



Efficienti modelli termici per freni a ceppi con contatto non Hertziano tra ruota e rotaia

venerdì 5 settembre 2025 11:45 (15 minuti)

Abstract

Durante le operazioni ferroviarie, i freni a ceppi generano elevate temperature nelle ruote a causa della conversione dell'energia cinetica in termica. La rotazione della ruota porta la sua parte calda a contatto con la rotaia fredda, causando un rapido raffreddamento della ruota e un riscaldamento della rotaia. Questo fenomeno è noto nella letteratura scientifica internazionale come rail chill effect [1, 2]. Una stima accurata della temperatura che si instaura nella zona di contatto tra ruota e rotaia è fondamentale per prevenire: transizioni di fase (ad esempio il passaggio dalla fase austenitica a quella martensitica), fatica termica e usura.

Questo lavoro prosegue l'attività di ricerca riguardante lo sviluppo di modelli termici [3, 4], in precedenza presentati ad altri convegni AIAS, basati sul metodo delle differenze finite per valutare il campo termico che si instaura nella ruota e nei ceppi. In questo lavoro, il modello 2D assialsimmetrico e quello 1D radiale vengono utilizzati per valutare l'effetto del raffreddamento della rotaia. Questo tipo di problema è stato recentemente affrontato nella letteratura scientifica [5] utilizzando l'ipotesi di contatto Hertziano tra ruota e rotaia. Il presente lavoro, invece, considera un contatto non-Hertziano modellato tramite l'algoritmo ANALYN [6], basato su un'approssimazione della deformazione superficiale. Questo consente di ottenere una zona di contatto più realistica rispetto a quella derivante dall'ipotesi Hertziana. In aggiunta ai precedenti modelli termici, questo lavoro modella la rotaia con un approccio bidimensionale alle differenze finite in cui le direzioni considerate sono quella longitudinale e verticale. In questo modo è possibile considerare il progressivo riscaldamento della rotaia dovuto al contatto con le ruote del treno e il suo effetto sul conseguente minore raffreddamento della ruota. Il modello 1D radiale offre una soluzione computazionalmente efficiente per studi preliminari, mentre il modello 2D assialsimmetrico permette un'analisi più dettagliata in caso di condizioni critiche. I risultati ottenuti forniscono uno strumento utile per lo studio della fatica termica e dell'usura, con possibili applicazioni nella manutenzione ferroviaria. In futuro, il modello verrà esteso per includere l'accoppiamento con la dinamica verticale del veicolo, permettendo un'analisi più completa del sistema veicolo-rotaia.

Riferimenti

- [1] Vernersson T. Temperatures at railway tread braking. Part 1: Modelling. Proc. Inst. Mech. Eng. F: J. Rail Rapid Transit. 2007, 221(2):167-182.
- [2] Vakkalagadda MRK, Vineesh KP, Racherla V. Estimation of railway wheel running temperatures using a hybrid approach. Wear. 2015, 328-329:537-551.
- [3] Cantone L, Siniscalchi R. MODELLI BIDIMENSIONALI ALLE DIFFERENZE FINITE PER LO STUDIO TERMICO DELLA FRENATURA DEI CARRI MERCI. Convegno AIAS 2023.
- [4] Cantone L, Siniscalchi R. MODELLI MONODIMENSIONALI ALLE DIFFERENZE FINITE PER LO STUDIO TERMICO DELLA FRENATURA DEI TRENI. Convegno AIAS 2024.
- [5] Wu Q, Spiriyagin M, Cole C. Block-Wheel-Rail Temperature Assessments Via Longitudinal Train Dynamics Simulations, ASME. J. Comput. Nonlinear Dynam. 2022, 17(11):111007.
- [6] Sichani MS, Enblom R, Berg M. A novel method to model wheel-rail normal contact in vehicle dynamics simulation, Vehicle System Dynamics. 2014, 52(12):1752-1764.

Autori principali: Prof. CANTONE, Luciano (Università degli Studi di Roma Tor Vergata); SINISCALCHI, Riccardo (Università degli Studi di Roma Tor Vergata)

Relatore: SINISCALCHI, Riccardo (Università degli Studi di Roma Tor Vergata)

Classifica Sessioni: Progettazione Meccanica

Classificazione della track: Progettazione Meccanica