

УДК 621.591

DOI: 10.18372/0370-2197.1(98).17362

Д. О. ВОЛЬЧЕНКО¹, М. В. КИДРАЧУК², Д. Ю. ЖУРАВЛЬОВ¹,
Є. Ю. АНДРЕЙЧИКОВ¹, О. С. БУРАВА¹

¹Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна

²Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

ДЕСТРУКЦІЯ МАТЕРІАЛІВ ФРИКЦІЙНИХ НАКЛАДОК ГАЛЬМ

До матеріалів статті увійшли такі питання: теплове усадження матеріалів полімерних фрикційних накладок; деструктивні процеси у матеріалах фрикційних накладок; обговорення результатів.

Збільшення товщини фрикційної накладки гальма при двосторонньому тепловому впливі залежить від кількості та інтенсивності виділення рідини та газоподібних продуктів піролізу зв'язуючого (отже, і тиску газів у наближених до поверхні порах матеріалу), а також від наявності та кількості пор у матеріалі, що сприяють зниженню тиску в порах та зменшенню можливості виникнення мікробухів. Збільшення товщини випробовуваних накладок у нагрітому стані не перевищувало 0,8% (а для деяких матеріалів має від'ємне значення), що значно менше рекомендованих значень (не більше 2,5%, а для охолодженого стану не більше 2,0% через різні темпи їх протікання. Перетворення енергетичних рівнів різних типів контактів, утворених змінними площами контактів мікроступів, що змінюються, на робочих поверхнях електротермомеханічній фрикційній взаємодії пар тертя гальм. Стабілізація розмірів накладок може бути досягнута застосуванням більш термостійкого зв'язуючого, вибором оптимального складу компонентів проходження процесів структурування при нагріванні та охолодженні. Термічної обробки виробів після формування, введенням компонентів, що перешкоджають вигоранню зв'язуючого та ін., а також створення композицій, що мають пористу структуру матеріалу. Застосування термообробки по товщині накладок після формування повинно бути ретельно обгрунтовано, тому що обладнання, що використовується для неї, громіздке, малопродуктивне, дуже енергоємне і вимагає складної апаратури для очищення від шкідливих виділень.

Ключові слова: вид гальмівного пристрою, пара тертя, фрикційна накладка, деструкція матеріалів, темпи нагрівання та охолодження.

Вступ. Фрикційні накладки гальмівних стрічок і колодок гальмівних пристроїв працюють в умовах набагато більше поверхнево-об'ємних допустимих температур для їх матеріалів при електротермомеханічному терті при цьому, як у поверхневих, так і в глибинних шарах матеріалу відбуваються складні фізико-хімічні процеси, що призводять, в залежності від інтенсивності та тривалості теплового впливу, до усадки або «розбухання» (збільшення товщини) накладки.

Збільшення товщини накладки після нагрівання, що відбувається при рясному газовиділенні та утрудненні відведення газопродуктів, є особливо небезпечним, оскільки може призвести до підгальмовування при розімкненому гальмі або заклинювання гальм, що залишилися після гальмування [1]. Цей показник, який визначається за ГОСТ Р ІСО 6313-93 [2], внесено до переліку нормативів безпеки накладок [3]. Крім того, спостерігається помітне зниження експлуатаційних параметрів пар тертя гальм.

Аналіз літературних джерел та стан проблеми. У роботі [1] стосовно визначення динамічного коефіцієнта пар тертя гальма не розглядався принцип

суперпозиції по відношенню до процесів, явищ та ефектів у приконтатній зоні фрикційної взаємодії.

У роботі [3] з метою стабілізації термомеханічних властивостей колодок дискового гальма матеріалів ТІР-202 та ТІР-240 робоча поверхня фрикційних накладок була піддана короткочасній високотемпературній обробці. Спосіб високотемпературної обробки робочої поверхні накладок – «термоудар» широко відомий як у нашій країні, так і за кордоном. Дана технологічна операція дозволяє стабілізувати показник гальмівної ефективності без попереднього опрацювання накладок, а також призводить до додаткової термостабілізації матеріалу при роботі в зоні високих температур. Проведення операції «термоудару» вимагає суворого дотримання температурно-часового режиму обробки, забезпечення надійного і рівномірного прилягання поверхні до поверхні нагрівання, крім того виникає проблема утилізації газовиділень. Крім того, цей спосіб дозволяє зменшити хімічну дію превалюючих компонентів над іншими поверхневими шарами полімерних накладок.

Дослідження, проведені науковими співробітниками фірм та іншими авторами [4 - 9], показують, що наявність полімерного зв'язуючого у складі фрикційної композиції обумовлює значний вплив температурно-часового фактора на весь комплекс фізико-механічних властивостей, причому цей вплив має двоякий характер. У глибших і менш нагрітих шарах матеріалу відбуваються процеси подальшого структурування та затвердіння зв'язуючого, що супроводжуються зміцненням матеріалу з тепловою усадкою. На поверхні тертя в умовах високих температур відбуваються складні фізико-хімічні процеси окислювального розпаду, крекінгу та піролізу, що супроводжуються рясним виділенням рідких та газоподібних продуктів.

Органолептично це визначається появою запаху, рясного димоутворення та характерного потріскування (мікровибухів). В умовах утрудненого відведення газоподібних продуктів, обумовленого щільним контактом робочої поверхні накладки з контртілом, а також наявністю або відсутністю пор у матеріалі, можливе збільшення товщини накладки («розбухання»).

Крім того, при нагріванні та охолодженні відбувається збільшення або зменшення товщини накладки, внаслідок теплового розширення.

Таким чином, зміна геометричних розмірів накладки визначається сумою розмірів зміни її товщини, пов'язаної з тепловим розширенням матеріалу та структурними змінами, що проходять у матеріалі.

Теплове усадження матеріалів полімерних накладок (ПМ). Встановлено, що за певних навантажувально-швидкісних та температурних режимах пар тертя спостерігається спучування (набухання) полімерних накладок. В інтервалі температур (150 - 450) °С збільшення лінійних розмірів випробуваних зразків супроводжується втратою маси полімерного матеріалу. Відносний приріст лінійних розмірів зразка випробуваного матеріалу при нагріванні його на один градус характеризує температурний коефіцієнт лінійного розширення і обчислюється за формулою

$$\alpha = \Delta l / l \Delta t,$$

де Δl – приріст лінійного розміру зразка, м; l – початковий лінійний розмір зразка, м; Δt – приріст температури, °С.

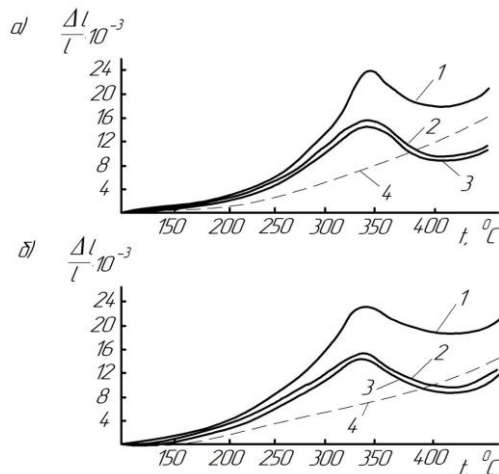


Рис. 1. Залежність відносної зміни лінійних розмірів від імпульсних питомих навантажень та поверхнево-об'ємних температур: *a* – ФК-24А; *б* – ФК - 16Л, 1 – випробування без навантаження; 2, 3 – імпульсні питомі навантаження 0,21 та 0,46 МПа; 4 – повторні випробування без навантаження.

З аналізу графічних закономірностей (рис. 1), які у інтервалі температур (300 – 375)°С мають хвильовий характер і при цьому відбувається різка зміна теплофізичних характеристик полімерного матеріалу. Відносний приріст лінійних розмірів набуває максимального значення, після чого спостерігається усадження матеріалу. Очевидно, у матеріалі відбувається ущільнення хаотично розташованих молекул наповнювача органічного походження. У табл. 1 наведено інтервали зміни теплового коефіцієнта лінійного розширення.

Таблиця 1

Інтервали зміни температурного коефіцієнта лінійного розширення

Азбополімерна композиція	Діапазон зміни температур °С	Темп нагрівання, °С · с ⁻¹	Питоме навантаження, МПа	Температурний коефіцієнт лінійного розширення, град ⁻¹	
				вихідний матеріал	повторні випробування тих самих зразків
ФК-24А	203-456	0,66	-	12·10 ⁻⁶ -88·10 ⁻⁶	3·10 ⁻⁶ -40·10 ⁻⁶
			0,21	12·10 ⁻⁶ -58·10 ⁻⁶	-
			0,46	11·10 ⁻⁶ -55·10 ⁻⁶	-
ФК-16Л	203-456	0,66	-	20·10 ⁻⁶ -82·10 ⁻⁶	12·10 ⁻⁶ -32·10 ⁻⁶
			0,21	10·10 ⁻⁶ -52·10 ⁻⁶	-
			0,46	19·10 ⁻⁶ -49·10 ⁻⁶	-

Розглядаючи графіки (рис. 1) та табл. 1, відзначаємо, що відносне видовження та теплові коефіцієнти розширення при повторних випробуваннях тих же зразків (тобто після тривалої термічної витримки) та під впливом питомого навантаження значно знижуються, а це свідчить про справедливості припущення про ущільнення компонентів ПМ.

Основним показником, що характеризує припущення про можливість набухання (спучування) ПМ є теплове усадження. Як зазначалося вище, саме збільшення лінійних розмірів у процесі тертя ПМ за певних умов викликало необхідність проведення додаткових досліджень щодо з'ясування зміни теплофізичних характеристик. Визначення теплового усадження здійснювалося на установці УП-70М. Після визначення відносного подовження зразка, не виймаючи з устаткування охолоджували його до кімнатної температури. При цьому записували зміни лінійних розмірів випробуваного ПМ. Теплове усадження характеризує відносну зміну зразка, вимірюваною в нормальних умовах, що відбувається в процесі його витримки при заданій температурі. Показник теплового усадження обчислюємо за формулою

$$\varepsilon = \frac{(l_1 - l_2)100}{l_1}$$

де l_1, l_2 – довжина; зразка первісна, після витримки при підвищеній температурі, м.

У табл. 2 наведені дані зміни коефіцієнта теплового усадження.

Таблиця 2

Теплове усадження після програмного нагрівання з охолодженням

Азбopolімерна композиція	Темп нагрівання, °C·c ⁻¹	Температура нагрівання, °C	Питоме навантаження, МПа	Теплове усадження, %
ФК-24А	0,66	205	- 2,1	0,30±0,18 0,35±0,15
		450	- 2,1	1,1±0,24 1,3±0,19
		275	- 2,1	0,24±0,16 0,27±0,15
ФК-16Л	0,66	450	- 2,1	0,97±0,21 1,1±0,17

Як показали дослідження, за всіх температур нагрівання незалежно від зміни питомого навантаження відзначалося усадження ПМ. При навантаженні на зразок у процесі нагрівання та охолодження усадження ПМ дещо підвищується.

Що стосується спучування (набухання) ПМ після тертя за певних умов, то цю обставину можна пояснити пружнопластичною деформацією поверхні тертя. При такій деформації поверхня ПМ розпушується, що призводить до збільшення досліджуваних лінійних розмірів ПМ.

Збільшення товщини фрикційної накладки гальма при двосторонньому тепловому впливі залежить від кількості та інтенсивності виділення рідини та газоподібних продуктів піролізу зв'язуючого (отже, і тиску газів у наближених до поверхні порах матеріалу), а також від наявності та кількості пор у матеріалі, що сприяють зниженню тиску в порах та зменшенню можливості виникнення мікробухів. Збільшення товщин випробуваних накладок у нагрітому стані не перевищувало 0,8% (а для деяких матеріалів має від'ємне значення), що значно менше рекомендованих значень (не більше 2,5%, а для охолодженого стану не більше 2,0% через різні темпи їх протікання. Стабілізація розмірів накладок може бути досягнуто застосуванням більш термостійкого зв'язуючого, вибором оптимального складу компонентів матеріалу, способом формування, що забезпечує більш повне походження процесів структурування при нагріванні та

охолодженні, а також створенням композицій, що мають пористу структуру матеріалу. Застосування термообробки по товщині фрикційної накладки після формування повинно бути ретельно обґрунтовано, так як обладнання, що використовується, громіздке, малопродуктивне, дуже енергоємне і вимагає складної апаратури для очищення від шкідливих виділень.

Деструктивні процеси у матеріалах фрикційних накладок. У традиційних стрічково-колодкових гальмах необхідність нерухомого з'єднання фрикційних накладок з гальмівною стрічкою призводить до збільшення їхньої взаємної жорсткості. Накладки, вигинаючись, втрачають початковий радіус кривини, у результаті збільшується нерівномірність їх прилягання до поверхні шківів. Як наслідок, підвищуються питомі навантаження між шківом та накладкою, нерівномірність зношування їх поверхонь, а також інтенсивність нагрівання пар тертя. У міру зношування накладок металеві елементи, які з'єднують їх зі стрічкою, торкаються поверхні шківів, розвиваючи на ній задири та інші макроушкодження.

При ремонті, пов'язаному із заміною зношених накладок, гальмівна стрічка деформується, внаслідок чого суттєво погіршуються умови прилягання накладок до поверхні шківів. У процесі гальмування бере участь лише внутрішня сторона накладок, внаслідок чого відбувається інтенсивне її зношування та нагрівання.

У запропонованій конструкції гальма накладки не з'єднані із стрічкою і є рухомими як по відношенню до шківів, так і до стрічки, яка дає можливість використовувати в процесі гальмування не тільки внутрішні, але і зовнішні поверхні. Завдяки цьому підвищується ефективність та надійність гальма.

Розглянемо нетрадиційну конструкцію гальма, що має рухомі накладки по відношенню до гальмівної стрічки. При цьому вони з'єднані між собою пружними елементами і як кільця одягаються на бігову доріжку шківів. Замикання гальма здійснюється через гальмівну стрічку (див. рис. 2).

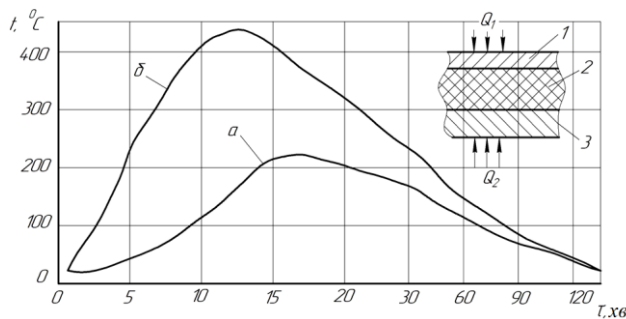


Рис. 2. Закономірності зміни поверхнево-об'ємної температури пар тертя ФК-24А – сталь 35 ХНЛ модельного багатопарного стрічково-колодкового гальма: *a, б* – зовнішні та внутрішні пари тертя; *1* – гальмівна стрічка; *2* – фрикційна накладка; *3* – обід гальмівного шківів

На початку гальмування до певного часу накладки вільно обертаються разом із шківом. При цьому робочими поверхнями є зовнішні поверхні фрикційних накладок та внутрішньої поверхні гальмівної стрічки. Зі збільшенням сили натягу стрічки рух накладок припиняється і робочими стають внутрішні поверхні накладок та гальмівного шківів. При цьому натяг пружного елемента можна відрегулювати так, щоб у процесі гальмування робочими ставали по черзі відповідні контактуючі поверхні стрічки і накладок, накладок і шківів.

Запропонована конструкція стрічково-колодкового гальма стала базовою для розробки цілої групи стрічково-колодкових гальм з багатопарними фрикційними вузлами. Останні можуть виконуватися: багатосекційними у вигляді кількох бандажів, посаджених з натягом один по відношенню до іншого на гальмівний шків, у вигляді фрикційних накладок, що «плавають», на гальмівному шківі або на гальмівній стрічці і т.д.

На рис. 2 наведена енергонавантаженість зовнішніх (а) та внутрішніх (б) пар тертя модельного стрічково-колодкового гальма при середніх величинах імпульсних питомих навантажень (1,0 – 1,2) МПа та швидкості ковзання (2,0 – 2,4) м/с. Матеріал фрикційних накладок був ФК-24А. Зовнішні пари гальма працювали при поверхнево-об'ємній температурі вдвічі нижче, ніж внутрішні пари. Зміщення максимумів графічних залежностей *a* від *b* пояснюється різною геометрією мікронерівностей на робочих поверхнях металевих фрикційних елементів (див. рис. 2, позиції 1 і 3).

При цьому мало місце перетворення енергетичних рівнів різних типів контактів (омічного в нейтральний і потім нейтрального в блокуючий) за рахунок утворення змінних площ плям контактів мікровиступів при електротермомеханічній фрикційній взаємодії пар тертя гальма.

Конструкція та робота випробувального стенду для дослідження крекінг-процесу у робочому шарі полімерної накладки наведена в роботі.

При випробуванні накладок при нагріванні при температурі 300°C з'являвся сильний запах, потім рясне димоутворення (при 350 °C), що супроводжується характерним потрескуванням (мікровибухи). При температурах (380-400) °C відбувалося вигорання смолянистого зв'язуючого з робочої поверхні накладок з утворенням на них острівців рідини.

Для дослідження стану полімерного матеріалу в зоні температур вище за допустиму розглянемо дериватограму зразка ФК-24 [10, 11]. Фрикційні матеріали для гальмівних пристроїв повинні досліджуватися з позицій фізико-хімічної механіки тертя у режимі гальмування із застосуванням термогравіметричного та диференційно-термічного методів аналізу. Результати зазначених досліджень для зразка з матеріалу ФК-24А представлені на рис. 3.

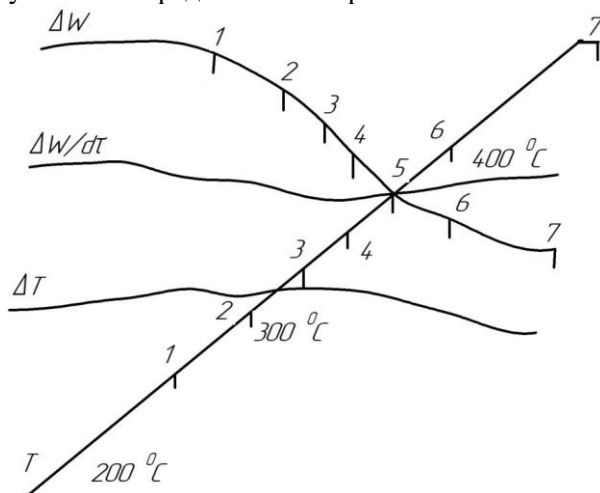


Рис. 3 Дериватограма зразка із фрикційного матеріалу ФК-24А:

T – температура, *τ* – час

Встановлено, що термодеструкція зразка ФК-24А починається за температури 300 °С. Розрахована енергія активації розкладання зразка ФК-24А склала 85,5 кДж/моль. Доведено, що зразок розпадається протягом 15 хвилин за температури 400 °С. Швидкість зменшення маси при подальшому збільшенні температури зростає. Необхідно відзначити, що режими дослідження матеріалу ФК-24А на термостійкість у вигляді зразка не завжди повною мірою відповідають реальним умовам роботи приповерхневих шарів фрикційних накладок у парях тертя гальмівних пристроїв.

Деструкція фрикційних матеріалів супроводжується інтенсивним димленням, а потім утворенням рідких фракцій у порах поверхневого шару. При цьому молекули адсорбенту міцно утримуються в мікропорах поверхневого шару матеріалу внаслідок того, що вони оточені великою кількістю атомів вуглецю. Адсорбція газової фази - це процес конденсації, який відбувається в умовах, коли енергія адсорбції виявляється достатньою для конденсації пари. Пар, що конденсувався, накопичується в пористій структурі вуглецю.

Обговорення результатів. Теоретичні та експериментальні дослідження деструктивних процесів у поверхневих шарах полімерних накладок ФК-24А модельного багатопарного стрічково-колодкового гальма дозволили встановити таке:

- збільшення товщини фрикційної накладки гальма при двосторонньому тепловому впливі залежить від кількості та інтенсивності виділення рідини та газоподібних продуктів піролізу зв'язуючого (отже, і тиску газів у наближених до поверхні порах матеріалу), а також від наявності та кількості пор у матеріалі, що сприяють зниженню тиску в порах та зменшення можливості виникнення мікровибухів.

- збільшення товщини випробуваних накладок у нагрітому стані не перевищувало 0,8% (а для деяких матеріалів має від'ємне значення), що значно менше рекомендованих значень (не більше 2,5%, а для охолодженого стану не більше 2,0% через різні темпи їх протікання);

- перетворення енергетичних рівнів різних типів контактів, утворених мінливими площами плям контактів мікроставів на робочих поверхнях при електромеханічній фрикційній взаємодії пар тертя гальм;

- стабілізація розмірів накладок може бути досягнута застосуванням термостійкішого зв'язуючого, вибором оптимального складу компонентів матеріалу, способом формування, що забезпечує більш повне проходження процесів структурування, при нагріванні та охолодженні з однаковим темпом (°С/с) термічної обробки виробів після формування, введенням компонентів, що перешкоджають вигорянню зв'язуючого та ін., а також створення композицій, що мають пористу структуру матеріалу;

- застосування термообробки по товщині фрикційної накладки після формування повинно бути ретельно обґрунтовано, так як обладнання, що використовується для неї, громіздке, малопродуктивне, дуже енергоємне і вимагає складної апаратури для очищення від шкідливих виділень.

Список літератури

1. Основы трибологии / под ред. Чичинадзе А.В. Машиностроение, 2001. – 664с.
2. Исследование теплового состояния колодок автомобильного дискового тормоза, выполненных из разных материалов / В.Н. Старченко, А.В. Кущенко, В.Л. Балинский и

др. // Весник ВНУ ім. Володимира Даля: сб. научн. работ – Луганск. – 2008. - №11(141). – С.52 – 57.

3. Основные тенденции развития фрикционных материалов тормозных колодок. / В.Н. Дукельный, Д.В. Савенок, Д.Ю. Логунов, Е.К. Ровный // Весник ДААТ: сб. научн. работ: Донецк. – 2012. - №2. – 65 – 69.

4. Тормозные колодки из США. [Электронный ресурс] / Friction Master/ www/ URL: <http://www.zamenikolodki.ru/sostav-phrikciona-tormoznoj-kolodri.html>. - Заглавие с экрана.

5. Проектный и проверочный расчет фрикционных узлов барабанно- и дисково-колодочных тормозов автотранспортных средств. Стандарт / А.Х. Джанахмедов, А.И. Вольченко, О.Б. Стадник [и др.] // Баку: Анострофф, 2016. – 264с.

6. Efalers H.-R. Potential and limits of opportunities of the block brake. Glasers Annalen, 2002, no. 6/7, pp.290-300.

7. Тормозные устройства: Справочник/ Под ред. М. П. Александрова. - М.: Машиностроение, 1985. - 312 с.

8. Изделия фрикционные из ретинакса. Технические условия: ГОСТ 10854-73. М.: Изд-во стандартов, 2014. – 17 с.

9. Hondavodam.ru [Электронный ресурс]: Типы тормозных колодок. Семинар Advies в Новосибирске. Часть 2. / М.Д. Абушаев. Режим доступа: /www/ URL: <http://hondavodam.ru/statji/ad>> ics-seminar2.html. - Заглавие с экрана.

10. Электромеханическое фрикционное взаимодействие в парах трения при крекинг-процессе (часть I). А.Х. Джанахмедов, А.И. Вольченко, Д.А. Вольченко, В.Я. Попович, А.С. Евченко // Вестник Азербайджанской инженерной академии : Баку. – 2020, №3. – С. 12 – 21.

11. Износостойкие полимерные материалы. Структура и свойства / Н.Т. Кахраманов, Г.Ш. Касумова, В.С. Осипчик, Р.Ш. Гаджиева // Пластические массы, №11-12, 2017, - С.5-15.

Стаття надійшла до редакції 26.02.2023.

Вольченко Дмитро Олександрович – докт. техн. наук, професор кафедри видобування нафти і газу Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна, 76019, тел.: +38 0342 72 71 41, моб. 050-373-82-42, E-mail: divo99@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-1565-749X>

Кіндрачук Мирослав Васильович – докт. техн. наук, професор, професор кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів Національний авіаційний університет, пр. Любомира Гузара, 1, м. Київ, Україна, 03058, <https://orcid.org/0000-0002-0529-2466>.

Журавльов Дмитро Юрійович – канд. техн. наук, доцент кафедри технічної механіки Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна, 76000, тел.: +38 0342 72 71 41, моб. 050-950-04-18, E-mail: dmytro.2103@ukr.net <https://orcid.org/0000-0002-2045-9631>.

Андрейчиков Євген Юрійович – підполковник, старший викладач кафедри військової підготовки Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна, 76019, <https://orcid.org/0000-0002-4579-3636>.

Бурава Олександр Степанович – старший викладач, підполковник кафедри військової підготовки Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна, 76019, тел.: +38 0342 50 25 06, E-mail: burava2012@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-1489-7763>.

D. O. VOLCHENKO, M. V. KINDRACHUK, D. Yu. ZHURAVLEV, Ye. Yu. ANDREICHIKOV, O. S. BURAVA

DESTRUCTION OF BRAKE PADS FRICTION MATERIALS

The materials of the article include the following issues: thermal shrinkage of polymer friction lining materials; destructive processes in materials of friction linings; discussion of the results. The increase in the thickness of the friction lining of the brake under bilateral thermal influence depends on the amount and intensity of release of liquid and gaseous products of pyrolysis of the binder (hence, the pressure of gases in the pores of the material close to the surface), as well as on the presence and number of pores in the material, which contribute to reducing the pressure in the pores and reducing the possibility of micro-explosions. The increase in the thickness of the tested overlays in the heated state did not exceed 0.8% (and for some materials it has a negative value), which is significantly less than the recommended values (no more than 2.5%, and for the cooled state no more than 2.0% due to various their rates of flow. Transformation of energy levels of different types of contacts formed by variable contact areas of changing microprotrusions on working surfaces to electrothermomechanical frictional interaction of friction pairs of brakes. Stabilization of lining sizes can be achieved by using a more heat-resistant binder, choosing the optimal composition of components, passing structuring processes during heating and cooling. Thermal treatment of products after forming, introduction of components that prevent the burning of the binder, etc., as well as the creation of compositions with a porous structure of the material. The use of heat treatment in the thickness of the overlay after forming must be thoroughly justified, because the equipment used for it, bulky, low-performance, very energy-intensive and requires complex equipment for cleaning from harmful secretions. Research conducted by scientists of the companies and other authors show that the presence of a polymer binder in the composition of the friction composition determines the significant influence of the temperature-time factor on the entire complex of physical and mechanical properties, and this influence has a twofold nature. In the deeper and less heated layers of the material, the processes of further structuring and hardening of the binder take place, accompanied by the strengthening of the material with thermal shrinkage. Complex physicochemical processes of oxidative decomposition, cracking and pyrolysis take place on the friction surface under conditions of high temperatures, accompanied by abundant release of liquid and gaseous products. Organoleptically, this is determined by the appearance of a smell, abundant smoke formation and characteristic crackling (micro-explosions). In conditions of difficult removal of gaseous products, due to the close contact of the working surface of the lining with the counterbody, as well as the presence or absence of pores in the material, an increase in the thickness of the lining ("swelling") is possible. In addition, during heating and cooling, the thickness of the lining increases or decreases due to thermal expansion. Thus, the change in the geometric dimensions of the lining is determined by the sum of the dimensions of the change in its thickness, associated with the thermal expansion of the material and the structural changes occurring in the material.

Key words: type of braking device, friction pair, friction lining, destruction of materials, heating and cooling rates.

References

1. Osnovy tribologii / pod red. Chichinadze A.V. Mashinostroyeniye, 2001. – 664s.
2. Issledovaniye teplogogo sostoyaniya kolodok avtomobil'nogo diskovogo tormoza, vypolnennykh iz raznykh materialov / V.N. Starchenko, A.V. Kushchenko, V.L. Balinskiy i dr. // Vesnik VNU im. Vladimira Dalya: sb. nauchn. rabot – Lugansk. – 2008. - №11(141). – S.52 – 57.
3. Osnovnyye tendentsii razvitiya friktsionnykh materialov tormoznykh kolodok. / V.N. Dukel'nyy, D.V. Savenok, D.YU. Logunov, Ye.K. Rovnyy // Vesnik DAAT: sb. nauchn. rabot: Donetsk. – 2012. - №2. – 65 – 69.

4. Tormoznyye kolodki iz SSHA. [Elektronnyy resurs] / Friction Master/ www/ URL: <http://www.zamenikolodki.ru/sostav-phrikciona-tormoznoj-kolodki.html>. - Zaglaviye s ekrana.

5. Proyektnyy i proverochnyy raschet friktsionnykh uzlov barabanno- i diskovokolodochnykh tormozov avtotransportnykh sredstv. Standart / A.Kh. Dzhanakhmedov, A.I. Vol'chenko, O.B. Stadnik [i dr.] // Baku: Apostroff, 2016. – 264s.

6. Efalers H.-R. Potential and limits of opportunities of the block brake. *Glaser's Annalen*, 2002, no. 6/7, pp.290-300.

7. Tormoznyye ustroystva: Spravochnik/ Pod red. M P. Aleksandrova. - M.: Mashinostroyeniye, 1985. - 312 s.

8. Izdeliya friktsionnyye iz retinaksa. Tekhnicheskiye usloviya: GOST 10854-73. M.: Izdvo standartov, 2014. – 17 s.

9. Hondavodam.ru [Elektronnyy resurs]: Tipy tormoznykh kolodok. Seminar Advies v Novosibirsk. Chast' 2. / M.D. Abushayev. Rezhim dostupa: /www/ URL: <http://hondavodam.ru/statji/ad>ics-seminar2.html>. - Zaglaviye s ekrana.

10. Elektromekhanicheskoye friktsionnoye vzaimodeystviye v parakh treniya pri kreking-protsesse (chast' I). A.KH. Dzhanakhmedov, A.I. Vol'chenko, D.A. Vol'chenko, V.YA. Popovich, A.S. Yevchenko // Vestnik Azerbaydzhanskoy inzhenernoy akademii : Baku. – 2020, №3. – S. 12 – 21.

11. Iznosostoykiye polimernyye materialy. Struktura i svoystva / N.T. Kakhramanov, G.SH. Kasumova, V.S. Osipchik, R.SH. Gadzhieva // Plasticheskiye massy, №11-12, 2017, - S.5-15.

Volchenko Dmytro Oleksandrovych - doctor technical sciences, professor of the Department of Oil and Gas Extraction, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, str. Karpatska, 15, Ivano-Frankivsk, Ukraine, 76019, phone: +38 0342 72 71 41, mob. 050-373-82-42, E-mail: divo99@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-1565-749X>.

Kindrachuk Myroslav Vasyliovych – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Applied Mechanics and Materials Engineering, National Aviation University, 1 Lubomyra Huzar Ave., Kyiv, Ukraine, 03058, E-mail: nau12@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-0529-2466>.

Zhuravlyev Dmytro Yuriyovych - candidate technical of sciences, associate professor of the Department of Technical Mechanics, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, str. Karpatska, 15, Ivano-Frankivsk, Ukraine, 76000, phone: +38 0342 72 71 41, mob. 050-950-04-18, E-mail: dmytro.2103@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-2045-9631>.

Andreychikov Yevgen Yuriyovych - lieutenant colonel, senior lecturer of the Department of Military Training, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, str. 15 Karpatska Street, Ivano-Frankivsk, Ukraine, 76019, <https://orcid.org/0000-0002-4579-3636>.

Burava Oleksandr Stepanovych – senior lecturer, lieutenant colonel of the Department of Military Training, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, st. Karpatskaya, 15, Ivano-Frankivsk, Ukraine, 76019, phone: +38 0342 50 25 06, E-mail: burava2012@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-1489-7763>.