

Dr inż. Manfred Chmurawa
Dr hab.inż. Sylwester Markusik, prof. Pol.Śl.
Dr inż. Czesław Pypno
Politechnika Śląska

Wpływ powierzchni czarnej wstawki hamulcowej na intensywność procesu iskrzenia

W pojazdach szynowych stosuje się najczęściej wstawki do klocków hamulcowych, wykonane z żeliwa fosforowego P10 i P14 z gładką powierzchnią czarną, które cechuje duża intensywność iskrzenia podczas hamowania. W artykule przedstawiono wyniki badań wstawek hamulcowych z odpowiednio ukształtowaną powierzchnią czarną, która wyraźnie zmniejsza intensywność procesu iskrzenia, a powstające iskry wygasza prawie całkowicie.

1. WPROWADZENIE

Wstawki do układów hamulcowych w pojazdach szynowych wykonuje się z żeliwa szarego [4,9,10,13] o zawartości fosforu 1÷1,5 %. Zawartość fosforu w żeliwie szarym podnosi wytrzymałość, lecz jednocześnie jest przyczyną większej intensywności iskrzenia. Należałoby więc proces iskrzenia podczas hamowania pojazdów za pomocą wstawek z żeliwa fosforowego ograniczyć do minimum. Można tego dokonać m.in. przez wprowadzenie rowków na powierzchni czarnej wstawki, które wychwytyują i wygaszają palące się cząstki startego metalu.

W artykule przedstawiono różne konstrukcje wstawek do klocków hamulcowych i wyniki badań iskrzenia tych klocków przy symulowanych procesach hamowania koła kolejowego.

2. PRZEGLĄD KONSTRUKCJI ŻELIWNÝCH WSTAWEK DO KŁOCKÓW HAMULCOWÝCH

2.1. Wstawki hamulcowe z ciągłą powierzchnią czarną

W taborze kolejowym stosuje się wstawki z żeliwa szarego P10 o zawartości fosforu ok. 1 % lub z żeliwa szarego P14 o zawartości fosforu ok. 1,5 %. W układach hamulcowych na PKP używa się wstawek o długości $L = 250$ mm do układów zdwojonych lub $L = 320$ mm jako wstawek pojedynczych, wykonanych z żeliwa P10 [10,13].

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

2.2. Wstawki hamulcowe z poprzecznymi rowkami na powierzchni czarnej

Przykładem 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 części, rys. 3.

Wymienione wstawki z rowkami, 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 iskry spod powierzchni cierniej wstawki.

2.3. Wstawki hamulcowe z rowkami zbieżnymi

Prace badawcze nad kształtowaniem powierzchni cierniej wstawki, która bardziej skutecznie ogranicza iskrzenie prowadzone przez Fabrykę Armatury i Odlewnię „Węgierska Górka” wspólnie z Instytutem Transportu Politechniki Śląskiej doprowadziły do opracowania oryginalnej nieiskrzącej wstawki, w której zastosowano przelotowe rowki w kształcie litery V, rys. 4.

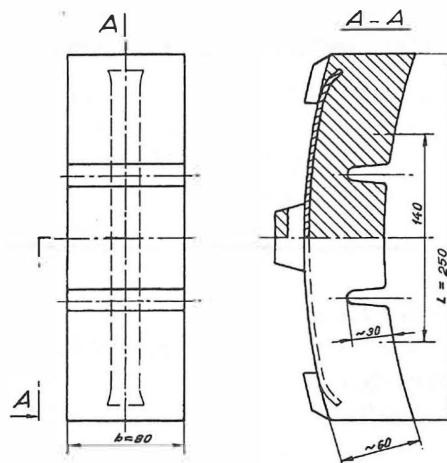
Istotną różnicą w porównaniu ze wstawkami z rowkami poprzecznymi jest to, że przelotowe rowki w kształcie litery V są relatywnie dłuższe a zwrot ostrza tych rowków jest względem siebie przeciwny co przyczynia się do lepszego wychwytywania i gaszenia cząstek.

3. WYCHWYTYWANIE I GASZENIE ISKIER W ZBIEŻNYCH ROWKACH NOWYCH WSTAWEK HAMULCOWYCH

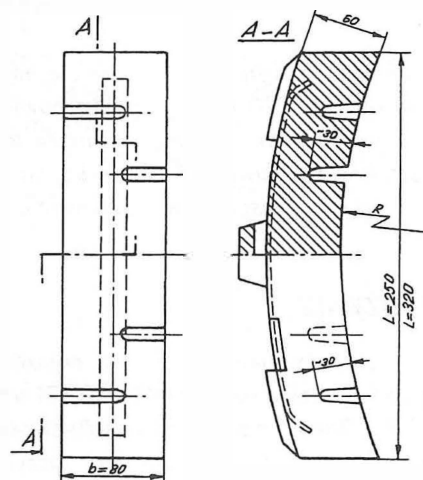
Przelotowe rowki w kształcie litery V ukierunkowują strumień iskier, w kierunku środka wstawki w stronę naroża rowka, gdzie ulegają zatrzymaniu i wygaszeniu. Zwrot ostrza tych rowków jest w stosunku do siebie przeciwny i skierowany na zewnątrz krótszych boków wstawki. W ten sposób niezależnie od kierunku obrotów koła wagonu, wyrwane w trakcie procesu hamowania i wyrzucane na zewnątrz wstawki cząstki materiału ciernego 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

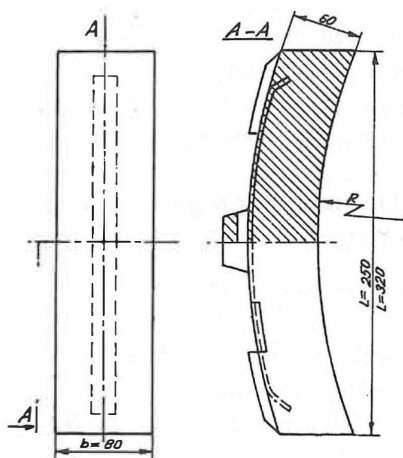
prędkości rowka. Cząstki te w rowkach muszą gwałtownie zmienić kierunek swej prędkości, wskutek tego ich prędkość na drodze o długości, odpowiadającej długości rowka, spada praktycznie do zera.



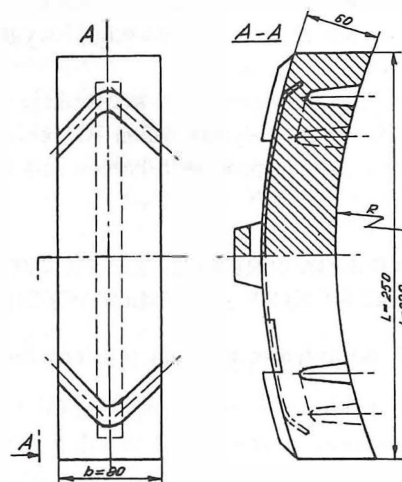
Rys. 2. Wstawka hamulcowa segmentowa [7]



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



Rys. 1. Wstawka do kolejowych klocków hamulcowych o gładkiej i ciągłej powierzchni cierniej



Rys. 4. Wstawka hamulcowa z dwoma przelotowymi rowkami w kształcie litery V [15]

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

- wyrwane podczas hamowania i wyrzucane na zewnątrz iskrzące cząstki materiału wstawki – trafiają do skośnych rowków, które przerywają proces rozgrzewania cząstek, i obniżają ich temperaturę;
- strumień startych i rozgrzanych cząstek trafiając na skośne rowki, gwałtownie zmienia kierunek ruchu i jest ukierunkowywany do naroża rowka, gdzie jest wychwytywany i wygaszany;
- efekt wychwytywania strumienia rozgrzanych, startych cząstek w rowkach jest niezależny od kierunku obrotów hamowanego koła wagonu.

4. STANOWISKOWE BADANIA PROCESU ISKRZENIA WSTAWEK HAMULCOWYCH Z ŻELIWA FOSFOROWEGO

Proces iskrzenia wstawek prowadzono w warunkach laboratoryjnych, uwzględniając niektóre podstawowe parametry procesu hamowania koła wagonu.

Badania iskrzenia wstawek hamulcowych przeprowadzono przy prędkości ok. 7 m/s, lecz 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_h [2,3,5,15].

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

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

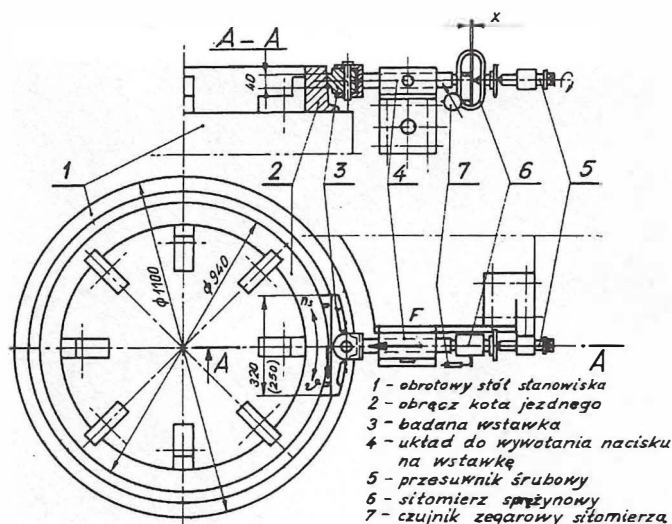
- wstawkę gładką 1, bez rowków dylatacyjnych, por. rys. 1,
- wstawkę z rozbieżnymi rowkami dylatacyjnymi 2 typu V, por. rys. 7,
- wstawkę ze zbieżnymi rowkami dylatacyjnymi 3 typu V por. rys. 4.

Podczas badań powtarzano wielokrotnie trwający około 20 s cykl hamowania, co w przybliżeniu odpowiadało spotykaniu w eksploatacji intensywnemu hamowaniu pociągów. W następstwie powtarzanych hamowań i każdorazowym rozwijaniu stosunkowo dużych mocy hamowania, wstawka i obręcz nagrzewała się do temperatur zbliżonych do występujących w warunkach eksploatacji taboru kolejowego (rys. 6). Z rysunku 6 wynika, iż wstawki z rowkami w kształcie litery V nagrzewają się nieco wolniej od wstawek gładkich przy tych samych mocach hamowania.

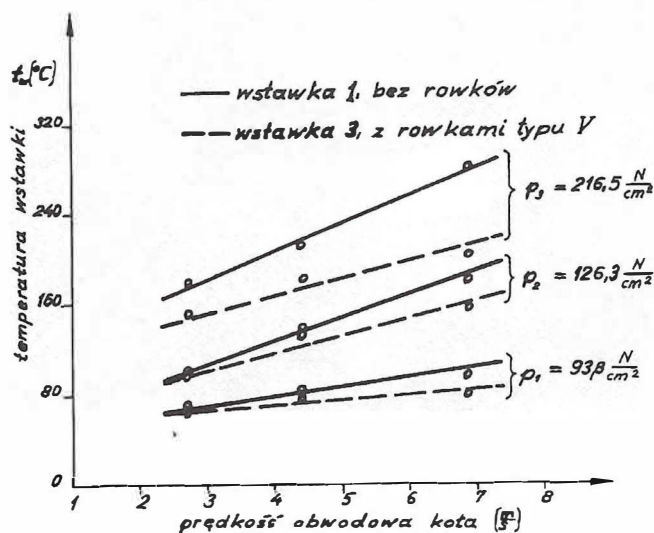
Analizę badanych procesów iskrzenia wstawek wykonanych z żeliwa fosforowego przedstawiono w pracy [15]. W niniejszym artykule zaprezentowano niektóre charakterystyczne procesy iskrzenia różnych rodzajów wstawek.

Na rysunku 8 przedstawiono proces iskrzenia wstawki gład-

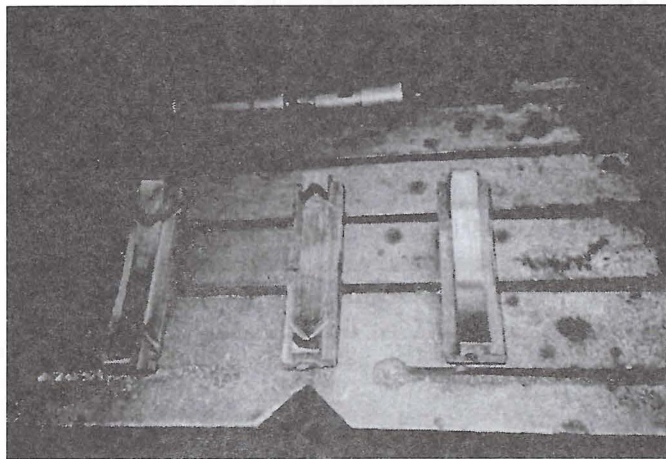
kiej 1 bez rowków przy prędkości ok. 7 m/s i dużych naciskach. Widoczny jest strumień iskier, swobodnie opuszczający powierzchnię cierną wstawki. Rysunek 9 przedstawia próbę iskrzenia wstawki 2 z rozbieżnymi rowkami typu V przy bardzo dużych naciskach i tej samej prędkości ok. 7 m/s. Można zauważyć charakterystyczny 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, poza obszarem wstawki nie obserwuje się iskier.



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



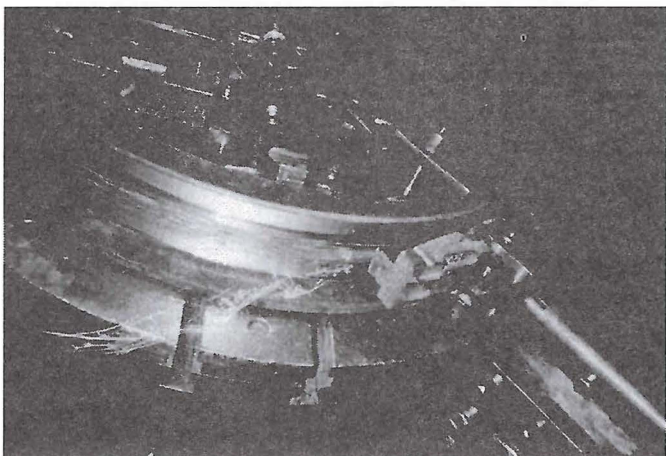
Rys. 6. Przebieg nagrzewania wstawek przy trzech próbach symulowania hamowania koła dla różnych nacisków p i różnej prędkości obwodowej V



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



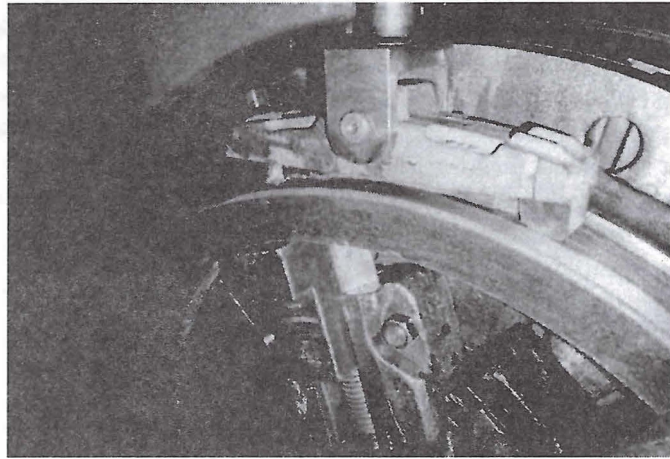
Rys. 8. Próba iskrzenia wstawki 1 (gładkiej bez rowków) przy prędkości $V_3 = 6,89 \text{ m/s}$ i dużych naciskach $p_{13} = 219,1 \text{ N/cm}^2$. Widoczny intensywny snop iskier, opuszczający swobodnie wstawkę



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

5. WNIOSKI

1. Żeliwne wstawki do klocków hamulcowych o zawartości fosforu 1÷1,5 % mają wyraźną tendencję do iskrzenia w procesie hamowania. Proces tworzenia się iskier jest tym intensywniejszy, im większa jest jednostkowa moc pod-



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 $N_3 = 870 \text{ W/cm}^2$

czas hamowania oraz im wyższe są temperatury wstawki i koła.

2. Przyczyną iskrzenia wstawek z żeliwa o zawartości fosforu 1÷1,5 % w czasie hamowania jest ciągła, nieprzerwana powierzchnia cierna wstawki, która uniemożliwia wychwytywanie i gaszenie palących się cząstek startego metalu.
3. Rozwiązaniem, które może przyczynić się do zmniejszenia lub nawet całkowitego wygaszania powstającego strumienia iskier są rowki, wykonywane na powierzchni czarnej. Rowki dzieląc tę powierzchnię na kilka części przerywają proces tworzenia się iskier, a zaistniałe wychwytyują i wygaszają.
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. Ponadto 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 cierne 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: Kłosek 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 klipy kłosek hamulcowych. Wymagania ogólne i badania. Wyd. Normalizacyjne, Warszawa 1992
- [11] Prospekt ZNTK Bydgoszcz: Nieiskrzące wstawki kłosek 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 kłosek 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 kłosekowych. *Praca nauk.-bad. o symbolu NB-159/RM 10/97* Instytut Transportu Pol.Śl. Katowice 1997 (niepublikowana)
- [16] Chmurawa M., Markusik SD., Pypno Cz.: Nieiskrzące wstawki hamulcowe z żeliwa fosforowego do pojazdów szynowych. *Zeszyty Naukowe Pol.Śl. s. Transport, Z. 33*, Gliwice 1998
-