

Лекція 5 з ТДП (семестр 1)

- Розкочування і транспортування фарби в фарбовому апараті

Основні дані про розкочування фарби в ДО

- У стадії розкочування фарба потрапляє в більш складні умови, ніж в стадії подачі з ФС. У розкочувальній системі вона знаходиться у вигляді тонкого шару, послідовно розщеплюється в контактних зонах, утворених парами валик - циліндр, під впливом дуже високих напружень і швидкостей зсуву.
- Одночасно шар фарби піддається осьовому розкочуванню, в процесі якого також розвиваються значні зусилля. Величина градієнтів швидкості тільки з урахуванням осьового розкату при режимі чистого зсуву може досягати $3 \cdot 10^3 - 10^4 \text{ с}^{-1}$.
- Зусилля, що впливають на фарбу, є періодичними, короткочасними і знакозмінними. Зусилля зсуву в раскатной системі впливає на фарбу періодично - тільки в момент, коли дана ділянка фарбового шару потрапляє в зону контакту між валиком і циліндром. Час дії зусилля в залежності від конструктивних особливостей розкочувальної групи і швидкості роботи машини дуже невеликий. Час становить (з деякими відхиленнями в ту і іншу сторону) близько 10-3с.

- Розщеплення фарби відбувається в нежорсткій контактній зоні, що утворена еластичним фарбовим валиком і твердим металевим циліндром. Механіка нежорсткій контактної пари досить складна. Вона вимагає одночасного вирішення рівнянь, що описують і поведінку рідини в зоні контакту, і деформацію як мінімум однієї з утворюють цю зону поверхонь. Тому поведінку рідини в цих умовах вивчено мало.
- Перебуваючи в розкочувальній системі, фарба повинна безперешкодно передаватися з одного елемента цієї системи на інший, добре змочуючи при цьому поверхні контактуючих валиків і циліндрів і досить міцно на них утримуючись. З огляду на високі градієнти швидкості, короткочасність впливу на фарбу зусилля зсуву і вельми невелику тривалість її «відпочинку» між двома послідовними циклами навантаження, за час якого скільки-небудь істотного відновлення структури фарби, по всій ймовірності, не відбувається.
- основним реологічним параметром, що визначає поведінку фарби в цих умовах, є мінімальна постійна в'язкість гранично зруйнованої структури η_{\min} .
- Послідовне розщеплення шару фарби в процесі його розкочування супроводжують фізико-механічні та реологічні явища, що істотно визначають механізм взаємодії фарби з несучими її поверхнями, характер розриву шару в кожній контактній зоні і, як наслідок, технологічну ефективність фарбового апарата в цілому. Еластичні валики ФА обертаються під впливом сил тертя, що виникають між ними і металевими циліндрами, що мають примусовий привід.

Осьове розкочування

- Неминуча в цих умовах деформація еластичної оболонки валика, що залежить від стисливості покриття і геометричних параметрів валика і циліндра, завжди тягне за собою прковзування контактуючих поверхонь, обумовлене зміною лінійних швидкостей їх переміщення. У сукупності ці обставини зумовлюють виникнення зсувів шару фарби по колу валиків і циліндрів. Однак цим справа не обмежується.
- Фарба наочується тільки на друкуючі елементи форми, в зв'язку з чим на наочувальних валиках залишається фарбовий шар, який має «порізаний» профіль, який створюється чергуванням різновисоких фарбових кілець (або рифлів), смуг, спіралей або утворень іншої форми. Якщо цей профіль не вирівнювати, умови наочування фарби на форму різко погіршуються, оскільки нерівності фарбового шару на наочувальних валиках будуть неминуче поширюватися на валики і циліндри розкочувальної системи. Тому всім або деяким циліндрам фарбових апаратів багатоланкового дукторного типу, поряд з обертанням, надається зворотно-поступальне осьове переміщення.
- Осьове розкочування, перш за все, сприяє розрівнюванню рельєфу фарби і, отже, більш рівномірному (з урахуванням регулювання) нанесення її на друкарську форму. При цьому площа розкочування і ймовірність несуміщення потовщень фарбового шару залежать від величини і закону осьового зсуву, а також від загальної кількості і геометричних параметрів циліндрів. Разом з тим осьове розкочування забезпечує додатковий вплив на фарбу, що послаблює її опір розщепленню.
- Однак слід мати на увазі, що осьове розкочування фарби характеризується і деякими негативними наслідками, до числа яких відносяться: 1) збільшення деформації еластичних оболонок барвистих валиків; 2) підвищення їх температури і зростання зносу в результаті посиленого тертя при знакозмінних навантаженнях, а в ряді випадків і обертання циліндрів; 3) ускладнення схеми приводу циліндрів і виникнення в працюючій машині несприятливих динамічних навантажень; 4) виникнення труднощів при визначенні параметрів попереднього налаштування фарбоподавальної групи, перш за все високошвидкісних друкарських машин, чому в даний час приділяється велика увага.

Склад шару фарби на елементах ФА

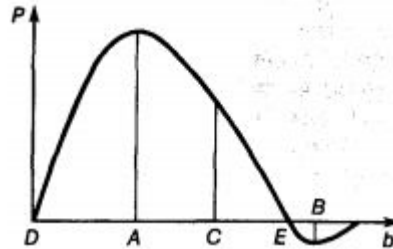
Фарбовий шар на поверхні еластичних валиків і металевих циліндрів складається ніби з двох частин: постійної, утримуваної поверхнею валика і циліндра і яка не бере участі в поділі шару, і робочої, в якій і протікає процес розщеплення. Постійний шар - це свого роду адсорбційно сольватний шар або шар, що механічно утримується в нерівностях і порах поверхні підкладки. Наявність двох частин в шарі фарби передбачає різні механічні (а в разі електропровідних фарб також і електричні) властивості кожної з них.

Відмінності в механічні властивості, по Л. А. КОЗАРОВИЦЬКОМУ, проявляються, перш за все, в більш високій пружності і в'язкості постійної частини шару в порівнянні з робочою, що пояснюється меншим ступенем руйнування структури і деякою орієнтацією, тобто впорядкованістю, структурних елементів. Разом з тим між постійним і робочим шарами, очевидно, немає різкого розмежування.

Товщина постійної частини залежить від природи поверхні, покритої фарбою, її пористості і деформаційних властивостей, а також структурно-механічних властивостей фарби. Зазвичай товщина цієї частини шару більше на еластичних і більш розвинених поверхнях, характерних саме для валиків ФА, і мінімальна на жорстких полірованих підкладках типу циліндрів. За Л. А. КОЗАРОВИЦЬКИМ, правильніше говорити про рівномірне розщеплення саме робочої частини фарбового шару. Разом з тим наявність у шарі фарби постійної («пов'язаної») частини відображає ту обставину, що фарбовий шар, що формується на будь-якій фарбонесучій поверхні, виявляє на кордоні розділу з твердим тілом особливі властивості, що обумовлюються низкою специфічних поверхневих (адсорбційно-орієнтаційних) ефектів.

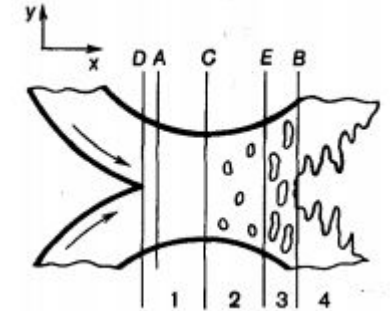
- Взаємодіючи з твердою поверхнею, фарба набуває інші властивості, що відрізняються від об'ємних, структуру і в'язкість, а також 'підвищений опір здавлення і пружність зсуву. Реологія тонких фарбових шарів істотно відрізняється від реології фарби в масі. Це вимагає певної обережності у використанні ряду загальноприйнятих реологічних параметрів для прогнозування поведінки фарби в умовах реального друкарського процесу. Перенесення фарби між елементами, що контактують в чималому ступені схильне до впливу тиску в смузі контакту. Як відомо, профіль тиску, що виникає у зоні контакту двох пружних або двох жорстких циліндрів, визначається класичною кривою Герца, симетричною відносно центру контактної зони. Дослідження вітчизняних і зарубіжних фахівців дозволили встановити, що розподіл фарбового шару супроводжується, як і очікувалося, досить різким і несиметричним перепадом тиску по ширині контактної зони

Розподіл тиску при розриванні шару фарби по ширині контакту



Входячи в зону (точка D), фарба відчуває вплив швидко наростаючого тиску, тоді як на виході із зони (точка B) виникає вакуум. Такий швидкий стрибок тиску на протязі дуже короткого часу (соті і навіть тисячні частки секунди) викликає нерівномірну швидкість деформації окремих ділянок шару фарби (при високому тиску фарба деформується повільно, при зниженні тиску швидкість деформації її різко зростає).

Зусилля зсуву безпосередньо впливає на фарбу лише на ділянці мінімальної відстані між поверхнями валика і циліндра, тобто у середині контактної зони (точка C), де мінімальної є також товщина шару фарби. У площинах же A і E , що примикають з обох сторін до найбільш вузькій ділянці зони контакту і відповідних максимальному і мінімальному значень тиску, зрушення дорівнює 0.



У кожній із зон (1-4) шар фарби піддається впливу специфічного комплексу сил, що визначають характер його деформаційної поведінки. Зона I, відповідна найбільш вузькій ділянці смуги контакту (точка C), - це область гідродинамічного зсуву. Тиск в її межах є нижчим за максимальне значення, яке в динамічній нежорсткій смузі контакту (а тим більше при введенні рідкого прошарку) завжди зміщується від центру в напрямку входу обертається пари валик - циліндр в контакт один з другом. Зона 2 - область кавітації, де відбувається явне порушення суцільності фарбового шару в результаті утворення в ньому газоповітряних пухирців, або каверн. Певна кількість повітря неминуче потрапляє в фарбу ще на ділянці входу в смугу контакту (D), проте саме при зниженні тиску (а зони 1 - 4 лежать якраз в цьому інтервалі) формування каверн відбувається найінтенсивніше. Зона 3 - область появи і подовження появи ниток і одночасного розширення газоповітряних бульбашок. Силіві чинники, що визначають поведінку шару фарби в цій області, - вплив зусилля розтягування з боку поверхонь валика і циліндра, що розходяться і триваюче зниження тиску. Зона 4 - область остаточного розщеплення ниток *.

Нерівномірний розподіл тиску в зоні контакту валиків і циліндрів істотно ускладнює процес розщеплення фарбового шару ще і в зв'язку з тим, що воно обумовлює неоднорідний захоплення повітря різними його ділянками.

- При досить високій швидкості поділу поверхонь циліндрів відбувається швидке розширення повітряних бульбашок і їх злипання, що приводить до утворення тонких ниток, що з'єднують обидва циліндра. При малих швидкостях течіння рідини між поверхнями носить чисто ламінарний характер.
- Розбіжність в режимах течії в обох випадках визначається швидкістю обертання циліндрів і в'язкістю рідини. Чим вище в'язкість, тим нижче швидкість, при якій починається кавітація (критична швидкість виникнення кавітації). Якщо ступінь утворення бульбашок на одиницю площі рідини в площині спостереження позначити через \bar{B} , то

$$\bar{B} = \frac{u - u_0}{u_0},$$

де i - миттєва швидкість обертання поверхні циліндра; i_0 - критична швидкість виникнення кавітації. Кількість центрів (ядер) кавітації, що утворюються при її виникненні, як і сам режим течії рідини, визначається $u \cdot \eta$ (η - в'язкість рідини).

- Залежність між U і $u \cdot \eta$ називається кавітаційною кривою. Вперше подібна послідовність протікання процесу поділу фарбового шару була описана Г. Блокхьюзом (Нідерланди) в 1956 р

Кавітація

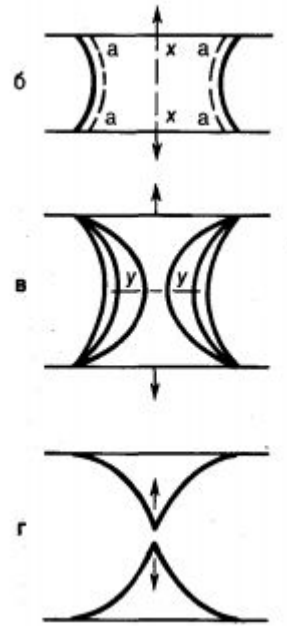
- Кавітація, що складається з двох стадій - утворення і зростання порожнини. Це створює на виході із зони контакту складне поле потоку.
- Повітряні бульбашки, зменшуючи площу поперечного перерізу фарбового шару, одночасно створюють умови для концентрації внутрішніх напружень, тим самим прискорюють розділення шару. Дослідами А. Зеттлмойера (США) незаперечно доведена роль пігменту як каталізатора кавітації, особливо в разі великих розмірів його частинок і агрегатів, так як повітряні капсули, утримувані на поверхні останніх, як раз і виконують функцію центрів (ядер) кавітації.
- Певну роль у виникненні кавітації грає і поверхневий натяг на межі поділу пігмент –я»яжуче, тобто змочуюча здатність по відношенню до пігменту, тому що формування центрів кавітації відбувається саме на міжфазних межах. Кількість повітряних бульбашок є функцією і таких змінних, як товщина шару рідини в зоні контакту і величина тиску в ній.
- Збільшуючись з ростом товщини шару, значення V повільно зменшується при підвищенні тиску.

Вплив на розкочування

- Спрощений розрахунок сил липкого опору розкочуванню, заснований на ряді допущень, в тому числі про характер перебігу друкарської фарби, мінімальній величині деформації оболонки валика в зоні контакту з твердою поверхнею і відсутності безпосередньо в зоні розкочування розривів суцільного середовища, дозволяє прийти до висновку, що першорядний вплив на їх величину роблять наступні фактори:
 - а) швидкість обертання валика в контакті з циліндром;
 - б) в'язкість фарби (і це є ще одним підтвердженням вязкової природи липкості)
 - в) геометричні параметри смуги контакту.
- Важливе значення при цьому набуває також визначення впливу гідродинамічного фактора, обумовленого тим, що фарба, втягується в клиноподібну порожнину зони контакту, в своєму русі створює сталий потік, який протидіє притиску валика до циліндра. Слід, однак, відзначити, що аналіз липкого опору розкочуванню з урахуванням гідродинамічного фактора через свою складність має поки значення не стільки для кількісного, скільки для якісного вивчення поведінки фарби в процесі розкочування.

Модель розриву фарби

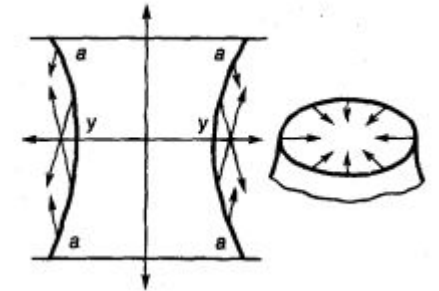
Напруження, що виникають в найбільш звуженій зоні шару (нитки) у-у стають у багато разів більшими, ніж в зонах зіткнення фарби з фарбонесучими поверхнями. Під дією саме цих напружень в певний момент станеться розрив нитки. Істотний вплив на процес утворення, розтягування і розриву ниток дає швидкість розходження поверхонь. При повільному протіканні цього процесу деформація нитки супроводжується помітним плином фарби. Після розриву нитки втягування її частин назад в шар, тобто йде вирівнювання профілю останнього, також протікає з невисокою і швидкістю (до кількох секунд) і, як показали експерименти, управляється силами поверхневого натягу. Швидкий ж поділ фарбового шару не супроводжується плином (і взагалі помітними пластичними деформаціями), а цілком обумовлюється в'язкопружними властивостями фарби, яка під дією високочастотних навантажень буде вести себе подібно до твердого тіла, тобто демонструвати крихкий розрив, який є результатом подолання когезійних сил.



Вплив товщини і тиску

- Великий вплив на процес розщеплення фарбового шару надає і характер елементів структури фарби. Фарби з твердою структурою практично не утворюють ниток і характеризуються крихким розривом, рідкі фарби дають короткі нитки, швидко перетворюються в краплю, пластично-в'язкі фарби витягуються в довгі нитки, тривалий час зберігають форму розриву. Процес ниткоутворення, таким чином, цілком контролюється і визначається реакцією основних компонентів фарби, і перш за все в'язучого, на зовнішні умови.
- При практично мінімальній товщині шару фарби довжина-ниток відносно невелика, та зростає з потовщенням шару, зокрема при низьких швидкостях роботи машини. У цих умовах збільшується час формування порожнин, завдяки чому утворюються нитки з великим поперечним перерізом.
- Вплив же тиску з'ясовано ще не до кінця. Мабуть, високий зовнішній тиск призводить до підвищеного значення максимального тиску на початку смуги контакту, яке обумовлює виникнення в зазорі більш інтенсивного зсуву, істотно зменшує в'язкість фарби. В результаті утворюються повітряні порожнини, які згодом легко розширюються з виникненням ниток великих розмірів.

Внутрішній капілярний тиск



Поряд із зовнішніми силами і когезійний-інерційно-в'язкостними ефектами, важливу роль в процесі формування, розтягування і розриву ниток відіграють сили внутрікапілярного тиску. Поздовжнє розтягання шару фарби (в тому числі між двома плоскими поверхнями), супроводжується його поперечним скороченням, що створює умови для формування нитки.

Профіль цієї поверхні є симетричне тіло обертання, поперечний переріз нитки - коло. Таким чином, вертикальний та горизонтальний перетини нитки - це профілі, що мають двояку кривизну: у горизонтальному перетині кривизна нитки позитивна, в вертикальному - негативна, оскільки поверхня нитки увігнута. І бокова поверхня, і поперечний переріз нитки відчувають вплив сил поверхневого натягу, прямо протилежний за своїми наслідками. У поперечному перерізі в результаті дії сил поверхневого натягу створюється «позитивний» капілярний тиск, спрямований до центру нитки і він зменшує площу цього перерізу, тобто об'єктивно сприяє розриву нитки, тоді як на бічній поверхні нитки поверхневий натяг створює «негативний» капілярний тиск, спрямований зсередини нитки, що прагне скоротити її бічну поверхню і тим самим протидіє розриву.

Розрахунок капілярного тиску

Рівноважна форма нитки встановлюється при врівноваженні позитивного і негативного капілярних тисків. Величина надлишкового капілярного тиску може бути розрахована за відомим рівнянням Юнга -Лапласа:

$$\Delta p_k = \sigma_{жг} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$$

де P_k - капілярний тиск (позитивне чи негативне); $\sigma_{жг}$ - поверхневий натяг на межі поділу рідина - газ (в даному випадку фарба - повітря); R_1 і R_2 - радіуси кривизни відповідно горизонтального перетину і бічної поверхні нитки. За даними В. Т. Кухаренко і Б. Н. Шахкельдян, передрозривний позитивний капілярний тиск в шийці нитки становить близько $6 \sigma_{жг}$, що відповідає радіусу кривизни поперечного перерізу її R_1 , рівному приблизно 0,5 мм, і є наочним підтвердженням того, що в процесі розриву фарбового шару долається опір не тільки когезійних сил.

Порошіння фарби



Порошіння - це результат дроблення фарбових ниток на безліч дрібних частинок інтенсивного розбризування цих частинок в навколишній простір під дією відцентрових сил. Оберткові валики і циліндри втягують в рух прикордонний шар повітря. Крім того, в зону поділу елементів контактної пари, де тиск різко зменшується і може навіть виникнути вакуум, спрямовується повітря з навколишнього простору. Під дією цього сумарного противотока викривляється траєкторія спочатку прямолінійного руху частинок фарби, які в перший момент після розщеплення нитки мають тангенціальну швидкість, рівну лінійній швидкості обертання валика і циліндра, і в силу своєї інерції прагнуть рухатися по дотичній до смуги контакту останніх. Дослідження В. Т. Кухаренко показали, що характер впливу повітряного потоку на частинки барвистого пилу істотно залежить від їх розміру. Найдрібніші (1-5 мкм) частинки фарби відразу захоплюються рухомим прикордонним шаром повітря і огинають поверхні валика і циліндра. Більші порошинки (10 - 30 мкм), що відкидаються по дотичній відцентровими силами, потрапляють під вплив потоку повітря, тікає до валиків, захоплюються ним назад до зони розриву ниток (тобто зон порохоутворення) і лише після цього спрямовуються в криволінійний рух біля поверхні валиків. Тільки найбільші частки (розміром від 40 - 50 мкм і вище) долають всі зустрічні повітряні потоки і осідають перед розкочувальною парою.

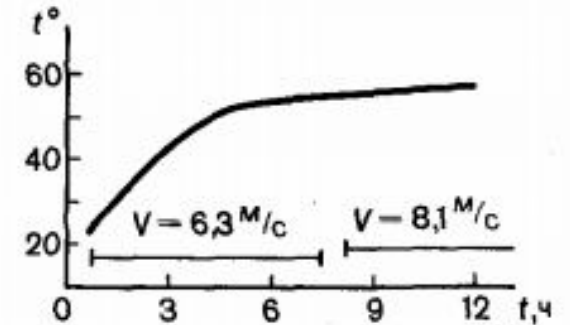
Способи боротьби з порошінням фарби

До електрофізичних методів, зокрема, відносяться:

- 1) запобігання виникненню в атмосфері цеху статичної електризації, яка передбачає досить високу (не нижче 50%) відносну вологість повітря, нормовану абсолютну вологість паперу, нейтралізацію зарядів статичної електрики в зоні розкочування фарби;
- 2) підвищення електропровідності друкарських фарб, що дозволяє регулювати в потрібному напрямку ступінь електризації їх активних центрів. Експерименти показали, що після досягнення критичної величини провідності порошіння фарби припиняється. Збільшення провідності може бути досягнуто застосуванням в»яжучого, що містить суміш гліколевого спирту з водою (яка повинна добре розчинятися в масляній основі сполучного);
- 3) розміщення на виході фарби із зони контакту валика і циліндра ФА коронуючого електрода, що формує в стаціонарному електричному полі коронний розряд, що обумовлює швидке і досить ефективно осадження фарбового порошку на фарбних поверхнях в результаті нейтралізації зарядів частинок фарби;
- 4) використання електропровідного облицювання розкочувальних валиків ФА, що зменшує ймовірність електризації фарби і сприяє більш інтенсивному осадженню фарбового пилу в зоні коронного розряду.

Температура ФА

- Неоднакова по величині зміна температури ФА протягом усього періоду роботи машини - ще одна причина, яка заважає вивченню температурного чинника розкочування фарби.
- Вперше вплив температурного ефекту на поведінку фарби в друкарській машині було відзначено і досліджено М. П. Воларовічем. Він отримав експериментальне підтвердження зменшення граничної напруги зсуву (τ_k) і в'язкості (η) фарб при підвищенні температури валиків і циліндрів ФА, яке, в свою чергу, виявилось залежним від типу і швидкості роботи друкарської машини.
- Дослідження ряду авторів показують, що збільшення температури ФА і фарби в порівнянні з температурою навколишнього повітря може становити на швидкохідних ротаційних машинах при тривалій їх роботі 20-30 і більше $^{\circ}\text{C}$



Термостатування ФА

Сталість температури фарби в ФА, зокрема в розкочувальній групі, грає вирішальну роль також і в забезпеченні правильного і стабільного балансу фарба - зволожувальний розчин, що має першорядне значення в процесі офсетного друку.

До заходів відносяться:

- 1) підбір конструктивних параметрів (зокрема діаметрів) і ретельна вивірка взаємного розташування валиків і циліндрів ФА, з тим щоб ширина смуги контакту була мінімально допустимою;
- 2) вибір для облицювання еластичних валиків матеріалу максимально можливої твердості і з найменшим коефіцієнтом термічного розширення (коефіцієнт термічного розширення оболонки валиків лежить в межах $1,5 \cdot 10^{-4} - 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, що в 5-10 разів перевищує коефіцієнт теплового розширення металів);
- 3) застосування спеціальних терморегулювальних або охолоджувальних пристроїв для стабілізації температури дукторного вала і циліндрів ФА. Пристрої такого роду отримали відоме поширення в зв'язку з різким зростанням в останні десятиліття застосуванням офсетного друку на високошвидкісних машинах.