

УДК 625.032

МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ МАТЕРІАЛІВ ПРИ КОНТАКТНІЙ ВЗАЄМОДІЇ

К.А. Зіборов¹, А.М. Тесля²

¹кандидат технічних наук, завідувач кафедри конструювання, технічної естетики та дизайну, Національний технічний університет “Дніпровська політехніка”, м. Дніпро, Україна, e-mail: ziborov.k.a@nmu.one

²аспірант, Національний технічний університет “Дніпровська політехніка”, м. Дніпро, Україна, e-mail: teslya.a.m@nmu.one

Анотація. У роботі розглядається визначення механічних властивостей поверхневого шару матеріалів та фізичних процесів, що відбуваються в зоні фрикційної взаємодії пари колесо-рейка. Надаються поради щодо збереження структурної однорідності та підвищення комплексу властивостей при взаємодії матеріалів.

Ключові слова: колесо-рейка, взаємодія, фрикційна пара, термообробка, колісний транспорт, контактна взаємодія.

THE SURFACE LAYER MECHANICAL PROPERTIES OF MATERIALS IN CONTACT INTERACTION

Kirill Ziborov¹, Andrey Teslya²

¹Ph.D., Head of Engineering and Generative Design Department, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: ziborov.k.a@nmu.one

²Postgraduate, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: teslya.a.m@nmu.one

Abstract. The paper considers the mechanical properties determination of the materials surface layer and physical processes occurring in the frictional interaction zone of the wheel-rail pair. Advice on maintaining structural homogeneity and increasing the set of properties in the interaction of materials are given.

Keywords: wheel-rail, interaction, friction pair, heat treatment, railroad transport, contact interaction.

Вступ. В основі процесу зчеплення лежать фрикційні взаємодії, які здійснюються між вихідними ланками машин і зовнішнім середовищем [1].

Взаємодія тіл з рухомою точкою контакту являє собою основу фізичних процесів, пов'язаних з переміщенням вантажів, а також процесу кочення, що супроводжується зчепленням і реалізацією сили тяги або гальмування при виконанні основного робочого процесу [2].

Тому облік умов фрикційної взаємодії вихідних ланок транспортних засобів і зовнішнього середовища у взаємозв'язку з поверхневими явищами, що відбуваються на контактуючих елементах, а також їх вплив на механічні властивості матеріалів фрикційної пари, має важливе значення для вирішення проблеми підвищення тягово-гальмівних характеристик, надійності і безпеки руху, скорочення експлуатаційних витрат і, в цілому, збільшення продуктивності промислових підприємств.

Мета роботи полягає в визначенні механічних властивостей поверхневого шару матеріалів та фізичних процесів, що відбуваються в зоні фрикційної взаємодії пари колесо-рейка.

Матеріали та результати досліджень. Коефіцієнт зчеплення – це відношення тягового зусилля Q_{xy} так зване зусилля опору, прикладеного по дотичній до поверхні, яка контактує, до сили нормального тиску на цю поверхню Q_z :

$$f = \frac{Q_{xy}}{Q_z} = \frac{\tau}{p} \leq \mu_0, \quad (1)$$

де τ – зсувні напруги, що виникають на майданчику контакту; μ_0 – коефіцієнт граничного тертя.

Вид і стан поверхні контактуючих тіл, температура поверхні на майданчику контакту, наявність або відсутність мастила, геометричні та реологічні характеристики контактуючих тіл, характер прикладання навантаження та вид напруженого стану матеріалу на майданчику контакту – це найважливіші фактори від яких залежить коефіцієнт зчеплення.

Відстань, яку проходить точка одного тіла по поверхні іншого за час безперервного контакту, при коченні з проковзуванням не дорівнює добутку швидкості руху на час. Для ідеально твердих тіл це переміщення відсутнє, тому що, при як завгодно малій зміні кута повороту відбувається зміна контактуючих точок на обох тілах (рис.1).

Таким чином, при кожному оберті колеса 1 на опорному майданчику його на рейці 2 під дією зовнішніх сил і внутрішньої енергії матеріалу виникають пружні і пластичні деформації, внаслідок чого елементи фрикційної пари колесо–рейка вступають в контакт по майданчику кінцевих розмірів (рис. 1).

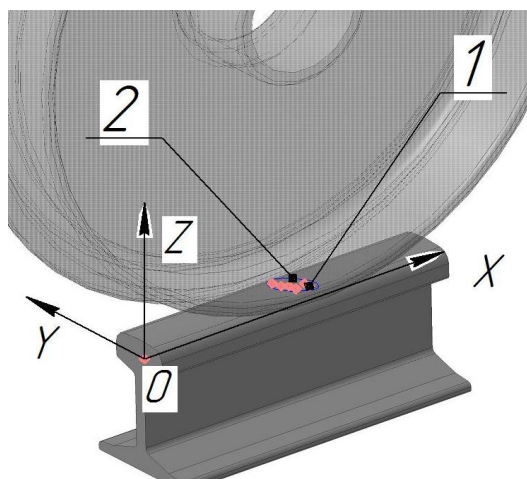


Рис. 1. – Опорна поверхня фрикційної пари колесо–рейка

Результатом високих фактичних тисків і швидкостей ковзання є порушення енергетично рівноважного стану фрикційної пари, що викликає появу значних температур в областях взаємодії і призводить до суттєвих змін властивостей поверхневих шарів, викликаючи в них механічні та температурні напруги, сприяючи протіканню хімічних реакцій, активізуючи взаємну дифузію [1, 2]. У поверхневих шарах матеріалів фрикційної пари (в першу чергу вихідних ланок транспортних засобів), що зазнають великі деформації, відбувається утворення і зростання тріщин, накопичення втоми, що в кінцевому рахунку, змінює їх геометрію і порушує умови нормального функціонування.

При вивченні цих процесів необхідно враховувати фізико-механічні властивості поверхневих шарів, які відрізняються від властивостей матеріалу, розташованого на значній відстані від його поверхні. Ця різниця з'являється в результаті хімічних і структурних перетворень, механічного та теплового впливу, зносу і контактної втоми матеріалів взаємодіючих поверхонь фрикційної пари колесо–рейка.

Підвищення температури істотно впливає на такі механічні характеристики конструкційних матеріалів, як повзучість і тривала міцність.

При дослідженні процесу контакту колеса з рейкою цей факт може грати велике значення, оскільки температура поверхонь в центрі плями контакту може перевищувати температуру навколишнього середовища на кілька сотень градусів [2], і при високих температурах, незважаючи на короткий термін її дії, метал змінює свої властивості. Номінальна твердість бандажа колісної пари HB_1 транспортного засобу менше ніж у рейки HB_2 , тому при аналізі процесу приробітку деформується м'якший матеріал – бандаж колеса.

На рис. 2 представлена залежність, яка описує зміну усередненої температури на плямі контакту пари колесо–рейка від швидкості руху рейкового транспортного засобу. Як видно з графіка, із збільшенням швидкості руху рейкового транспортного засобу, температура в зоні контакту також майже лінійно зростає до швидкості 10–15 м/с. При швидкості 40–60 м/с крива виполажується, тобто температура в зоні контакту майже не змінюється.

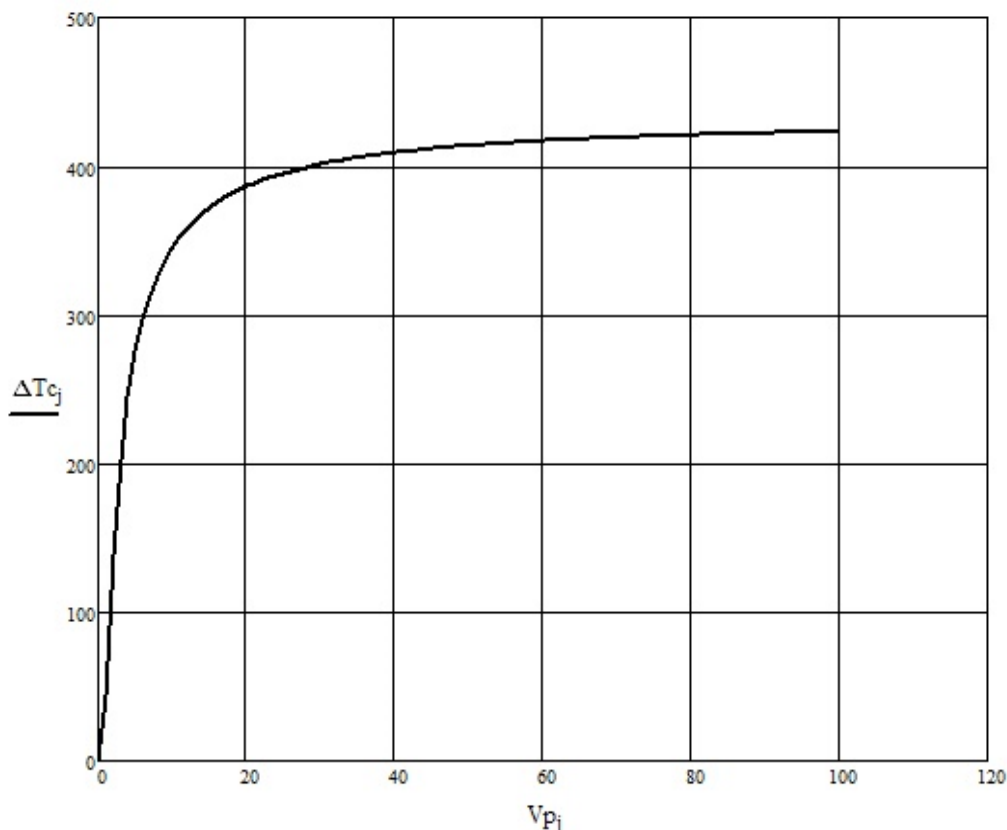


Рис. 2. – Значення усередненої температури на плямі контакту від швидкості руху рейкового транспортного засобу

У роботі [3] наведені результати дослідження впливу швидкості охолодження на формування структурного стану та рівень механічних властивостей сталей для залізничних коліс з різним вмістом вуглецю від 0,63 до 0,68%. Встановлено, що для сталі з вмістом вуглецю 0,63% ділянки зі структурою бейніту спостерігали при швидкостях охолодження більших за 14°C/с, а з подальшим зменшенням швидкості охолодження до 5°C/с структурні складові та їх співвідношення суттєво не змінювались та являли собою 96...97% перліту та 3...4% доєвтектоїдного фериту. При охолодженні сталі з вмістом вуглецю 0,68% зі швидкістю охолодження 17°C/с структури бейніту спостерігали у кількості до 10%. При зменшенні швидкості охолодження формуються структури фериту та перліту. Швидкість охолодження 0,02°C/с

приводить до утворення максимальної кількості фериту до 10% та крупно-пластинчатого перліту.

Після термічної обробки за запропонованої авторами [3] технологією спостерігали неоднорідну мікроструктуру: структура під поверхнею кочення являє собою відпущений мартенсит, в центральній області - мартенсит і бейніт в різному співвідношенні по перерізу. Ймовірно, це є результатом хімічної неоднорідності, яка виникає в результаті кристалізації сталі, і зі збільшенням кількості легуючих елементів може проявлятися більш інтенсивно (рис.3).

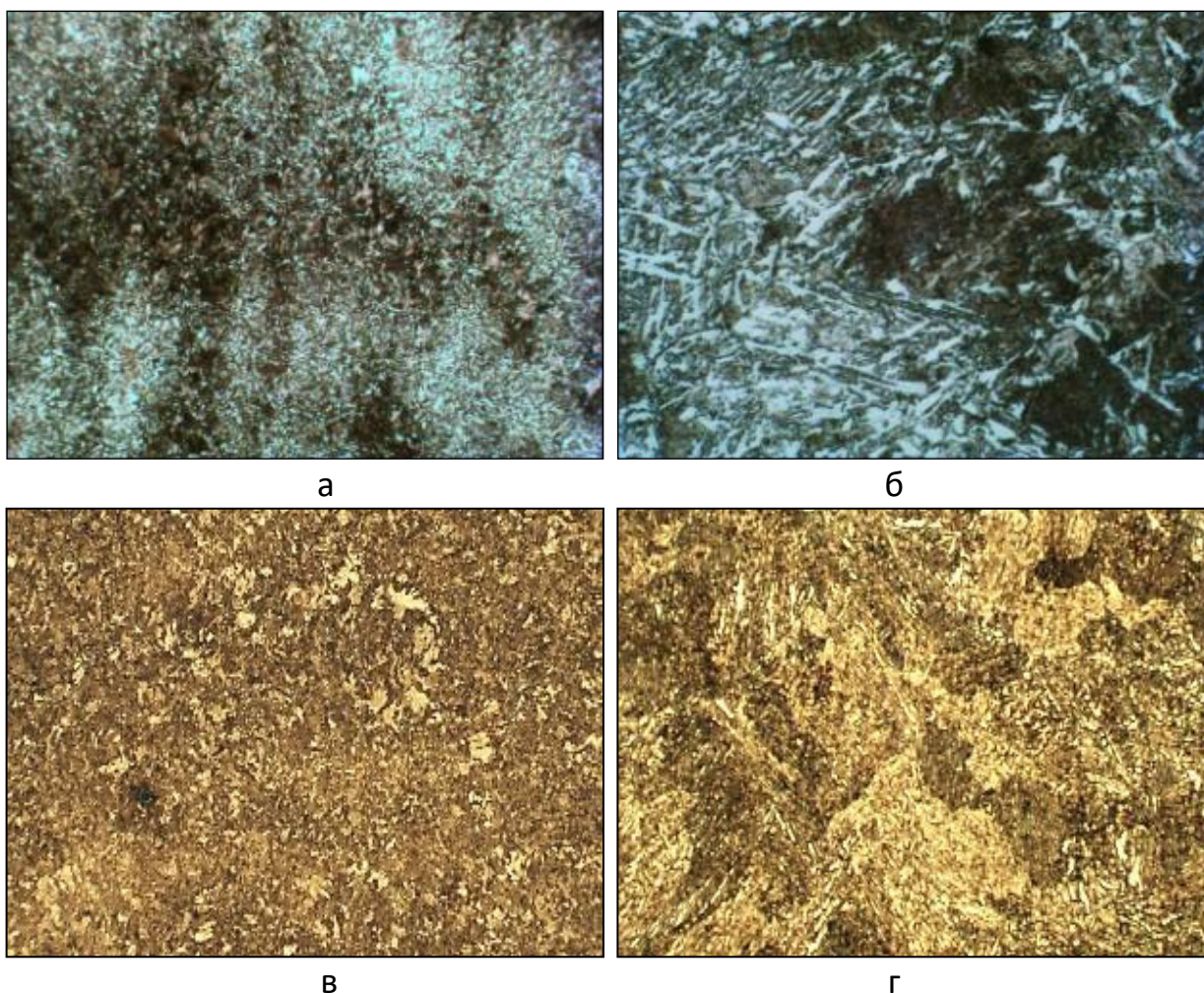


Рис. 3 – Мікроструктура сталі колеса згідно ААР М-107/М-208: а, б – після охолодження з постійною витратою охолоджувача; в, г – після охолодження зі зміною витрати охолоджувача (а, в – $\times 100$; б, г – $\times 800$) [3]

З метою забезпечення структурної однорідності та підвищення комплексу властивостей було випробуване диференційне охолодження обода колеса на вертикальній гартувальній машині зі зміною інтенсивності тепло-

відводу шляхом зміни витрати охолоджувальної рідини в процесі охолодження від 0 до 60...65 м³/год протягом перших 30 секунд. Мікроструктура дослідних залізничних коліс після диференційної термічної обробки наведена на рисунку 3 в, г.

Висновок. При взаємодії тіл з рухомою точкою контакту необхідно враховувати фізико-механічні властивості поверхневих шарів, які відрізняються від властивостей матеріалу, розташованого на значній відстані від його поверхні. Ця різниця з'являється в результаті хімічних і структурних перетворень, механічного та теплового впливу, зносу і контактної втоми матеріалів поверхонь фрикційної пари колесо–рейка.

ЛІТЕРАТУРА

1. Основы трибологии (трение, износ, смазка) / Под ред. А.В. Чичинадзе – М.: Машиностроение, 2001. – 664 с.
2. Франчук, В.П. Взаємодія тіл з рухомою точкою контакту / В.П. Франчук, К.А. Зіборов. – Дніпро: НГУ, 2017. – 96 с.
3. Бабаченко О. І., Кононенко Г. А., Рослик О. В., Майстренко К. М., Подольський Р. В. Розробка сталей для металопродукції залізничного призначення: монографія. Дніпро: «Домінанта-принт», 2020. – 298 с.

УДК 621.86

ПРАКТИКА ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ РОЮ ЧАСТИНОК В ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМУ РУХУ МАНІПУЛЯТОРА

Д.О. Міщук¹, Є.О. Міщук², Є.В. Горбатюк³

¹доцент кафедри будівельних машин, e-mail: mischuk.do@knuba.edu.ua

²доцент кафедри машин і обладнання технологічних процесів, e-mail: mischuk.ieo@knuba.edu.ua

³доцент кафедри будівельних машин, e-mail: ek_gor@i.ua

^{1,2,3}Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Анотація. Застосування класичного методу рою частинок для пошуку оптимального режиму руху стріли маніпулятора за однієї з узагальнених координат має практичну цінність, так як дозволяє визначити розв'язки складних диференціальних рівнянь руху, які мають значну аналітичну складність. В даному дослідженні застосовано пошук цільової функції оптимізації у виді «енергії прискорень» механічної системи, пошук оптимального закону переміщення для якого здійснюється поліномом четвертого порядку.

Ключові слова: метод рою частинок, маніпулятор, оптимізація.