенсивності стирання. При цьому друкарська фарба потрапляє в первинні мікротріщини та сприяє їх розширенню. Ця ділянка характеризується значними змінами показників якості відбитків.

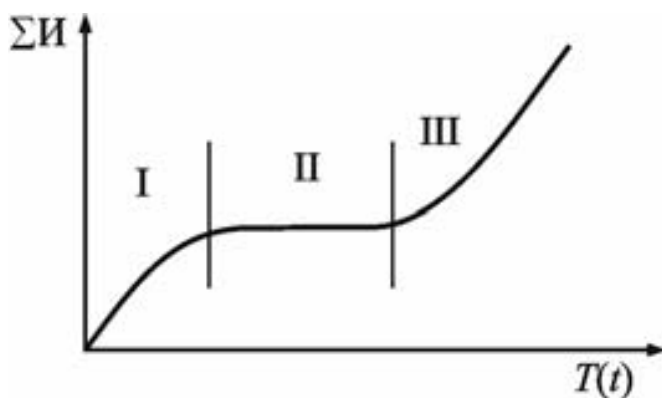


Рисунок 6.19. Кінетика зміни показників зносостійкості друкарських форм у процесі друкування

Основний вплив на тиражестійкість форм мають:

1. швидкість друку;
2. склад та структура декеля;
3. структурно-механічні властивості паперу, що визначають необхідний тиск та глибину вдавлювання друкуючих елементів;
4. присутність фарби, яка, з одного боку, знижує коефіцієнт тертя між формою і папером і відповідно зменшує знос форм, а з іншого, на останній стадії вона сприяє зносу в результаті заповнення і розширення мікротріщин, що утворюються;
5. твердість друкарських форм;

6. температура процесу друкування, зміна якої призводить до зміни всіх фізико-механічних властивостей матеріалу форми (міцності, зношування, опору втоми);
7. вплив робочого середовища (розчинників, вологи тощо), що визначається молекулярною природою матеріалів, міжмолекулярною взаємодією та проникненням молекул середовища у формний матеріал, набуханням матеріалу та структурними змінами;
8. графічний склад форми.

Таким чином, можна виділити дві стадії зношування офсетних друкарських форм. На першій стадії стирання зачіпаються тільки найбільш виступаючі ділянки поверхні, що не відбивається на результатах друкарського процесу. Друга стадія характеризується практично повним стиранням форми та незворотним порушенням процесу друкування.

Головною умовою підтримки фізико-хімічної стійкості форм офсетного друку є збереження рівноваги між молекулярними силами, що діють на межах розділу:

- а) друкуючі елементи форми – фарба;
- б) пробільні елементи – зволожуючий розчин;
- в) фарба – зволожуючий розчин.

Необхідно відзначити, що вплив фізико-хімічних та механічних факторів проявляється не ізольовано один від одного.

В результаті досліджень встановлено взаємозв'язок механічного впливу та фізико-хімічних явищ з експлуатаційними характеристиками офсетних форм. Виявилось, що втрата друкуючими елементами здатності вибірково змочуватися фарбою, а пробільними – водою, зміна розмірів цих елементів, а також інші відхилення пов'язані з певним ступенем механічного зношування офсетної форми.

Наочним проявом фізико-хімічного зношування офсетних форм є порушення вибіркового змочування, при якому дрібні частинки сполучного починають осаджуватися на пробільні елементи. Закочуючись потім фарбою,



ці частинки викликають тіні форми, що призводить до погіршення якості відбитків і псування форми.

Протилежним випадком є утворення емульсії типу вода-масло. Несприятливим з погляду тиражестійкості форм вважається явище їх посилення та ослаблення. Це призводить до спотворення розмірів або зникнення окремих друкуючих елементів.

Таким чином, для підтримки необхідної тиражестійкості офсетних друкарських форм необхідно підбирати взаємно узгоджену комбінацію компонентів фарба – зволожуючий розчин – друкарська форма. До факторів, що надають помітний вплив на стан даної системи, відносяться ретельність попереднього налаштування друкарської машини з точки зору нормування подачі вологи і фарби на форму, а також стійкість режимних параметрів друкарського процесу. знос форм глибокого друку.

У глибокому (як і високому) друку знос форм є насамперед наслідком їх механічного стирання, проте на відміну високого друку тут схильні до стирання не друкуючі, а пробільні елементи, які за правильного проведенні друкарського процесу і ретельному регулюванні друкарської машини мають бути повністю вільними від фарби.

Зі всіх факторів найбільше значення для збереження друкарської форми має її взаємодія з ракелем. Ступінь впливу ракелю на форму і, отже, величина зношування залежать від підготовки та встановлення ракелю, правильності вибору його кута нахилу та вибору зусилля притиску ракелю.

Для забезпечення повного видалення фарби з пробільних елементів форми та заповнення нею растрових осередків слід використовувати ракелі, що мають постійний профіль зношування та ширину робочої кромки, що перевищує величину діагоналі растрової комірки.

При використанні ракелів без заточування робочої кромки, що виготовляються зі сталеві пластини меншої товщини, розширення контактної з формою його кромки не відбувається і, отже, зусилля притиску ракелю до друкарської форми залишається постійним.

