

Manfred CHMURAWA
Sylwester MARKUSIK
Czesław PYPNO

NIEISKRZĄCE WSTAWKI HAMULCOWE Z ŻELIWA FOSFOROWEGO DO POJAZDÓW SZYNOWYCH

Streszczenie. Stosowane w pojazdach szynowych wstawki do klocków hamulcowych, wykonane z żeliwa fosforowego P10 i P14 z gładką powierzchnią cierną cechuje duża intensywność iskrzenia podczas hamowania. W artykule przedstawiono nowe wstawki hamulcowe z odpowiednio ukształtowaną nieciągłą powierzchnią cierną, która wyraźnie zmniejsza intensywność procesu iskrzenia, a powstające nieliczne iskry wygasa prawie całkowicie.

NON – SPARKING BRAKE SHOES MADE OF HOSFOROIDAL CAST IRON FOR RAILWAY VEHICLES

Summary In railway vehicles there are implemented brake shoes made of phosphoroidal cast iron P 10, P 14 which have a feature of sparking during braking. In the paper it was presented new constructional solutions of brake shoes with properly shaped discontinuous frictional surface which significantly decreased intensity of sparking and the rest of appearing sparks are lit off.

1. WSTĘP

Czynnym elementem hamulca w pojazdach szynowych, który wywołuje efekt hamowania, jest wstawka cierna. Zgodnie z przepisami kolejowymi wstawki wykonuje się z żeliwa szarego [4,9,10,13] o zawartości fosforu $1 \pm 1,5$ %. Zawartość fosforu w żelwie szarym podnosi jego wytrzymałość, ale jednocześnie przyczynia się do zwiększania intensywności iskrzenia. Proces iskrzenia przy hamowaniu pojazdów szynowych za pomocą wstawek z żeliwa fosforowego występuje zawsze, zatem problem ich stosowania polega na tym, aby proces ten ograniczyć do minimum. Nowe rozwiązanie konstrukcyjne wstawek hamulcowych, przedstawione w niniejszym artykule, ogranicza proces iskrzenia do minimum. Istota ograniczania procesu iskrzenia polega na takim ukształtowaniu powierzchni cierniej wstawki, która przyczyni się do wychwytywania i wygaszania palących się cząstek startego metalu w specjalnie

ukształtowanych rowkach na powierzchni czarnej wstawki hamulcowej. Wstawka z celowo wyprofilowanymi rowkami może przyczynić się do zmniejszenia niebezpieczeństwa wzniesienia pożarów wzdłuż szlaków kolejowych, zwłaszcza latem w lasach i na poboczach torowisk, a także zmniejszy zanieczyszczenie otoczenia torów przez ograniczenie niskiej emisji żelaznego ścieru ze wstawek hamulcowych.

2. TYPOWE WSTAWKI HAMULCOWE

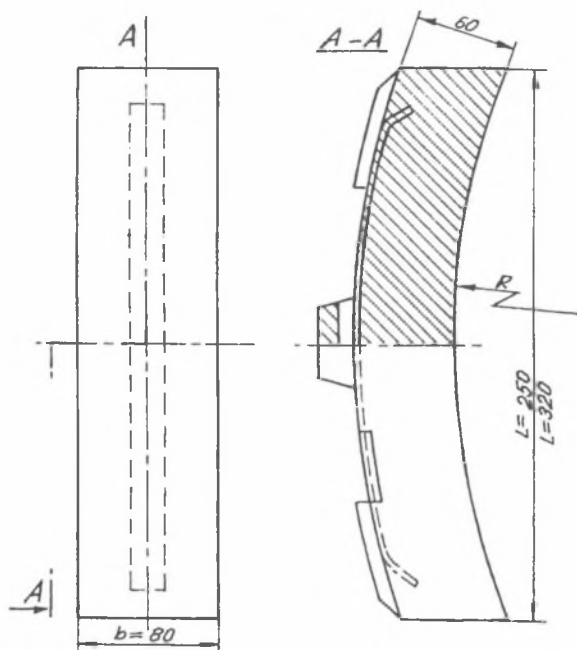
Obecnie stosuje się powszechnie w taborze kolejowym PKP wstawki z żeliwa szarego P10 o zawartości fosforu ok. 1 % lub z żeliwa szarego P14 o zawartości fosforu ok. 1,5%. Najczęściej w układach hamulcowych na PKP używa się wstawek o wielkości $L = 250$ mm do układów zdwojonych lub $L = 320$ mm jako wstawek pojedynczych, wykonanych z żeliwa P10.

Charakterystyczną cechą tych wstawek jest jednolita i ciągła powierzchnia czarna (rys.1). Powierzchnia ta posiada kształt pobocznic walca o długości L (wyróżnik wielkości) i szerokości $b = 80$ mm. Wstawka o gładkości i ciągłej powierzchni czarnej wykazuje dużą skłonność do iskrzenia w czasie intensywnego hamowania [7,11,14]. Z analizy procesu powstawania strumienia iskier wynika, że powodem iskrzenia takich wstawek jest ciągłość ich powierzchni czarnej, przez co wyrwane w procesie hamowania cząstki metalu, a w szczególności rozpalone cząstki fosforu wypadają z dużą energią ze wstawki na zewnątrz [15]. Stąd obserwuje się próby wprowadzenia w ostatnich latach nieciągłości czarnej powierzchni wstawek, które mogą się przyczynić do zmniejszenia intensywności iskrzenia podczas hamowania [7,8,11].

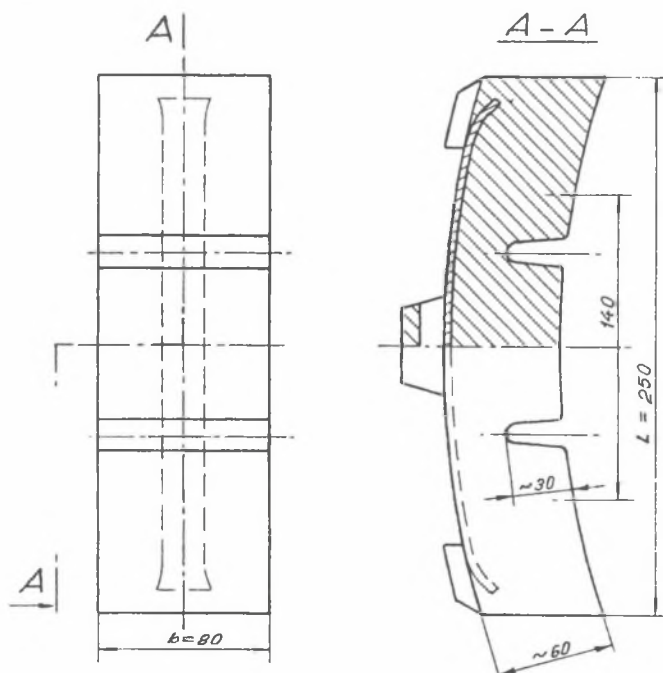
3. ROZWIĄZANIA KONSTRUKCYJNE WSTAWEK Z ROWKAMI

Jednym z przykładów rozwiązania wstawki z nieciągłą powierzchnią czarną jest wstawka segmentowa [7], stosowana w wagonach kolejowych Niemieckich Kolei Związkowych. Posiada ona dwa poprzeczne rowki przelotowe, dzielące powierzchnię czarną na trzy równe części (rys.2). Innym przykładem może być wstawka z czterema poprzecznymi rowkami nieprzelotowymi [8], które dzielą powierzchnię czarną na szereg nierównych części (rys. 3). Wstawka ta jednak nie spełnia wymogów próby kafarowej [10,13] ze względu na obniżenie wskaźnika wytrzymałości na zginanie o 47% w przekrojach poprzecznych w miejscu przebiegania rowków w stosunku do wstawki typowej.

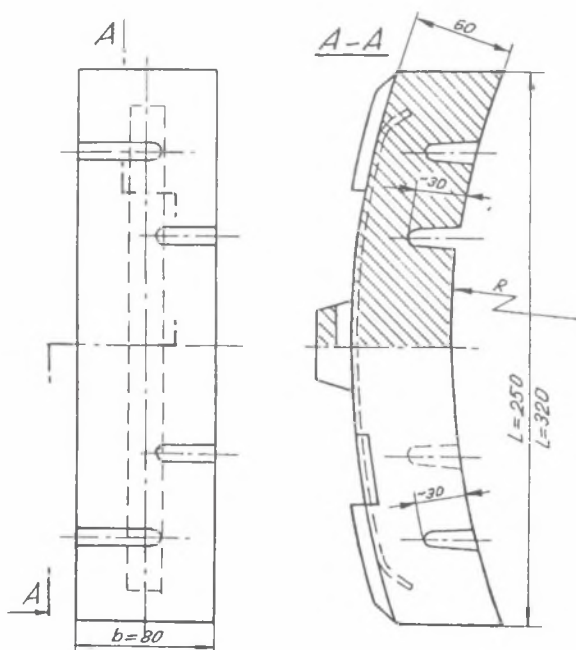
Wymienione wyżej wstawki z rowkami poddane badaniom laboratoryjnym wykazują mniejsze iskrzenie w wyniku wprowadzenia poprzecznych rowków gaszących iskry. Jednak w dalszym ciągu po długotrwałym hamowaniu lub przy dużej sile nacisku na klocek wydobywają się na zewnątrz spod powierzchni czarnej wstawki znaczne snopy iskier. Poszukiwania innego, wychwytyjącego iskry kształtu rowka przyczyniły się do opracowania wstawki z rowkami w kształcie litery V, które w porównaniu z prostymi rowkami poprzecznymi bardziej skutecznie wychwytyują i wygaszają powstające iskry (rys. 4).



Rys. 1. Wstawka do kolejowych klocków hamulcowych o gładkiej i ciągłej powierzchni ciernej
 Fig. 1. Brake shoe with even and continuous frictional surface



Rys. 2. Wstawka hamulcowa segmentowa [7]
 Fig. 2. Segmented brake shoe [7]



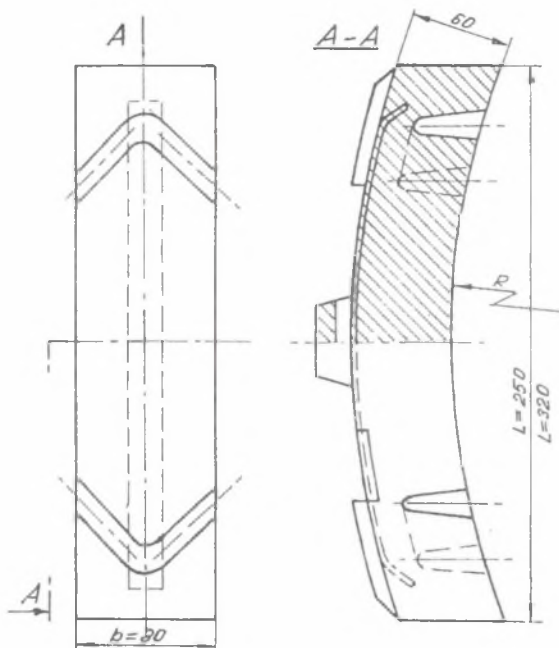
Rys. 3. Wstawka hamulcowa segmentowa produkcji polskiej [8]

Fig. 3. Segmented brake shoe made in Poland [8]

4. FIZYCZNE PRZESŁANKI GASZENIA ISKIER W ROWKACH NOWYCH WSTAWEK HAMULCOWYCH

Nowa oryginalna konstrukcja wstawek posiada przelotowe rowki w kształcie litery V. Rowki o tym kształcie są relatywnie dłuższe od poprzecznych, przez co skuteczniej zatrzymują tworzące się w trakcie hamowania iskry, szczególnie zbieżne rowki typu V (rys. 4). Rowki tego typu dodatkowo ukierunkowują strumień iskier, do środka wstawki w stronę naroża rowka, gdzie ulegają zatrzymaniu i wygaszeniu. Przelotowe rowki w kształcie litery V usytuowane są tak, że zwrot ostrza tych rowków jest w stosunku do siebie przeciwny i skierowany na zewnątrz krótszych boków wstawki. W ten sposób, niezależnie od kierunku obrotów koła wagonu, wyrwane w trakcie procesu hamowania cząstki materiału ciernego są wyrzucane na zewnątrz wstawki i trafiają na swej drodze na szczelinę w postaci skośnego rowka, do której wpadają pod wpływem sił grawitacji. Rozgrzane cząstki materiału ciernego trafiając na szczelinę posiadają jeszcze dużą energię kinetyczną, którą wytracają na powierzchniach nachylonych w stosunku do kierunku ich prędkości rowka. Cząstki te w rowkach muszą gwałtownie zmienić kierunek swej prędkości, wskutek tego ich prędkość na drodze o długości, odpowiadającej połowie długości rowka, spada praktycznie do zera.

Stosowanie wstawek z poprzecznymi rowkami przelotowymi (rys. 2) lub rowkami nieprzelotowymi (rys. 3) zmniejsza iskrzenie, jednak nie na tyle, aby wyeliminować całkowicie proces wydobywania się iskier z klocków hamulcowych podczas hamowania pociągów.



Rys. 4. Wstawka hamulcowa z dwoma przelotowymi rowkami w kształcie litery V [15]
 Fig. 4. Brake shoe with two V shaped cavities [15]

Nowe rozwiązanie wstawki z przelotowymi rowkami w kształcie litery V, według rysunku 4, w porównaniu ze wstawkami z rowkami prostymi charakteryzuje się następującymi korzystniejszymi cechami:

- wyrwane podczas hamowania i wyrzucane na zewnątrz rozgrzane lub iskrzące cząstki materiału wstawki - trafiają do skośnych rowków, które przerywają proces rozgrzewania cząstek, rozpraszają ich energię kinetyczną oraz ukierunkowują cząstki do naroża rowka, gdzie są wychwytywane i wygaszane;
- strumień startych i rozgrzanych cząstek, trafiając na skośne rowki, gwałtownie zmienia kierunek ruchu, co dodatkowo zmniejsza jego energię kinetyczną i cieplną;
- efekt wychwytywania strumienia rozgrzanych, startych cząstek w rowkach w kształcie litery V jest niezależny od kierunku obrotów hamowanego koła wagonu.

5. BADANIA PROCESU ISKRZENIA WSTAWEK HAMULCOWYCH Z ŻELIWA FOSFOROWEGO

Badania iskrzenia wstawek hamulcowych przeprowadzono przy zachowaniu właściwej dla taboru kolejowego jednostkowej mocy hamowania N , typowych wartości jednostkowego nacisku na koło p oraz najczęściej występujących w ruchu kolejowym czasów hamowania t_{11} [2,3,5,15].

Procesy iskrzenia wywoływano i obserwowano na specjalnym stanowisku badawczym (rys. 5), które umożliwiło symulację przebiegu hamowania na rzeczywistej wielkości koła jezdneho za pomocą typowej wstawki klocka hamulcowego.

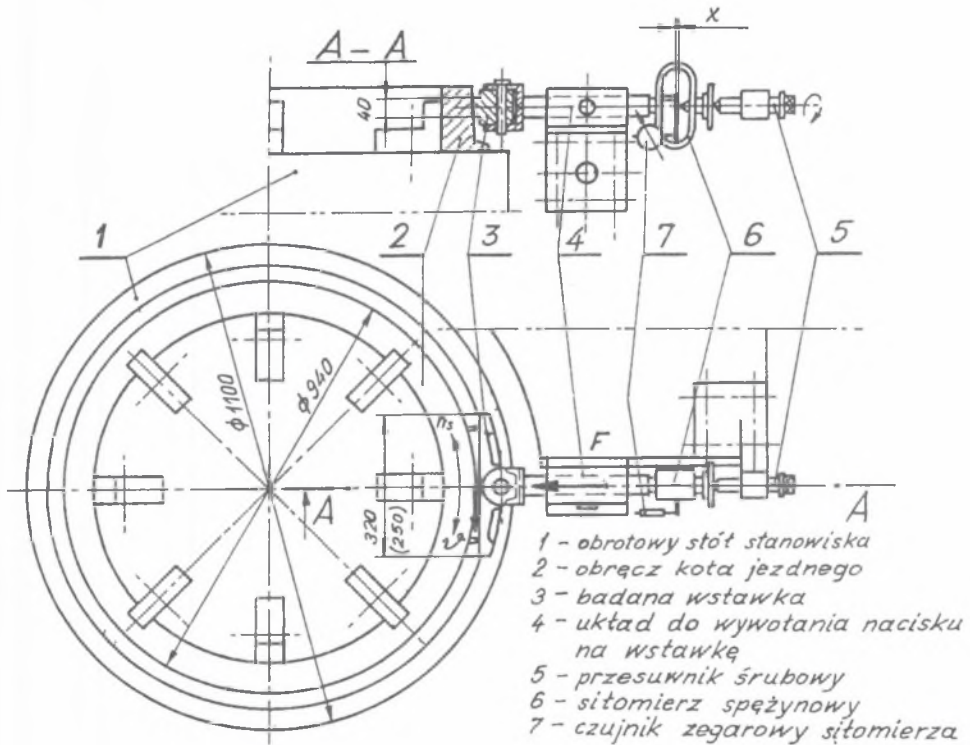
Do badań iskrzenia wybrano trzy rodzaje typowych wstawek hamulcowych o wielkości $L = 320$ mm (rys. 7):

- wstawkę gładką 1, bez rowków dylatacyjnych (por. rys. 1),
- wstawkę z rozbieżnymi rowkami dylatacyjnymi 2 typu V,
- wstawkę ze zbieżnymi rowkami dylatacyjnymi 3 typu V (por. rys. 4).

Podczas badań powtarzano wielokrotnie trwający około 20 s cykl hamowania, co odpowiadało spotykanemu w eksploatacji intensywnemu hamowaniu pociągów. W następstwie powtarzanych hamowań i każdorazowym rozwijaniu stosunkowo dużych mocy hamowania wstawka i obręcz nagrzewały się do temperatur zbliżonych do występujących w warunkach eksploatacji taboru kolejowego (rys. 6).

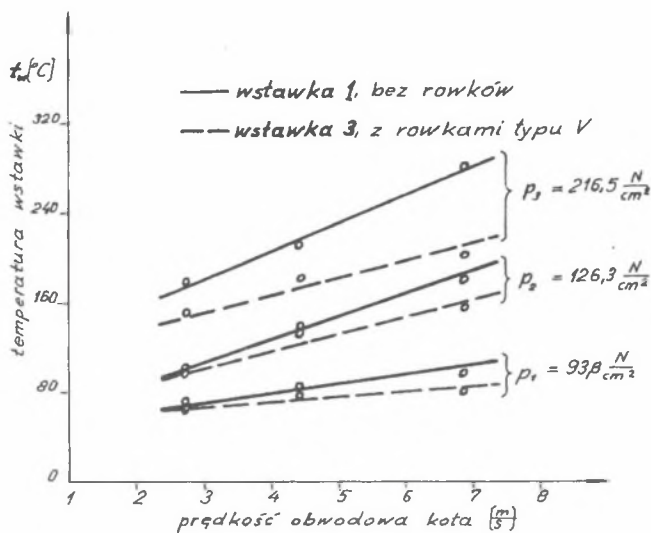
Szczegółową analizę badanych procesów iskrzenia wstawek wykonanych z żeliwa fosforowego przedstawiono w pracy [15]. W niniejszym artykule zaprezentowano kilka charakterystycznych zaobserwowanych procesów iskrzenia przy różnych rodzajach wstawek.

Na rysunku 8 przedstawiono proces iskrzenia wstawki gładkiej 1 bez rowków przy dużej prędkości i dużych naciskach. Widoczny jest silny strumień isker, swobodnie opuszczający powierzchnię cierną wstawki. Rysunek 9 przedstawia próbę iskrzenia wstawki 2 z rozbieżnymi rowkami typu V przy bardzo dużych naciskach. Można zauważyć charakterystyczny



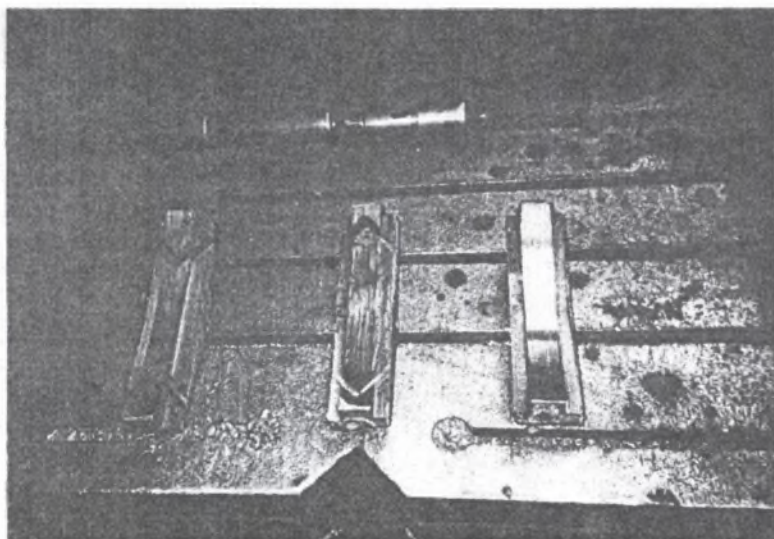
Rys. 5. Schemat stanowiska w Instytucie Transportu Pol.Śl. do badań procesu iskrzenia wstawek podczas hamowania koła

Fig. 5. Scheme of stand in Institute of Transport Silesian Techn.Univ. for testing sparking process of brake shoes in braking of wheel



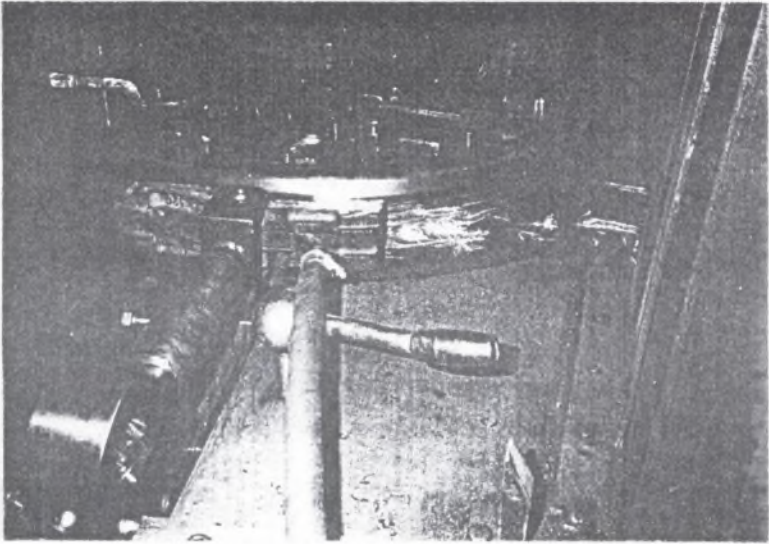
Rys. 6. Przebieg nagrzewania wstawek przy trzech próbach hamowania koła dla różnych nacisków p i różnej prędkości obwodowej V

Fig. 6. Course of heating of brake shoes at three tests of braking the wheel for different pressures p and different circumferential speed V



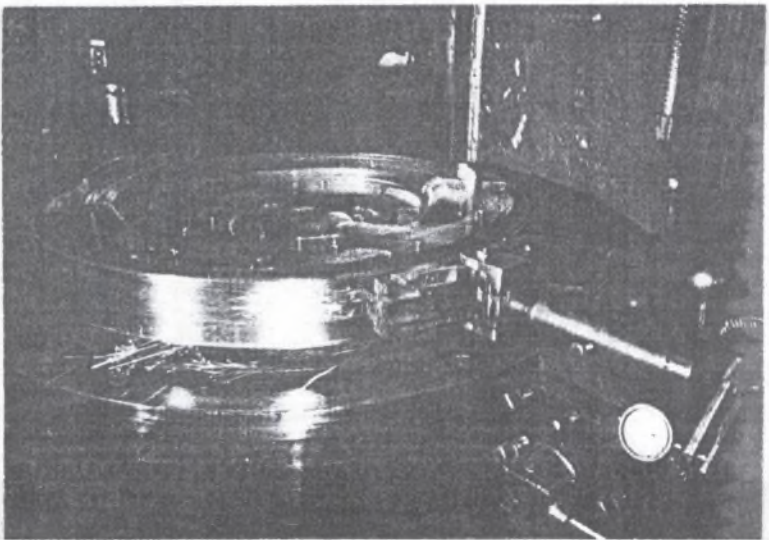
Rys. 7. Zestaw trzech rodzajów badanych wstawek po przeprowadzeniu prób iskrzenia

Fig. 7. Complet of 3 types of tested shoes after making sparking tests



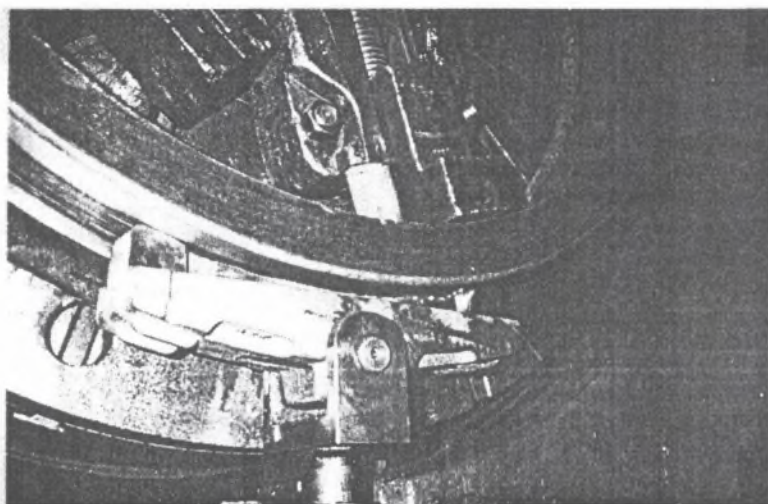
Rys. 8. Próba iskrzenia wstawki 1 (gładkiej bez rowków) przy dużej prędkości $V_3 = 6,89$ m/s i dużych naciskach $p_{13} = 219,1$ N/cm². Widoczny intensywny snop isker, opuszczający swobodnie wstawkę

Fig. 8. Test of sparking brake shoe 1 (even without cavities) at high speed $V_3 = 6,89$ m/s and high pressures $p_{13} = 216$ N/cm². Noticeable intensive tail of sparks getting out the shoe



Rys. 9. Próba iskrzenia wstawki 2 (z rowkami rozbieżnymi V) przy dużej prędkości $V_3 = 6,89$ m/s i bardzo dużych naciskach $p_{23} = 216,5$ N/cm². Charakterystyczny wyrzut isker na boki przez rozchylone na zewnątrz rowki V

Fig. 9. Test of sparking shoe 2 (divergent cavities V) at high speed $V_3 = 6,89$ m/s and very big pressures $p_{23} = 216,5$ N/cm². It is characteristic run out of sparks on sides through shaped outside cavities



Rys. 10. Próba iskrzenia wstawki 3 (z rowkami zbieżnymi V). Charakterystyczny wyraźny efekt wychwytywania i następnie gaszenia tworzących się iskier we wnętrzu rowka typu V przy względnie dużej mocy hamowania $N_3 = 870 \text{ W/cm}^2$

Fig. 10. Test of sparking shoe 3 (convergent cavities). It is characteristic significant effect of intersepting and extinguishing of sparks inside V type cavity at relatively high power of braking $N_3 = 870 \text{ W/cm}^2$

wyrzut relatywnie mniejszej ilości iskier na boki przez rozchylone na zewnątrz rozbieżne rowki typu V. Rysunek 10 przedstawia iskrzenie wstawki 3 z rowkami zbieżnymi typu V przy dużej mocy hamowania, podczas której zaobserwowano charakterystyczny efekt wychwytywania i gaszenia tworzących się iskier we wnętrzu rowka. Praktycznie poza obszarem wstawki nie obserwuje się już iskier.

Podczas pomiarów temperatur w czasie symulacji iskrzenia stwierdzono także, że wstawki z rowkami w kształcie litery V nagrzewają się nieco wolniej od wstawek gładkich przy tych samych mocach hamowania (por. rys. 6).

6. WNIOSKI

1. Wstawki do klocków hamulcowych, wykonane z żeliwa szarego o zawartości fosforu $1 \pm 1,5 \%$, mają wyraźną tendencję do iskrzenia w procesie hamowania, przy czym proces tworzenia się iskier jest tym intensywniejszy, im większa jest jednostkowa moc podczas hamowania oraz im wyższe są temperatury wstawki i koła.
2. Główną przyczyną iskrzenia w czasie hamowania wstawek z żeliwa o zawartości fosforu $1 \pm 1,5\%$ jest ciągła, nieprzerwana powierzchnia cierna wstawki, która praktycznie uniemożliwia wychwytywanie i gaszenie palących się cząstek startego metalu.

3. Istotnym czynnikiem, przyczyniającym się do znacznego zmniejszenia lub nawet całkowitego wygaszania powstającego strumienia iskier, są rowki wykonywane na powierzchni czarnej. Rowki dzielą tę powierzchnię na kilka części, przez co praktycznie przerywają proces tworzenia się iskier, a zaistniałe wychwytyują i gaszą w sobie.
4. Kształt i usytuowanie rowków na powierzchni czarnej ma decydujące znaczenie w procesie wychwytywania i gaszenia strumieni iskier.
5. Do nieiskrzenia przyczyniają się szczególnie przelotowe zbieżne rowki w kształcie litery V, usytuowane we wstawce tak, aby ich ostrza były skierowane w kierunku najbliższego krótszego boku.
6. Wstawki z rowkami zbieżnymi w kształcie litery V relatywnie nagrzewają się w mniejszym stopniu niż wstawki gładkie bez rowków.

LITERATURA

1. Marczewski R., Płończak Z., Podemski J.: Wagony towarowe. WKŁ, Warszawa 1975.
2. Markusik S., Sitarz M.: Proekologiczne materiały czarne o wysokiej trwałości i skuteczności hamowania dla pojazdów szynowych. Mat.Międzynarodowej Konferencji Naukowej „Transport 97”, Ostrawa-Katowice 1997.
3. Neumann T.: Wagony i hamulce kolejowe. WKŁ, Warszawa 1976.
4. Norma branżowa BN-85/3517-34: Wagony. Wstawki klocków hamulcowych. Wyd. OBR Pojazdów Szynowych. Poznań 1986.
5. Nowicki J.: Wpływ wybranych parametrów hamulca i pociągu na skuteczność hamowania. Mat. XII Konf.Nauk. „Pojazdy szynowe”, Poznań-Rydzyna 1996.
6. Orlik A.: Zużycie i trwałość hamulcowych wstawek ciernych. Trakcja i Wagony Nr 7/90.
7. Osuch K.: Tendencje światowe w rozwoju urządzeń hamulcowych do wagonów kolejowych. Trakcja i Wagony Nr 7/90.
8. Patent RP nr 298032, grupa B61H5/00: Klocek hamulcowy, zwłaszcza dla taboru kolejowego. Biuletyn Urzędu Patentowego Nr 19, Warszawa 19.04.1994.
9. Polek J.: Wstawki hamulcowe z żeliwa o podwyższonej zawartości fosforu. Trakcja i Wagony Nr 10/78.
10. Polska Norma PN-92/K-88151: Tabor kolejowy. Obsady, wstawki i kliny klocków hamulcowych. Wymagania ogólne i badania. Wyd. Normalizacyjne, Warszawa 1992.
11. Prospekt ZNTK Bydgoszcz: Nieiskrzące wstawki klocków hamulcowych. Wydany przez ZNTK w Bydgoszczy. Wrzesień 1994.
12. Przepisy UIC 541-1, 541-3, 541-4: Hamulce. Przepisy dotyczące budowy różnych elementów hamulców. Wyd. UIC z 1973 r., zmienione w 1977 r.
13. Przepisy UIC 832: Warunki techniczne dostawy wstawek do klocków hamulcowych z żeliwa fosforowego. Wydanie 1, UIC 1962.
14. Nowicki J., Piechowiak T. i in.: Symulacja procesów hamowania pociągów dla opracowania metod i racjonalizacji urządzeń hamulcowych. Pol.Poznańska. Temat 03.09 w CPRBP 02.19. 5 etapów w latach 1986-1990. Poznań 1990.

15. Markusik S., Chmurawa M., Pypno Cz.: Badania skuteczności nieiskrzenia nowej konstrukcji wstawek, stosowanych w kolejowych hamulcach klockowych. Praca nauk.-bad. o symbolu NB-159/RM 10/97 Instytut Transportu Pol.Śl. Katowice 1997 (niepublikowana).

Recenzent: Prof.dr hab.inż. Jan Gronowicz

Abstract

In railway vehicles there are implemented brake shoes made of phosphoroidal cast iron P 10, P 14 which have a feature of sparking during braking. The reason of sparking is continuous and even surface of these shoes. That is why there were trials to introduce non-continuous of frictional surface of shoes. In the paper it was presented new constructional solutions of brake shoes with properly shaped discontinuous frictional surface. Discontinuity of that surfaces is made by introducing perpendicular straight or angular cavities. These longitudinal cavities significantly decrease intensity of sparking of shoes especially V shaped cavities which additionally intercept sparks and lights them off in corners.