

SCIENTIFIC PAPERS
OF THE UNIVERSITY OF PARDUBICE
Series B
The Jan Perner Transport Faculty
8 (2002)

**MĚŘÍCÍ SYSTÉM PRO EXPERIMENTÁLNÍ STUDIUM VŠEOBECNÝCH
ÚČINKŮ BRZDOVÝCH ZDRŽÍ**

Rudolf KALOČ
Jaroslav JANDA

Katedra provozní spolehlivosti, diagnostiky a mechaniky v dopravě
Katedra dopravních prostředků

1. Úvod

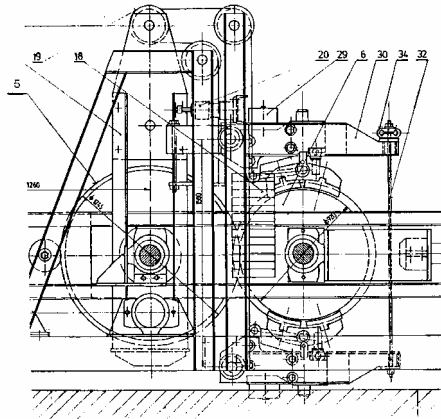
Součástí řešení grantového projektu GAČR č. 101/0/0242 „Kontakt kola s kolejnicí a vliv brzdných procesů na životnost jízdní plochy“ je realizace zkušebního zařízení pro experimentální výzkum v oblasti brzdění a přenosu adhezních kolových sil, které je budováno v laboratořích DFJP Univerzity Pardubice. Konstrukce navrhovaného zařízení, charakter a rozsah experimentálních měření jsou v [1] a [2]. Na tyto práce tento článek navazuje.

Pro studium interakce rozdílných brzdových systémů kolejových vozidel, zejména v souvislosti s adhezním dějem na styku kolo-kolejnice, je nezbytné vybavit zkušební zařízení systémem pro přímé měření tečných sil vyvolaných třecím účinkem brzdových špalíků na obvodu jízdní plochy kola.

Zdržová brzda, která je základní součástí zkušebního zařízení, je v systému zařazena na dvou místech:

Pro studium součinnosti brzdění a adhezního procesu slouží systém znázorněný na obr. 1. Brzděno je zkušební kolo (6) poháněné adhezně rotující kolejnicí (10). Primární měření brzdných účinků je uskutečněno speciálně uloženým mechanismem (30) a (32)

s cejchovaným měřícím třmenem (34). Kolová síla je vyvolána systémem závaží (18) a modulována hydraulickými válci (20). Přítlačná síla špalíků je vyvolána brzdými válci jednotek (29).



Obr. 1 Zařízení pro studium součinnosti brzdění a adhezního procesu

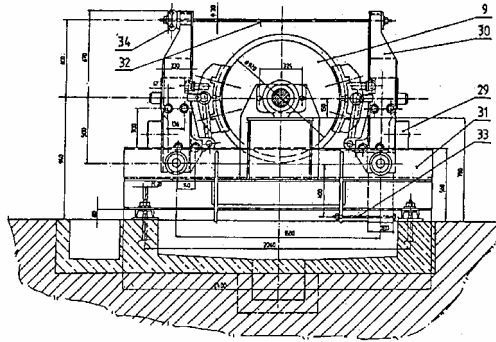
Fig. 1 The testing equipment for investigation of cooperation of braking and adhesion process.

Pro studium fyzikálních vlastností materiálů brzdových špalíků je instalována brzda podle obr. 2. Brzděné kolo (9) je přímo napojeno na hřidel rotující kolejnice (10) z obr. 1. Primární měřicí systém je koncipován podobně jako u brzdy dle obr. 1.

V obou případech bude měřicí systém ještě vybaven přímým měřením tečné síly na obvodu jízdní plochy zkušební kola. Toto zdvojení měření se jeví nezbytným, jelikož v rámci řešení také probíhá výzkum dynamických jevů na styku brzdových špalíků s jízdní plochou železničního kola, včetně popisu dějů samobuzeného kmitání, případně. relaxačního kmitání. Vedle již zmíněného studia součinnosti adhezního děje na kontaktu a děje brzdění jsou sledovány otázky poškozování jízdní plochy a akustické děje vznikající při procesu brzdění patrně v důsledku vzniku samobuzeného kmitání povrchových vrstev jízdní plochy kola.

2. Systém přímého měření tečné brzdící síly

Jednou z podmínek úspěšnosti měřicího systému je volba takového uspořádání, které v principu vyhovuje strukturálně. To znamená, že nejde o prosté zařazení komerčních snímačů do standardních brzdných systémů, ale o vytvoření soustavy plně podřízené procesu měření silových účinků.



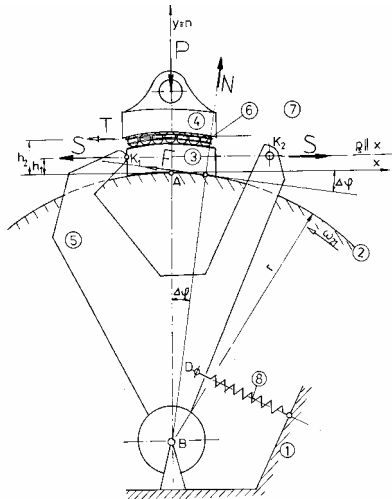
Obr. 2 Brzdný systém

Fig. 2 The braking system

V daném případě byl navržen systém „plovoucího brzdového špalíku“ s přímým měřením tečné síly pomocí vhodně zařazeného a cejchovaného tahového dynamometru. Při konstrukci zařízení bylo pamatováno také na možnost adaptace na reálné vozidlo.

Na obr. 3, na kterém je uvedeno výpočtové schéma, znamená:

- P přítlak špalíku,
- N odkloněná reakce,
- F tečná brzdící síla,
- T tečná odporová síla ložiska (6),
- S reakce.



Obr. 3 Výpočtové schéma

Fig. 3 The computational scheme

Plovoucí brzdový špalík (3) je veden segmentem (5) volně otočným kolem osy rotujícího a brzděného kola (2) o poloměru r . Přítlak P ve směru normály $n = y$ ($n \perp x$) je na plovoucí špalek z vahadla (4) přenášen pomocí speciálního radiálního ložiska (Vielkugellager) (6), které také zajišťuje boční vedení špalku. Odporová tečná síla ložiska je T . Při brzdění kola (2) rotujícího ve smyslu ω_{21} je plovoucí špalek v kontaktu s unašečem (5) v bodě K_1 a vyvozuje reakci S , jejíž nositelka je rovnoběžná s osou x (boky špalku (3) jsou upraveny do vzájemně rovnoběžných rovin, paralelně s osou y). Reakce S je měřena tahovým a cejchovatelným tenzometrickým dynamometrem (7), který je k unašeči (5) otočně napojen v bodě K_2 a na protilehlé straně spojen s rámem brzdy (1). Vzhledem k zvolenému uspořádání je unašeč (5) při brzdění zatížen nulovým vektorem S a reakce v otočném uložení B je invariantní vzhledem k brzdícím silám. Nastavení a eliminace vlastní tíhy suportu (5) se provede pomocí regulačních pružin (8).

Rovnice rovnováhy špalíku (3) vzhledem k souřadnicovému systému x, y jsou:

$$\begin{aligned}\sum F_{ix} &= 0 \Rightarrow -S + F \cos \Delta\varphi - T - N \sin \Delta\varphi = 0 \\ \sum F_{iy} &= 0 \Rightarrow +N \cos \Delta\varphi - P - F \sin \Delta\varphi = 0 \\ \sum M_A &= 0 \Rightarrow Nr \Delta\varphi - Sh_1 + Th_2 = 0\end{aligned}$$

Po linearizaci a adekvátním zanedbání malých členů obdržíme vztahy:

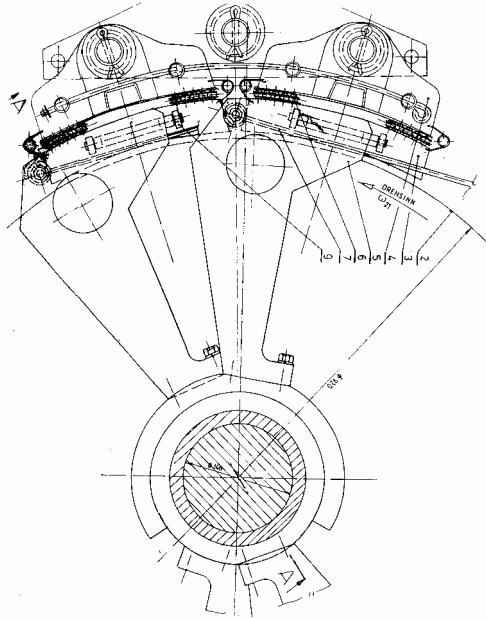
$$\Delta\varphi = P^{-1} \left[S \frac{h_1}{r} + T \frac{h_2}{r} \right],$$

$$f = \frac{T}{P} \left(1 - \frac{h_2}{r} \right) + \frac{S}{P} \left(1 + \frac{h_1}{r} \right).$$

Je zřejmé, že pro určení úhlu $\Delta\varphi$ (upřesnění rozložení specifických tlaků mezi kolem a špalíkem, ověření % vzájemného styku třecích ploch) a součinitele tření f je nezbytné změřit síly P, S, T . Trakční síla ložiska (6) se při cejchování zařízení určí v závislosti na přítlaku P . Síla S se měří tenzometrickým dynamometrem (7).

3. Konstrukční návrh sekundárního měřicího systému

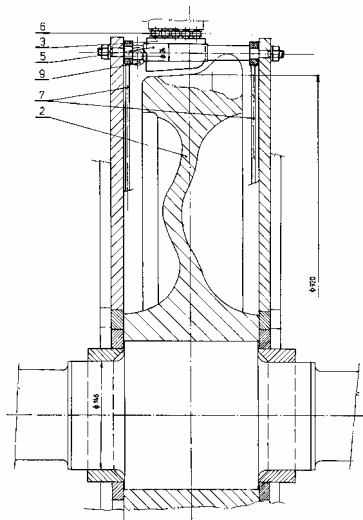
Reálnost měřicího systému byla prověřena konstrukčním návrhem, který je prezentován na *obr. 4* a *obr. 5*. Na půdorysném vyobrazení (*obr. 4*) je zakreslen unašeč (5) jen pro jeden špalík dvojdílné zdrže. Lineární ložisko (6) je na odvrácené straně špalíku v kontaktu botka zdrže (4), jejíž vnitřní plocha je opracována na poloměr r_1 . Zajištění proti axiálnímu přemístění ložiska (6) je patrné z řezu A-A. Brzdový špalík (3) je opracován na poloměry r_1, r_2 . Jeho čelní strany jsou rovnoběžné s osou symetrie unašeče (5). Pružinami (9) je zajištěno odlehnutí špalku (3) od povrchu kola (2).



Obr. 4 Návrh konstrukčního řešení

Fig. 4 Design of constructional solution

Řez, který je zobrazen na obr. 5, znázorňuje řešení otočného uložení unašeče (5) vzhledem k hřídeli zkoušeného kola (2). Způsob stabilizace brzdného špalíku ve směru příčném je patrný z obr. 5.



Obr. 5 Řez A

Fig. 5 Cross section A

Cejchovaný dynamometr (7) je v systému umístěn tak, aby při tzv. mokrých zkouškách nebyla ovlivněna jeho funkce. Kompenzační tenzometry tvoří součást systému nalepeného na těleso (tyč) dynamometru.

Při počítačovém zpracování výsledků měření nutno vycházet ze vztahů (2) a (3). Oba vztahy určují okamžité hodnoty veličin $\Delta\varphi$ a f v závislosti na mikroklimatu v okolí bzdících ploch. Především bude sledována závislost velikosti součinitele tření f na rychlosti otáčení brzděného kola a na změně přítláčné síly P (obr. 3).

Při konstrukčním návrhu měřícího systému byl brán zřetel na snadnou instalaci brzdného špalíku, jelikož pro zjišťování změn třecích ploch je předpokládána systematická vizuální kontrola stavu třecích ploch.

Lektoroval: Doc. Ing. Daniel Kalinčák, CSc.

Předloženo: 20.2.2003

Literatura

1. KALOČ R., JANDA J. *Význam experimentů při studiu příčin poškození jízdní plochy železničních kol. Scientific Pap. of the University of Pardubice, Series B, 5(1999).*
2. KALOČ R., JANDA J., KOREISOVÁ G. *Nový typ zkušebního zařízení dvojkolí. II. Sborník přednášek Vědecká konference Dopravní fakulty Jana Pernera, Pardubice, 9/1999.*

Resumé

MĚŘÍCÍ SYSTÉM PRO EXPERIMENTÁLNÍ STUDIUM VŠEOBECNÝCH ÚČINKŮ BRZDOVÝCH ZDRŽÍ

Rudolf KALOČ, Jaroslav JANDA

Experimentální studium interakce brzdových systémů kolejových vozidel a adhezního děje ve styku kola s kolejnicí vyžaduje vybavit zkušební zařízení systémem pro přímé měření tečných sil vyvolaných účinkem třecích prvků na obvodu jízdní plochy kola. Tento systém je potřebný zejména pro sledování dynamických jevů na styku třecích prvků s jízdní plochou železničního kola, při zkoumání dějů samobuzeného kmitání, případně relaxačního kmitání, dále při zkoumání problematiky poškození jízdní plochy a také akustických dějů, které vznikají při procesu brzdění patrně v důsledku vzniku samobuzeného kmitání povrchových vrstev jízdní plochy kola.

V článku je popsán způsob konkrétní realizace tohoto systému pro potřeby uvedeného zkušebního zařízení. Článek navazuje na dřívější práce autorů v této oblasti.

Rudolf Kaloč, Jaroslav Janda:

Summary

THE MEASURING SYSTEM FOR EXPERIMENTAL STUDY OF GENERAL CHARACTERISTICS OF BRAKE BLOCKS

Rudolf KALOČ, Jaroslav JANDA

The experimental testing equipment for investigation of transmission of adhesive railway wheel forces, particularly during braking, is carried out in the frame of solution of the grant project "Railway Wheel Rail Contact and Influence of Braking Processes on the Railway Wheel tread Durability" (Grant Agency of Czech Republic, Project No. 101/0/0242). The paper follows up with the previous works of the authors in this sphere.

There is necessary to equip the testing plant with a system for direct measuring of tangential forces generated with the effect of frictional components on the circumference of the railway wheel tread, to study an interaction of different braking systems of railway vehicles in accordance with the adhesion process on the railway wheel rail contact.

This system is considered to be necessary for investigation of dynamical effects in the contact of frictional components with the railway wheel tread, including a description of processes of self-excited vibration, and relaxational vibration, respectively. In addition to the mentioned study of co-operation of adhesion and braking processes, there were observed problems of damage mechanisms on the railway wheel tread as well as an acoustical effects arising during breaking process, apparently in consequence of origin of self-excited vibration in the area of surface layers on the railway wheel tread .

The paper describes the method of particular realisation of this system for use of the testing equipment.

Zusammenfassung

MESSSYSTEM FÜR DAS EXPERIMENTALSTUDIUM DER ALGEMEINEN WIRKUNGEN DER BREMSKOTZE

Rudolf KALOČ, Jaroslav JANDA

Das Studium der Interaktion von Brenssystemen bei Schienenfahrzeugen und des Adhäsionsvorganges während der Behrührung zwischen Rad und schiene verlangt, eine Ausstattung der Prüfanlage mit einem System zur direkten Messung von Tangenzialkräften, die durch die Wirkung der Reibungselemente auf dem Umfang der Radfahrfläche entstehen. Dieses System ist vor allem beim Verfolgen der dynamischen Erscheinungen auf der Behrührung der Reibungselemente mit der Fahrfläche des Eisenbahnrad einzusetzen, weiter bei der Untersuchung von Problemen der Beschädigungen der Fahfläche und auch bei akustischen Vorgängen, die während des Bremsprozesses entstehen, wohl als Folge der Schwingung von Oberflächenschichten der Radfahrfläche.

Im Artiki ist das Verfahren der konkreten Realisierung dieses Messungssystems für den Bedarf der agegebenen Prüfungsanlage beschreiben worden. Der Artiki knüpft an frühere Arbeiten der Verfasser auf diesem Gebiet an.