

УДК 686.1.024:688.3:658.562

С. Ф. Гавенко

Українська академія друкарства

КІНЕТИКА ПОШКОДЖЕННЯ І РУЙНУВАННЯ КЛЕЙОВИХ З'ЄДНАНЬ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Розглядаються фактори впливу на процес пошкодження цілісності клейової плівки в корінці книжково-журнального блока, які спричиняють руйнування з'єднання і конструкції видання в цілому.

Корінець книжкового блока, клейова плівка, пошкодження, напруження

Як відомо, зміна властивостей клейових з'єднань у корінці книжкового блока при читанні спричиняють руйнування конструкції видань незшивного клейового скріплення. Отож проблеми, пов'язані з деформаційними процесами в корінці блока і механізмом утворення тріщин у клейовій плівці, привертати увагу багатьох дослідників. Так, В. Гуль у своїх працях зазначав, що руйнування полімерів відбувається внаслідок розриву зв'язків міжмолекулярної взаємодії або хімічної спорідненості. П. Ребіндер досліджував властивості поверхневих шарів у різних матеріалах і механізм їх руйнування, показавши, що наявність дефектів у структурі твердих тіл суттєво впливає на їх механічні властивості. Г. Смоніський стверджував, що високоеластичні структури полімерних тіл якісно відрізняються від пружних і в'язких елементів. Напруження, які виникають у двофазній системі клей-підкладка, при розшаруванні розглядав у своїх працях М. Москвітін. Внутрішні напруження в системі клей-папір вивчав за консольним методом М. Рудницький та інші. Вплив молекулярної маси полімеру і середовища на самостягування тріщин в полівінілацетаті при відшаруванні та якісна оцінка деформації клейового шва залежно від матеріалу клейового з'єднання була зроблена А. Фрейдінім [2–3; 5–7].

Більшість з цих авторів пропонують залежності між напруженнями, часом їх дії і деформацією визначати за допомогою диференційних рівнянь, розв'язок яких, як відомо, залежить від умов проведення експерименту, які не завжди відповідають реальним умовам експлуатації клейових з'єднань. Крім того, всі ці методи дослідження розроблені для конструкцій, в яких клейова плівка нерухома. У корінці книжкового блока при багаторазових перегортаннях сторінок, клейове з'єднання постійно піддається значним деформаціям, зі змінним характером навантажень.

Мета роботи полягає в дослідженні кінетики пошкоджень і руйнування клейової плівки в корінці книжкового блока з урахуванням реальних умов її експлуатації при читанні. До уваги були взяті видання різних конструкцій, виготовлені з крейдового та офсетного паперу, за технологією незшивного

клеювого скріплення блоків вододисперсійними, термо- і поліуретановими клеями, на машині С.Р. Bourg BB-3002.

Проведені дослідження показали, що концентрація напружень клеювого з'єднання спостерігається по краях клеювого шва (рис. 1). Очевидно, така картина є наслідком різниці в деформаціях клеювої плівки і паперу, а також значення їх модулів пружності. У зв'язку з цим доцільно обмежити довжину проклеювання, числові значення якої залежатимуть від фізико-механічних властивостей клеювих композицій. Експериментально встановлено, що довжину проклеювання слід вибирати за формулою $l > 10S$ для видань тривалого використання, а для видань короткочасного користування: $l = (2,5, 5, 0)S$. При великій площі проклеювання практично середня частина клеювого шва не працює (рис. 2).

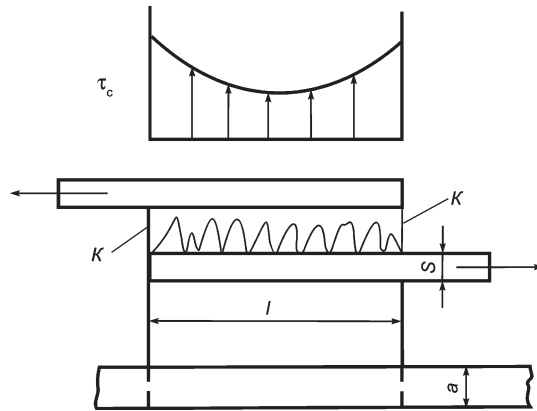


Рис. 1. Розподіл зрізуючих напружень по довжині проклеювання в робочому перерізі клеювого шва К-К:

S — товщина клеюваного матеріалу; l — довжина накідки;
 a — ширина проклеювання; t — допустиме напруження (міцність матеріалу);
 t_k — допустиме напруження клеювого шва

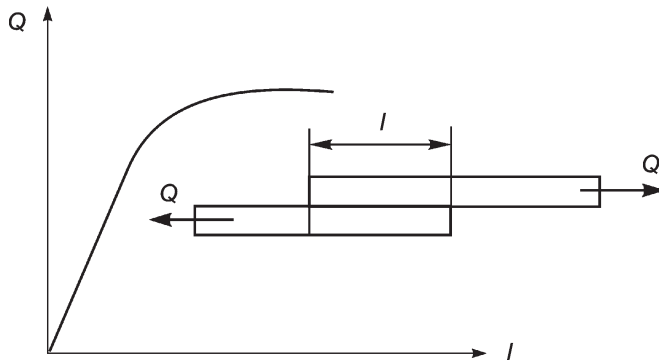


Рис. 2. Вплив величини клеювого з'єднання на руйнівне навантаження корінця блока:

l — довжина проклеювання; Q — руйнівне навантаження

Очевидно на інтенсивність зношення або руйнування корінця книжкового блока впливають різні фактори, які відображають фізико-механічні властивості і структуру контактуючих матеріалів (сортів паперу і клейових композицій), а також умови експлуатації (розкривання) видання. При цьому потрібно врахувати дискретність та імпульсний характер зовнішньої сили, прикладеної читачем для розкривання книги, наявність деформацій, зміну геометрії корінця і його структури. Все це ускладнює можливість опису процесу деформації або руйнування корінця книжкового блока фізичними чи математичними моделями.

Форма корінця книжкового блока має суттєвий вплив на деформаційні процеси клейової плівки. Якщо при розкриванні книжкового блока клейова плівка при прямому корінці підлягає згину, подібному до згину тонкої плоскої пластини (рис. 3 а), то для корінця з округленим профілем процес деформації відбувається по-іншому — під час розкривання блока, корінець не згинається, а перегинається (рис. 3, б) і клейова плівка замість випуклої форми набуває ввігнутої. У разі, якщо корінець книжкового блока має прямий профіль, нерідко відбувається його розколювання.

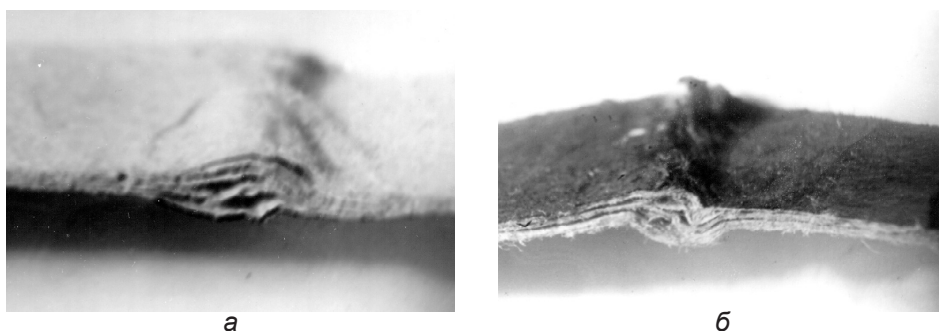


Рис. 3. Деформації клейової плівки в корінці блока при навантаженні $P=1-3$ Н:
а — прямий і б —заокруглений корінець

Як бачимо, внаслідок деформацій у клейовій плівці виникають пошкодження, які носять структурний характер. У процесі читання видання відбувається пружне або пружнопластичне деформування мікронерівностей поверхні корінця блока, що формує хвилю напружень у клейовому шарі.

Будь-який клей (вододисперсійний, поліуретановий, термоклей) після нанесення на корінець книжкового блока є гетерогенним за своєю структурою і містить макродефекти (пори, границі зерен та елементи субструктурних недосконалостей, так звані дислокаційні нагромадження різного рівня). отож топографія і густина макродефектів структури клейових композицій впливають на міцність з'єднань і процеси формування та розвитку тріщин, які спричиняють розколи корінця книжкового блока і загалом потребують додаткових затрат енергії на мікропластичну деформацію. Заощаджена енергія

на одиницю довжини дефекта E може бути визначена як сума ($E_r + E_{оэф.}$). У випадку, якщо $E = E_r$ і $E_{оэф.} \rightarrow 0$, плівка клейової композиції має крихку природу і можна допустити, що тріщина поширюється до найближчого структурного макробар'єру безенергетично, а вся енергія іде на її зародження. Якщо значення $E_{оэф.}$ відмінне від нуля, що характерно для клеїв з певним рівнем мікропластичності, допускається видовження тріщини з частотою, які відповідають властивостям клейової композиції і характеристикам зовнішнього поля. Кінетичні процеси пошкодження клейового шару в корінці блока при багаторазовому перегортанні на початкових етапах визначаються переміщенням субструктурних дефектів, які «заблоковуються» на вихідних макробар'єрах і поступово, в міру зростання кількості розкривань блока, нагромаджуються. Як показують проведені електронно-мікроскопічні дослідження структури поверхні клейового шару на корінці блока, процеси розгалуження тріщин і їх пересікання формують характерну коміркову структуру крихкого клейового поверхневого шару. З точки зору формування і поширення тріщин вирішальними, на наш погляд, можуть бути два критерії: навантаження та енергетичний.

Для пояснення механізму зародження тріщин були взяті до уваги такі моделі: дислокаційна Стро-Мотта, поверхнева Коттрела і вакансійна. Як показують дослідження, руйнування клейових з'єднань може бути адгезійним, когезійним та змішаним. Ймовірно, що при змішаному руйнуванні клейового шва відбувається рівномірний розподіл напружень. Експериментально підтверджено, що механічні характеристики клейового з'єднання в книжковому блоці визначаються одночасним розвитком двох процесів: руйнуванням структури клею (плівки) і перерозподілом напружень у клейовому з'єднанні. Кінетика і механізм розповсюдження тріщин залежить від співвідношення зовнішніх напружень розтягу і стиску, типу матеріалу (клею, паперу), а також орієнтації зародкової тріщини відносно них. Дослідження показують, що розвиток тріщин відбувається у дві стадії: розтріскування клейової плівки в площині корінця і перехід тріщин у площину сколу, перпендикулярну до напрямку головного напруження розтягу. Важливу роль у процесі утворення тріщин відіграє місце прикладання напружень (фронт хвилі напружень).

При нульовій амплітуді хвилі напружень тріщина в плівках вододисперсійних клеїв (на основі ПВАД) має форму за типом А1. При дії компоненти розтягування хвилі А2 внаслідок високої міцності клейової композиції (для термореактивних термопластів) деформація може локалізуватися тільки в одній із двох (показано пунктирними лініями) смуг і поширення тріщин йде за типом А3. Стискувальна компонента хвилі напружень дає конфігурацію, показану позицією А4. Для більш пластичних матеріалів, клеїв (відносно видовження яких до 90%) мікропластичні ефекти в головці тріщин виражені чіткіше. Розтягуючий фронт хвилі забезпечує концентрацію напружень зсуву вздовж площин під кутом 45° до тріщин і змінює форму головки тріщин від прямокутної В2 до півкруглої В3. Стискувальний фронт хвилі (має місце при

закриванні книжкового блока) звужує тріщину, виникають нові поверхні, які створюються в площині макродефекту і формується новий надріз вилкоподібної форми В4 (рис. 4).

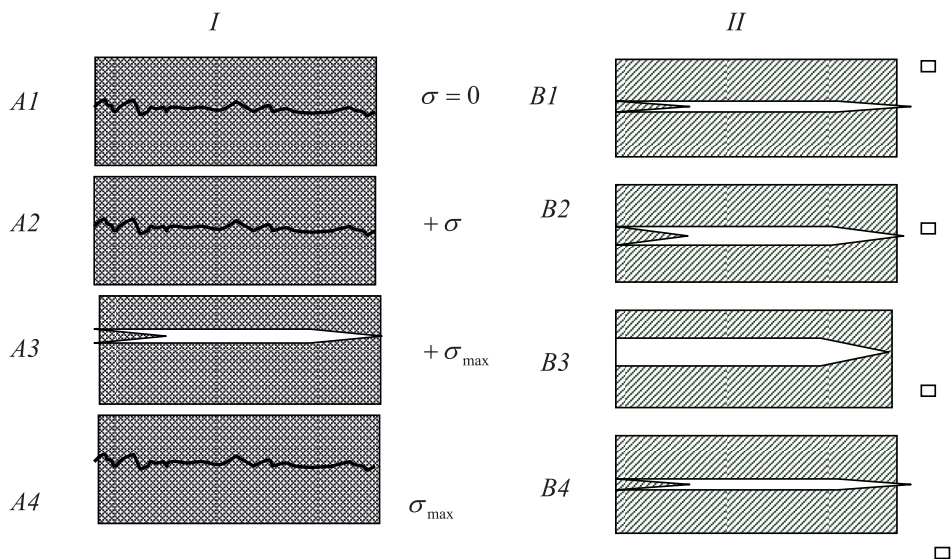


Рис. 4. Схема поширення тріщин у клейовій плівці корінця книжкового блока за механізмом відриву, розколу I і мікропластичного затуплення II; тріщини A1, B1 — нульове навантаження; A2-B2, A3-B3 — компонента розтягування; A4-B4 — компонента стискування

Отже, дослідження показують, що із збільшенням довжини тріщини максимальні напруження в клейових шарах в кінці тріщини зростають; при розтягуванні клейової плівки з тріщиною вздовж корінця блока можливі два механізми росту тріщини: прямолінійний ріст, внаслідок чого відбувається розривання шарів і відшарування клейової плівки.

Враховуючи концепцію нагромадження пошкоджень, можна прийняти, що статичний розподіл дефектів у клейовій плівці залежить від величини і часу дії напружень на корінець, які приводять до руйнування клейової плівки і розколу корінця блока.

Гавенко С. Конструкція книги / С. Гавенко, Л. Кулік, М. Мартинюк — Львів : Фенікс, 1999. — 136 с. 2. Гавенко С. Ф. Нормалізація технології незшивного клейового скріплення: теоретичні та практичні аспекти / С. Ф. Гавенко — Львів: Каменяр, 2002. — 320 с. 3. Гуль В. Е. Структура и механические свойства полимеров / В. Е. Гуль, В. Н. Кулезнев — М.: Высш. шк., 1977. — 352 с. 4. Конюхова І. І. Дослідження міцності клейового безшвейного скріплення книжкових блоків / І. І. Конюхова, Л. Й. Кулік, М. С. Мартинюк // Полігр. і вид. справа. — Вип. 34. — 1998. — С. 75–77. 5. Корнилов И. К. Конструкция книжного блока при клеевом скреплении: технол. аспекты: учеб. пособие. / И. К. Корнилов. — М.: Мир печати, 1996. — 68 с. 6. Москвитин Н. И. Склеивание полимеров / Н. И. Москвитин — М.: Лесн. пром.-сть, 1962. — 304 с. 7. Фрейдин А. С. Прочность и долговечность клеевых соединений / А. С. Фрейдин. — М.: Химия, 1981. — 176 с.

КИНЕТИКА ПОВРЕЖДЕНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Рассматриваются факторы влияния на процесс повреждения целостности клеевой пленки в корешке книжно-журнального блока, вызывающих разрушение соединения и конструкции издания в целом.

KINETICS DAMAGE AND DESTRUCTION ADHESIVE JOINTS DURING OPERATION

The factors of influence on the process of damaging the integrity of the adhesive film in the spine of books and magazine block, causing the destruction of the connection and the design of the entire publication.

Стаття надійшла 06.12.2012

УДК 655.225.2:773.92

Н. В. Ярка, В. З. Майк

Українська академія друкарства

В. В. Кочубей

Національний університет «Львівська політехніка»

ТЕРМОМЕХАНІЧНІ І ТЕРМОГРАВІМЕТРИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ФОТОПОЛІМЕРНИХ ШТАМПІВ ЛАЗЕРНОГО ГРАВІЮВАННЯ ДЛЯ ТИСНЕННЯ

Досліджуються термомеханічні та теплофізичні властивості фотополімерних штампів лазерного гравіювання із розроблених рідких фотополімеризаційно-здатних композицій.

Фотополімерні штампи, лазерне гравіювання, тиснення фольгою, термограма, термомеханічний аналіз

Останніми роками у поліграфічній галузі спостерігається тенденція до зменшення тиражів і підвищення вимог до оперативності їх виконання, зокрема при виготовленні книжкової, рекламної, представницької продукції. Особливі вимоги ставлять і до процесів оздоблення — вони мають виконуватися швидко при незмінній високій якості з невеликими фінансовими затратами.

Гаряче тиснення фольгою залишається серед найпопулярніших способів оздоблення друкованої продукції, але, зважаючи на трудомісткість процесу і високу вартість металевих штампів, його застосування обмежене в оперативній поліграфії та при виготовленні продукції малими накладками. Цю проблему можна вирішити використанням фотополімерних штампів завдяки дешевизні матеріалів та простоті технологічного процесу їх виготовлення, наприклад прямим лазерним гравіюванням [7–8]. Штампи для такого виду оздоблення