

Piotr Wasilewski
Imię i nazwisko doktoranta

Mechanika / Inżynieria mechaniczna
Dyscyplina naukowa

Katedra Mechaniki i Informatyki Stosowanej
Katedra, Zakład

Mechaniczny
Wydział

IV
Rok studiów

letni
Semestr studiów

Imię i nazwisko promotora: dr hab. inż. Michał Kuciej, prof. PB
Tytuł rozprawy doktorskiej: Badania doświadczalne i modelowanie numeryczne rozkładu temperatury w układach hamulcowych pojazdów szynowych

Streszczenie rozprawy doktorskiej

Kluczową kwestią w procesie projektowania układu hamulcowego pojazdu kolejowego jest określenie warunków roboczych pary ciernej, w szczególności temperatury jakiej poddane mogą być jej elementy, przy zakładanych warunkach eksploatacji pojazdu. Temperatura pracy ma zasadniczy wpływ na dobór zastosowanych materiałów i rozwiązań konstrukcyjnych. Alternatywę dla czasochłonnych i kosztownych badań stanowiskowych, czy poligonowych, stanowi oszacowanie rozkładów temperatury poprzez modelowanie nagrzewania tarcowego elementów ciernych hamulca. Przedmiotem niniejszej rozprawy doktorskiej była kompleksowa analiza problematyki wykorzystania metody elementów skończonych (MES) do modelowania nagrzewania tarcowego elementów ciernych hamulców stosowanych w pojazdach szynowych. Analiza opublikowanej literatury wskazała na możliwość udoskonalenia istniejących modeli numerycznych poprzez bardziej precyzyjne uwzględnienie charakterystyki pary ciernej (zależności współczynnika tarcia od warunków pracy).

Na wstępnym etapie pracy dokonano analizy wpływu zmiany składu kompozytowego materiału ciernego stosowanego do produkcji wstawek kolejowego hamulca klockowego na jego właściwości. Zakres badań obejmował określenie właściwości materiałowych przy zastosowaniu badań niszczących oraz charakterystyki ciernej w drodze pomiarów na pełnowymiarowym stanowisku dynamometrycznym do badania par ciernych hamulców kolejowych (wyposażonym w elementy cierne w ich naturalnym rozmiarze).

W kolejnym etapie badań wyprodukowano dwa materiały cierne, które zawierały różne rodzaje włókien: szklane i stalowe, których wybór uzasadniała znacząca różnica

ich właściwości cieplno-fizycznych i tribologicznych. Dzięki temu uzyskano zróżnicowane właściwości ciernie wytworzonych wstawek hamulcowych. Materiały poddano badaniom laboratoryjnym w celu określenia ich właściwości mechanicznych oraz cieplno-fizycznych. Prototypy zbadano także na pełnowymiarowym stanowisku dynamometrycznym, aby określić ich charakterystykę cierną oraz uzyskać dane pomiarowe niezbędne do stworzenia i weryfikacji modeli numerycznych nagrzewania tarcowego.

Następnie opracowano cztery modele numeryczne z wykorzystaniem MES w celu przeprowadzenia obliczeń niestabilnych pól temperatury powstających w elementach ciernych w trakcie hamowania pojazdu kolejowego. Modele numeryczne różniły się w zakresie odwzorowania kształtu geometrycznego pary cierniej (uproszczone i zbliżone do rzeczywistego) oraz warunków brzegowych zadanych na płaszczyźnie roboczej: idealny kontakt cieplny, rozdział tarcowego strumienia ciepła określony empirycznym wzorem oraz warunki brzegowe w ogólnej postaci -- Barbera. Obliczenia przeprowadzono dla sekwencji hamowań do zatrzymania oraz hamowań ciągłych, dla części z nich zadając zarówno stałą, jak i zmienną w trakcie hamowania wartość współczynnika tarcia.

W ostatnim etapie pracy dane uzyskane w trakcie badania doświadczalnego, tj. chwilowy współczynnik tarcia oraz zmierzone profile czasowe temperatury pod powierzchnią toczną koła, zostały wykorzystane do weryfikacji i porównania modeli numerycznych nagrzewania tarcowego kolejowego hamulca klockowego w konfiguracji 2xBgu. Najpierw porównano oszacowane wartości temperatury średniej pod powierzchnią toczną koła, określone na podstawie wartości temperatury obliczonej w punktach odpowiadających położeniu termopar w badaniu doświadczalnym. Analiza wyników obliczeń wykazała, iż zastosowanie dowolnego z czterech modeli numerycznych, stworzonych w ramach niniejszej pracy, prowadzi do uzyskania zbliżonych wyników przebiegów temperatury pod powierzchnią toczną koła. Następnie analizie poddano wyniki obliczeń numerycznych przebiegu temperatury na powierzchni tocznej koła oraz rozkład temperatury elementów ciernych w wybranych chwilach hamowań.

Wyniki obliczeń numerycznych cechowała ogólnie dobra zgodność z danymi doświadczalnymi, przy czym obliczenia numeryczne wykonane przy zmiennej wartości współczynnika tarcia, charakteryzowała nieznacznie lepsza zgodność w odniesieniu do zmierzonych wartości temperatury, niż w przypadkach, gdy wartość współczynnika była stała, określona oddzielnie dla każdego hamowania. Analizując otrzymane dane stwierdzono, że wybór warunków brzegowych dotyczących sposobu określenia rozdziału intensywności tarcowego strumienia ciepła nie miał istotnego wpływu na wyznaczone wartości temperatury pod powierzchnią toczną koła, ale miał kluczowe znaczenie dla obliczonych wartości temperatury na powierzchni kontaktu *wstawki hamulcowe-koło* oraz temperatury wstawek

hamulcowych. Wykazano, poprzez porównanie z danymi doświadczalnymi, że zaproponowane modele numeryczne mogą zostać zastosowane jako narzędzie wspomagające prace inżynierskie do określania temperatury elementów ciernych kolejowego hamulca klockowego, również dla długotrwałych procesów hamowania.

Piotr Wawel