

**СЕКЦІЯ
ПОЛІГРАФІЧНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ**

УДК 621.81+677.057.51

**ДО ПИТАННЯ РОЗРОБКИ ЗМІЦНЮЮЧИХ ПОКРИТТІВ
НА ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВИХ СПЛАВАХ МЕТОДОМ КЗО**

О.П. Стецьків, А.Є. Стецько, О.В. Манько

Подані дослідження розподілу дифузійних елементів у зміцненому шарі після комбінованої зміцнюючої обробки та певні закономірності формування дифузійного шару.

Представлены исследования распределения диффузионных элементов в упрочненном слое после комбинированной упрочняющей обработки и некоторые закономерности формирования диффузионного слоя.

До створюваних зміцнюючих покриттів на деталях, що працюють на зношення, ставляться певні вимоги, які б забезпечували їх якісну, безперебійну та довготривалу роботу. Для одержання таких покриттів існує багато методів і технологій. Але сучасні поліграфічні машини й механізми вимагають розробки нових покриттів з вищими якісними та кількісними характеристиками.

Новим напрямком є створення композиційних покриттів, які складаються з твердої і м'якої фаз. Зміна якісних характеристик цих фаз та їхнього кількісного співвідношення у зміцненому шарі дозволяє регулювати показники зносостійкості композиційного шару.

На кафедрі технології матеріалів і поліграфічного машинобудування Української академії друкарства започатковані й розвиваються роботи зі створення зносостійких композиційних покриттів. Нанесення такого покриття [1] відбувається в два етапи: осадження попереднього хімічного Ni-Co-P покриття (ХП) та наступне дифузійне хромування. Після реалізації цієї технології одержаний зміцнений шар (рис. 1) складається з таких зон: зовнішньої композиційної 1, утвореної зі стовпчастих карбідів хрому, витягнутих перпендикулярно до фізичної поверхні в матриці твердого розчину хрому в α -залізі; гомогенної 2 твердого розчину хрому в α -залізі; евтектоїдної 3; зневуглецьованої 4, яка далі переходить у серцевину. Пропоноване покриття використовували для зміцнення втулок, виготовлених зі сталі 45. Контртілом для них у парах „втулка-валик” були валики, також із сталі 45 (після дифузійного борування). При жорстких умовах реверсивного тертя (середній тиск $p = 5\text{МПа}$, частота хитання $n = 2,65\text{ с}^{-1}$, кут реверсу $\gamma = 65^\circ$) пропонується пара тертя має ресурс на порядок вищий (до 8 млн. циклів), ніж традиційна пара тертя „бронзова втулка-стальний валик”.

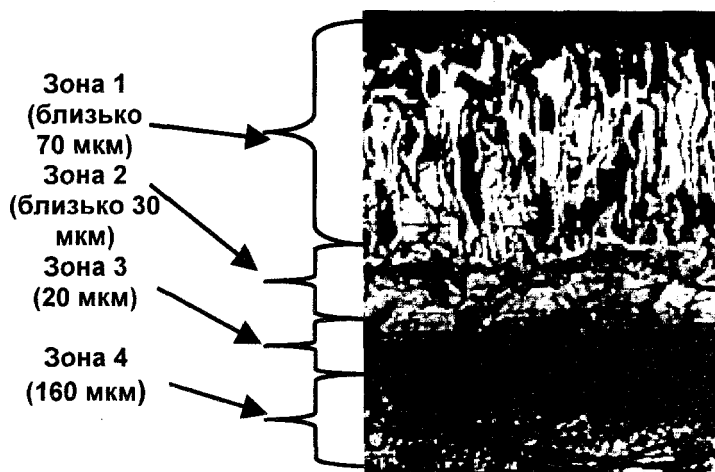


Рис. 1. Мікроструктура дифузійного шару на сталі 45 з попереднім Ni-Co-P покриттям. Режим: $T=1050^\circ\text{C}$, витримка $\tau=7$ год

Для розширення сфери застосування таких зносостійких покриттів проводилися дослідження в напрямку зміни рецептур хімічного покриття, режимів його нанесення та дифузійного хромування, що дозволило отримати ряд дифузійних шарів різної морфології. Вивчаючи закономірності формування цих шарів, досліджували розподіл дифузійних елементів за глибиною одержаного дифузійного шару. Використовували рентгенівський мікроаналізатор „Сомебах” французької фірми „Сатек” (розмір зонда близько 1 мкм, прискорююча напруга – 20 кВ, струм зонда 10^{-8} А, крок переміщення зразка 1 мм). Для Cr застосовували РЕТ кристал-аналізатор, для Ni, Co та Fe – LiF кристал-аналізатор, а для фосфору – ТАР кристал-аналізатор.

При реалізації режимів комбінованої зміцнюючої обробки з п'ятигодинним дифузійним хромуванням при 1050°C та попередньою годинною ізотермічною витримкою (при 700°C) з ХП за рецептурою № 3 [2] отримали на сталі 45 зміцнений шар, який теж складається з чотирьох зон (рис. 2). Зовнішня композиційна зона 1 (завтовшки до 100 мкм) створена з пакетів транс-кристалітних мікрозерен карбідів хрому. Одночасно спостерігається вкраплення карбідних зерен, які переважно розташовані біля фізичної поверхні (ближче до джерела хрому).

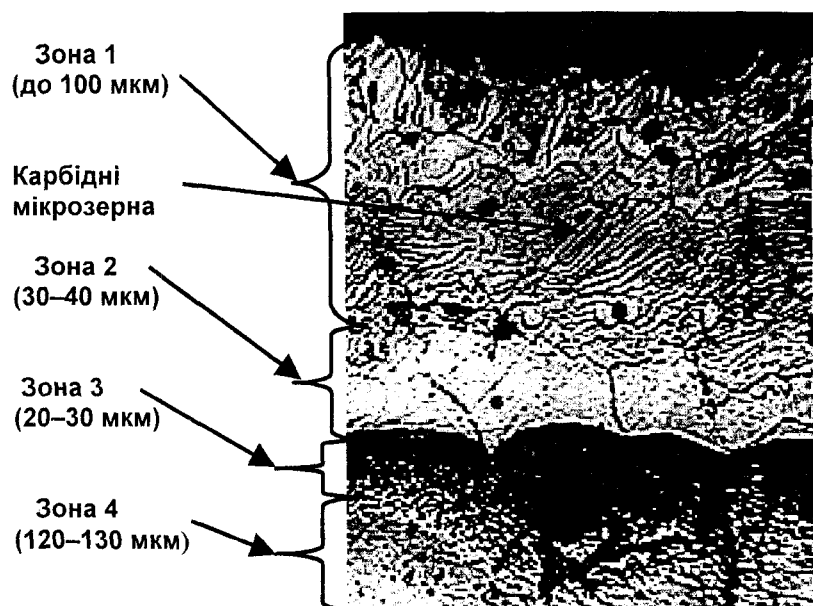


Рис. 2. Мікроструктура дифузійного шару на сталі 45 з попереднім Ni-Co-P покриттям за рецептурою №3. Режими: $T=1050^{\circ}\text{C}$, витримка $\tau = 5$ год (попередня ізотермічна витримка $\tau = 1$ год при $T=700^{\circ}\text{C}$)

На графіку розподілу дифузійних елементів (рис. 3) для зони 1 притаманні горизонтальні ділянки розподілу Fe, Cr та P, що вказують на сталій вміст цих елементів, з невеликими коливаннями (очевидно, у місцях розташування карбідних мікрозерен). Декілька невеликих пікових максимальних значень концентрації хрому та, відповідно, падіння в цих місцях концентрації решти елементів уже підтверджують наявність у шарі карбідних зерен. Гомогенна зона 2 твердого розчину хрому в α -залізі завтовшки 30–50 мкм, згідно з графіком (рис. 3), характеризується високим вмістом Ni (до 10%) і Co (до 2,5%) та рівномірною за глибиною концентрацією решти елементів, які, крім заліза, у середині цієї зони починають рівномірно знижувати свою концентрацію.

Провівши комбіновану обробку сталі 45 з семигодинним дифузійним хромуванням (при 1050°C) та годинною ізотермічною витримкою (при 800°C) за тією ж рецептурою №3 попереднього ХП, отримуємо морфологію дифузійного шару більш розвинутого характеру (рис.4). Композиційний шар 1 характеризується розвинутою мережею витягнутих до фізичної поверхні карбідних зерен, які розміщені в матриці твердого розчину хрому в α -залізі. На границі із зоною 2 ці зерна зрослися в суцільне пасмо карбідів. Цікавим є те, що карбідні зерна не повністю пронизують зону 1, а на 30 – 50 мкм не доходять до фізичної поверхні. Графік розподілу дифузійних елементів (рис. 5) підтверджує наявність приповерхневої зони твердого розчи-

ну хрому в α -залізі, в якій дифузійні елементи за концентрацією стабільні. Одночасно маємо пікові (вище 50%) значення концентрації хрому (та пониження концентрації в цих місцях інших елементів) за глибиною розташування карбідних зерен. Гомогенній зоні 2 твердого розчину хрому в α -залізі властивий високий вміст Ni (до 10%) та Co (до 3%). Товщина зони 2 дорівнює в середньому 25–30 мкм.

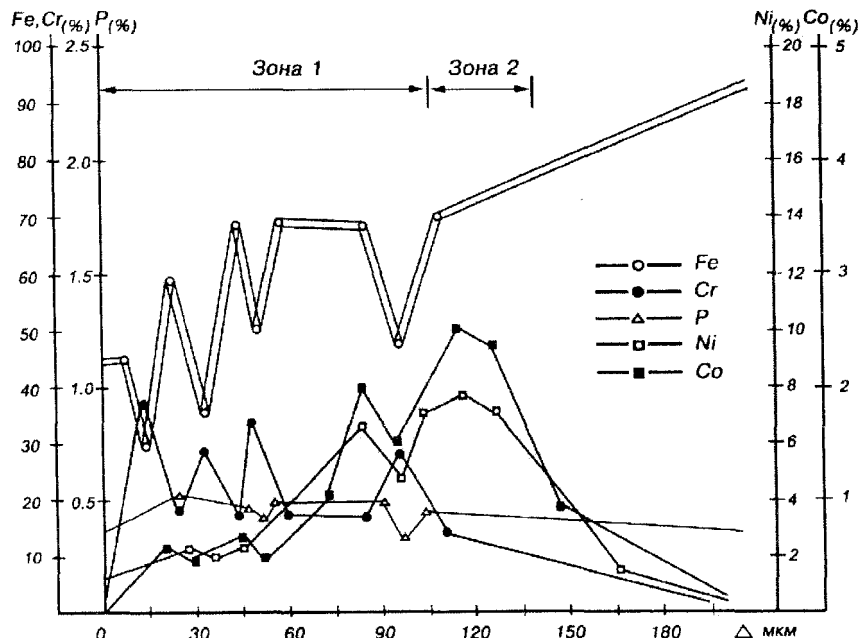


Рис. 3. Графік розподілу концентрації дифузійних елементів відповідно до рис. 2

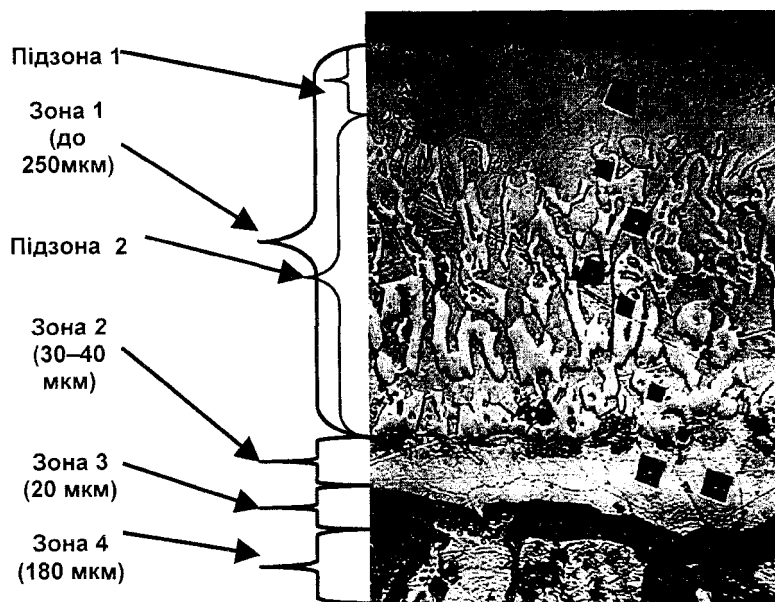


Рис. 4. Мікроструктура дифузійного шару на сталі 45 з попереднім Ni-Co-P покриттям за рецептурою № 3. Режими: $T=1050^{\circ}\text{C}$, витримка $\tau=7$ год (попередня ізотермічна витримка $\tau=1$ год при $T=800^{\circ}\text{C}$)

Графіки розподілу дифузійних елементів (Ni, Co, P) показують, що між зернами карбідів хрому їх розміщується більша кількість. Наприклад, для Ni, який підвищує не лише міцність, а й пластичність матеріалу, властиве збільшення його до 10%. Таким чином, карбідні зе-

рна ніби огортаються пластичним матеріалом, що зможе добре релаксувати внутрішні напруження, які виникають під час роботи деталі.

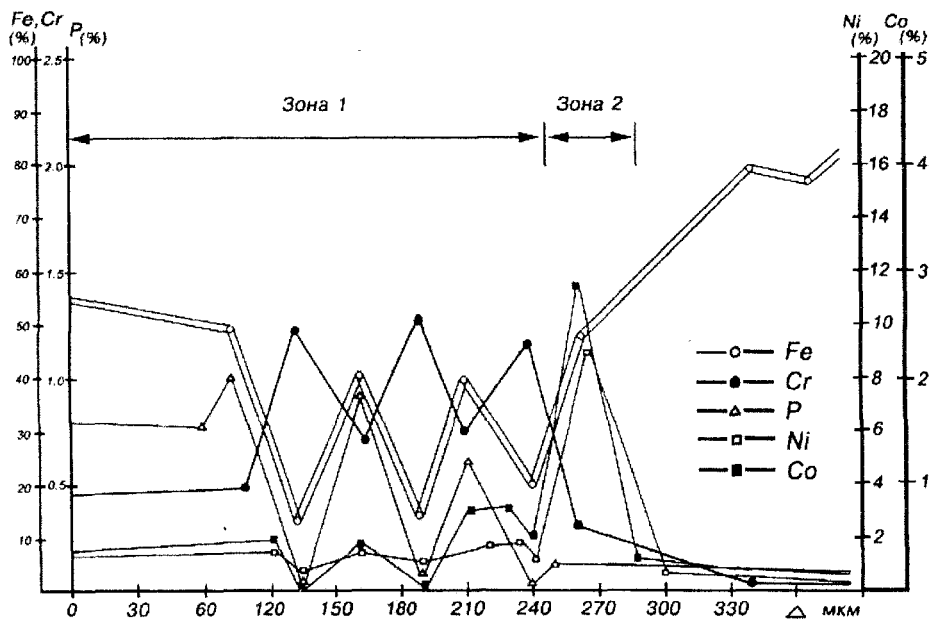


Рис. 5. Графік розподілу концентрації дифузійних елементів відповідно до рис. 4

Дифузійний шар на сталі У10 (рис. 6), отриманий після комбінованого покриття (7 год дифузійного хромування при 1050°C з попередньою годинною ізотермічною витримкою при

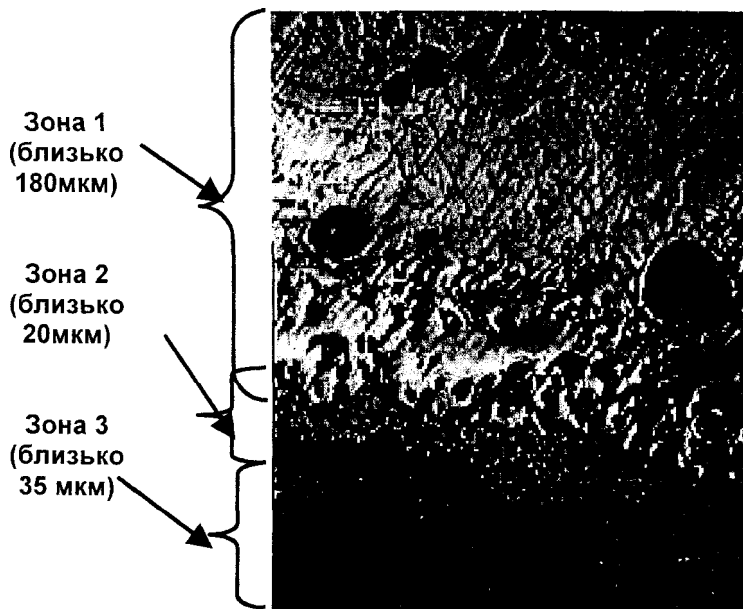


Рис. 6. Мікроструктура дифузійного шару на сталі У10 з попереднім Ni-Co-P покриттям за рецептурою №4. Режим: $T=1050^{\circ}\text{C}$, витримка $\tau=7$ год (попередня ізотермічна витримка $\tau=1$ год при $T=800^{\circ}\text{C}$)

800°C з ХП за рецептурою №3), характеризується високим об'ємним вмістом зерен карбідів хрому в композиційній зоні 1. Ці зерна мають витягнуту до фізичної поверхні форму, а на границі із зоною 2 утворюють суцільну карбідну колонію з карбідними зернами хрому, що зрослися між собою. При цьому візуально спостерігається різниця між даними типами зерен. Згідно з

[3], витягнуті карбідні зерна – це $Cr_{23}C_6$, а карбідна колонія – Cr_7C_3 . Частина графіку розподілу дифузійних елементів (рис. 7), яка за глибиною відображає зону 1, показує досить рівномірний вміст дифузійних елементів з невеликими їх коливаннями, і лише наприкінці зони, на місці розташування суцільної карбідної колонії, помічено зростання кількості хрому (до 50%) і, відповідно, падіння концентрації інших елементів. Вміст дифузійних елементів в зоні 1 є досить високим і стабільним за товщиною зони (крім місця розташування суцільних карбідів біля межі із

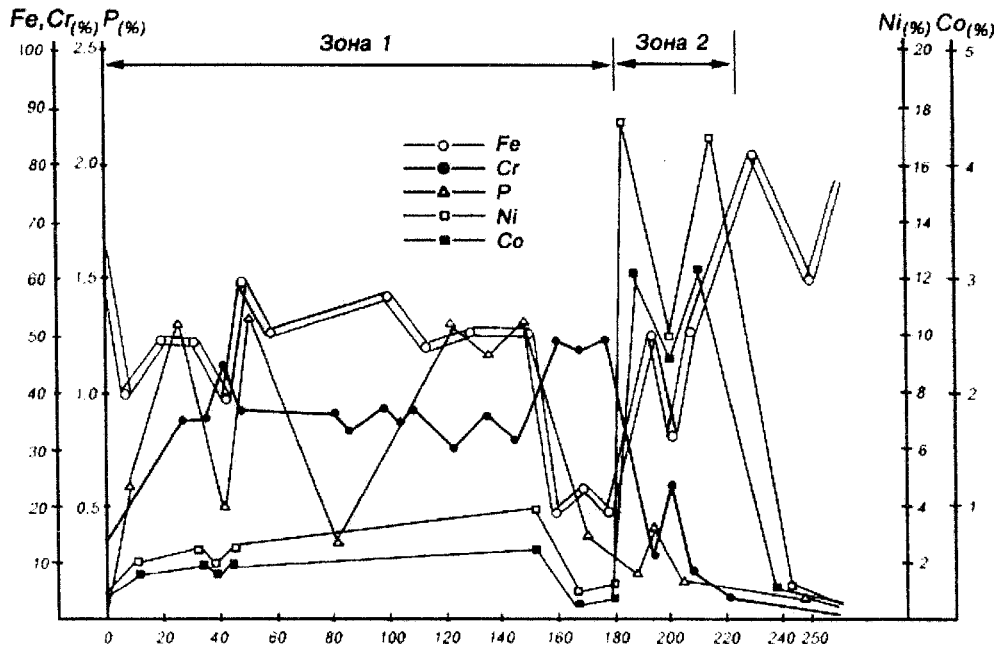


Рис. 7. Графік розподілу концентрації дифузійних елементів відповідно до рис. 6

зоною 2). Гомогенна зона 2 твердого розчину Cr в Fe_α характеризується нестабільною товщиною, а місцями зона 1 впритул підходить до зони 3. Даний зразок має максимальний вміст Ni та Co в зоні 2 (майже 18% Ni та понад 3% Co).

Проаналізувавши мікроструктури та графіки розподілів дифузійних елементів зразків після комбінованої зміцнюючої обробки, можна зробити певні висновки. Так, наявність при комбінованій зміцнюючій обробці попереднього ХП та ефект рідкометалевої фази, який виникає внаслідок цього, а також ізотермічної витримки дозволяють зміцнюючому шарові розвинутися на досить велику глибину. Композиційна зона 1 цього шару, яка на деталях пар тертя є робочою, досягає 250 мкм (зразок на рис. 4), що забезпечує підвищений ресурс роботи. Зміна рецептур попереднього ХП та режимів дифузійного хромування дозволяє отримувати зміцнюючі шари різної морфології:

для деталей, що працюють у парах тертя в умовах динамічних навантажень, слід застосовувати зміцнюючі шари з дрібнодисперсною карбідною структурою композиційної зони 1 (рис. 2), які мають як високу інтегральну мікротвердість (12 ГПа), так і достатню пластичність;

на робочу поверхню деталей, що потребують підвищеного ресурсу роботи, потрібно наносити зміцнюючі покриття підвищеної товщини (рис. 4). Такі деталі можна обробляти під ремонтні розміри в процесі їх поступового спрацювання. Наявність приповерхневого прошарку твердого розчину хрому в α-залізі сприятиме цьому процесові;

для важконавантажених деталей, робочі поверхні яких працюють при високих питомих тисках, слід застосовувати зміцнюючі комбіновані покриття на високовуглецевих сталях, композиційна зона 1 в яких має високий вміст карбідів хрому (зразок на рис. 6). Присутність підвищеного вмісту Ni в гомогенній зоні 2 твердого розчину Cr в α-Fe та практично відсутня знеуглецьована зона 4 позитивно впливатимуть на роботу такого типу деталей.

Графіки розподілу дифузійних елементів указують на наявність Ni в композиційній зоні 1, що витіснений між зерна карбідів хрому. Присутність Ni дає можливість підвищувати

міцність, зберігаючи одночасно пластичність. Отримано композиційну структуру, армовану карбідами хрому, що знаходяться в матриці твердого розчину хрому в α -залізі (тверда фаза, яка має підвищену зносостійкість), та додатково „огорнені” нікелем карбідні зерна (м'яка фаза, що добре релаксує накопичені внутрішні напруження, котрі виникають, наприклад, внаслідок зна-
козмінних навантажень).

Для зниження до мінімуму процесу знеуглецьовування, що виникає під час хіміко-термічної обробки, слід використовувати високоуглецеві сталі, наприклад, У10. Це приводить до підвищення насиченості карбідною складовою композиційної зони 1 і, відповідно, до зростання її інтегральної мікротвердості до 15 ГПа.

Згідно з поданими результатами, різні за морфологією зміцнюючі шари можна отримати без зміни рецептури ХП, а змінюючи лише режими дифузійного хромування та вміст вуглецю в сталі.

Удосконалення технологічного процесу нанесення комбінованих дифузійних покриттів в умовах виробництва дозволить, залежно від характеру роботи, зміцнювати поверхні деталей пар тертя для підвищення їх зносостійкості та ресурсу.

1. Манько О.В. Розробка комбінованої зміцнюючої обробки для підвищення зносостійкості середньовуглецевих сталей: Дис.канд.техн.наук. Хмельницький, 1997. 173с. 2. Манько О.В., Стецько А.Є., Стецьків О.П., Гнатюк П.Є. Особливості формування дифузійного шару на високоуглецевій сталі У10 після КЗО // Науковий вісник: Зб. наук.-техн. пр. Випуск 11.4. УДЛУ, Львів, 2001, С.158–166. 3. Минкевич А.Н. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. 2-е перераб. изд. М., 1965.

УДК 686.12.056

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ОБРОБКИ КОРИНЦЯ КНИЖКОВОГО БЛОКА ДИСКРЕТНО-ДОТИЧНИМ СПОСОБОМ

О.М. Полюдов, О.Б. Книш

Наведено методика розрахунку динаміки пристрою для підготовки корінця книжкового блока до нанесення клею при клейовому скріпленні. Математично описано зміну зусилля подачі книжкового блока при виконанні технологічної операції, визначено момент збурення механічної системи для конкретних технологічних параметрів. Складено динамічну та математичну моделі механізму ножа. На підставі розв'язання математичної моделі розроблено рекомендації з проектування пристрою для обробки корінця дискретно-дотичним способом.

Приведена методика расчета динамики устройства для подготовки корешка книжного блока к нанесению клея при клейовом скреплении. Математически описано изменение усилия подачи книжного блока при выполнении технологической операции, определен момент возбуждения механической системы для конкретных технологических параметров. Составлены динамическая и математическая модели механизма ножа. На основании решения математической модели разработаны рекомендации по проектированию устройства для обработки корешка дискретно-касательным способом.

На кафедрі поліграфічних машин Української академії друкарства запропоновано здійснювати підготовку корінця книжкового блока до нанесення клею при клейовому скріпленні дискретно-дотичним методом [2]. Для привода ножа використано механізм двокривошипного чотириланника з однаковою довжиною кривошипів. При дослідженнях ставилося завдання мінімізації кутової деформації його валів з метою уникнення резонансного та віддалення від близькорезонансного режимів.

В результаті проведення попередніх експериментальних досліджень визначено залежність зусилля подачі від часу (рис. 1) у момент виникнення технологічного навантаження при обробці корінця дискретно-дотичним способом. Як видно з отриманої залежності, зусилля змінюється періодично, що пояснюється особливістю способу, дискретним вриванням ножа у корінець блока.