

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Навчально-науковий видавничо-поліграфічний інститут
Кафедра машин та агрегатів поліграфічного виробництва**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Микола ЗЕНКІН

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Комп'ютеризовані поліграфічні
системи»**

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

**на тему: «Дослідження друкарського апарату флексографічних
вузькорулонних машин»**

Виконав:

студент IV курсу, групи СМ-11

Кудлік Павло Сегрійович _____

Керівник:

Доцент кафедри МАПВ, к.т.н.,

Шостачук Олександр Павлович _____

Рецензент:

Доцент кафедри ТПВ, к.т.н.,

Олійник Володимир Григорович _____

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2025 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДП СМ11.00.008. ПЗ	Пояснювальна записка	102	
3	A4	ДП СМ11.01.008 ТК	Огляд пристроїв	2	
4	A4	ДП СМ11.02.008ТК	Вузькорулонна флексографічна машина	1	
5	A4	ДП СМ11.03.008 ТК	Вузькорулонна флексографічна машина	1	
6	A4	ДП СМ11.04.008 ТК	Вузькорулонна флексографічна машина	1	
7	A4	ДП СМ11.05.008 ТК	Деталювання	1	

				ДП СМ11 00.004.00		
	ПІБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Розробн.	Кудлік П.С.				1	1
Керівн.	Шостачук О.П.				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. МАПВ Гр. СМ-11	
Н/контр.						
Зав.каф.	Зенкін М.А.					

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Дослідження друкарських апаратів
вузькорулонних флексографічних машин»»

Київ – 2025 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Навчально-науковий видавничо-поліграфічний інститут
Кафедра машин та агрегатів поліграфічного виробництва

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 133 - Галузеве машинобудування

Освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані поліграфічні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. зав. кафедри МАПВ

_____ Микола ЗЕНКІН

«__» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Кудліку Павлу Сергійовичу

1. Тема проєкту: «Дослідження друкарських апаратів вузькорулонних флексографічних машин», затверджено наказом по університету від «26» травня 2025 р. №1753-с
2. Термін подання студентом проєкту: 13 червня 2025 року.
3. Вихідні дані до проєкту: швидкість друку 120 м/хв, ширина друку $B = 0,33$ м для розрахунку продуктивності флексографічної машини. Площа етикетки $S_{\text{етик}} = 0,01 \text{ м}^2$, кількість тиражу 100000 етикеток. 12 кВт — споживана потужність вузькорулонної флексографічної машини, час друку 23 хв, 50 м — обсяг відходів матеріалу.
4. Зміст пояснювальної записки: огляд літературних та інтернет джерел, в пошуку інформації з приводу видів друкарських апаратів та методів побудов

друкарських секцій, для аналізу існуючих вузькорулонних флексографічних машин; визначення технологічних процесів та етапів друку; дослідження якості друку та аналіз відбитку після тиражів; удосконалення анілоксового вала для покращення друку.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): Діаграми флексографічного ринку (A1), складальне креслення вид збоку флексографічної машина (A1), складальне креслення вид збору флексографічної машини (A1), загальний вигляд флексографічної машини, деталювання (A1), специфікація (A4

6. Дата видачі завдання: 01 лютого 2025

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1.	Пошук технічної документації	13.03.2025	Виконано
2.	Огляд та дослідження технічних матеріалів за темою	20.03.2025	Виконано
3.	Формулювання технічних характеристик механізмів	10.04.2025	Виконано
4.	Аналіз аспектів які впливають якість друку	21.04.2025	Виконано
5.	Проведення дослідження щодо якості друку та покращення якості відбитку	05.05.2025	Виконано
6.	Проектування технічних креслень	15.05.2025	Виконано
7.	Підбиття висновків	29.05.2025	Виконано
8.	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	08.06.2025	Виконано
9.	Здача дипломного проєкту на кафедру	13.06.2025	Виконано

Студент _____ Павло КУДЛІК

Керівник проєкту _____ Олександр ШОСТАЧУК

Реферат

Шостачук О.П. Дослідження друкарських апаратів вузькорулонних флексографічних машин . ВПІ НТУУ „ КПІ ” кафедра МАПВ.

Бакалаврський курсовий проект містить сторінки друкованого тексту 87, 4 аркуші креслень формату А1, 50 ілюстрацій, 3 таблиці.

В дипломному проекті проведено аналіз конструкцій, технологічних особливостей та якості роботи вузькорулонного флексографічного обладнання. У роботі розглянуто сучасний стан і перспективи розвитку флексографічного друку, проведено порівняння конструктивних рішень машин різних типів (ярусного, планетарного та секційного лінійного компонування). Проаналізовано будову та принцип роботи флексографічних друкарських апаратів різних виробників, визначено їх переваги й недоліки, особливості технологічного процесу. Наведено приклади конкретних моделей машин із описом їх технічних характеристик і функціональних можливостей. Визначено показники якості друку, зокрема впливу тиску на деформацію друкарських точок, аналізу однорідності щільності фарби та чіткості відбитку. Досліджено стан анілоксових валів і представлено конструктивне вдосконалення вала для покращення перенесення фарби та зменшення витрат. Проведено обрахунок економічних параметрів роботи машини з удосконаленим анілоксовим валом.

Проект має актуальність застосування вузькорулонного флексодруку для виробництва етикеток і пакувальної продукції, підкреслює значення інновацій у конструкції друкарських апаратів для підвищення продуктивності й якості друку.

Abstract

Shostachuk O.P. Research of printing devices of narrow-roll flexographic machines.
VPI NTUU “KPI” Department of MAPP.

The bachelor's course project contains pages of printed text, 4 sheets of drawings of A1 format, 50 illustrations, 3 tables.

The diploma project analyzes the design, technological features and quality of narrow web flexographic equipment. The work considers the current state and prospects of flexographic printing, compares the design solutions of different types of machines (tiered, planetary and sectional linear layout). The structure and principle of operation of flexographic printing machines from different manufacturers are analyzed, their advantages and disadvantages, and features of the technological process are identified. Examples of specific models of machines are given with a description of their technical characteristics and functionality.

The indicators of print quality, in particular, the influence of pressure on the deformation of printing dots, analysis of ink density uniformity and print clarity, are determined. The condition of anilox rollers is investigated and a constructive improvement of the roll is presented to improve ink transfer and reduce costs. The economic parameters of the machine with the improved anilox shaft were calculated. The project is relevant to the use of narrow web flexo printing for the production of labels and packaging products, and emphasizes the importance of innovations in the design of printing presses to improve productivity and print quality.

Зміст

Реферат	7
Abstract.....	8
1. Флексографія, як метод друку.....	11
1.1. Процес флексографічного друку	11
1.2. Аналіз ринку флексографічних машин.....	12
1.3. Друкарські форми у флексографії.....	13
1.4. Цифрова технологія виготовлення флексографських друкованих форм 16	
1.5. Друкарські матеріали у вузькорулонному флексодруці	18
1.6. Фарби для флексографічного друку.....	20
Висновок	21
.2. Огляд будов флексографічних друкарських апаратів та аналіз машин	23
2.1. Типи конструкцій флексографічних машин	23
2.1.1. Машини ярусного типу	23
2.1.2. Планетарна конструкція.....	25
2.1.3. Машини горизонтального лінійного компонування	29
2.2. Аналіз флексографічних машин	30
2.2.1. Огляд машини 4-фарбової флексографічної машини Сігма	30
2.2.2. Загальне креслення 4-фарбової машини.....	32
2.2.3. Технологічний процес друку машини Сігми	37
2.2.4. Переваги та неділоки машини	37
2.3. 5-фарбова флексографічна машина ярусного типу	38
2.3.1. Огляд 5-фарбової вузькорулонної флексографічної машини фірми Zonten	38
2.3.2. Технологічний процес друку	38

2.3.3 Переваги та недоліки	39
2.3.4. Підготовка та система друку	42
2.4. Огляд 8-ми барвистої машини.....	45
Висновок:	47
3 Дослідження якості друку та перенесення відбитку	49
3.1. Визначення якості друку через деформацію напівтонових точок	49
3.1.1. Тиск у процесі друкування	49
3.1.2. Вплив тиражу на деформацію друкарської точки.....	51
3.1.3. Аналіз покриття друкарської точки.....	52
3.1.4. Аналіз однорідності щільності фарби та чіткості точки	56
3.2. Оцінка стану анілоксових роликів	58
3.2.1. Оцінювання закупування комірок анілоксового вала	60
3.2.2. Оцінювання зносу поверхні анілоксових валів	61
3.2.3. Рівномірність перенесення фарби з зношеного вала	66
3.3. Покращення якості перенесення відбитку	70
3.3.1. Удосконалений анілоксовий вал.....	70
3.3.2. Надійність у застосуванні.....	71
3.3.3. Які проблеми вирішує	72
3.3.5. Обрахунок параметрів економічності	73
3.4. Процедура діагностування ДА вузькорулонних флексографічних машин.	74
Висновок.....	78
Загальний висновок.....	78
Список літератури	79
Додатки.....	84

1. Флексографія, як метод друку

1.1. Процес флексографічного друку

Флексографічний друк – метод високого друку з використанням гнучких рельєфних друкарських кліше для нанесення на пластичні матеріали.

Флексографія наразі дає змогу виготовити замовлення різного роду складності, зокрема етикетку із широкою варіацією дизайну та використовуючи методи під вимоги клієнта. Експлуатація флексографії дає змогу задруковувати різного роду матеріали, які є гнучкими, здобувши популярність у торгівлі, таким чином ця особливість дає перевагу (у порівнянні із плоским друком) при виготовленні кінцевої поліграфічної продукції [15].

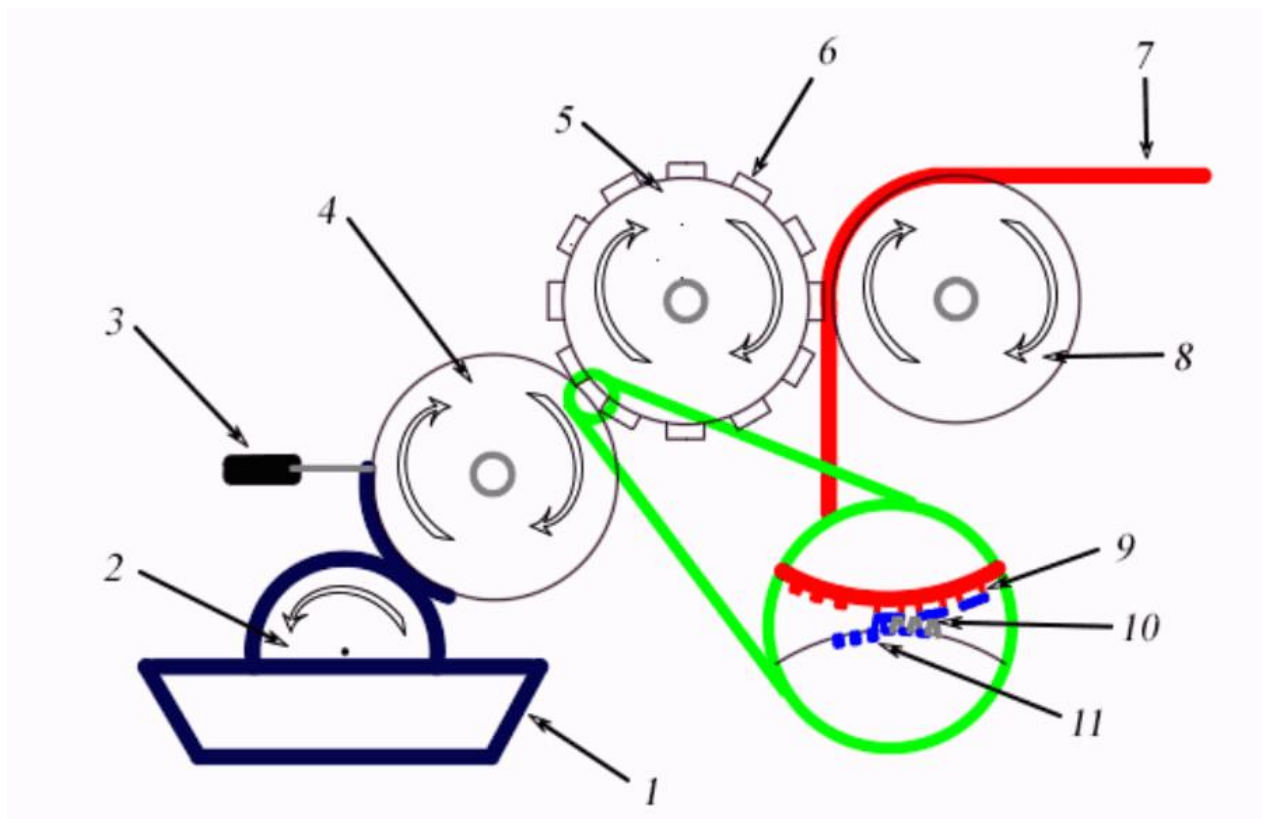


Рис 1.1 - Схема принципу роботи флексографічного друку

Процес являє собою подачу рідкої фарби із фарбового корита 1 дукторним 2 та анілоксовим 4 циліндрами, ракуль взаємодіє із 4, таким чином наноситься на еластичну друкарську форму 6, яка в свою чергу зафіксована на

формному циліндрі 5. Виникаючий тиск 7 завдяки формному 5 та твердому 8 друкарським циліндрам переноситься на задрукований матеріал, проходячи крізь 5 та 8 циліндри. На гнучке кліше 9 потрапляє фарба яка розподіляє її на матеріал 10 за допомогою притискного циліндра 11 [□8].

1.2. Аналіз ринку флексографічних машин

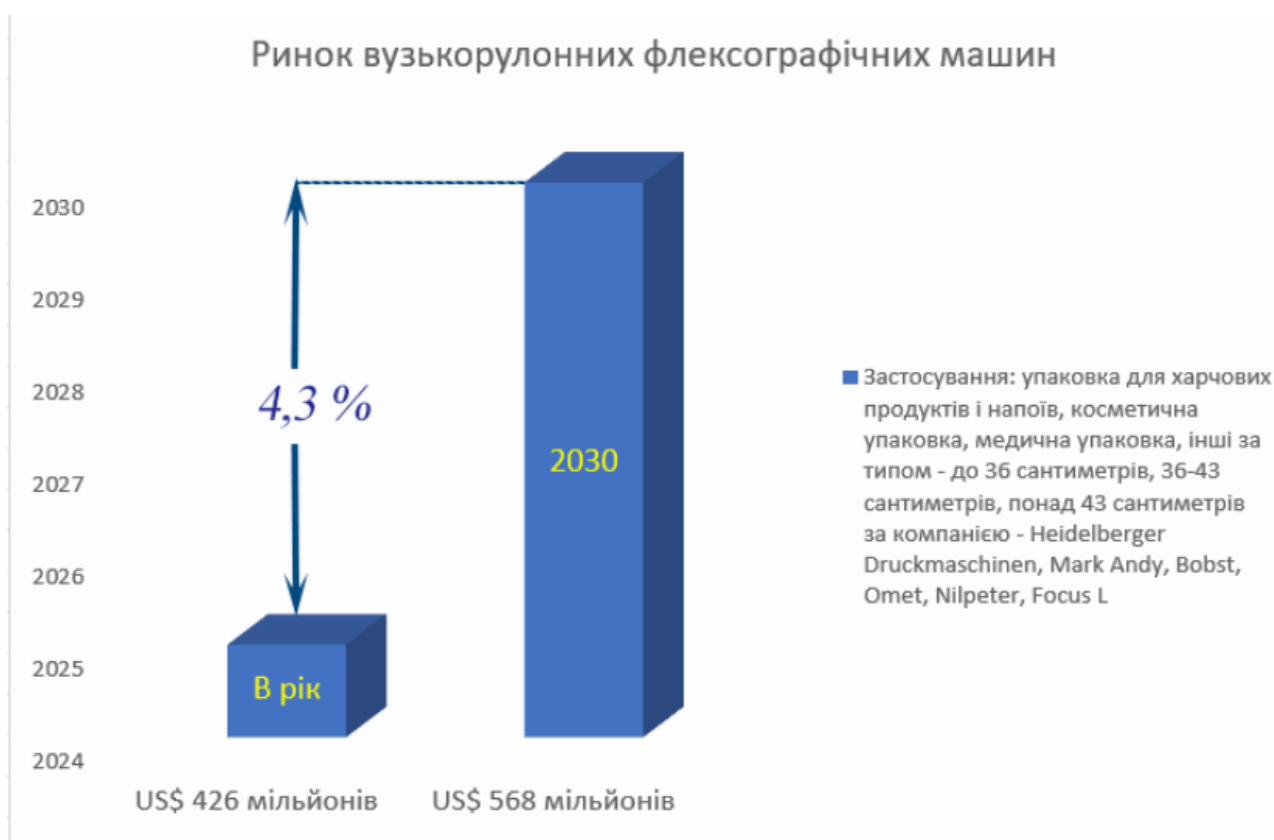


Рис 1.2 - Прогноз ринку вузькорулонних флексографічних машин

Світовий ринок вузькорулонних флексографічних машин у 2023 році оцінювався в 426 мільйонів доларів США і, за прогнозами, досягне до 2030 року 568 мільйонів доларів США, а середньорічний темп зростання становитиме 4,3% протягом прогнозованого періоду (рис.1.2.).

Спеціалізована вузькорулонна друкарська машина для флексографії - це обладнання, розроблене для друку з високою швидкістю на матеріалах невеликої ширини, як правило, в межах від 15 до 50 см. Завдяки застосуванню

флексографічного методу друку, ця машина використовує еластичні виступаючі пластини та швидкосохнучі чорнила для створення друкованих виробів високої якості на різноманітних матеріалах, таких як папір, плівка, алюмінієва фольга та ламіновані поверхні. Такі машини активно застосовуються для виготовлення етикеток, упаковки та інших продуктів у рулонах, надаючи можливість виробництва ефективно, гнучко та з економічною вигодою для серій середнього та великого обсягу. Можливість інтеграції додаткових операцій обробки, як-от вирізання та ламінування, робить це обладнання ідеальним вибором для секторів харчової промисловості, виробництва напоїв та товарів особистої гігієни [4].

1.3. Друкарські форми у флексографії

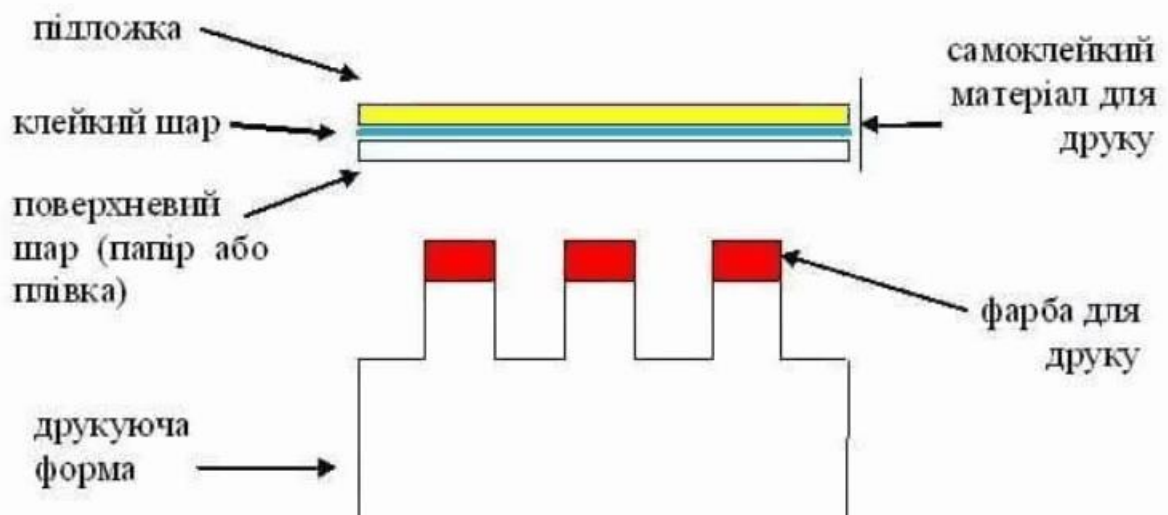


Рис.1.3 - Друкарська форма у взаємодії з матеріалом

На рис.1.3 показано як кліше взаємодіє із самоклеїмим матеріалом для друку, в свою чергу він складається з декількох шарів: насамперед це поверхневий шар (папір чи плівка) – безпосередньо приймає зображення з друкарської форми. Далі йде клейовий шар, який забезпечує приклеювання етикетки до продукту або ж до упаковки. Кінцевий шар це підложка – це захисна основа, яка знімається перед нанесенням етикетки на продукт. Друкарська форма або кліше – має рельєфну поверхню, де виступи утворюють друкувальні елементи.

Саме ці виступи (контури) передають фарбу. Фарба для друку – наноситься лише на виступаючі частини форми й переноситься на поверхневий шар самоклеючого матеріалу (наприклад, плівку або папір). Цей рисунок демонструє принцип високого друку у флексографії.

У епоху розвитку сучасної флексографії, лідируюче місце займають фотополімерні пластини (рис. 1.4). Це гнучкі матеріали, чутливі до світла, на поверхні яких створюється об'ємне зображення для передачі фарби на друкований носій. Раніше у цій сфері переважали аналогові фотополімерні пластини, які отримували зображення з фотонегативів за допомогою УФ-освітлення.



Рис. 1.4 - Друкарська форма флексографічного друку

Нині ж перевагу віддають цифровому методу Computer-to-Plate (CtP), де лазер безпосередньо видаляє непрозору плівку на пластині, за чим слідує експонування, проявлення, сушіння та остаточне закріплення. Цей метод забезпечує високу точність друку, однорідність якості відбитків та скорочення часу на виготовлення.

Альтернативний підхід полягає у термічному створенні форм без використання органічних розчинників. Пластина піддається нагріванню, а незафіксований полімер розплавляється та видаляється за допомогою спеціальних валів. Технології, подібні до DuPont Cyrel FAST, відзначаються високою продуктивністю та екологічністю, що робить їх популярними у виробництві форм для друку на вузьких рулонах.

Іншим новітнім методом є безпосереднє лазерне гравірування форм з еластомерних матеріалів. Цей процес включає випаровування матеріалу за допомогою потужного лазера без необхідності проявлення. Він дозволяє створювати друкарські форми високої якості, включаючи безшовні рукави для неперервного зображення по колу. Незважаючи на високу вартість обладнання, цей метод швидко розвивається, особливо у виробництві етикеток та гнучкої упаковки. Фотополімерні пластини, що використовуються для створення флексографічних друкованих форм (рис. 1.5), поділяються на одношарові та багатошарові за своєю структурою.



Рис. 1.5 - Флексографічні фотополімерні флексографічні форми

Фотополімерні форми доступні у різноманітних товщинах (зазвичай 1,14 мм та 1,70 мм) і твердостях (від 25 до 60 одиниць за шкалою Shore A). Форми поділяються на 2 типи: для друкування на еластичних пакувальних елементах із плівки чи паперу та для матеріалах із текстурованою поверхнею (гофрований картон, картон) . Тонші форми ідеально підходять для відтворення дрібного растру, тоді як більш товсті форми призначені для грубих матеріалів, М'які пластини краще пристосовуються до нерівних поверхонь, в той час як тверді забезпечують більшу чіткість друку.

1.4. Цифрова технологія виготовлення флексографських друкованих форм

Три різні системи для електронного безпосереднього гравіювання пластин використовуються для флексографічного друку. Вони є:

1. Технологія LAM (лазерний абляційний маска) з високоякісним зображенням.
2. Лазерне гравіювання/абляція (приблизно до 600 dpi, головним чином для гумових пластин).
3. Запис безпосередньо за допомогою високої енергії UV-випромінювання (гарантує якість виробництва газет).

Сьогодні технологія LAM з вищою якістю є типовою для шару LAM. Вона встановлена як світовий лідер ринку. У цьому технологічному процесі стандартні фотополімерні пластини покриваються чорним шаром LAM товщиною в кілька мікрометрів. Флексографічна друкарська форма — складний поетапний процес.

Під час першого кроку зображення записується (зазвичай за допомогою ІЧ-лазера). Це означає, що використовується волоконний лазер з довжиною

хвилі 1064 нм або, для діодів, 830 нм. Це вже стало стандартом індустрії, технічно використовуючи підхід з кількома променями. Це зменшує час запису, неодимовий лазер на алюмінієвій основі замінюється волоконним лазером або діодом та потім його процесором. Шар LAM замінює традиційну флексографічну фотоформу. Крім зон, де друковані елементи мають формувати шар LAM, він повністю видаляється лазерним променем. Цей шар, із записаним зображенням, також називається "цифровим фільмом".

Після запису зображення на шар LAM подальшу обробку приділятимуть пластині.

Зворотне експонування — це рівномірне підсвічування пластини через поліестерову основу без використання вакууму в копіювальній рамі. Його функції такі:

- Збільшити фоточутливість фотополімера, щоб зменшити основний час експонування.
- Впевнитися, що основа форми для друку стабільно побудована та виконана до життєвого терміну елемента зображення на ній.
- Впевнитися, що поліестер поєднується з полімерним шаром.
- Забезпечити основу для наступної форми для друку.
- Обмежити проникнення розчину в полімерний матеріал і глибину промивання.

Час експонування на зворотній стороні пластини визначається часом, необхідним для повної полімеризації з необхідною товщиною. Це різниця між загальною товщиною пластини та значенням глибини рельєфу.

Під час основного експонування рельєф зображення формується внаслідок полімеризації мономера в пластині. На поверхні пластини друковані елементи (також видалення) набувають форму конусів.

У результаті промивання ті частини мономера, які не були експоновані або полімеризовані, розчиняються та змиваються з пластини. Залишаються тільки місця, що були полімеризовані, утворюючи рельєф зображення.

Протягом процесу промивання пластина замочується в промивному розчині, і полімеризований рельєф зображення розм'якшується при набуханні. Ступінь проникнення розчинника залежить від ступеня полімеризації рельєфу зображення і тривалості промивки, а також температури очищувального розчину. Час сушіння варіюється, із середнім часом від промивки до повного висихання пластини 76 хвилин; однак у звичайному процесорі промивка та сушіння є автоматичними кроками.

Він має яскраву поверхню, трохи клейку під час висихання; чутливий до пилу та повітря. Після завершення "клейкість" поверхні знімається, роблячи цю форму стабільною та непроникною для різних розчинників друкарської фарби. Два можливих фініші: хімічна обробка, обробка довгохвильовим UV-світлом (254 нм коротка). Останнє експонування повинно забезпечити, щоб всі молекули мономера були полімеризовані. Це покращує стійкість пластини до фарб і розчинів для миття, а також її твердість.

Відтоді як технологія StP флексографічного друку була встановлена, вона стала невід'ємною частиною у виробництві високоякісних друкарських форм. Однорідність шару LAM постійно поліпшується, що веде до покращень якості запису зображення [12].

1.5. Друкарські матеріали у вузькорулонному флексодруці

Папір, полімери та металізовані плівки в рулонах можуть друкуватися флексографією. Вузькорулонні машини для <500 мм зазвичай використовуються для виробництва етикеток, що, в свою чергу, підходять для виробництва малої упаковки (пакетики, банери, пакування для косметики та їжі).

Верхні плівки (PP, PE, PET) складаються з верхньої плівки, клейового шару та захисної підкладки. Вони водонепроникні, стійкі до хімікатів і

ідеально підходять для етикеток на косметику, ємності для побутової хімії та упаковки заморожених продуктів. Прозорий поліпропілен створює ефект "без етикетки". PE-плівки м'якші та гнучкіші – для округлих поверхонь; PP-плівки більш жорсткі, для плоских поверхонь. Друкують в основному за допомогою УФ-фарб.

Типове використання термопаперу – для етикеток у логістиці та торгівлі. Фоновий друк виконується флексографією, а змінна інформація друкується за допомогою термопринтерів. Існує захисне покриття та версія без покриття. Фарби затверджуються УФ-випромінюванням при низькій енергії або водянні, щоб уникнути потемніння матеріалу при нагріванні.

Етикетковий папір також може бути самоклеючим або призначеним для використання з клеєм. Він складається з покритих напівматових офсетних видів. Папір дешевший за плівки, високо перероблюваний і широко використовується для вина, консервованих товарів і інформаційних етикеток. Термічний переносний папір (який може бути надрукований стрічкою) також використовується.

Алюмінієва фольга використовується для захисних бар'єрів і декоративних ефектів – покритишки йогурту, упаковка для фармацевтики, фольгові етикетки. Друк здійснюється за допомогою УФ-фарб, що також забезпечує чудовий контроль тиску, оскільки матеріал доволі тонкий.

Поліетилен (PE) використовується у гнучких етикетках та контейнерах, формованих або стиснутих пляшках і ємностях. Вимагає корона-обробки через низьку поверхневу енергію. Друк зазвичай здійснюється за допомогою УФ або розчинних фарб. Також використовується як шар ламінування в комбінованих застосуваннях.

Поліпропілен (PP): PP є універсальним матеріалом для етикеток і гнучкого пакування. BOPP прозорий або білий та використовується для самоклеючих етикеток і обгортки. Вони володіють високою температурною та

розмірною стабільністю і підходять для термоусадочних рукавів, пакування для закусок і етикеток на пляшки.

Ламінації – це складення (наприклад, PET/Al/PE) кількох шарів для упаковки їжі, медикаментів і косметики. Як зовнішні, так і внутрішні шари можуть друкуватися флексографічно. Адгезія фарби повинна бути хорошою, і зазвичай друк здійснюється з зворотного боку, після чого вони ламінуються. Матеріали для ламінованих тюбиків також друкуються.

Завдяки широкому асортименту матеріалів, флексографію можна застосовувати для задоволення різних потреб клієнтів щодо зовнішнього вигляду, функціональності та довговічності друкованого виробу [□23].

1.6. Фарби для флексографічного друку

У світі флексографічного друку ми здебільшого використовуємо три різні типи фарб: водорозчинні фарби, фарби на основі розчинників та фарби, які затверджуються під впливом світла (УФ/ЕВ). Для друку на вузькому рулоні та при друці в 4-6 кольорів найбільш популярними є водорозчинні або УФ-фарби.

Водорозчинні фарби складаються з пігментів, розчинених у воді, з додаванням акрилових смол, змочувальних агентів та інших допоміжних матеріалів. Вони є екологічно безпечними, безпечними для здоров'я людини, нетоксичними та не потребують складних систем вентиляції; також легко очищаються з обладнання. Вони ідеально підходять для паперу, картону та гофрованої упаковки. Для ефективного висушування на плівках необхідно використовувати гаряче повітря або ІЧ-лампи. Основними недоліками є: повільне висихання на не абсорбуючих матеріалах, менша стійкість до стирання та водостійкість порівняно з фарбами на основі розчинників; а також труднощі з друком на поліолефінових матеріалах без попередньої обробки поверхні. Вони широко використовуються для пакування продуктів харчування, дитячих товарів та паперових етикеток.

УФ-фарби затверджуються під впливом ультрафіолетового світла, але не містять ні розчинника, ні води. Вони складаються з пігментів, акрилатів, мономерів та фотоініціаторів. Вони висихають миттєво, не висихають на повітрі, а відбитки мають високу якість та глянцеве покриття. Вони мають чудову адгезію до плівок, ламінатів та фольги, майже відмінну хімічну та механічну стійкість. Вони ідеально підходять для друку на самоклеючих плівках, етикетках для косметики, побутової хімії та інших товарів. Обмеження полягають в тому, що потрібне УФ-обладнання; до моменту полімеризації може існувати небезпека; і стандартні УФ-фарби не мають прямого контакту з харчовими продуктами (використовуються спеціальні чернила з низькою міграцією).

УФ-флексграфія тепер стала загальноприйнятим стандартом для друку етикеток, тоді як водорозчинні фарби вважаються найкращим екологічним вибором. Багато друкарень використовують обидва типи фарб залежно від потреб спеціалізованих продуктів. Обидві технології дуже вдосконалюються: з'являються світлодіодні УФ-системи, постійно покращуються характеристики водорозчинних фарб, тому флексграфія пропонує себе як рішення для сучасної упаковки всіх видів.

Висновок

У даному розділі проведено аналіз технологічних та конструктивних особливостей флексграфічного друку, а також досліджено стан та перспективи розвитку вузькорулонних флексграфічних машин. Було розглянуто принцип роботи флексграфічної машини та основні елементи її конструкції, зокрема використання анілоксових валів, фотополімерних форм та різноманітних друкарських матеріалів (плівки, папір, фольга).

Аналіз ринку вузькорулонних флексграфічних машин показав стабільне зростання обсягів виробництва та попиту на даний тип обладнання, що обумовлено універсальністю технології, високою якістю друку,

можливістю роботи з широким спектром матеріалів та економічною ефективністю для середніх і великих тиражів.

Особлива увага приділена сучасним технологіям виготовлення друкарських форм (CtP, лазерне гравіювання), які значно підвищують якість та швидкість підготовки виробництва, а також підвищують екологічну безпеку процесів. Розглянуто переваги використання УФ-фарб і водорозчинних фарб у вузькорулонному флексодруці, які забезпечують відповідність сучасним вимогам щодо якості та екологічності продукції.

Таким чином, флексографічний друк у поєднанні з сучасним устаткуванням і матеріалами залишається одним із найперспективніших методів виготовлення упаковки та етикеток, забезпечуючи гнучкість виробництва, високу продуктивність та можливість адаптації під потреби замовника [□26].

.2. Огляд будов флексографічних друкарських апаратів та аналіз машин

2.1. Типи конструкцій флексографічних машин

2.1.1. Машини ярусного типу

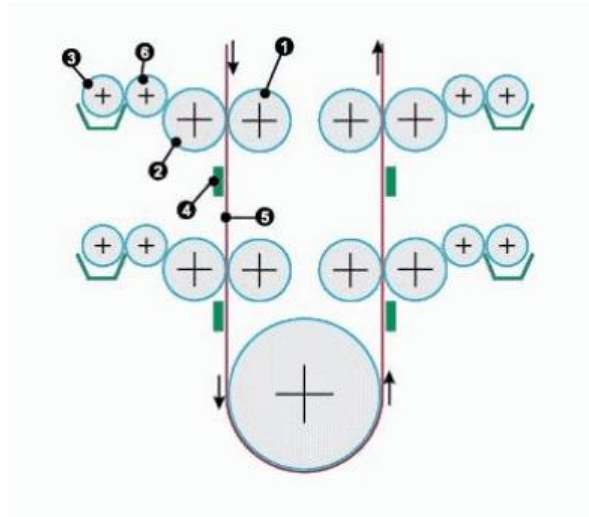


Рис 2.1 - Схема флексографічної машини ярусного типу

1 – друкарський циліндр; 2 – формовий циліндр; 3 – барвистий валик; 4 – сушарний пристрій; 5 – друкарський матеріал; 6 – растровий валик

Ярусна секція має високу популярність через свою нескладну конструкцію. В залежності від будови може бути на одному або з двох боків встановлені друкарські секції, корпус в свою чергу виготовляється зі сталі чи чавуна. Розміщення секцій може бути таким, що один над одним до 6 друкарських апаратів або на кожній із сторін до три чи чотири окремі апарати.

Таким чином від 1 до 8 друкарських апаратів може мати секція.

При потребі у 3-ох ярусній секції є змога вмонтувати ще 3 друкарські апарати, а у чотириярусній до 8 (рис. 2.1). Каркас секції має пульт керування та центральну частину. Так як на станині розміщуються друкарські циліндри, тому вона повинна бути чітко вироблена та мати високу жорсткість, і ось чому між осями циліндрів має бути точна паралельність та синхронність під час обертуту.

Найважливіші компоненти механізму привода, до них входять шестерні друкарських циліндрів та інші складові секцій розміщені в основній частині станини.

Консольні панелі, що слугують основою для монтажу формових циліндрів та кольорових механізмів, можуть бути виливані разом з головною частиною каркасу або прикріплені до неї за допомогою гвинтів. В свою чергу вони потребують міцність та високу точність.

Фарбові апарати можуть мати різноманітну конструкцію. За допомогою растрового циліндра фарба передається на формний циліндр, у свою чергу, фарба поступає з гумованого дукторного валика, який частично опущений у фарбове корито – це 3 циліндова система (2 компоненти фарбового механізму + формовий циліндр). У рулонних флексографічних пресах використовують фарбопередавальні апарати, де растровий циліндр не тільки передає фарбу на форму, а й забирає її з фарбового корита, а ракель знімає зайву фарбу з поверхні циліндра (растровий + формовий циліндри – двоциліндрова система).

Конфігурація фарбових апаратів та формових циліндрів підбирається під потреби замовника. Розмаїття розмірів діаметрів циліндрів варіюється від 88 до 250 мм для невеликих машин та від 350 до 1000 мм для апаратів середнього розміру. Варто підкреслити, що флексографічні машини, які мають ярусний тип конструкції вирізняються своєю адаптивністю до різних форматів. Таким чином переміщення друкарського матеріалу здебільшого виконується зверху вниз, а потім знову вгору на іншій стороні. Однак можливо також реалізувати напрямок від низу до верху і назад вниз. Важливо правильно налаштувати тягові пристрої та враховувати специфіку запечатуваного матеріалу.

Однією з основних переваг машин секційної ярусної конструкції є можливість двостороннього друку на стрічці в одній секції за один прохід. Завдяки відносно простій зміні напрямку проходження стрічки та обертання циліндрів групи друкарсько-барвистих апаратів можна здійснювати друк як на

лицьовій, так і на зворотній стороні стрічки. Для цього необхідно оснастити систему додатковими сушарками та охолоджувальними циліндрами для забезпечення якісного закріплення всіх відбитків.

Зазвичай після кожної друкарської секції встановлюють пристрої для обдування стрічки теплим повітрям і видалення парів розчинників, щоб фарба добре закріпилася на поверхні матеріалу. Оскільки стрічка проходить між секціями вільно, спираючись лише на один або два направляючих валки, виникають незначні коливання під дією повітряних потоків. Це може призвести до порушень подовжного приводження між відбитками різних фарб через звичайні проміжки у зубчастих зачепленнях.

На сучасному етапі технології в ярусних секціях неможливо досягти точності подовжного приводження вище $\pm 0,2$ мм. Якщо потрібна вища точність друку, слід використовувати планетарні секції.

2.1.2. Планетарна конструкція

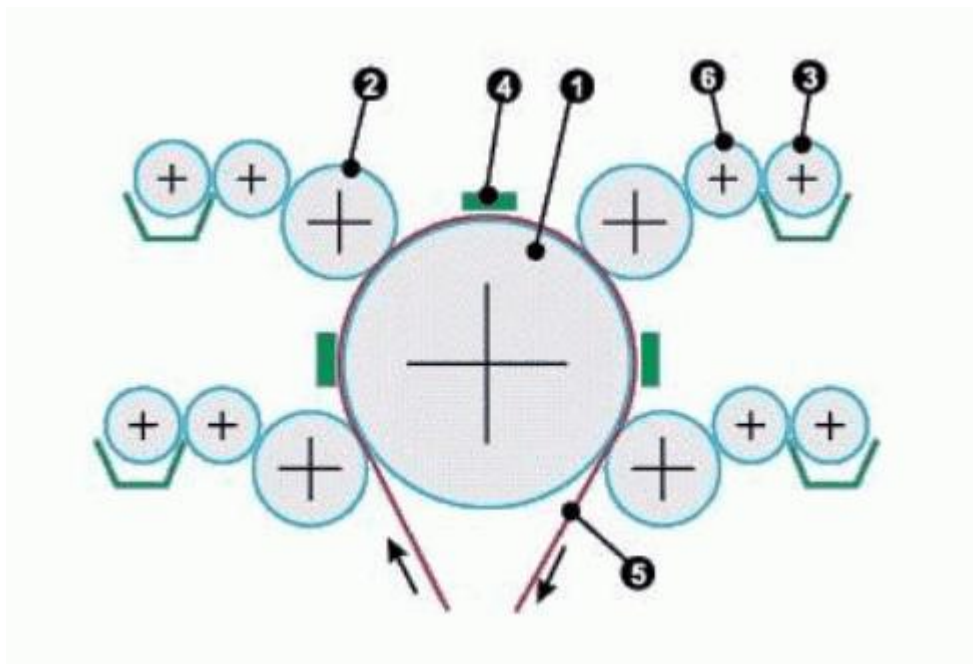


Рис 2.2 - Схема флексографічної машини планетарного типу

1 – друкарський циліндр; 2 – формовий циліндр; 3 – барвистий валик; 4 – сушарний пристрій; 5 – друкарський матеріал; 6 – растровий валик

Планетарні друкарські секції (рис. 2.2) представлені на ринку в меншій кількості, ніж ярусні. Станина для них повинна бути надзвичайно жорсткою, оскільки на ній розміщують великий загальний друкарський циліндр і зубчасте колесо, що потребують плавного обертання без коливань. Навколо основного циліндра встановлюють 4 або 6 формових циліндрів з фарбовими апаратами, найчастіше — у 6-барвистих конфігураціях для друку високоякісних зображень.

Ринок пропонує друкарські циліндри діаметром від 800 до 2 300 мм. Надмірне збільшення діаметра спричиняє надмірний тиск у зоні контакту, ускладнення виготовлення та залежність від температурних змін. Це може змінювати тиск у контакті й впливати на якість друку. Проте збільшення зони контакту підвищує час друкарської взаємодії.

Ширина матеріалу в таких секціях — від 300 до 2 500 мм, довжина відбитка — до 1 000 мм, а в спеціальних машинах — до 2 000 мм. Для забезпечення стабільного друку необхідно точно контролювати тиск між циліндрами.

Для нанесення фарби на матеріал використовуються унікальні апарати, що мають растрований циліндр і ракель для надійного розподілу фарби. Секрет високоякісного кольорового друку криється в ідеальній точності друкарського циліндра, з радіальним відхиленням не більше 0,005 мм, та поверхнею із шорсткістю не більше ніж 0,002 мм. Завдяки системі водяного охолодження температура залишається в нормі, що виключає будь-які деформації.

Стрічка матеріалу обвиває циліндр, пройшовши таким чином через обгумований валик, і далі крокує через 4, 6 або 8 зон контакту без жодного розтягування, що гарантує ідеальну передачу зображення. У новітніх агрегатах зубці формових циліндрів ідеально зачіпаються з головним приводним колесом, зводячи до мінімуму будь-які зазори.

Планетарна секція пропонує майже досконалі умови для друку найвищої якості, стаючи фундаментом для багатофункціональних флексографічних систем.

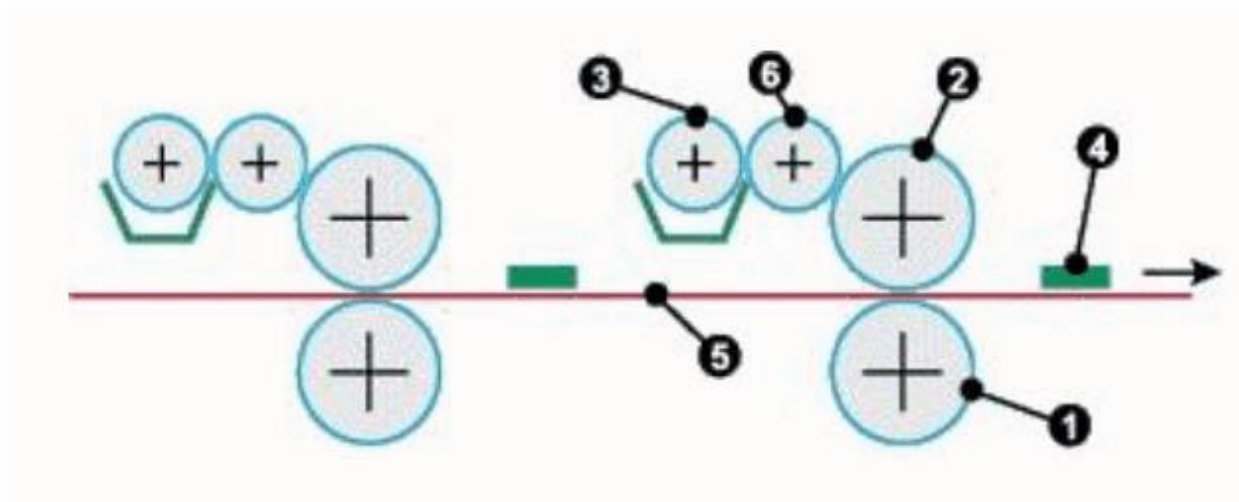


Рис 2.3 - Схема друкарської машини секційного типу:

1 – друкарський циліндр; 2 – формовий циліндр; 3 – барвистий валик; 4 – сушарний пристрій; 5 – друкарський матеріал; 6 – растровий валик

У світі флексографії зустріти поодинокую секцію (рис. 2.3) - це велика рідкість, адже вона виконує унікальну роль. Її будова нагадує техніку глибокого друку: на одному каркасі розміщені друкарський і формний циліндри, барвистий апарат, сушильний пристрій, охолоджувальний циліндр, реєстровий валик та набір інших валиків.

Секції встановлюють по чергові. Зазвичай їх буває від 5 до 8, що дозволяє накладати потрібну кількість кольорів. Кожна секція оснащена власним приводом, який з'єднаний з іншими за допомогою карданних валів. Формний циліндр фіксується на каркасі і приводиться в рух механічно або за допомогою гідравліки. Заміну формних циліндрів полегшують спеціальні візки.

Фарбувальні пристрої бувають різних конструкцій: з растровим циліндром та дукторним валиком або ракелем. У передових машинах (швидкість 10–12 м/с, ширина більше 1400 мм) застосовують зворотний ракель

для однорідного нанесення фарби. Тиск між валиками налаштовується механічно або за допомогою гідравліки. Стрічка оббиває напрямні елементи, проходить через друкарський циліндр, сушильну камеру та охолоджувальний циліндр.

Завдяки можливості використання довгих стрічок проводки (до 4 метрів), тож ці апарати здатні накладати густі шари фарби з високою швидкістю. Автоматичне узгодження кольорів між різними секціями досягається з точністю до $\pm 0,2$ мм завдяки реєстровим механізмам і електроніці. Оптичні датчики сканують розташування міток і відправляють сигнали на серводвигуни для налаштування синхронізації.

Флексографічні апарати можуть комбінуватися з офсетними, трафаретними та машинами високого чи глибокого друку. Зазвичай це вузькорулонні шестиколірні апарати, проте їхня кількість секцій може збільшуватися. Вони вирізняються можливістю додавання додаткових секцій без збільшення розмірів.

В ярусних машинах секції розміщені вертикально (до чотирьох на кожную сторону). Ці машини ефективні для роботи з нерозтяжними матеріалами, досягаючи швидкості до 400 м/хв і ширини до 2500 мм. Для планетарних машини застосовують друкарський циліндр для високої точності та для стійкої температури, ідеально підходять для роботи з плівками, фольгою, папером.

Секційні пристрої з горизонтальним розташуванням дозволяють друкувати один колір у кожному апараті. Вони з'єднані карданними валами, працюють зі швидкістю до 150 м/хв і призначені для великих обсягів друку. У комбінованих системах окремі секції можуть переключатися між флексографією та глибоким друком. Основна властивість флексографічних систем — це можливість виконання повного циклу виробництва: від друку до висікання, нумерації, ламінування, лакування, тиснення та різання — все це в одному обладнанні, що є набагато ефективнішим, ніж офсетний друк [17].

2.1.3. Машини горизонтального лінійного компоунання

Машини цього типу відповідають опису, наведеному на початку розділу: вони складаються з фарбових станцій у вигляді окремих друкарських секцій з єдиним приводним валом і зубчастою передачею для кожної секції. Друкарський процес виконується у потоковому режимі, крок за кроком. Машини цього типу, як правило, використовуються для друку самоклеїних та звичайних етикеток. Їх можна застосовувати для двостороннього друку, при цьому полотно рулону змінює напрямок руху, огинаючи поворотну штангу.

Типова вузькорулонна машина лінійного компоунання з горизонтальним розташуванням друкарських секцій (рис. 2.4) забезпечує зручний доступ до секцій та гнучке регулювання. Такі машини зазвичай розраховані на друк від чотирьох до шести кольорів, хоча все частіше зустрічаються моделі, здатні друкувати десятима або навіть дванадцятьма кольорами.

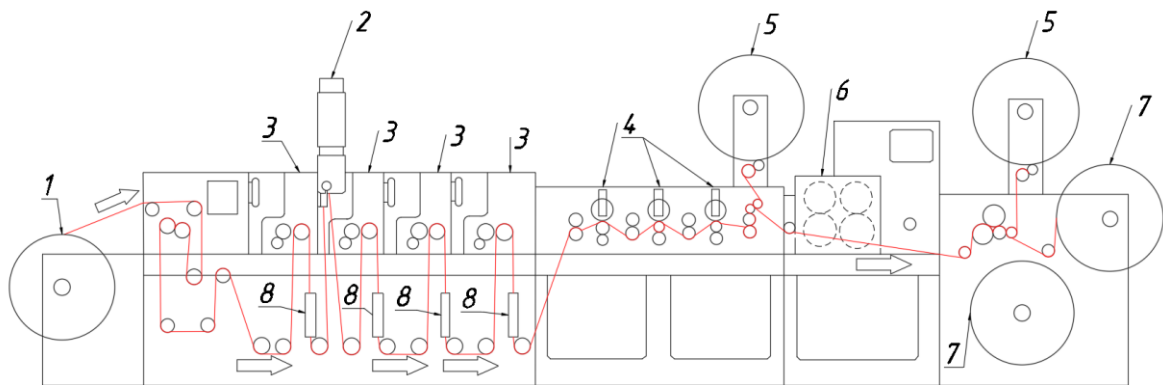


Рис. 2.4 - Схема машин горизонтальної лінійної побудови

1 — пристрій подачі полотна, **2** — поворотна штанга для видалення висічених відходів,
3 — друкарські секції, **4** — висікання, **5** — видалення обрізків після висікання,
6 — ламінування
7 — пристрій приймання полотна (стрічкоприймальний пристрій), **8** — міжсекційні сушильні пристрої

Однією з головних переваг машин лінійного компонування є можливість друку на зворотному боці запечатаного матеріалу. Це важливо для виробництва складних коробок, оскільки частину інформації розміщують усередині (рецепти, рекламні тексти тощо). Для виконання такої роботи на машині з планетарним компонуванням потрібно встановити додаткову секцію. Разом із тим лінійна конфігурація не дозволяє так точно утримувати приводку, як у машинах планетарного типу, особливо це стосується тягучих плівок. Крім того, більш протяжна проводка полотна у лінійній машині призводить до збільшення кількості відходів [□26].

2.2. Аналіз флексографічних машин

2.2.1. Огляд машини 4-фарбової флексографічної машини Сігма

Машина "СІГМА" призначена для виконання повного циклу виготовлення етикеток, наклейок, ярликів, художньо-поліграфічного оформлення гнучкої упаковки та іншої аналогічної продукції методом флексографічного друку. При цьому використовуються еластичні фотополімерні друкарські форми швидковисихаючі спирторозчинні або водорозчинні фарби. Друк може здійснюватися на папері або плівці, фользі, пакувальній оболонці і інших матеріалах для пакування та маркування. Машина, за один прохід виконує друкування від одного до чотирьох кольорів, висікання за будь-яким контуром і змотування залишків паперу після висікання (решітки) на відлільний вал, поздовжню розрізку надрукованої продукції, обрізку краю стрічки. У процесі При виконанні операції забезпечується сушка фарби після кожної друкарської секції. Крім обов'язкових опцій, машина може комплектуватися низкою пристроїв для виконання додаткових функцій:

- друк на зворотному боці задрукованого матеріалу за схемою 4 кольори + 1 можливий монтаж п'ятої друкарської секції;
- припресовування захисної плівки (холодне ламінування);

- оброблення матеріалів перед друком високовольтним коронним розрядом (за рахунок монтажу на коронаторі на натяжному пристрої).

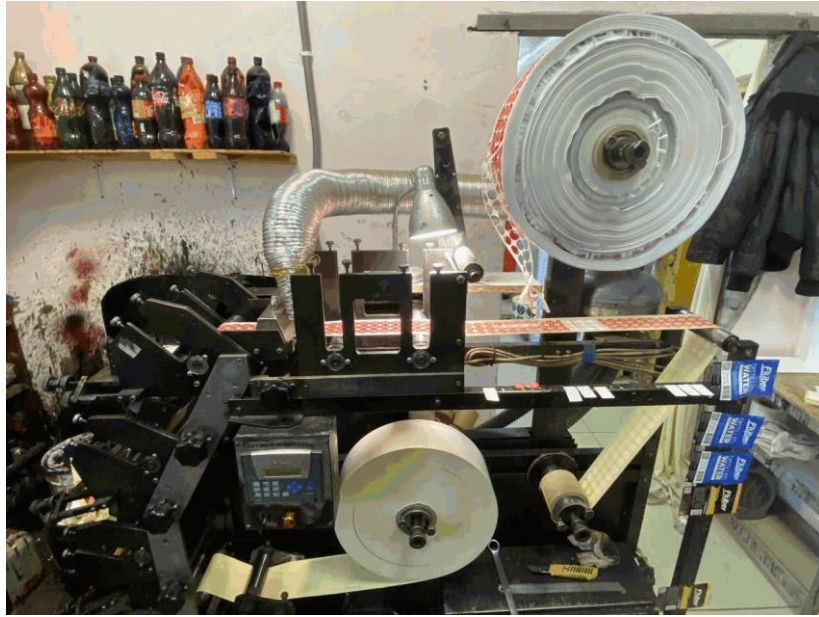


Рис 2.4 - Фото 4-фарбової флексографічної машина Сігма

2.2.2. Загальне креслення 4-фарбової машини

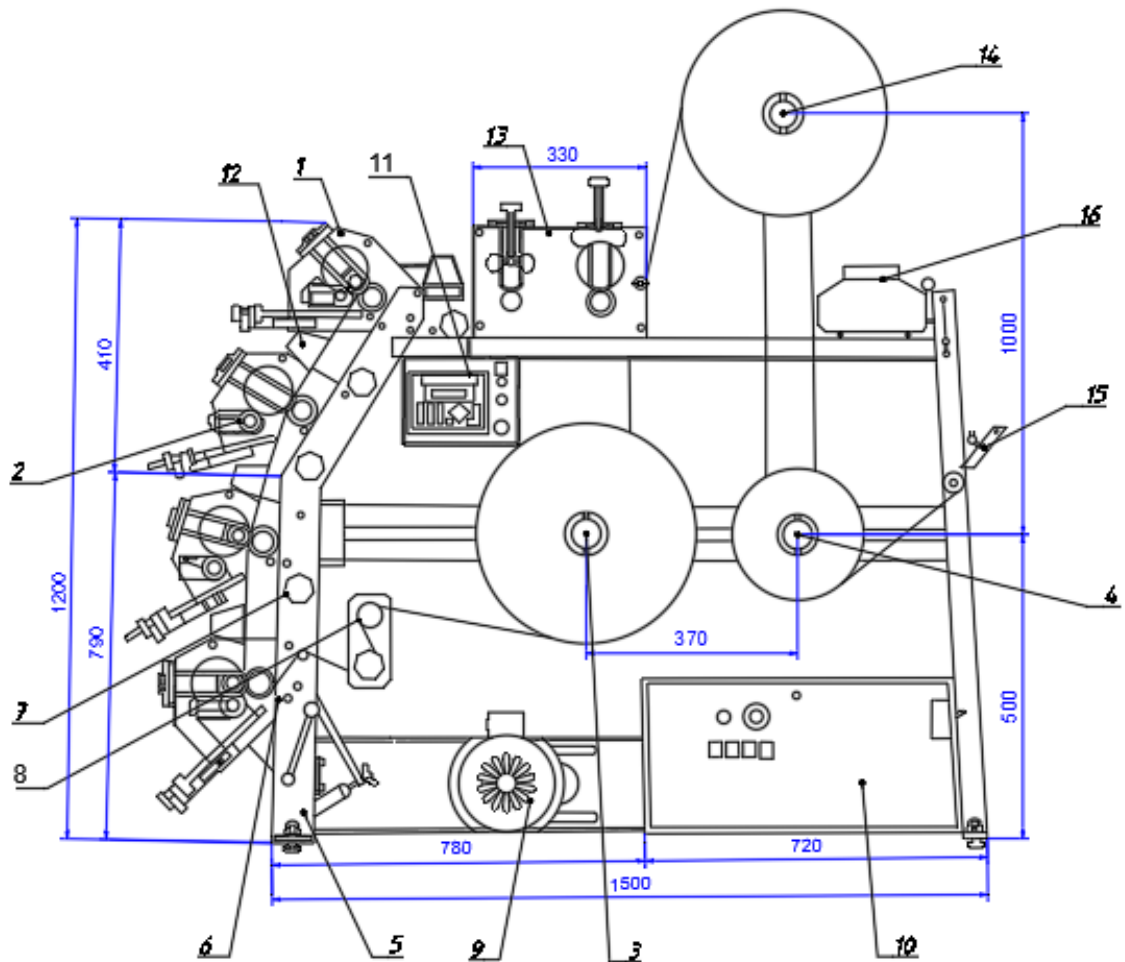


Рис. 2.5 – Загальний вид 4-ої фарбової вузькорулонної флексографічної машини

На рис. 2.5 позначені такі елементи як: друкарська секція - 1, фарбова ванна – 2, подаючий пристрій - 3, приймальний пристрій - 4, станина – 5, притискний вал – 6, механізм приводу – 7, система натягу полотна – 8, привідний механізм – 9, електричний щит живлення – 10, панель керування – 11, інфрачервоний випромінювач -12, висікальний модуль – 13, вузол змотування висікального відходу – 14, модуль продольної обрізки – 15, вентилятор – 16.

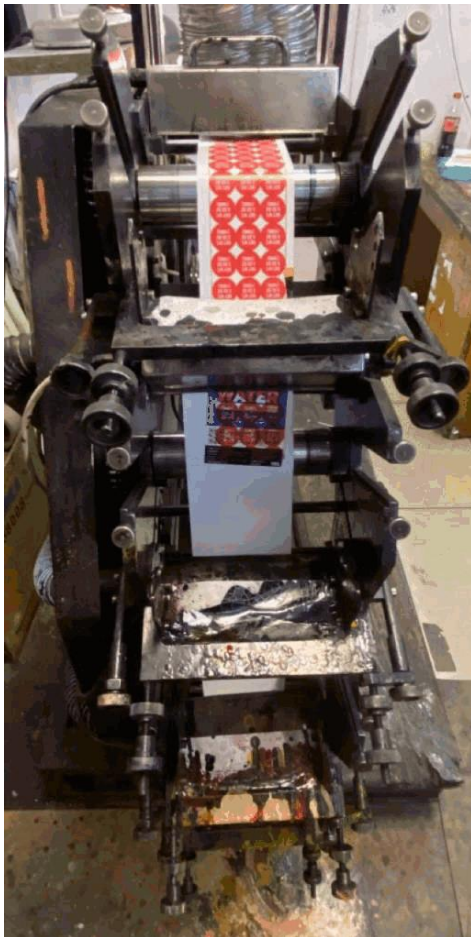


Рис. 2.6 - Загальний вигляд друкарського апарату

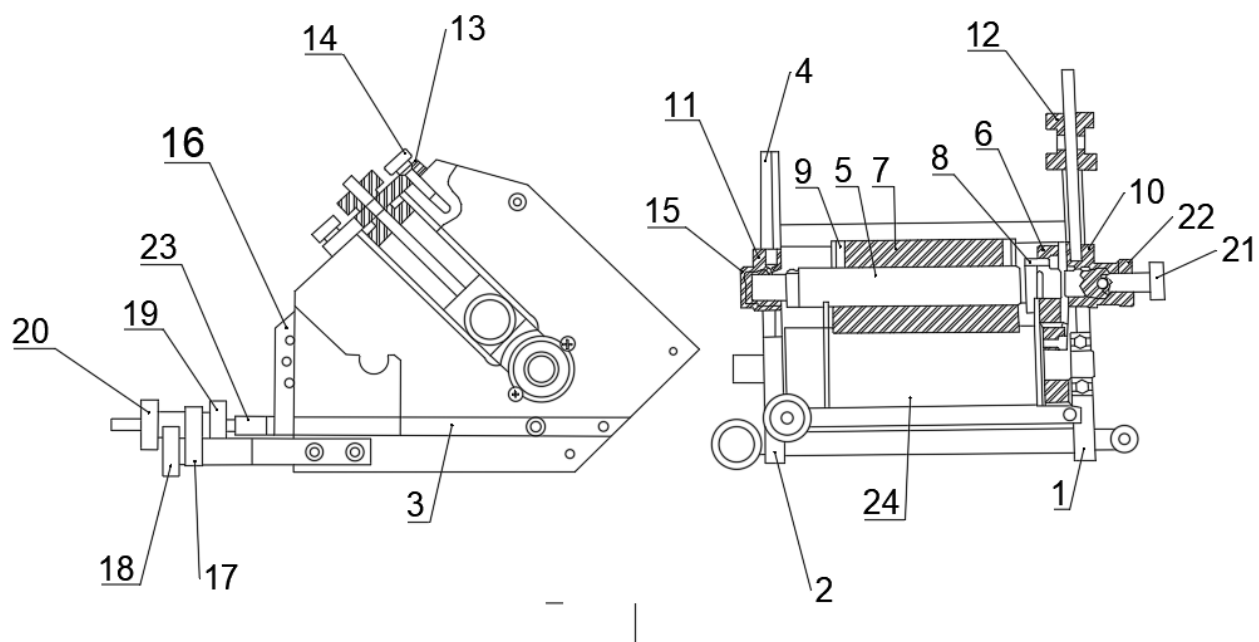


Рис. 2.7 - Креслення друкарської секції

Перелік складових частин друкарської секції

1. Плита ліва 2. Плита права 3. Напрямні рамки 4. Напрямні повзунів 5. Вісь формного циліндра 6. Змінна шестерня 7. Формний циліндр 8. Гвинт кріплення змінної шестерні 9. Гвинт кріплення формного циліндра 10. Повзун правий 11. Повзун лівий 12. Гайка регулювання натиску формного циліндра 13. Планка 14. Гвинт 15. Штовхач 16. Щока 17. Собачка 18. Гвинт 19. Гайка регулювання натиску анілоксового вала на форму назад 20. Гайка регулювання натиску анілоксового вала на форму вперед 21. Гвинт поперечної приводки 22. Контргайка 23. Рамка 24. Опорний вал

Будова і робота друкарської секції (рис. 2.7) Друкарська секція складається з двох жорстко з'єднаних плит 1 і 2. По напрямних 3 переміщається рамка 23 з барвистою ванною і анілоксовим валом. По верхніх напрямних 4 переміщуються повзуни 10,11 з віссю формного циліндра 5. Переміщення і фіксація повзунів 10,11 з віссю формного циліндра 5 і формним циліндром 7 здійснюється за допомогою гайок 12. Планка 13, закріплена на плиті за допомогою гвинтів 14 служить базою для гайок 12. Поперечне приведення форми в процесі друку (або осьове осі формного циліндра) здійснюється за допомогою гвинта 21 і контргайки 22. Змінна шестерня 6 кріпиться на формному валу гвинтом 8. Формний циліндр 7 фіксується на осі 5 за допомогою двох гвинтів 9. Базою для переміщення рамки з барвистою ванною служить собачка 17, закріплена гвинтом 18. Переміщення рамки і регулювання натиску анілоксового вала на друкарську форму здійснюється за допомогою гайок 19 і 20. Фарбова ванна встановлюється на щоки 16 і фіксується в горизонтальному в положенні за допомогою двох гвинтів.

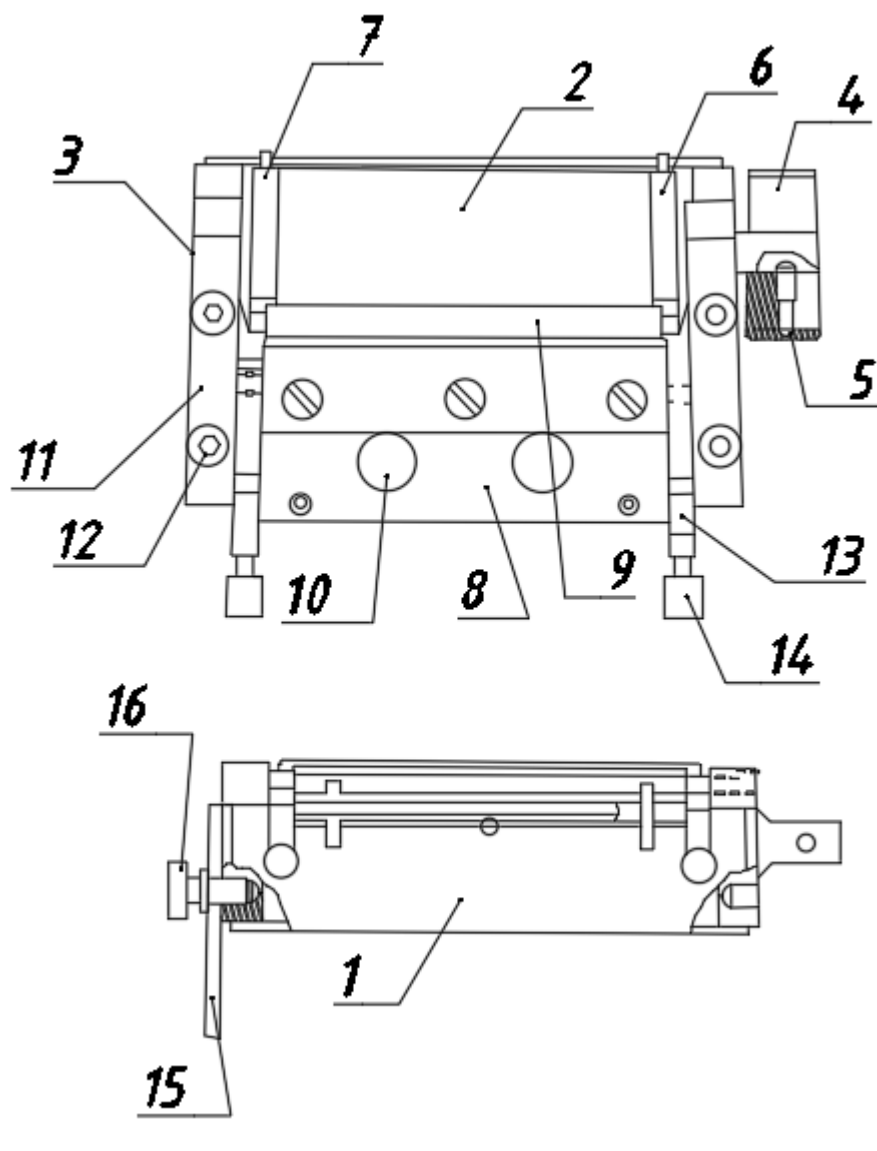


Рис. 2.8 - Загальний вигляд фарбової ванни

Корпус ванни являє собою зварену конструкцію, виконану з нержавіючої сталі 12Х18Н10Т

У спеціальні гнізда корпусу вставляються бронзові-графітові втулки 3, у яких обертається анілоксний вал 2. В осьовому напрямку вал фіксується шайбами 6,7 і кільцями ущільнювачів 17. На виступаючій осі анілоксного вала за допомогою стопорного гвинта кріпиться привідна шестерня $Z = 48$. Втулки 3 мають лиску, за рахунок якої вони утримуються від провороту планками 11. Під час збирання ванни втулки необхідно встановити лисками вгору. Шайби 7 і 8 необхідно встановити таким чином, щоб штифт 18 упирився

в край ванни, а ракельний ніж потрапляє у паз шайби 7, 8. Натиск ракеля на анілоксовий вал здійснюється за допомогою важелів 13 і гвинтів 14. У зібраному вигляді і при відпущених гвинтах 14, ракель 8 і важелі 13 знаходяться в Під час загвинчування гвинта 14, останній упирається в корпус ванни, носик важеля опускається і натискає на цанфу ракеля. Ракельний ніж 9 притискається до поверхні анілоксового вала 2. Це регулювання здійснюється симетрично по обидва боки. При складанні ванни вулки 3 і цапфи анілокса 2 змастити, консистентною молибденовим або графітним мастилом

Позиції на (рис. 2.8): 1. Корпус 2. Анілоксовий вал 3. Втулка бронзово-графітна 4. Шестерня 5. Стопорний гвинт 6. Шайба ліва 7. Шайба права 8. Ракель 9. Ракельний ніж 10. Отвір для фарби 11. Планка 12. Гвинт 13. Важіль 14 Гвинт регулювання ракеля 15. Щока (позиція 16 рис.3) 16. Гвинт кріплення ванни 17. Кільце ущільнювальне 18. Штіт

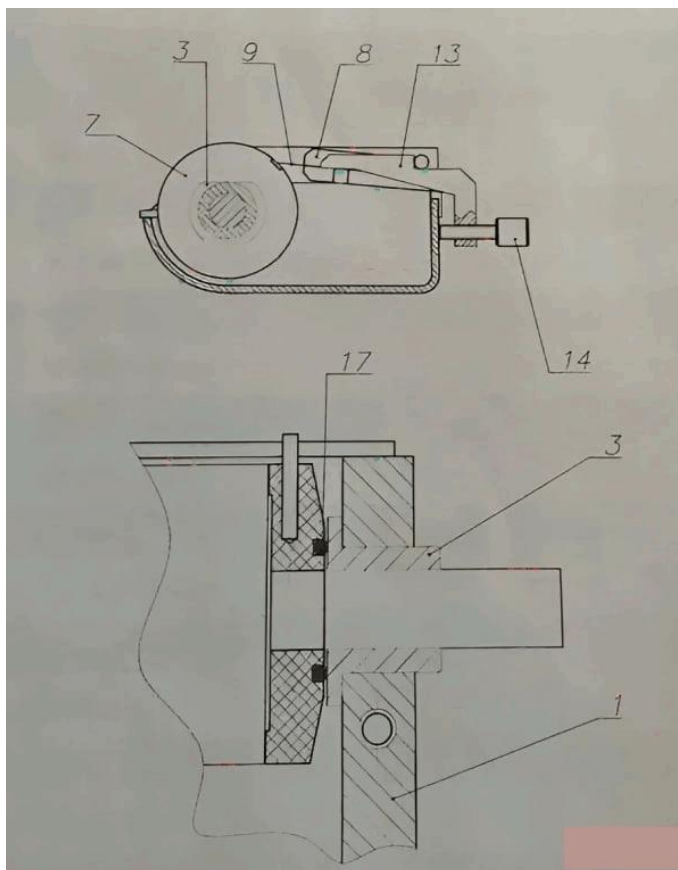


Рис. 2.9 - Креслення фарбової вани

2.2.3. Технологічний процес друку машини Сігми

Підготовка матеріалу проходить так: розмотується рулон матеріалу для друку (папір, плівка, фольга, термопапір тощо), потім стрічка натягується і вирівнюється за допомогою напрямних валів. Далі фарба переноситься з ванночки на анілоксовий вал з мікрокомірками, який рівномірно розподіляє фарбу на флексоформу, закріплену на формному циліндрі. Формний циліндр передає зображення на матеріал, притискаючи його до друкарського циліндра. Після кожного блоку фарба швидко висихає (за допомогою УФ-сушіння або гарячого повітря). Далі можливе висікання етикеток, ламінація, тиснення, перфорація та нанесення лаку або клею. В кінці готовий матеріал намотується на рулон або подається на різальний агрегат [□25].

2.2.4. Переваги та неділоки машини

Переваги

- Багатофункціональність: можливість друку на різноманітних матеріалах — від паперу до плівок і фольги.
- Швидкість друку: до 150–250 м/хв — ідеально для середніх та великих тиражів.
- Швидке висихання фарби (особливо при використанні УФ-фарб) — не потрібно чекати.
- Доступна вартість виготовлення форм (порівняно з глибоким або офсетним друком).
- Сумісність з післядрукарськими процесами — можливість виконання висікання, тиснення, ламінації за один прохід.
- Економічність при великих тиражах завдяки низькому споживанню фарби.
- Компактність устаткування — ідеальне рішення для друку етикеток та упаковки в малих друкарнях.

Недоліки

- Складність підготовки: необхідна окрема форма для кожного кольору.
- Нижча роздільна здатність порівняно з цифровим або офсетним друком (обмеження у відтворенні деталей).
- Часові витрати на налаштування при малих тиражах.
- Обмеження для персоналізованого друку (змінні дані вимагають заміни форми).
- Можливість розтікання фарби на вологих або термочутливих поверхнях (особливо при використанні водних фарб).
- Необхідність використання сушильного обладнання та точного контролю за температурою.

2.3. 5-фарбова флексографічна машина ярусного типу

2.3.1. Огляд 5-фарбової вузькорулонної флексографічної машини фірми Zonten

Ця машина використовується для друку на рулонному та клейкому папері вагою 70~250 г. Він може одночасно виконувати функції 5-колірного друку, скління, автоматичного інфрачервоного сушіння, покриття плівкою та прокатки. Швидкість головного двигуна використовує техніку перетворення частоти, а сила розтягування матеріалу при згортанні та розгортанні автоматично регулюється магнітно-частинковим гальмом та зчепленням. Він компактний за структурою, стабільний у роботі та зручний в експлуатації.

2.3.2. Технологічний процес друку

На початку процесу матеріал подається: рулон (може бути плівкою, папером, основою для етикеток) розміщується на установці для розмотування. Сам матеріал в свою чергу протягується через напрямні та ролики натягу, де вона вирівнюється для ідеального нанесення друку. Обладнання оснащено 6 окремими секціями, кожна з яких призначена для певного кольору. В кожній секції розміщений анілоксовий вал, який переносить тонкий шар фарби на

флексоформу

(фотополімерну пластину), що встановлена на формувальному циліндрі. Цей циліндр наносить зображення на матеріал, який притискається до друкарського (жорсткого) циліндра, де фарба швидко фіксується (зазвичай за допомогою УФ-сушіння). Між кожною секцією встановлені УФ-лампи або система гарячого повітря, що дозволяє фарбам не змішуватися та не розмазуватися. Потім можливе вирізання (вирізальний модуль може бути доданий після друку), ламінування, тиснення, нумерація, лакування і так далі. В кінці - готовий продукт намотується на рулон або відправляється на фінальну обробку.

2.3.3 Переваги та недоліки

Високоякісний багатоколірний друк: завдяки 6 секціям можливе створення складних дизайнів з повним спектром кольорів, градієнтами та відтінками. Окремий шаблон для кожного кольору забезпечує високу точність відтворення. Можливість використання у гібридному режимі (наприклад, 4 секції для кольорів, 1 для лаку, 1 для тиснення). Ідеально підходить для невеликих та середніх тиражів. Легкість у обслуговуванні завдяки модульній структурі. Універсальність у використанні на різноманітних матеріалах: плівка, папір, термоетикетки, фольга та інше. Компактний дизайн, що робить її ідеальною для друкарень невеликого та середнього розміру.

Недоліки

Необхідність окремої форми для кожного кольору збільшує витрати на малі тиражі. Потребує ретельної настройки: важливо точно вирівняти всі циліндри. Можливі проблеми з точністю відтворення при коливаннях натягу матеріалу. Не підходить для друку змінних даних — лише статичний контент. Вища ціна УФ-фарб та процесу сушіння у порівнянні з водними системами. Обмежена

швидкість друку у порівнянні з великоформатними флексографічними машинами.



Рис. 2.10 - Фото друкарського апарату машини Zonten

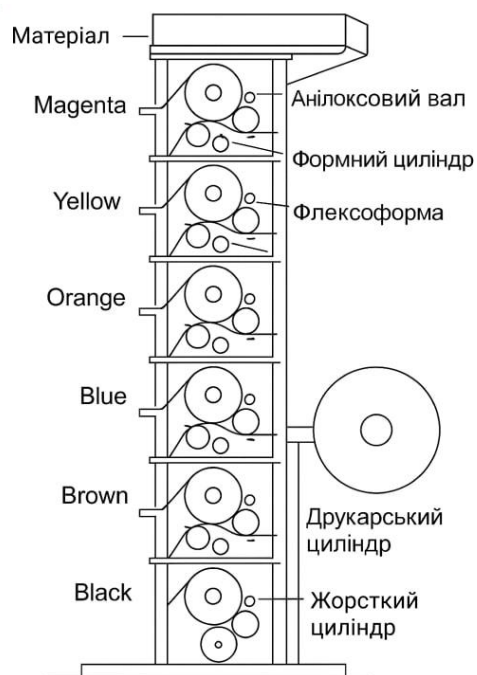


Рис 2.11 - Схема друкарського апарату 5-фарбової машини Zonten

Параметр	Показник
Швидкість друку	5~50 м / хв
Товщина гнучкої пластини	1,7 мм
Максимальний діаметр розкочування	600 мм
Максимальний діаметр прокатки	550 мм
Максимальна окружність друку	323,85 мм
Минимальна окружність друку	177.8мм
Точність надрукування	±0,15 мм
Потужність головного двигуна	2.2 кВт
Загальна потужність	6,8 кВт (без урахування УФ)
Напруга живлення	380В±10%

Роміри	(1934*1500*2530) мм (Д*Ш*В)
Загальна вага	≈2000 кг

2.3.4. Підготовка та система друку

Для початку потрібно підготувати всі матеріали та елементи машини до друку. Встановлюючи друкарський валик, потрібно притиснути папір з обох боків з рівномірною силою, яка не може бути занадто великою, щоб не пошкодити матеріал, поверніть валик шаблону вгору і залиште простір 3~5 мм до друкарської пластини. Увімкніть перемикач фарбового валика, далі треба залити чорнило і добре розмістіть ракель.

Тепер можна запустити головний двигун і відрегулювати швидкість до 4 метрів на хвилину. Після підключення шаблонного валика в роботу, і шаблонний валик можна підняти приблизно на 2 мм. Підняття валику і дає йому змогу торкнутися друкуючого валика, притиск не може бути занадто сильним. Відрегулювати притиск між друкарським валиком і папером для друку. Таким же чином, прес не може бути занадто великим, інакше це вплине на якість друку.

Система надрукування: При поздовжньому надрукуванні регулювання здійснюється за допомогою маховичка, а діапазон регулювання становить 360°. Коли маховик обертається за годинниковою стрілкою, друкарська форма буде рухатися вперед; коли він обертається проти годинникової стрілки, друкарська форма буде рухатися назад.

При повороті маховичка на один цикл відстань, на яку переміщується пластина, становить близько 4,8 мм; при повороті лише на один ступінь - близько 0,08 мм. При широтному надрукуванні, коли маховик повертається на один цикл, відстань, на яку переміщується пластина, становить 1,5 мм. Коли маховик обертається за годинниковою стрілкою, друкарська форма рухається вліво; коли проти годинникової стрілки, вона рухається вправо. Коли надпечатка буде точною, поступово прискорюйте головний двигун. Головний двигун не можна прискорювати раптово. Відхилення може виникнути в

процесі прискорення. Коли це трапляється, необхідно негайно внести корекцію [23].

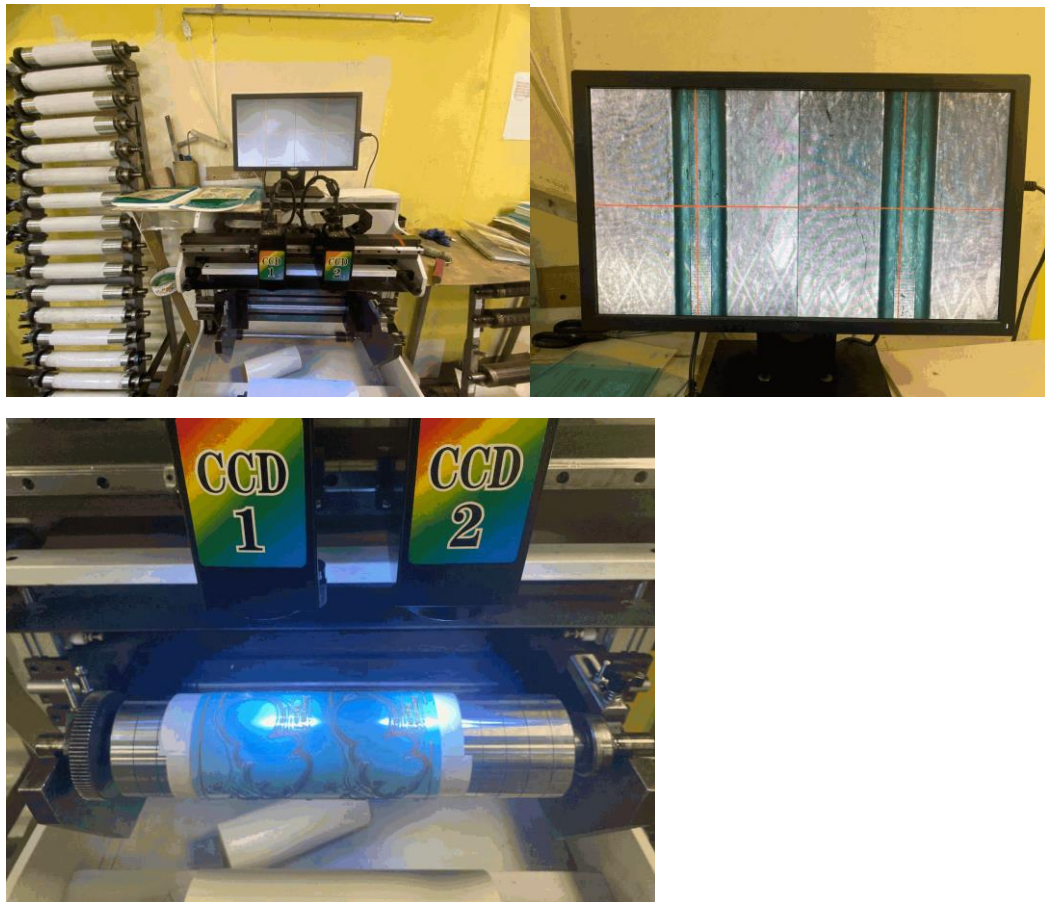


Рис 2.12 - Монтажна машина для встановлення кліше на формний циліндр

Пристрій що зображений на рис 2.12. дає змогу отримати точне позиціонування флексоформи на формному циліндрі та таким чином забезпечує співпадіння друкарських елементів. Має оптичну системи з камерами CCD-1, CCD-2, які дозволяють вирівнювати форму за допомогою міток з високою точністю.



Рис. 2.13 - Приклад готової етикетки для харчової продукції



Рис. 2.14 - Приклад готової фольги для пакування сметани

2.4. Огляд 8-ми барвистої машини



Рис. 2.15 - 8-фарбова планетарна вузькорулонна флексографічна машина
ФДР- 420/8 із центральним друкованим циліндром

Максимальна швидкість	250 м/хв
Ширина друку	До 420 мм
Інтервал друку	200...504 мм
Максимальний діаметр рулону при розмотуванні / змотуванні	600/600
Потужність	50 кВт
Габарити машини	6850 × 2100 × 2300 мм
Вага	8000 кг

8-колірна флексографічна друкарська машина планетарної конструкції (рис. - 2.15) призначення для малих форматів (до 420) та для друку з обох типів фарб: спиртових та водних, у 8 кольорах з УФ фарбою або лаком (в іншому відділі) для друку повного спектру зображень з включенням спеціальних кольорів на безперервному рулонному матеріалі.

Пристрій компанії ПрАТ "Київполіграфмаш" працює з еластичними та нееластичними матеріалами: самоклеючі матеріали (плівка, папір), ламінат - фольга, полімерні плівки, папір, пергаментний папір, алюмінієва фольга, оболонки для ковбас та сосисок (поліаміди, волокнисті та інші).

Бокові рами забезпечують хороше стикування кольорів, а також рівномірний тиск у зоні друку. Друкарський циліндр та формові валики встановлені на опорах підшипників, обладнані підшипниками SKF, INA по всій території.

Друкарський циліндр виготовлений з високою точністю та з твердим хромованим покриттям. Друкарський відділ має міцну конструкцію, а високоточна передача забезпечує високу якість друку. Фарбувальні блоки з герметичною камерою доктора оснащені анілоксовими керамічними валиками.

Преса має високий рівень автоматизації для великих тиражів та легкого обслуговування, триконтурний контроль натягу, індивідуальні елементи управління тиском анілоксових та формових валів.

Ефективна сушильна система забезпечує ідеальну сушку по всьому діапазону швидкостей на всіх матеріалах до залишкової сушки фарби. Згідно з винаходом, система роздуву з вентилятором повітряного підживлення для подачі повітря в сопло сушарки може легко керуватися з панелі управління в друкарській частині, а також пристроями для регулювання в кожній друкарській частині. Охолоджувальний циліндр DEUBLIN для надрукованого матеріалу працює з обертовим з'єднанням для видалення тепла з зони розмотування машини.

Оснащена прогресивною системою перевірки друку (опціонально) з регульованим збільшенням зображення, що дозволяє легко контролювати друк. Має різні режими позиціонування камери та легку у використанні систему управління для оператора [□6].

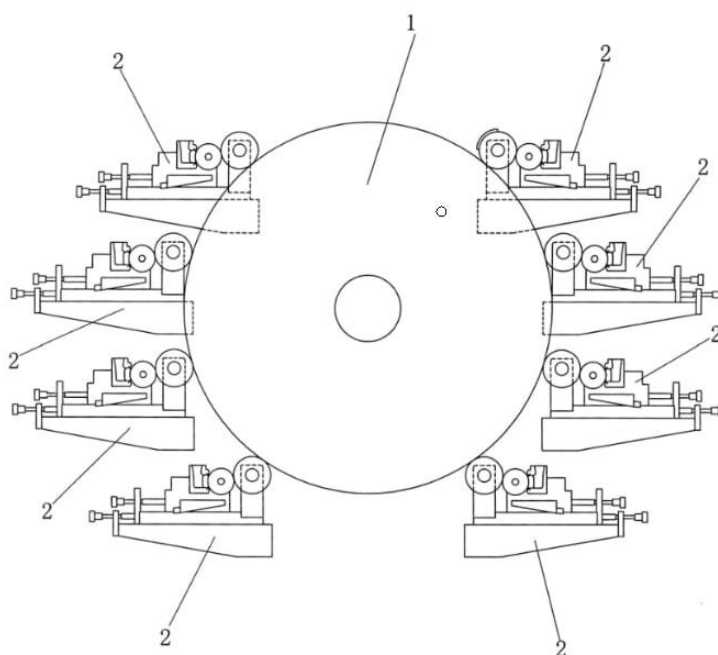


Рис. 2.16 – Друкарський циліндр 8-ми барвистої машини ФДР-420/8

На рис. 2.16 використано вісім секцій друкарських модулів 2, які взаємодіють з центральним опорним друкарським циліндром 1, утворюючи восьмифарбовий планетарний флексографічний друкарський агрегат.

Висновок:

Було проведено аналіз конструктивних особливостей і будови флексографічних друкарських апаратів різних типів (ярусних, планетарних та горизонтального лінійного компонування). Встановлено, що кожна конструкція має свої переваги й недоліки залежно від області застосування, обсягів друку та вимог до якості продукції. Планетарні машини забезпечують найвищу точність приводки й якість друку, тоді як ярусні та горизонтальні машини є більш універсальними й зручними для середніх тиражів. Було розглянуто конкретні моделі вузькорулонних флексографічних машин (Sigma, Zonten, ФДР-420/8), їх технічні характеристики, можливості та сфери застосування. Аналіз показав, що сучасне обладнання поєднує в собі багатофункціональність, високу швидкість та гнучкість у налаштуванні під потреби замовника.

3 Дослідження якості друку та перенесення відбитку

3.1. Визначення якості друку через деформацію напівтонових точок

3.1.1. Тиск у процесі друкування

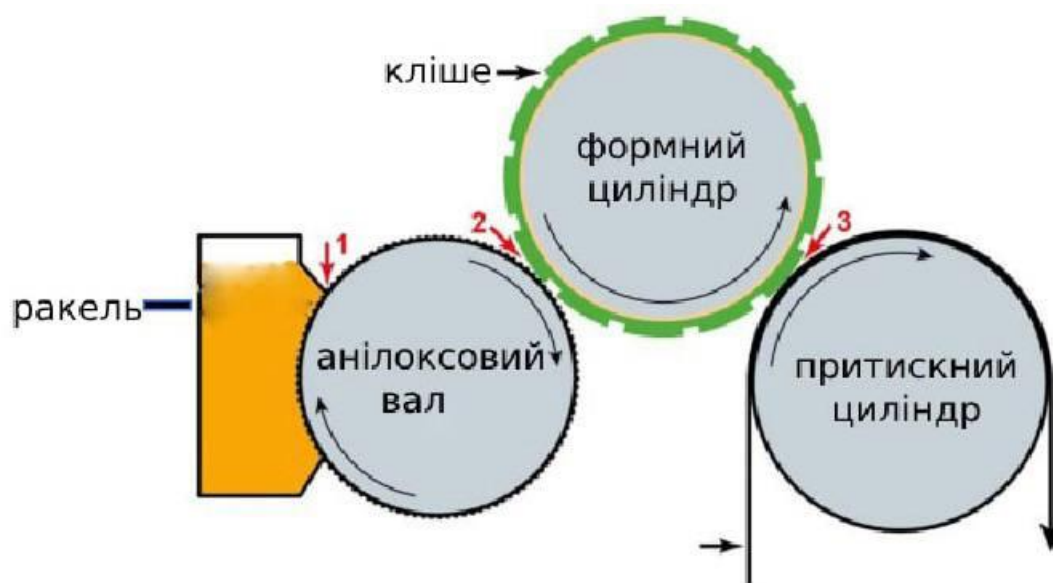


Рис. 3.1. Тиск протягом процесу друку

Тиск під час друку - це параметр, який суттєво впливає на перенесення фарби, і який буде також предметом дослідження в цій статті. Тиск друку можна регулювати в трьох точках: (1) між ракелем і анілоксовим валиком, (2) між анілоксовим валиком і друкарською формою та (3) між друкарською формою і друкарським циліндром (рис. 3.1). Зміна тиску між друкарською формою та друкарським циліндром має найбільший вплив на збільшення тональності, а отже, і на якість друку.

Основною метою даного дослідження є визначення якості друку, спричиненої деформацією растрових крапок у флексографії. Для досягнення поставленої мети необхідно було проаналізувати причини виникнення певних

видів деформацій крапок на роздруківках, визначити прийнятність якості отриманих таким чином роздруківок та знайти рішення для усунення проблеми.

Згідно з характеристиками процесу флексографічного друку можна визначити що існує багато змінних параметрів, які можуть порушувати гармонійність розташування крапок і таким чином впливати на візуальне враження від репродукції. Дослідження базувалося на аналізі відбитків двох типів гнучких етикеток у рулоні, а метою було визначити найбільш поширені деформації крапок при друці цього типу упаковки.

Для друку використовувалася 8-фарбова флексографічна машина Nilpeter FB4200 з максимальною шириною друку 450 мм. Друк виконувався за принципом «з рулону в рулон», зі швидкістю друку 120 м/хв і з використанням УФ-фарби. Оптимальна кількість ліній анілоксового для друку, визначена в клітинах на дюйм (cpi) або клітинах на сантиметр (c/cm), була визначена відповідно до напівтонового растра та мінімального розміру крапки. Кількість ліній на анілоксовому валику для чорного кольору була меншою, ніж для інших технологічних кольорів. . Менша кількість ліній означає, що можна перенести більшу кількість фарби, яка визначається об'ємом анілоксового валика. Це дає змогу отримати товстішу фарбову плівку, що забезпечує вищу щільність кольору. Це особливо важливо, якщо потрібне більш широке покриття певного кольору в друці. Підкладка для друку прозора, а це означає, що непрозорий білий колір також використовується для друку. Для досягнення більш високого рівня непрозорості білого кольору використовується анілоксовий валик більшого об'єму та меншої лініатури. Друк виконувався на зворотному боці прозорої підкладки для друку. Такий друк називається зворотним друком або друком на звороті, а порядок кольорів у відбитку був зворотним по відношенню до друку на лицьовій стороні, з білим кольором наприкінці. Після друку графіка була розбірливою на лицьовій стороні

друкованої основи, а не на тій стороні друкованої основи, де були надруковані фарби. Технічні характеристики всього процесу друку описані нижче [□16].

Роздільна здатність зображення	2540 dpi
Ширина друку	450 мм
Швидкість друку	120 м/хв
Товщина пластини	
Тираж	Перший експеримент 500000, другий 200000

3.1.2. Вплив тиражу на деформацію друкарської точки

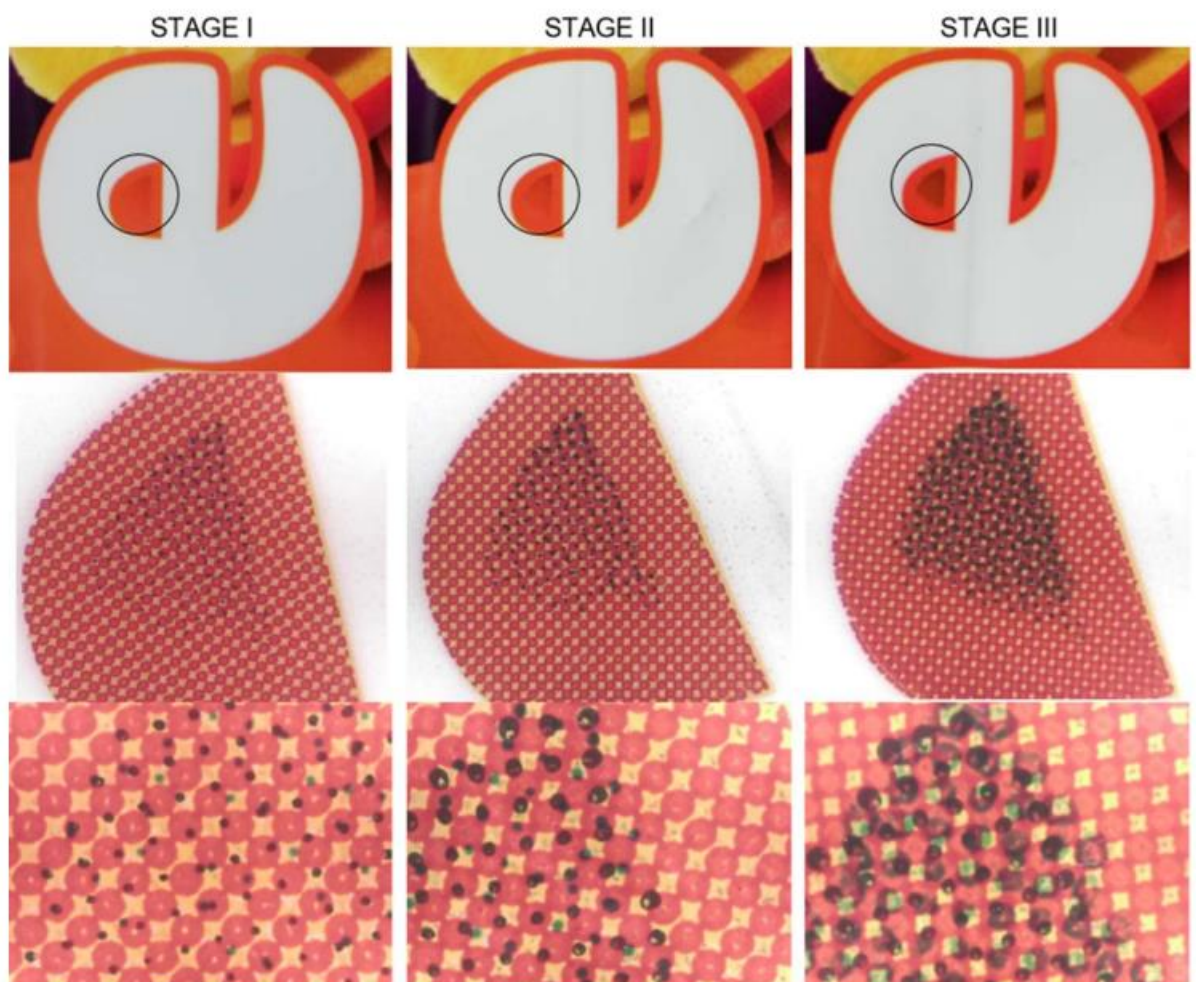


Рис. 3.2 - Поява деформацій крапок на певних стадіях

Ділянка етикетки, яку було обрано для зйомки та візуальної оцінки, - це тінь поруч з літерою «е», і вона була характерною, оскільки деформацію можна було легко помітити завдяки переходу темного кольору на рівний тон (рис. 3.2). Перший зразок був зафіксований на першому хорошому відбитку, і він показав лінійний градієнт в чорному і блакитному кольорах з відносно дрібними крапками, тоді як фон був зроблений з двох кольорів: пурпурного і жовтого. Точки пурпурного кольору торкалися одна одної в певних точках, і ця ситуація була взята за еталон. Це був початковий стан для подальшої візуальної оцінки і показував фактичну площу крапок на відбитку, включаючи ТВІ. На другому етапі друку, після накладу в 100 000 примірників, можна побачити, що обрана область була дещо темнішою за еталонну. Деформація крапки була легко помітна на збільшених зображеннях, а градієнтний перехід у чорному кольорі був набагато різкішим. Більшість точок пурпурного кольору були об'єднані. Зокрема, точки в напівтонових областях, які зазвичай мають друкуватися окремо, були нерівномірно з'єднані одна з одною, що спричинило ефект злиття точок на відбитках. На третьому етапі друку, після друку тиражу в 500 000 відбитків, деформації крапок були чітко помітні, а вся етикетка була значно темнішою. Точки мали значний вплив на якість етикетки.

3.1.3. Аналіз покриття друкарської точки

Щоб перевести роздільну здатність екрана з ліній на дюйм у лінії на міліметр для вихідної роздільної здатності 2540 точок на дюйм, було використано таку формулу:

$$L = \frac{lpi}{25,4}$$

щоб визначити деформацію растрової крапки протягом усього тиражу, необхідно було проаналізувати зміну покриття за етапами друку.

На графіку видно, що зміна покриття в середніх тонах була лінійною протягом всього тиражу, тоді як у світлих тонах вона була більш

логарифмічною (рис. 3.3). Це означає, що значна зміна у світлих тонах відбулася від початку друку до однієї п'ятої тиражу (II етап друку). Однак на третьому етапі друку (тираж від 100 000 до 500 000 примірників) зміни в охопленні були вищими в середніх тонах порівняно зі світлими тонами.

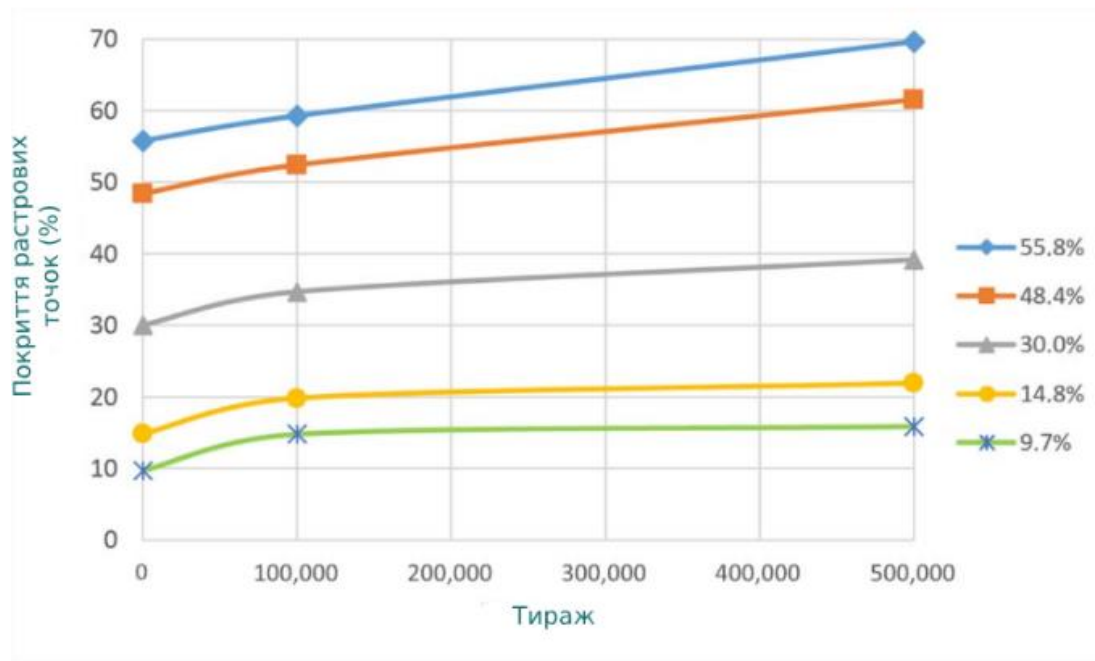


Рис. 3.3 - Значення покриття п'яти вибраних напівтонових точок на трьох етапах друку



Рис. 3.4 - Абсолютний приріст значень покриття точки для п'яти вибраних напівтонових точок на етапі II та етапі III.

На рис. 3.4 показано абсолютне збільшення покриття точок для другого і третього етапів порівняно з початковим станом на першому гарному відбитку. Однак абсолютні значення покриття не надають відповідних даних про те, як змінювалося покриття в окремих спостережуваних областях. Тому на рис 3.5 показано відсоткові відхилення, від яких було видно відносну зміну для кожного спостережуваного етапу друку відносно початкового стану на першому якісному відбитку. Однак абсолютні значення покриття не надають відповідних даних про те, як змінилося покриття в окремих спостережуваних областях. Тому на рис. 3.5 показано відсоткове зменшення покриття крапок на кожному з етапів.

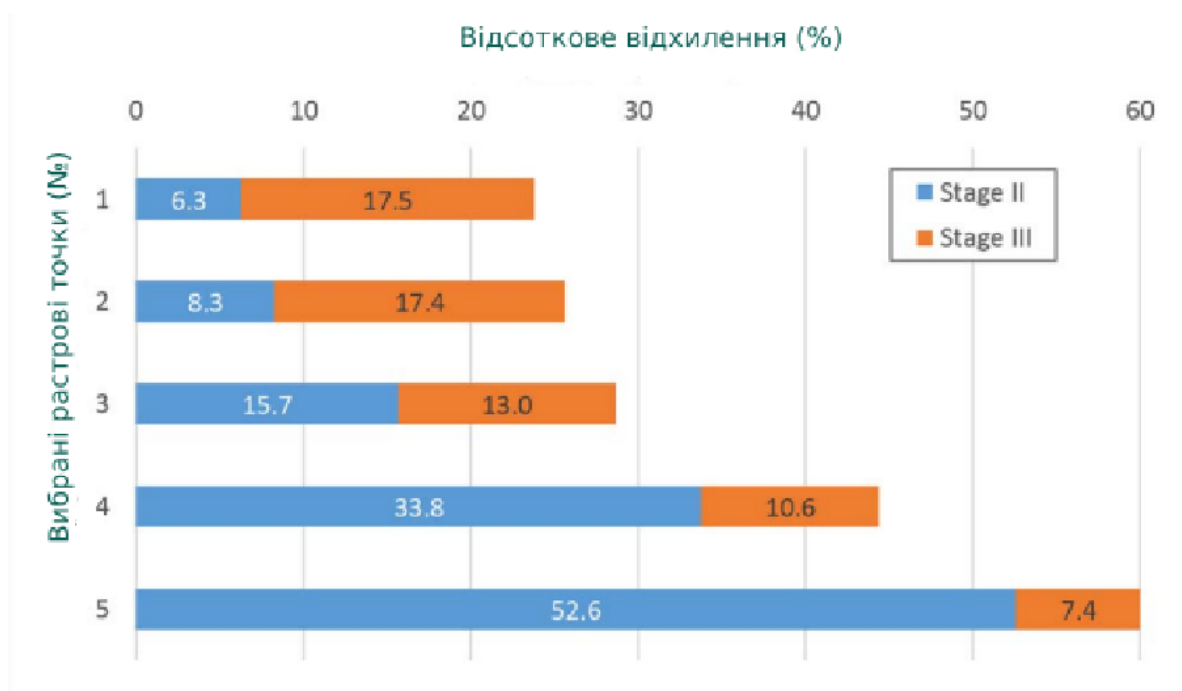


Рис. 3.5 - Відносне відхилення у відсотках для п'яти вибраних растрових точок на етапах II та III.

Аналіз збільшення суцільності на етапах II та III показує фактичну деформацію растрових точок у півтонах і світлих тонах. Початкові стовпчики графіка відповідають етапу I — еталонному стану першого якісного відбитка. Перша частина графіка (синій стовпчик), що відповідає 100 000 відбитків (етап

II), демонструє зростання покриття на 3,5% у півтонах і до 5,1% у світлих тонах (рис. 5). Хоча абсолютні значення подібні, відносні відхилення (рис. 6) склали 6,3% (при 55,8% покриття) та до 52,6% (при 9,7%), що свідчить про значно більший вплив у світлих зонах.

Друга частина графіка (помаранчевий стовпчик), що охоплює 100 000–500 000 відбитків, показує протилежну тенденцію — зростання покриття було більшим у півтонах (10,4%), ніж у світлих тонах (1,1%) (рис. 6). Відхилення на етапі III порівняно з етапом II становило 17,5% у півтонах та 7,4% у світлих зонах.

У першій частині тиражу значне збільшення покриття спостерігалось у світлих тонах через ізолюваність точок, що спричинило швидше зношення. У другій частині більше зростання відбулося у півтонах. На точці №5 (9,7% покриття) 82% приросту відбулося до етапу II, решта 18% — пізніше. Для точки №1 (55,8%) навпаки — 25% приросту було на етапі II, а 75% — до кінця друку. Загальний приріст покриття для точки №1 у півтонах — 13,9% (відхилення 23,5%), для точки №5 у світлих тонах — 6,2% (відхилення 63,9%). Це вказує на більшу нестабільність світлих тонів при збільшенні тиражу.

Причина — в особливостях технології StP (LAMS): форма точки — заокруглена, як куля, тому її межі, особливо у світлих тонах, складно визначити. З аналізу трьох етапів друку видно, що внаслідок зношення фотополімерних форм збільшився діаметр точки (рис. 3.6), оскільки бічні поверхні стали частиною друкувальної площі [□9].

3.1.4. Аналіз однорідності щільності фарби та чіткості точки

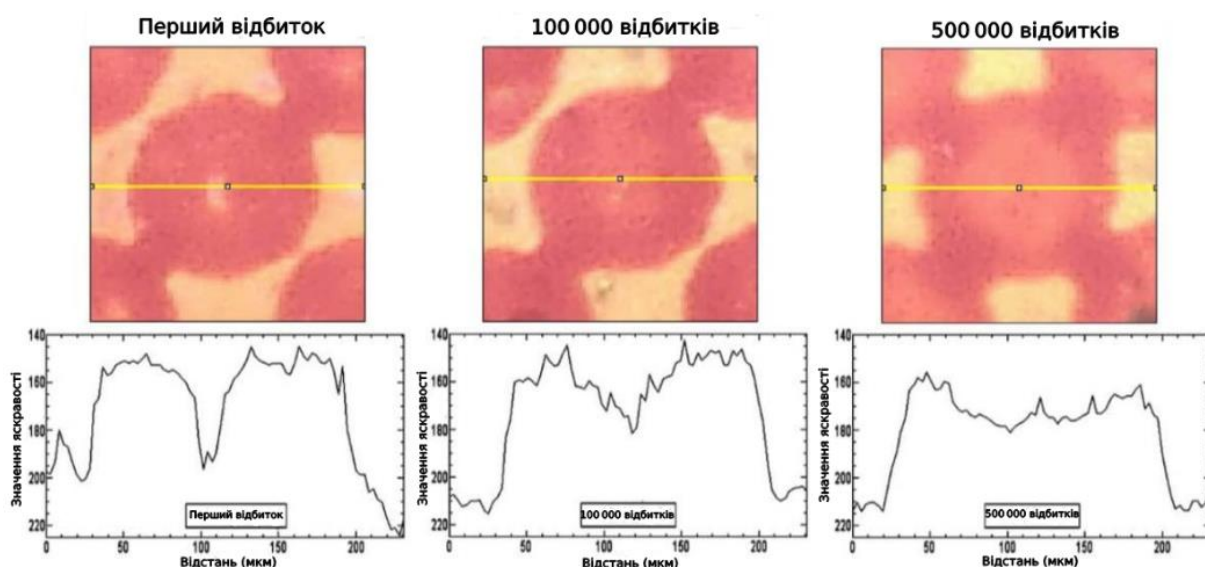


Рис. 3.6 - 2D точковий графічний профіль трьох етапів друку

Для аналізу однорідності та різкості точки було використано програмне забезпечення ImageJ (інструмент Plot Profile), оскільки воно генерує 2D-профіль точки на основі мікроскопічних зображень через всі три етапи друку. Спочатку була проведена лінія через центр точки, щоб позначити область, яка буде аналізуватися (рис. 3.6, верхні зображення), а потім був створений 2D профіль точки (рис. 3.6, нижні зображення) на основі покриття поверхні. Крива графіка показує значення значення яскравості в нашому випадку сірого кольору (рівні сірого 140-225) по всій довжині вимірювання, яка була однаковою для всіх трьох випадків, а вимірювання дорівнювало 230 мкм.

Для аналізу однорідності та гостроти точки використовували програмне забезпечення ImageJ (інструмент Plot Profile), оскільки воно генерує 2D-профіль точки на основі мікроскопічних даних. Графік для третього етапу друку (після 500 000 відбитків) показав значно вищу неоднорідність крапки порівняно з попередніми двома етапами друку. Ця неоднорідність характеризувалася значно більшою площею поверхні з меншою щільністю кольору в середині точки (тобто накопиченням фарби на краях точки). Площа

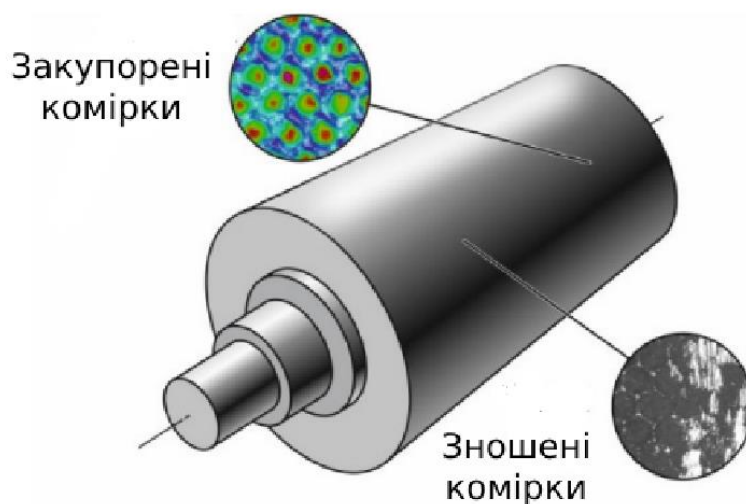
зі зниженою щільністю кольору була дуже малою на початку друку (рис. 3.6, ліве зображення), а наприкінці тиражу вона збільшилася.

Чіткість крапки - це фактично оцінка гостроти або гладкості краю крапки. Чіткість крапки була найбільшою на початку друку, що видно на графіку у вигляді різкого переходу від найтемнішого до найсвітлішого рівня крапки. На початку друку цей перехід становив 10 мкм, тоді як наприкінці друку він становив 20 мкм. Чіткість країв дуже важлива для лінійних елементів, особливо для лінійних кодів, оскільки вона безпосередньо впливає на швидкість зчитування. На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що при друкуванні великих тиражів гнучка друкарська форма змінює свої властивості, і на неї переноситься більша кількість фарби, що загалом спричиняє темніший відбиток, а у світлих тонах створюється враження брудного відбитка. Через зношування друкарської форми зношується верхня частина точки, що призводить до збільшення площі друку. А саме, плечі точки стають частиною друкарської поверхні, яка також бере участь у процесі друку. Тому для великих тиражів друкарські форми виготовляють кількома комплектами, щоб вони не відхилялися від заданого сертифікованого відбитка. Хоча покриття крапки збільшується і впливає на зменшення контрастності відбитка, найчастіше відбитки знаходяться в межах допуску при вимірюванні щільності кольору [□2□11].

3.2. Оцінка стану анілоксових роликів

Для отримання високоякісних відбитків за допомогою технології флексографічного друку важливо, серед інших факторів, наскільки точно і рівномірно фарба потрапляє на друкарську форму, а звідти - на матеріал, що друкується. Цю функцію виконують анілоксові валики. Метою цього дослідження є вивчення стану анілоксових валів у друкарнях. У дослідженні оцінювався знос і засмічення комірок анілоксових валиків. Було досліджено залежність засмічення від розміру комірки, а також залежність зносу від розміру комірки (тобто зміна об'єму комірки) і кількості шаберних лез. Крім того, була оцінена рівномірність забивання комірок і зносу на поверхні анілоксового валика.

Дослідження показали, що більше половини анілоксових валиків у друкарнях не промиваються належним чином; анілоксові валики з вищою лініатурою мають тенденцію до більшого засмічення, і важливо проводити вимірювання в більш ніж трьох місцях, щоб оцінити надійність більш зношених валиків.



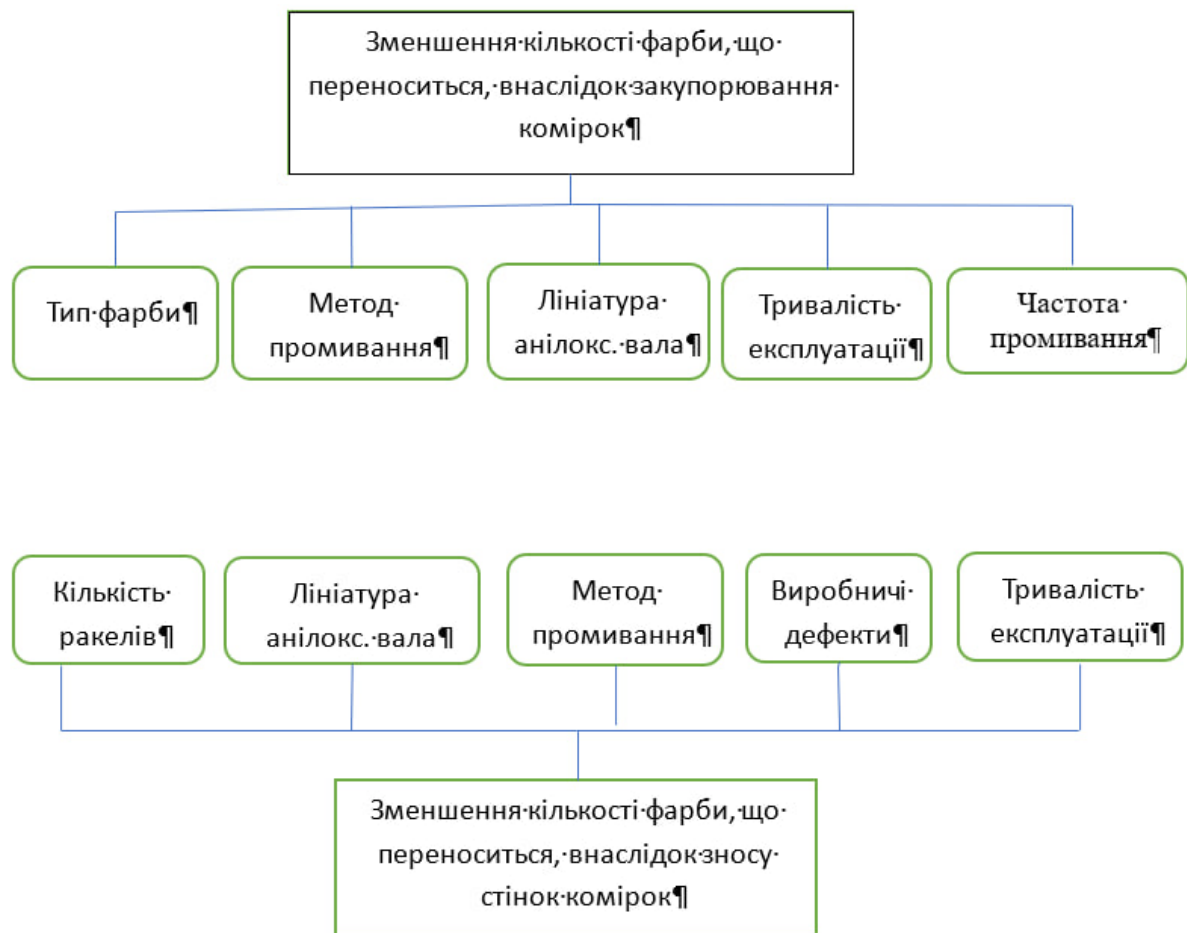


Рис. 3.7 - Фактори, що впливають на зменшення перенесення фарби.

Стан анілоксових валів погіршується під час експлуатації внаслідок забруднення комірок або зносу стінок комірок, що призводить до зменшення кількості фарби, яка переноситься. Основні фактори, що впливають на зменшення перенесення фарби, наведені на (рис 3.7).

У цьому дослідженні для об'єктивної оцінки стану анілоксових валів (рис. 3.8) використовувався тривимірний оптичний мікроскоп AniCAM (Troika Systems Limited, Свіндон, Велика Британія) з програмним забезпеченням AniloxQC (версія 9.1) (рис. 3.9).

Параметри анілоксових валів, що досліджувались: зміни у перенесенні фарби порівняно з номінальним значенням; значення лініатури вала; рівень закупорювання комірок; співвідношення ширини комірки до товщини стінки; співвідношення глибини комірки до розміру отвору; умови експлуатації анілоксових валів; ступінь зносу стінок комірок [16].

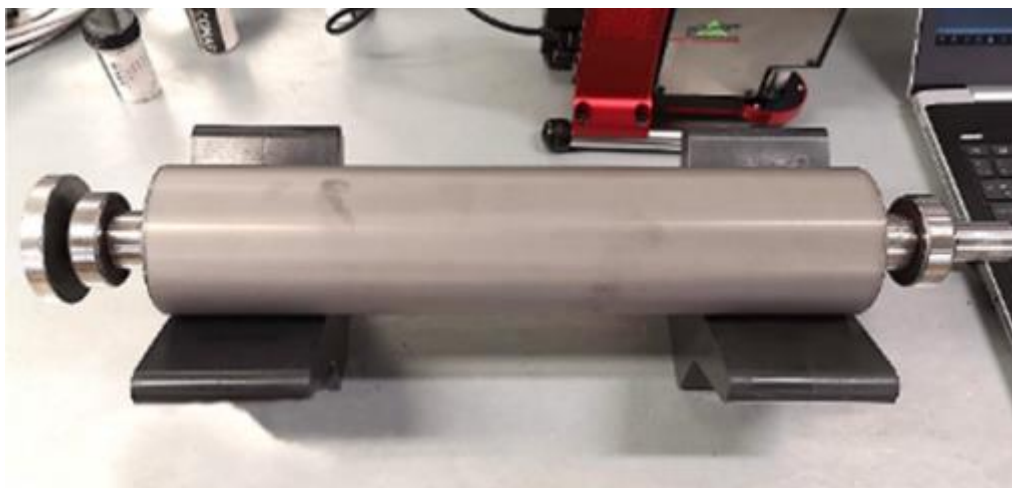


Рис. 3.8 - Анілоксовий вал підготовлений до вимірювання



Рис. 3.9 - Оптичний мікроскоп Troika AniCAM

3.2.1. Оцінювання закупорювання комірок анілоксового вала

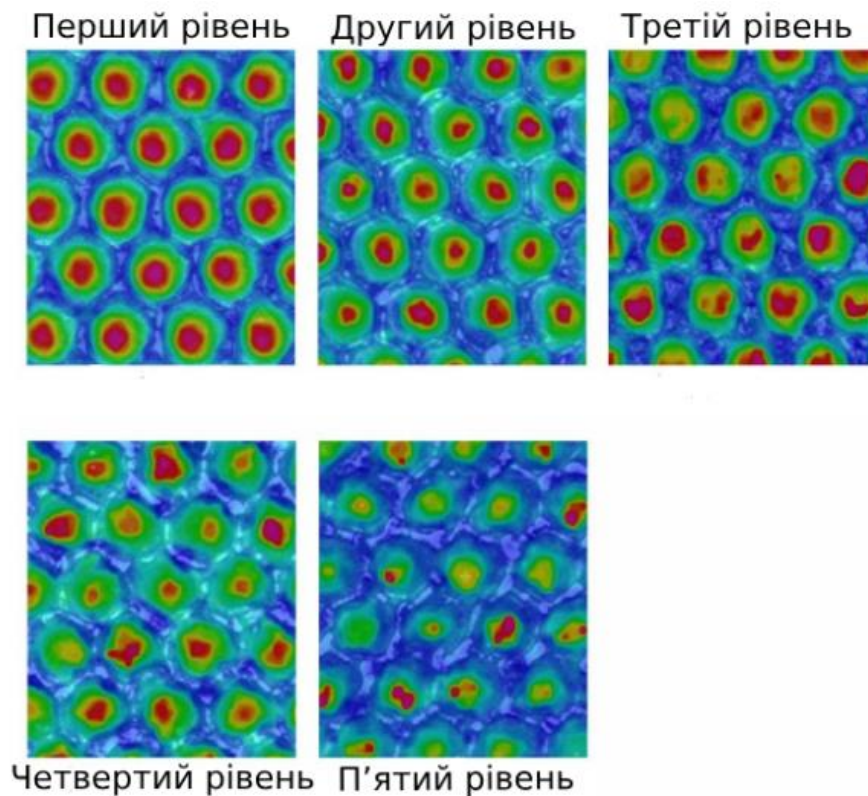


Рис.3.10 - Оцінювання кількості перенесеної фарби

Об'єктивна оцінка закупорювання комірок анілоксових валів надала дані, за допомогою яких можна було статистично оцінити рівень закупорювання та визначити залежності від інших параметрів. З цією метою була розроблена методика оцінювання рівня закупорювання, у якій ступінь закупорювання визначався за п'ятибальною шкалою: рівень 1 відповідав повністю чистим komórкам (дно комірок майже однакове за формою і глибиною, переважає червоний колір), а рівень 5 — повністю закупореним komórкам (дно майже всіх комірок зменшене, червоний колір майже відсутній, переважають жовтий і зелений) (рис. 3.10).

3.2.2. Оцінювання зносу поверхні анілоксових валів

Параметри, що вимірювались для оцінювання зносу анілоксового вала, включали товщину вершини стінки, ширину комірки та глибину комірки (рис. 6).

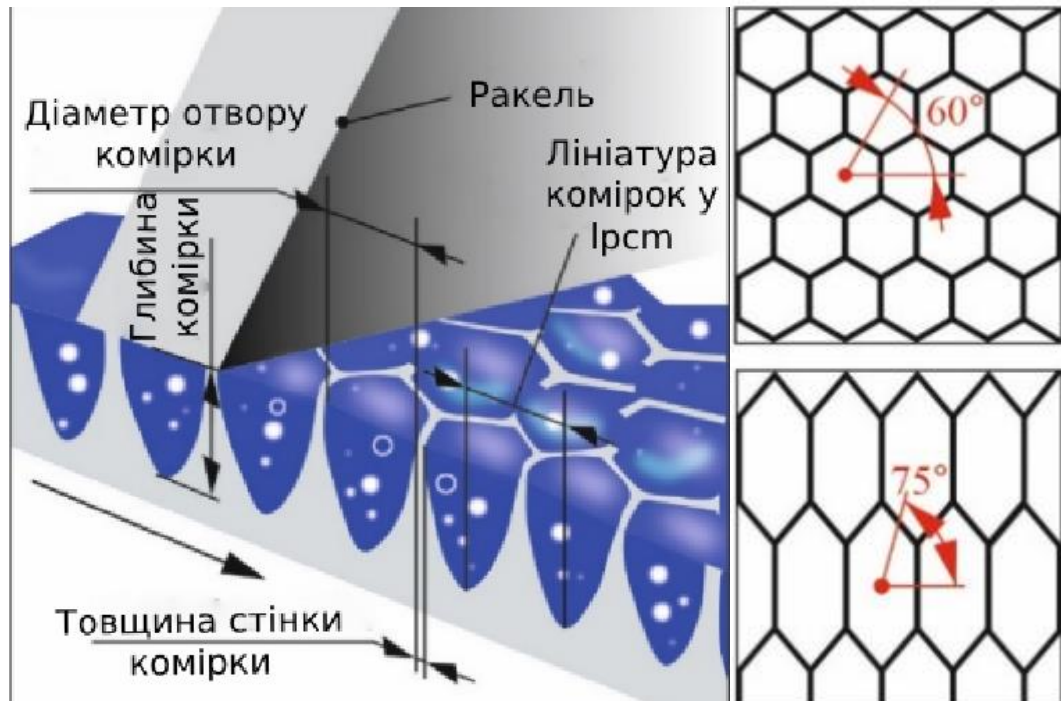


Рис. 3.11 - Геометричні параметри комірок анілоксового вала та типові кути гравірування комірок.

Під час роботи ракеля, що ковзає по поверхні анілоксового вала, стінки комірок зношуються і стають нижчими, а їхні вершини потовщуються. Оскільки не завжди відома товщина вершин стінок для нових виготовлених валів, знос можна визначати за співвідношенням товщини вершини стінки до ширини комірки.

Гравірування анілоксових валів виконується таким чином, щоб співвідношення глибини до ширини комірок було мінімальним, залишаючи стінки якнайтоншими. З цієї причини можна вважати, що співвідношення товщини вершини стінки до ширини комірки у нових анілоксових валів завжди буде меншим порівняно зі зношеними валами, що призводить до втрати перенесення фарби.

Для оцінювання зносу поверхні анілоксових валів вимірювання проводили двічі: по осьовій лінії вала та по периметру в середній частині вала. Вимірювання виконувались кожні 2 см згідно з нанесеною шкалою (рис. 3.12

а), а мікроскоп мав позначку на кільці підсвічування для точного вирівнювання об'єктива мікроскопа (рис. 3.12 б).

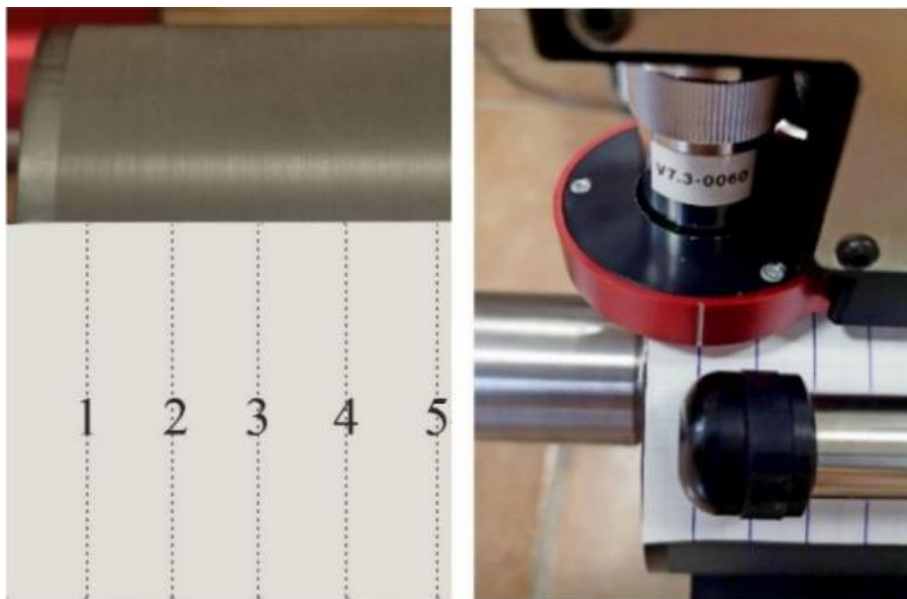


Рис. 3.12 - Вимірювання зношеного анілоксого вала: (а) нанесена шкала вздовж осі вала; (б) вирівнювання мікроскопа відповідно до положення шкали.

У цьому дослідженні було виміряно 326 анілоксів валів, отриманих із 16 друкарень трьох країн Балтії: Литви, Латвії та Естонії. Вали виготовлені дев'ятьма різними виробниками та використовувались на 28 різних друкарських машинах від 14 виробників. Серед обраних для дослідження анілоксів валів найбільше вимірювань було проведено для валів Sandon (70 валів), далі — Zecher (64 вали). Більшість анілоксів валів мали стандартний кут гравірування 60° (255 з 326 валів). Другою за чисельністю категорією були вали з кутом гравірування 75° (55 валів). Приблизно 30% друкарень Балтійських країн увійшли до вибірки дослідження.

Показано розподіл анілоксів валів за зміною фактичного перенесення фарби порівняно з номінальним значенням (рис. 3.13). Загалом 26,6% усіх виміряних валів потрапили у діапазон $(-5,0; 5,0)$. Оскільки виробники анілоксів валів допускають відхилення $\pm 5\%$ при гравіруванні поверхні, такі

результати вважаються найкращими. У діапазоні $(-15,0; -5,0)$ опинились 26,3% валів, що вважається задовільним результатом.

У друкарнях продовжували використовувати анілоксові вали зі зниженням перенесення фарби більш ніж на 35%, що становило 5,7% від загальної кількості виміряних валів. Також у 2,5% валів виміряне перенесення фарби перевищувало 25%, причому для одного з валів це перевищення становило понад 45%. Таке відхилення від номінального значення може спричиняти труднощі під час підбору анілоксового вала для друкарського процесу, оскільки відбиток може мати значно вищу колірну насиченість, ніж очікувалося.

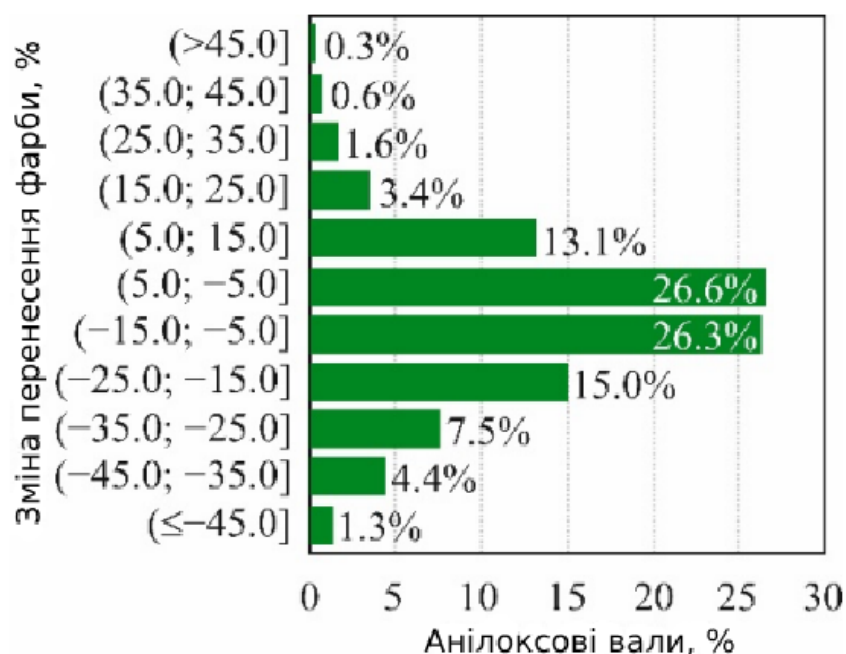


Рис. 3.13 - Розподіл анілоксових валів за зміною перенесення фарби.

Усі анілоксові вали були візуально оцінені та віднесені до одного з п'яти рівнів закупорювання комірок. Як видно більшість виміряних валів мали другий рівень закупорювання (83 одиниці), а найменше — п'ятий рівень (38 одиниць) (рис. 3.14). Помітно, що більше половини валів мали рівень закупорювання три і вище. Це означає, що більшість валів очищаються або рідко, або неякісно [□5].

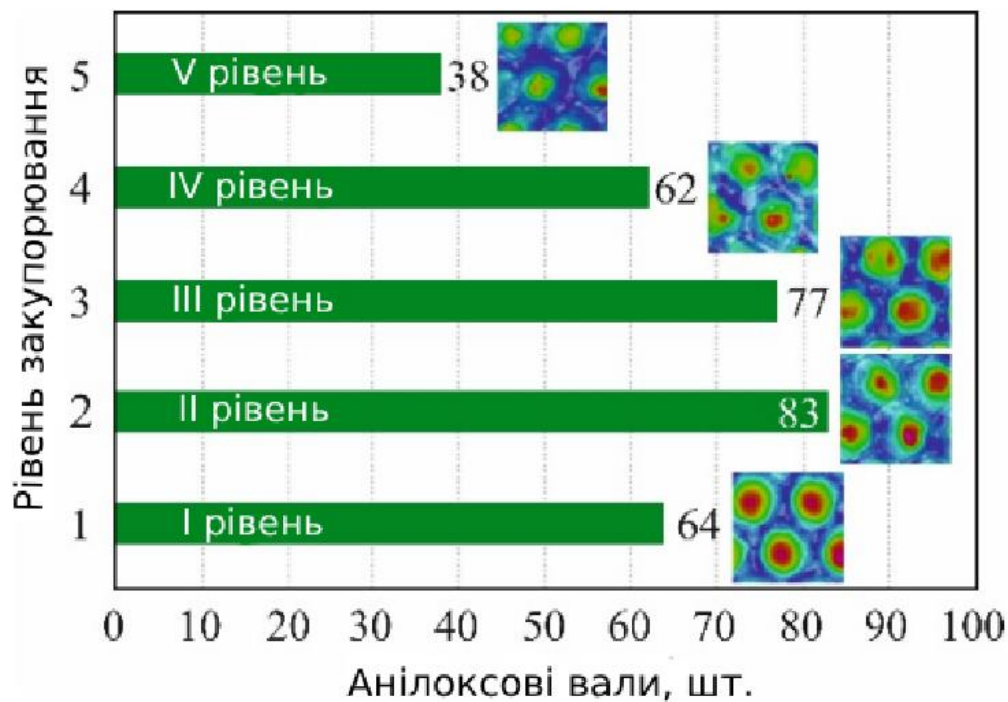


Рис. 3.14 - Розподіл анілоксових валів за рівнем закупорювання комірок.

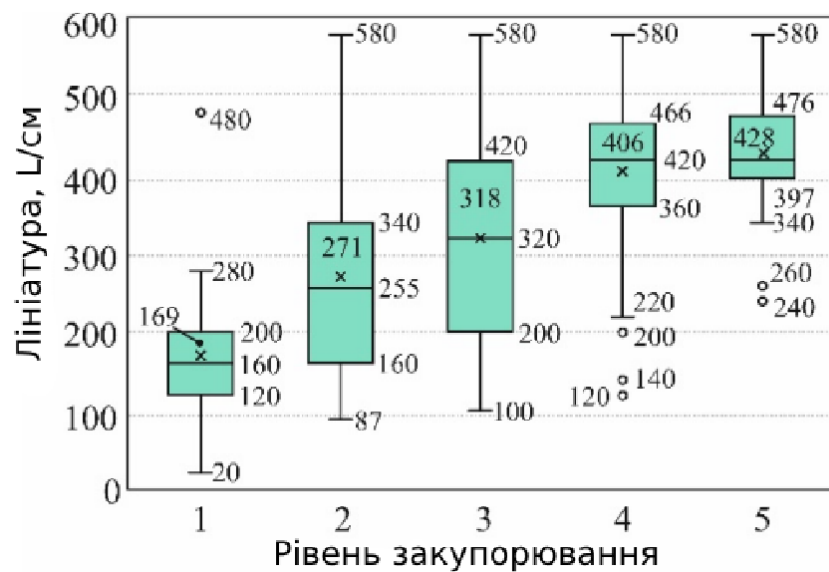


Рис. 3.15 - Розподіл анілоксових валів за лініатурою залежно від рівня закупорювання комірок.

На практиці анілоксові вали з більшою лініатурою зазвичай вважаються важчими для очищення. Розподіл лініатури анілоксових валів залежно від рівня закупорювання комірок (рис. 3.15). Графік демонструє, що зі

збільшенням рівня закупорювання збільшується і лініатура валів — середні значення зростають від 169 L/см на першому рівні закупорювання до 428 L/см на п'ятому рівні. Також можна спостерігати, що чим вищий рівень закупорювання, тим вищою є мінімальна лініатура анілоксових валів, що потрапляють у цей рівень. Це може означати, що вали з найменшою лініатурою складніше закупорити. Наприклад, було виміряно 21 анілоксовий вал з лініатурою не більше 100 L/см, і жоден із них не мав рівня закупорювання вище третього.

Максимальна лініатура на кожному рівні закупорювання становила 580 L/см, за винятком першого рівня, де вона була 480 L/см. Таким чином, можна зробити висновок, що навіть вали з дуже високою лініатурою можуть утримуватися в стані незакупорених або майже незакупорених.

3.2.3. Рівномірність перенесення фарби з зношеного вала

Знос анілоксового вала є некерованим процесом, тому стінки комірок дуже рідко зношуються рівномірно по всій поверхні. Залежно від типу промивання фарба з комірок вала також може вимиватися нерівномірно. Щоб це перевірити, було проведено дослідження зміни перенесення фарби довго використовуваним анілоксовим валом. Параметри досліджуваного анілоксового вала: виробник — Zecker GmbH; рік виготовлення — 2012; лініатура — 400 L/см; номінальне перенесення фарби — $2,9 \text{ см}^3/\text{м}^2$; кут гравірування — 60° .

На зображенні поверхні (рис. 3.16 а) видно, що стінки вала пошкоджені та мають відколи. На момент вимірювання валу було майже 8 років, він використовувався для друку фарбами чотириколірного процесу, тому припускається, що вал експлуатувався дуже інтенсивно — такий стан стінок є поширеним. Відповідно до методики оцінки закупорювання (рис. 3.10)

досліджуваний анілоксовий вал (рис. 3.16 b) відповідає четвертому рівню закупорювання.

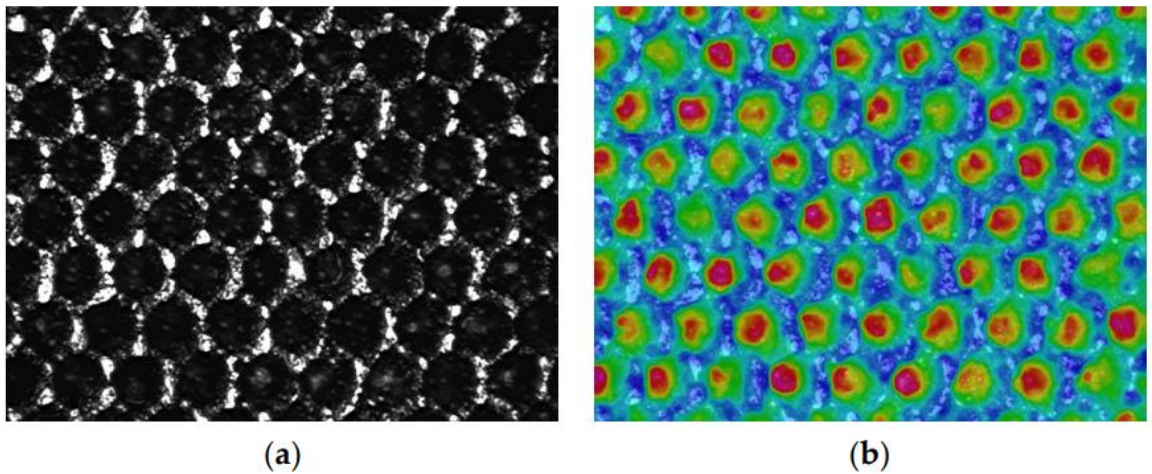


Рис. 3.16 - Фото поверхні анілоксового вала після тривалого використання в одній точці вимірювання: (a) вигляд поверхні; (b) кольоровий рельєф.

Після вимірювання перенесення фарби валом уздовж осі було обчислено середнє значення на основі 23 вимірювань — $3,13 \text{ см}^3/\text{м}^2$. Вимірювання подані як відхилення від середнього значення перенесення фарби у відсотках, а результати показані на (рис. 3.17). Як видно, перенесення фарби по поверхні вала є нерівномірним — значення коливаються від $-10,7\%$ до $+8,5\%$. Найбільша різниця між двома сусідніми точками вимірювання становить $9,6\%$, що спостерігається на ділянках: 11–13 см, 21–23 см, 33–35 см і 35–37 см.



Рис. 3.17 - Зміна перенесення фарби анілоксовим валом уздовж осі.

Перенесення фарби по периметру анілоксового вала було розраховано за результатами 22 вимірювань, що дало середнє значення $2,95 \text{ см}^3/\text{м}^2$. Вимірювання подані у відсотках, де 100% відповідає обчисленому середньому значенню, а результати представлені на радіальній діаграмі (рис. 3.18), що імітує периметр анілоксового вала. Тут спостерігається ще більша нерівномірність, ніж під час вимірювань уздовж осі — значення коливаються від $-22,2\%$ до $+15,1\%$. Також зафіксовано найбільшу різницю між двома позиціями — між 27 см і 29 см перенесення фарби змінилося на $17,3\%$ [□22].

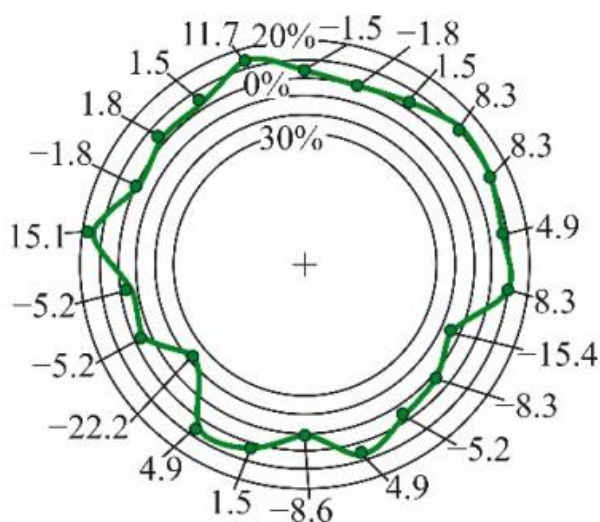


Рис. 3.18 - Зміна перенесення фарби анілоксовим валом по периметру

Така значна нерівномірність перенесення фарби досліджуваним анілоксовим валом може пояснюватися поганим станом вала. Коли стінки комірок руйнуються, поверхня вала зношується нерівномірно — мікроскоп фіксує різне перенесення фарби на різних ділянках. Коливання значною мірою обумовлені й високим рівнем закупорювання. Якщо вал промивається неефективно, частина комірок закупорюється більше, а частина менше, що й призводить до нерівномірного перенесення фарби.

Відповідно до результатів дослідження, під час майбутніх досліджень анілоксових валів слід враховувати, що сильно закупорені вали з пошкодженими стінками комірок можуть показувати дуже різні результати перенесення фарби залежно від місця вимірювання. Якщо стан анілоксового вала є незадовільним, рекомендується виконувати якомога більше вимірювань, щоб якомога точніше визначити середнє перенесення фарби. Висновки після дослідження стану поверхонь анілоксових валів у друкарнях країн Балтії:

- Відповідно до цього дослідження, у друкарнях Балтійських країн не застосовуються точні або використовуються лише дуже обмежені методи вимірювання стану поверхонь анілоксових валів. Оператори друкарських машин керуються власним досвідом та порівнянням вигляду відбитків.
- Перенесення фарби анілоксовими валами змінюється в широкому діапазоні. Загалом 26,6% проаналізованих змін перенесення фарби анілоксовими валами знаходяться в межах $\pm 5\%$ (рекомендованих виробниками анілоксових валів). Близько 13,2% змін перенесення фарби становили менше ніж -35% , а 2,5% — більше ніж $+25\%$. Значні розбіжності у перенесенні фарби вказують на потенційні труднощі для друкарень під час підбору відповідного анілоксового вала для кожного завдання.

- Загалом 177 із 324 анілоксових валів мали рівень закупорювання три або вище. Це означає, що більше половини анілоксових валів у друкарнях промиваються неналежним чином.
- Результати показали, що вали з більшою лініатурою мають тенденцію до більшого закупорювання. Середня лініатура у сегменті першого рівня забруднення становить 169 L/см, і вона зростає зі збільшенням рівня забруднення до середнього значення 428 L/см у сегменті п'ятого рівня.
- У зв'язку з виявленою значною нерівномірністю перенесення фарби зношеним анілоксовим валом рекомендується проводити вимірювання більш ніж у трьох точках для оцінки стану таких валів [18].

3.3. Покращення якості перенесення відбитку

3.3.1. Удосконалений анілоксовий вал

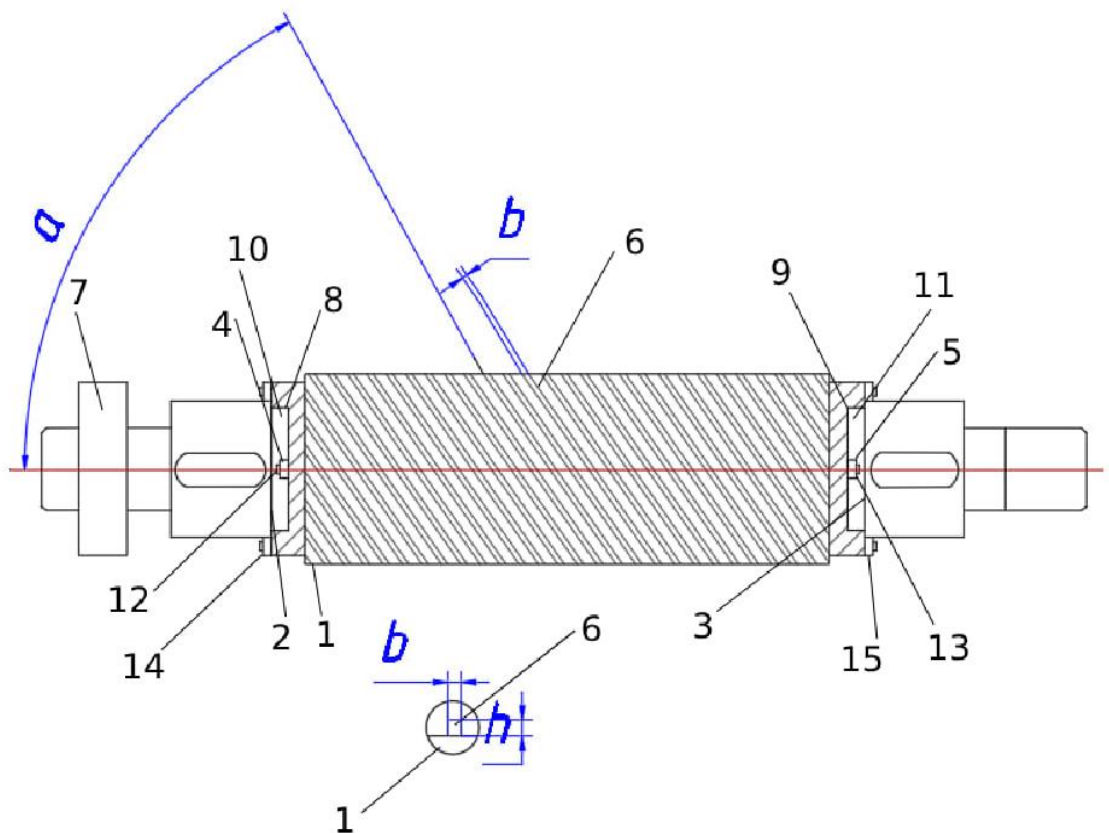


Рис. 3.19 - Покращений анілоксовий вал

Основа конструкції складається з корпусу вала 1 і лівого та правого монтажних валів 2 та 3, що забезпечують кріплення і обертання вала, з'єднуються через фланці й з'єднувальні вали. Перший і другий з'єднувальні вали 4 та 5 виконують надійне з'єднання корпусу з монтажними валами, гарантуючи співвісність. Похилі анілоксові лінії 6 (кут 30° або 150°) покращують нанесення шару й полегшують очищення. Привідне колесо 7 — з'єднує вал з джерелом обертання. Перший і другий пази 8 та 9 — приховують з'єднувальні вали в корпусі, зменшуючи ризик пошкоджень. Подовжувальні з'єднання 10 та 11, з'єднувальні отвори 12 та 13. Перший і другий фланці 14 та 15, що зміцнюють з'єднання монтажних валів з корпусом і підвищують надійність кріплення.

Основні характеристики:

- кут нахилу анілоксових ліній: $\alpha = 30^\circ$ або 150° ;
- глибина анілоксових ліній: $h = 21\text{--}25$ мкм;
- ширина анілоксових ліній: $b = 140\text{--}150$ мкм.

3.3.2. Надійність у застосуванні

Цей анілоксовий вал спеціально розроблений для покращення тривимірного (об'ємного) ефекту позиційних пластин при літографії. Його особливості роблять його надзвичайно ефективним і зручним у використанні: Підвищене перенесення покриття — завдяки похилому розташуванню анілоксових ліній (кут 30° або 150°), кількість нанесеного шару збільшується мінімум у 1,5 рази порівняно зі звичайними анілоксовими валами. Відсутність закупорювання — конструкція запобігає блокуванню комірок під час роботи, що забезпечує стабільну якість друку та зменшує кількість браку. Легка очистка — похилі комірки спрощують очищення вала після роботи. Швидкий монтаж і обслуговування — модульна конструкція дозволяє швидко

знімати і замінювати корпус вала без розбирання всієї системи. Висока точність і стабільність роботи — завдяки інтегрованим з'єднувальним валам та фланцям забезпечується точне співвісне встановлення.

3.3.3. Які проблеми вирішує

Усуває необхідність подвійного нанесення шару для досягнення товщини покриття.

Запобігає залипанню й закупорюванню пластини під час формування.

Спрощує і прискорює процес очищення вала після використання.

Зменшує витрати часу та коштів на обслуговування і заміну вала.

Полегшує технічне обслуговування завдяки модульній конструкції.

Переваги над іншими анілоксовими валами

На 50% більше перенесення фарби при одній операції.

Менший ризик закупорювання завдяки похилому розташуванню ліній.

Швидше обслуговування та заміна завдяки розбірній конструкції.

Вища точність монтажу та надійність роботи завдяки інтегрованим вузлам і посиленням з'єднанням.

3.3.4. Розрахунок параметрів продуктивності

Швидкість друку, покращений анілоксовий вал дозволяє уникати подвійного нанесення шару та зменшує простої - підвищення робочої швидкості $\approx +10\%$

Для стандартної машини: $v_{\text{друк}} = 120 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$

З покращеним валом:

$$v_{\text{друк}} = 120 * 1,1 = 132 \frac{\text{м}}{\text{хв}} \quad (3.1)$$

Продуктивність ($\text{м}^2/\text{год}$), для розрахунку треба ширина друку $B = 0,33 \text{ м}$

$$Q_1 = v_{\text{друку}} * B = 132 * 0,33 = 43,56 \frac{\text{м}^2}{\text{хв}} \quad (3.2)$$

$$Q_1 = 43,56 * 60 = 2613,6 \frac{\text{м}^2}{\text{год}} \quad (3.3)$$

Продуктивність (етикетки / год), щоб обчислити знадобиться $S_{\text{етик}} = 0,01 \text{ м}^2$

$$Q_2 = \frac{2613,6}{0,01} = 261360 \frac{\text{етик}}{\text{год}} \quad (3.4)$$

Час друку тиражу (100 000 етикеток)

$$t_{\text{друк}} = \frac{100000}{261360} * 60 = 23 \text{ хв} \quad (3.5)$$

Час налаштування скорочено завдяки простішому очищенню й точному монтажу:

$$t_{\text{налаштування}} = 30 * 0,8 = 24 \text{ хв} \quad (3.6)$$

Загальний час:

$$t_{\text{цикл}} = 23 + 24 = 47 \text{ хв} \quad (3.7)$$

3.3.5. Обрахунок параметрів економічності

Витрати фарби. Покращений вал дає +50% перенесення, завдяки кут нахилу анілоксових ліній, тому фарби потрібно менше:

$$m_{\text{фарби}} = 5 * 0,67 = 3,3 \frac{\text{кг}}{\text{тираж}} \quad (3.8)$$

Витрати енергії

$$E = 12 * \frac{47}{90} = 9,4 \frac{\text{кВт*год}}{\text{тираж}} \quad (3.9)$$

Втрати при налаштуванні: завдяки легшому очищенню та швидшому налаштуванню кількість браку буде менше:

$$L_{\text{налаш}} = 50 * 0,7 = 35 \text{ м} \quad (3.10) \quad [\square 13]$$

Параметр	Результат
Швидкість друку	132 м/хв
Продуктивність (м²/год)	2613 м²/год
Продуктивність (етик./год)	261 360 етик./год
Час друку	23 хв
Час циклу	47 хв
Витрати фарби	3,3 кг/тираж

Витрати енергії	9,4 кВт*год/тираж
Втрати при налаштуванні	35 м

3.4.Процедура діагностування ДА вузькорулонних флексографічних машин.



Рис. 3.20 - Приклад елемента (друку з ефектом стандартної компенсації) форми



Рис. 3.21 - Приклад елемента (друку з ефектом компенсації DGC) форми
Ілюстрації (рис.3.20 та 3.21), що демонструють ефект компенсації розтискання растрової точки

Наведені нижче ілюстрації ілюструють ефект компенсації. У верхньому малюнку представлена стандартна компенсація розтискання растрової точки FlexCal (крива - 50%, точка на плівці - 36%).

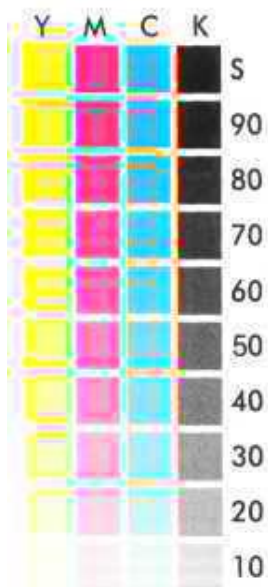


Рис. 3.22 - Приклад елемента (розтискування точки) форми

Цей ефект визначається фізичними або оптичними вимірюваннями, а також теоретичними підрахунками очевидного збільшення елементів растру при переході від одного формату до іншого. Розтискання виражається у процентному збільшенні розміру растрової точки: наприклад, точка з 50% буде виглядати як 78% через 28%-не розтискування. Вимірювання проводяться на шкалах растрових елементів з різним процентним заповненням, що дозволяє компенсувати розтискання на етапі репрографії. Однією з областей визначення розтискання є HB1, яке можна спостерігати при порівнянні пробного відбитка з машинним.

Розтискання виникає не лише під час друку, але й на стадії виробництва кліше; це звичайне явище, яке потрібно контролювати протягом друкарського процесу (рис. 3.22).

все частіше створюються в цифровому форматі, що дозволяє проводити кольорокорекцію безпосередньо після кольороподілу — це дає можливість редагувати оригінал для кожної друкарської машини індивідуально. Заміна сірого компонента, кольорокорекція та додавання сірого компонента виконуються строго в межах обмеженої зони. Вимірювання та аналіз тональних шкал забезпечують даними для створення кривої компенсації розтискання растрової точки (DGC — Dot Gain Compensation).

DGC не є зміною кривої розтискання розривної точки; це різниця між точкою цифрового оригіналу та фактичним рівнем розтискання. Наприклад, якщо друкарська машина передає 50% як 80%, то розтискання становить 30%. Пробний відбиток та дані про кольори використовуються для отримання належної якості відбитка.

Висновок проведеного дослідження

Пробний відбиток є дієвим інструментом для полегшення комунікації між всіма етапами друкарського процесу, що значно скорочує виробничі витрати. Основною метою є зменшення часу простою, підвищення продуктивності та стандартизація флексографічного друку. Основними вузлами апарата є: фарбовий апарат (анілоксовий вал і ракель), формний циліндр з флексоформою та друкарський (притискний) циліндр, які забезпечують точне перенесення фарби на матеріал. Сучасні флексоформи виготовляються з фотополімерів за цифровими технологіями (StP), що підвищує якість і стабільність друку. Залежно від типу матеріалу, можуть використовуватись водні або УФ-фарби, кожна з яких має свої переваги та обмеження у використанні. Машини цього типу відзначаються компактністю, високою швидкістю та гнучкістю налаштувань, що робить їх ідеальними для коротких та середніх тиражів.

Висновок

Здійснено дослідження впливу параметрів друку на якість зображення, зокрема деформації растрових точок, однорідності щільності фарби та чіткості контуру. Особлива увага приділена оцінюванню стану анілоксових валів та їх впливу на рівномірність нанесення фарби. Досліджено ефективність використання удосконаленого анілоксового вала, що забезпечує збільшення перенесення фарби на 50% за один прохід, спрощує процес очищення й знижує ймовірність закупорювання комірок. Проведені розрахунки параметрів економічності підтвердили доцільність впровадження таких технічних рішень для підвищення продуктивності й зниження витрат на обслуговування обладнання.

Загальний висновок

У дипломному проєкті проведено комплексний аналіз конструктивних рішень, технологічних особливостей та факторів, що впливають на якість друку у вузькорулонних флексографічних машинах. Встановлено, що модернізація друкарських апаратів, зокрема використання удосконалених анілоксових валів, дає можливість значно підвищити ефективність виробництва, якість відбитків та економічність процесу. Отримані результати свідчать про перспективність подальшого вдосконалення конструкцій флексографічного обладнання для задоволення потреб сучасного пакувального й етикеткового виробництва.

Список літератури

1. EspacenetPatent search CN212832137U Механізм намотувального кронштейна для флексографічної друкарської машини. Китай. SUN ZHENGCHENG. Опубліковано 2021-03-30
2. Evertz, A., Pleuß, J., Reitz, B., Overmeyer, L. Flexo-printed polymer waveguides for integration in electro-optical circuit boards // Flexible and Printed Electronics. – 2024. – Vol. 9. – Art. 035001. – DOI: [10.1088/2058-8585/ad5c7b](https://doi.org/10.1088/2058-8585/ad5c7b).
3. Kesan N., Sahinbaskan T. Elimination of the solid graininess issue with different micro-pattern structures at flexo printing // Applied Sciences. – 2024. – Vol. 14, No. 18. – Article 8130. – DOI: 10.3390/app14188130. – URL: <https://doi.org/10.3390/app14188130>
4. Narrow Web Flexo Printing Machine Market Size. Режим доступу - <https://reports.valuates.com/market-reports/QYRE-Auto-24E18471/global-narrow-web-flexo-printing-machine>
5. Благодір О. Л. Технологічні закономірності фарбоперенесення системами з анілоксовими валиками флексографічного друку : дис. ... канд. техн. наук : 05.05.01 / Благодір Ольга Леонідівна ; Нац. техн. ун-т України "Київ. політехн. ін-т ім. Ігоря Сікорського". – Київ, 2017. – 190 с.
6. Воржева О. В. Вибір вузькорулочної флексографічної машини / О. В. Воржева // Квалілогія книги. — 2015. — № 1 (27). — С. 61–65.
7. Гордєєв А. С. Обладнання видавничо-поліграфічного виробництва : метод. рек. до лаб. робіт для студентів спец. 186 "Видавництво та поліграфія" першого (бакалавр.) рівня / А. С. Гордєєв. — Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2022. — 38-50 с. [Електронний ресурс] : Режим доступу-
<https://repository.hneu.edu.ua/bitstream/123456789/28491/1/2022->

8. Кохановський В. О. Обладнання видавництв і поліграфії. 2. Друкарське та післядрукарське обладнання : рекомендації до виконання практичних робіт : навч. посіб. для студ. спец. 186 «Видавництво та поліграфія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. В. О. Кохановський. — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. Режим доступу - <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/67068>

9. Кукура Ю. А, Репета В. Б., Кукура Т. Ю., Кукура В. В. Вплив режимів мікрорастрування флексографічних друкарських форм на якість відбитків / Ю. А. Кукура, // Наукові записки [Української академії друкарства]. - 2021. - № 2. - С. 42–51. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nz_2021_2_6

10. Кукура Ю. А., Кукура В. В., Репета В. Б. Екологічне гнучке пакування: сучасні тенденції // Поліграфія і видавнича справа. – 2022. – № 1 (83). – С. 36–46. – DOI: 10.32403/0554-4866-2022-1-83-36-46.

11. Лебідь Д. М. Проектування комплексного дизайнерсько-поліграфічного виробництва з виготовлення етикетки для споживчої тари з довгорізними макаронними виробами накладом 3 млн штук : кваліфікац. робота магістра : 133 Галузеве машинобудування / Лебідь Діна Михайлівна ; наук. кер. Гавва О. М. ; Нац. ун-т харч. технологій. — Київ, 2021. — 91 с.

12. Маїк Л.Я., Ковальський Б.М., Голубник Т.С., Занько Н.В., Писанчин Н.С. Дослідження сучасних технологій виготовлення флексографічних форм. // Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Інновації: монографія / редкол.:

О.В. Вовк, І.Б. Чеботарьова, Ж.В. Дейнеко та ін. Харків: ТОВ «Друкарня Мадрид», 2022. С. 83–92.

13. Поленок Д.В., Вовк О.В. Дослідження параметрів сучасних анілоксових валів у флексографії // Молодіжна школа-семінар. Харків: ХНУРЕ. — 2021. — С. 76–78.

14. Поліграфія: книга редактора : навчальний посібник / В.І. Шпак. – К. : ДП «Експрес-об'ява», 2017. – 288 с.

15. Пушкар О. І., Грабовський Є. М., Оленич М. М. Технології поліграфічного виробництва : навч. посіб. Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2019. 104-105 с. [Електронний ресурс].

Режим доступу -
<https://repository.hneu.edu.ua/bitstream/123456789/21438/1/2019%20-%20%D0%9F%D1%83%D1%88%D0%BA%D0%B0%D1%80%2C%20%D0%93%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9%2C%20%D0%9E%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%87.pdf>

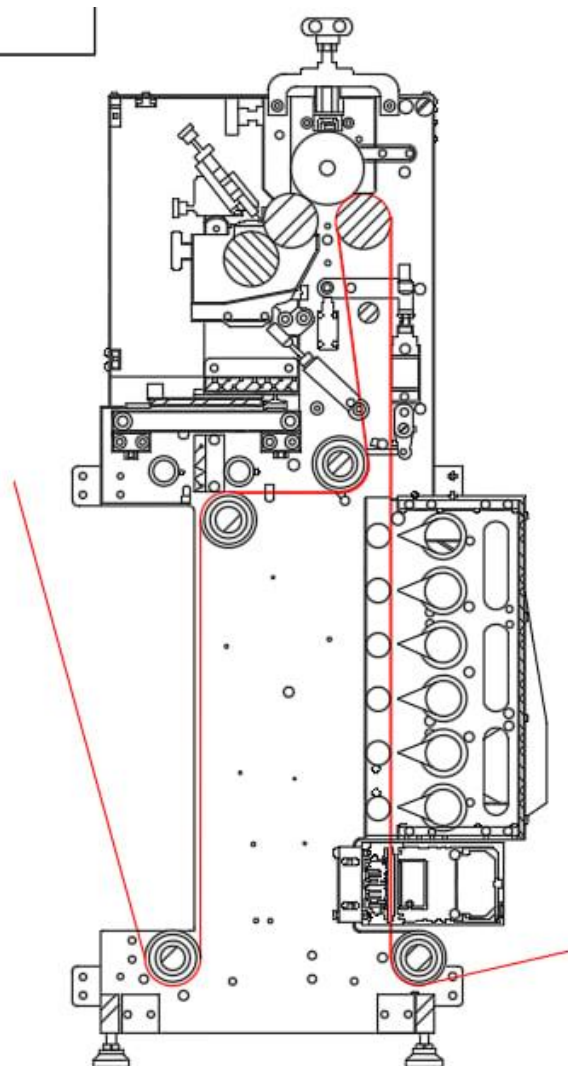
16. Репета В. Б. Методологічні основи забезпечення якості процесу флексографічного друку етикетки УФ-фарбами : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.05.01 / Репета Вячеслав Богданович ; Українська академія друкарства. — Львів, 2019. — 41 с.

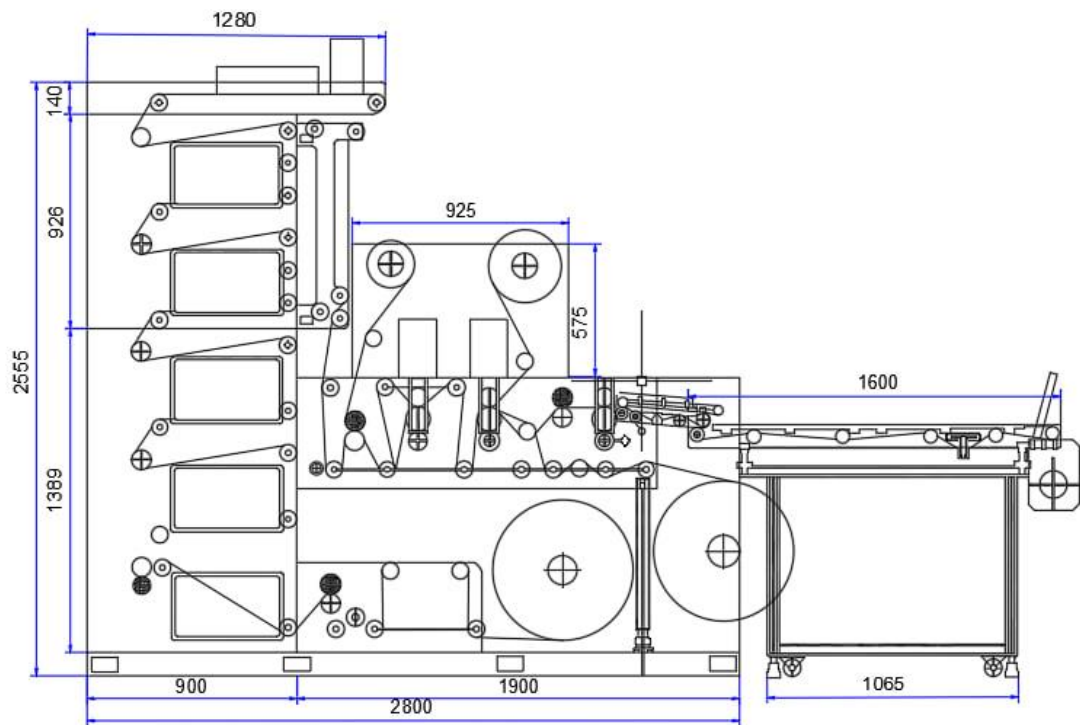
17. Репета, В. Б. Кукура Ю. А.. Потенційна небезпека спирторозчинних флексографічних фарб для друку гнучких паковань // Наукові записки [Української академії друкарства]. - 2022. - № 1. - С. 86–95. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nz_2022_1_10

18. Стефанишена О. Б., Зоренко О. В. Сучасні тенденції розвитку глибокого друку // Технологія і техніка друкарства. – 2020. – № 3(69). – С. 34–39.
19. Ткаченко В. П., Манаков В. П., Шевчук А. В. Оперативні та спеціальні види друку: технологія, обладнання / В. П. Ткаченко, В. П. Манаков, А. В. Шевчук. – Харків : ХНУРЕ, 2020. – 200 с.
20. Черкашина Н. Г. Дослідження та розробка методики оцінки якості гнучкого пакування : атестаційна магістерська робота / Харківський національний університет радіоелектроніки, кафедра медіасистем та технологій. — Харків, 2020. — 66 с.
21. Шостачук О. П. Управління якістю флексографічної продукції шляхом налаштувань друкарської секції / О. П. Шостачук // Тези доповідей 18-ї міжнародної науковотехнічної конференції студентів і аспірантів «Друкарство молоде», Київ 18-19 квітня 2018 р. – К. : ВПІ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 260 с. – С. 130- 131.
22. Шостачук О. П. Усунення дефектів флексографічної продукції, пов'язаних із фотополімерними друкарськими формами / О. П. Шостачук // XXV Міжнарод. наук.-практ. конф. з пробл. вид.-полігр. галузі : тези доп., Київ 16 листоп. 2017 р. – К. : УкрНДІСВД, 2017. – 152 с. – С. 145-147.
23. Шостачук Ю. О. Техніка і технологія сучасного поліграфічного виробництва : навч. посіб. / Ю. О. Шостачук. – Київ : НТУУ "КПІ", 2019. – 244 с.
24. Шпак В. І. Термінологічний словник видавничого бізнесу: книга редактора : навч. посіб. / В. І. Шпак. — Київ : Експрес-об'ява, 2020. — 264 с.

25. Ярема С. М. Видавничі поліграфічні технології та обладнання / С. М. Ярема. – Київ : Університет "Україна", 2020. – 320 с.

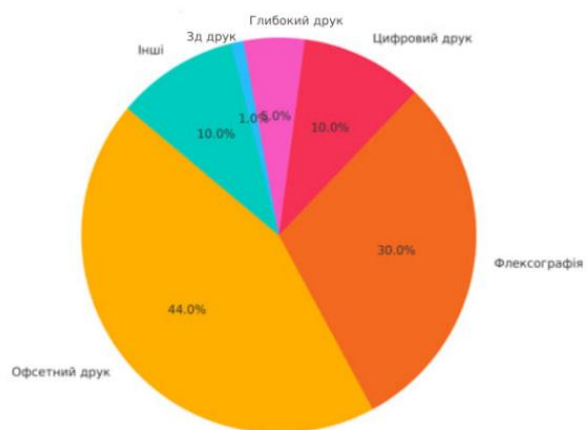
26. Ярема С. М. Флексографія: обладнання, технологія : навч. посіб. / С. М. Ярема. – Київ : Либідь, 1998. – 312 с.







Поточна структура ринку поліграфії (2025)



Прогноз розподілу ринку на 2030 рік

