

Impact wheelsets with axle-boxes on the operating safety of wagons

The article presents the problem of wheelsets with axle-boxes on the operating safety. Special attention is paid to the use of old-useful parts, as axles, bearings, axle - boxes, tired wheels, monobloc wheels. From the existing operational practice it appears that the old-useful parts are often used in the operating rolling stock. These parts can come from the scraped wagons and as selected are used in the repairs of freight wagons. This article is taken on the position if qualifying all the elements of wheelset with axle-boxes is justified.

Wpływ omażnicowanych zestawów kołowych na bezpieczeństwo eksploatacyjne wagonów towarowych

W artykule przedstawiono problem omażnicowanych zestawów kołowych na bezpieczeństwo eksploatacyjne. Zwrócono szczególną uwagę na wykorzystanie części starożytecznych, jak osie, łożyska, maźnice, koła obręczowane, koła monoblokowe. Z dotychczasowej praktyki eksploatacyjnej wynika, że części starożyteczne są bardzo często wykorzystywane w kursującym taborze. Części te mogą pochodzić z kasowanych wagonów towarowych i jako wyselekcjonowane są stosowane w naprawach wagonów towarowych. W niniejszym artykule zajęto stanowisko, czy kwalifikowanie wszystkich elementów omażnicowanego zestawu kołowego jest zasadne.

1. WSTĘP

Przez zestaw kołowy „omażnicowany” rozumie się zestaw kołowy, wyposażony z obu stron w zamontowane maźnice. Aby zapewnić maksymalną dyspozycyjność (bezawaryjność) omażnicowanego zestawu kołowego, należy zagwarantować prawidłowy:

- stan techniczny wszystkich części
- montaż wszystkich części
- kontrolę jakości montażu.

Jednym z istotnych kierunków rozwojowych jest zapewnienie bezobsługowości poszczególnych komponentów.

Jest to ogólna tendencja związana z interoperacyjnością, zmierzająca do:

- zwiększenia dyspozycyjności poszczególnych części
- zwiększenia niezawodności poszczególnych części
- budowy modułowej podzespołów, zespołów i pojazdów
- kompaktowości (zwartości) budowy, przy utrzymaniu wysokich parametrów wytrzymałościowych
- zwiększenia trwałości poszczególnych części
- zmniejszenia kosztów utrzymania LCC (ang. „Life Cycle Cost”), poprzez zmniejszenie konserwacji i napraw pojazdu

1. INTRODUCTION

Wheelset "with axle-boxes" means a wheelset equipped on both sides with the mounted axle boxes. To ensure the maximum availability (without failure) of the wheelset with axle-boxes it must be guaranteed the correct:

- technical condition of all parts
- assembly of all parts
- control of assembly quality.

One of the important directions of development is to provide a maintenance-free of the individual components.

It is a general trend connected with interoperability, aiming to:

- increase the availability of individual parts
- increase the reliability of individual parts
- modular construction of subassemblies, assemblies and vehicles
- compactness of construction with maintaining high strength parameters
- increase durability of the individual parts
- reduce the maintenance costs LCC by reduction of maintenance and repairs of the vehicle
- aspire to ultralight construction
- reduce the non-suspension masses and rigid impact of the vehicle on track

- dążenie do ultralekkich konstrukcji
- zmniejszenie mas nieusprężynowanych i sztywnego oddziaływania pojazdu na tor
- zmniejszenie emisji hałasu do środowiska naturalnego,
- substancje, emitowane do środowiska naturalnego powinny spełniać wymagania ekologii.

Ww. wymagania są trudne do spełnienia i wynikają z jednej strony ze współczesnego rynku przewozowego, a z drugiej z konieczności ochrony środowiska naturalnego. Omaźnicowany zestaw kołowy należy do części nieusprężynowanych, bezpośrednio oddziałujących na tor. Jednocześnie układ koło-szyrna należy do najbardziej obciążonych w całym kolejnictwie. Biorąc pod uwagę ekonomikę pojazdu we współczesnym rynku przewozowym występuje tendencja zwiększenia przebiegu kilometrowego, wynikająca z bieżących potrzeb przewozowych oraz maksymalnego wykorzystania części oraz podzespołów. W przypadku ich zużycia szuka się możliwości zagospodarowania części staroużytecznych. Do części staroużytecznych można zakwalifikować w rozpatrywanym przypadku:

- osie zestawów kołowych
- korpusy maźnic
- łożyska toczne
- pierścienie oporowe
- pierścienie dociskowe
- pokrywy przednie
- pierścienie dystansowe.

Zagospodarowanie osi staro-użytecznych zostało przedstawione w [1]. Omówienie pozostałych części zostanie przedstawione w niniejszym opracowaniu, ze szczególnym zwróceniem uwagi na łożyska toczne.

W przypadku nowych zestawów kołowych, zmontowanych pod zabudowę pod pojazd szynowy powinny one spełniać następujące przepisy:

- skrajni wg karty UIC 505-1 [3],
- karty UIC 510-2 [5], karty UIC 510-5[6], PN-EN 13262+A2:2011[15], PN-EN 13715+A1:2011[16], PN-EN 13979-1+A2:2011[17] w zakresie wykonania, odbiorów, wymiarów i homologacji kół,
- PN-EN 13261+A1:2011 [14], PN-EN 13103+A2:2012 [11], PN-EN13104+A2:2013 [12] w zakresie projektowania, wykonania i odbiorów osi zestawów kołowych pojazdów tocznych i napędnych,
- karty UIC 813 [7] oraz PN-EN 13260+A1:2011 [13] w zakresie montażu zestawu kołowego
- PN-EN 15313:2016 [18] w zakresie eksploatacji.

W przypadku zmniejszenia emisji hałasu przepisy obligują do stosowania wstawek typu K (dla nowo produkowanych wagonów towarowych) oraz LL (dla już eksploatowanych wagonów towarowych), zamiast

- reduce the noise emissions to the environment,
- substances emitted to the environment should meet the requirements of ecology.

The above mentioned requirements are difficult to be met and they result on the one hand from the modern transport market and on the other from the need to protect the environment. The wheelset with axle-boxes belong to the non-suspension parts, directly affecting the track. At the same time the wheel-rail system is one of the most loaded in the whole railway. Taking into consideration the economics of a vehicle in today's transport market there is a tendency to increase kilometer distance, resulting from the current transportation needs and maximum the using of parts and sub-assemblies. In the case of their wear the possibilities of using the old-useful parts are looked for. In this case it can be qualified to the old-useful parts:

- wheelset's axles
- axle-boxes body
- roller bearings
- thrust rings
- pressure rings
- front cover
- distance rings.

Adaptation of old- useful axles is presented in [1]. Discussion of the remaining parts will be presented in this report, with particular attention to the roller bearings.

For the new wheelsets assembled for building-in under the rail vehicle, they should comply with the following regulations:

- gauge according to UIC 505-1 leaflet [3],
- UIC 510-2 [5], UIC 510-5[6], PN-EN 13262+A2:2011[15], PN-EN 13715+A1:2011[16], PN-EN 13979-1+A2:2011[17] in the implementation, acceptance, dimensions and approval of wheels,
- PN-EN 13261+A1:2011 [14], PN-EN 13103+A2:2012 [11], PN-EN13104+A2:2013 [12] in the design, execution and acceptance of wheelsets axles of rolling and driving vehicles,
- UIC 813 [7] and PN-EN 13260+A1:2011 [13] in the installation of a wheelset,
- PN-EN 15313:2016 [18] in the operation.

In the case of reducing the noise emission the regulations oblige the use of K-type brake shoe (for the newly produced goods wagons) and LL (for freight wagons already in operation), instead of the previously used brake shoes from the phosphorus cast iron according to UIC 832 [8].

2. AXLE - BOX

The axle - box of standard bogie of type Y25 of freight wagon consists of the following elements :

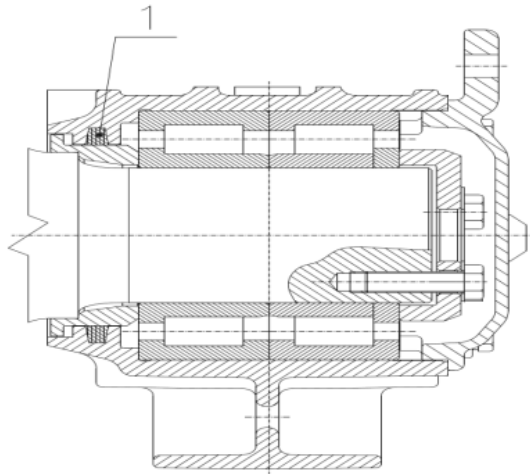
dotychczas stosowanych wstawek z żeliwa fosforowego wg karty UIC 832 [8].

2. MAŻNICA

Mażnica wózka standardowego typu Y25 wagonu towarowego składa się z następujących elementów:

- z korpusu mażnicy z przyspawanymi płytkami kategorii E wg karty UIC 893 [9] oraz z przyspawanymi przewodnikami sprężyn
- z pierścienia oporowego, osadzonego na przedpiaściu
- z łożysk walcowych NJ+NJP lub WJ+WJP
- pierścienia dociskowego, mocowanego do osi za pomocą śrub
- pokrywy przedniej.

Fragm. omażnicowanego zestawu kołowego jest przedstawiony w dwóch wersjach na rys. 1 i rys.2.

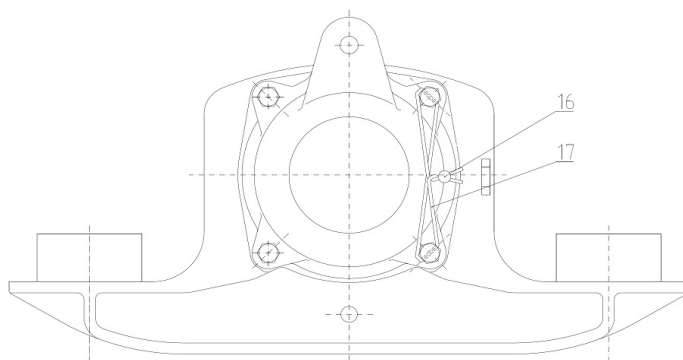


1- pierścień filcowy

Rys.1. Mażnica wózka Y25 z uszczelnieniem za pomocą pierścienia filcowego

1- felt ring

Fig. 1. Axle-box of bogie Y25 with sealing with felt ring



Legenda/ Legend:

1- pierścień oporowy (labiryntowy) /thrust ring (labyrinth); 2,3- korpus mażnicy w dwóch wariantach wykonawczych /axle-box body in two executive variants; 6,7-łożysko walcowe WJ+WJP130×240TVP (wariant I) /cylindrical bearing WJ+WJP130×240TVP (variant I); 8,9- łożysko walcowe NJ+NJPGMC4 (wariant II) /cylindrical bearing NJ+NJPGMC4 (variant II); 10,11- pokrywa przednia (wariant I i wariant II) /front cover (variant I and variant II); 13- pierścień przedni /front ring; 14- podkładka zabezpieczająca /lock washer; 15- śruba mocująca /fastening screw; 16- plomba /seal; 17- drut stalowy /steel wire

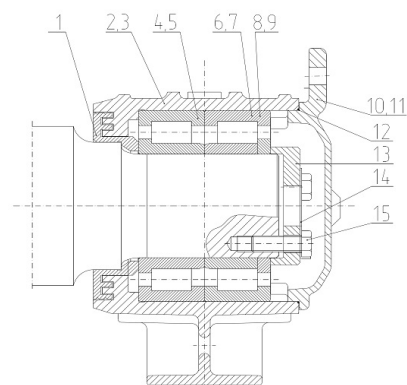
Rys.2. Mażnica wózka Y25 z uszczelnieniem za pomocą pierścienia labiryntowego

Fig.2. Axle-box of bogie Y25 with sealing with labyrinth ring

- the axle - box body with the welded plates of category E according to the UIC 893 [9] and with the welded spring guides
- thrust ring, mounted on the wheel seat
- cylindrical bearings NJ+NJP or WJ+WJP
- pressure rings mounted to the axle with screws
- front cover.

Part of the wheelset with axle-box is presented in two versions Fig.1 and Fig. 2.

From the comparison of both variants of an axle - box with a felt ring, and with the labyrinth ring it can be clearly assessed that the solution with the labyrinth ring is safer in terms of operation. The previous operating practice has shown that the selected connection did not meet the requirements, especially within the correct sealing against leakage of grease outside. The axle depending on the wagon speed i.e. 100 km/h (it is loaded) and 120 km/h when it is empty shows the rotational speed respectively 9.61 revolutions per second (576.6 rpm) and 11,53 rotations per second (692 rpm). The condition of effectiveness of this kind of sealing is, inter alia, the correct mounting in the groove of the axle - box, so that the contact surface of the ring in the axle-box body would made impossible the rotation of the ring with the axle of the wheelset. In fact, the common rotational movement occurred with the axle of a wheelset. It caused the gradual wearing of the mounting groove in the axle - box body, and also the gradual damage of the felt ring. The grease leakage gradually increased as ring was damaged, and also the groove in the body of the axle – box was damaged that it was difficult to repair. This solution was accepted as a standard in preparation of documentation ORE/ERRI for bogies of type Y25.



Z porównania obydwu wariantów maźnicy z pierścieniem filcowym oraz z pierścieniem labiryntowym można jednoznacznie ocenić, że rozwiązanie z pierścieniem labiryntowym jest bezpieczniejsze pod względem eksploatacyjnym. Jak wykazała dotychczasowa praktyka eksploatacyjna dobrze połączenie nie spełniało wymagań, zwłaszcza w zakresie prawidłowego uszczelnienia przed wyciekami smaru na zewnątrz. Oś w zależności od prędkości wagonu tzn. 100 km/h (w stanie ładownym) oraz 120 km/h w stanie próżnym wykazuje prędkość obrotową odpowiednio 9,61 obrotów na sekundę (576,6 obrotów na minutę) oraz 11,53 obrotów na sekundę (692 obroty na minutę). Warunkiem skuteczności tego rodzaju uszczelniania jest między innymi prawidłowe osadzenie w rowku maźnicy, tak aby powierzchnie osadzone pierścienia w korpusie maźnicy uniemożliwiały obrót pierścienia wraz z osią zestawu kołowego. W rzeczywistości dochodziło do wspólnego ruchu obrotowego wraz z osią zestawu kołowego. Powodowało to stopniowe wycieranie rowka montażowego w korpusie maźnicy, a zarazem stopniowe niszczenie pierścienia filcowego. Wyciek smaru stopniowo powiększał się w miarę stopnia zniszczenia pierścienia, a zarazem niszczony był również rowek w korpusie maźnicy, który trudno było naprawić. Rozwiązanie to było przyjęte jako standardowe w ramach opracowania dokumentacji ORE/ERRI dla wózków typu Y25.

Znacznie skuteczniejszym rozwiązaniem jest uszczelnienie labiryntowe, przedstawione na rys.2. Uszczelnienie to wymaga większej precyzyjności, związanej z dokładnością wzajemnego dopasowania części. Zrealizowany „kanalik labiryntowy” stanowi skuteczną barierę przed wyciekami smaru łożyskowego na zewnątrz.

Wyciek smaru stanowi zagrożenie dla prawidłowej pracy łożysk, które przy jego stopniowym ubytku wykazują pracę z coraz większym obciążeniem tarciami (o dużych współczynnikach tarcia).

W wyniku tego:

- zwiększają się luzy poprzeczne oraz promieniowe
- zwiększa się temperatura łożysk
- zwiększa się „ubytek” smaru
- zwiększa się zagrożenia „zatarcia” łożysk, a w konsekwencji możliwość urwania czopa osi zestawu kołowego.

3. ŁOŻYSKA OSIOWE

Najczęściej stosowanymi łożyskami w krajowych wagonach towarowych, które są obecnie eksploatowane są łożyska walcowe NJ+NJP130×240GMC4 wg BN-71/1131-07[20]. Ich podstawową zaletą jest łatwość montażu oraz demontażu. Łożyska te bardzo często wyprodukowane przed 1989 rokiem, przez Poznańską Fabrykę Łożysk Tocznych (PFLT). W wielu przypadkach dokonuje się podczas procesów

The much more effective solution is a labyrinth sealing presented in Figure 2. This sealing requires more labour consumption related to the accuracy mutual matching of the parts. The realized "labyrinth channel" is an effective barrier against the leakage of bearing grease outside.

The grease leakage is a risk for the correct operation of the bearings which at its gradual loss shows the work with the more and more increasing load of friction (with high coefficients of friction).

As a result of it:

- lateral and radial clearances increase
- bearing temperature increases
- the "loss" of grease increases
- the risk of "seizing" of bearings and consequently the possibility of wrenching off the pivot of wheelset axle increases.

3. AXLE BEARINGS

The most often used bearings in the national freight wagons, which are being operated, are cylindrical roller bearings NJ+NJP130×240GMC4 under BN-71/1131-07[20]. Their basic advantage is the ease of assembly and disassembly. These bearings are very often produced before 1989. by the Poznan Factory of Roller Bearings (PFLT). In many cases, it is carried out the processes of repair of bearings made of selected elements of different production date and recognized as a further useful technical terms. In this way, a combined bearing arrangement is made. It is paid attention to the fact that the bearing arrangement is not subject to any guarantee of the former producer. This assembly, or selection of elements is not covered by the approved instructions by the institutions authorized to do it. Besides "economic" respects the installation of these bearings is risky technically.

Qualifying even the different supporting parts of the bearings as the inner rings, the outside rings, rollers, it is not taken into account the criteria that can decide about the usefulness of the completed bearing (bearing set). Although the elements may be classified on the basis of the dimensions, tolerances, deviations of shape and position which are shown in the design documentation, the classification based on the load cycles, that is the static, fatigue and impact forces that act on the bearing elements, they are not to be reconstructed. If the bearing elements are not qualified taking into account the internal and external defects that may occur in the structure and on the surface of the material, then the assessment of the suitability of the individual parts may be problematic. It should be used the ultrasound tests (internal defects) and magnetoscopic tests (external defects). Roughness tests of the above mentioned parts should be carried out by means of electronic meters of roughness measuring all parameters simultaneously, i.e. Ra (average deviation from the medium line profile) Rz (average height of

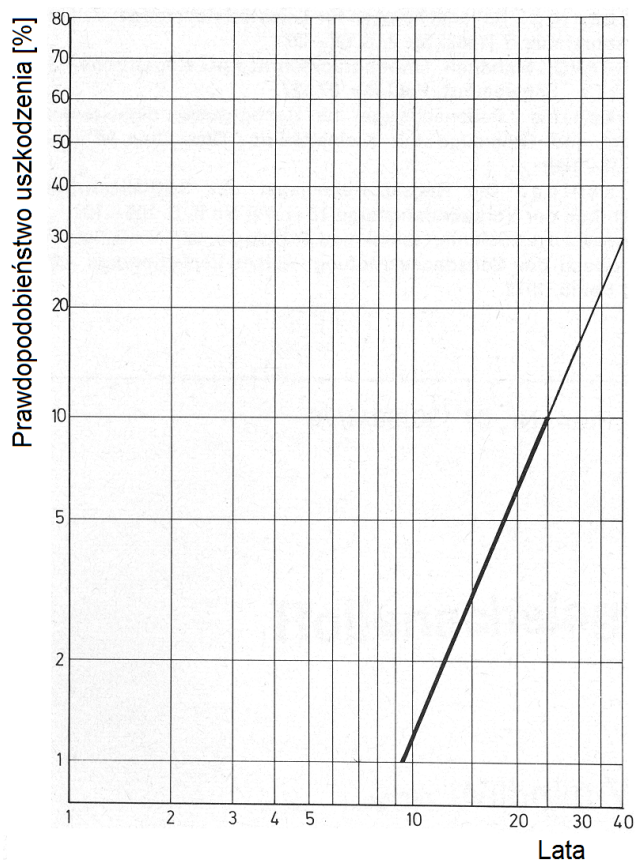
naprawczych łożysk złożonych z wybranych elementów, o różnej dacie produkcji i uznane jako dalej przydatne pod względem technicznym. W ten sposób powstaje kombinowany układ łożyskowy. Zwraca się uwagę na fakt, że taki układ łożyskowy nie jest objęty żadną gwarancją byłego producenta. Montaż ten, ani dobór elementów nie jest objęty zatwierdzoną instrukcją przez instytucje do tego uprawnione. Poza względami „ekonomicznymi” montaż takich łożysk jest ryzykowny technicznie.

Kwalifikując chociażby poszczególne części nośne łożysk jak pierścienie wewnętrzne, pierścienie zewnętrzne, wałeczki nie bierze się pod uwagę kryteriów, które mogą decydować o użyteczności komplectowanego łożyska (kompletu łożyskowego). O ile elementy mogą być kwalifikowane w oparciu o wymiary, tolerancje, odchyłki kształtu i położenia, które są przedstawione w dokumentacji konstrukcyjnej, to kwalifikacja w oparciu o cykle obciążeniowe, a więc siły statyczne, siły zmęczeniowe i siły uderowe, które działały na elementy łożysk są nie do odtworzenia. Jeśli nie kwalifikuje się elementów łożysk biorąc pod uwagę wady wewnętrzne oraz zewnętrzne, które mogły się pojawić w strukturze oraz na powierzchni materiału to wówczas ocena przydatności poszczególnych części może być problematyczna. Należałoby korzystać z badań ultradźwiękowych (wady wewnętrzne) oraz z badań magnetoskopowych (wady zewnętrzne). Badania chropowatości ww. części powinny być wykonywane przy pomocy elektronicznych mierników chropowatości, mierząc jednocześnie wszystkie parametry tzn. R_a (średnie odchylenie od profilu linii średniej), R_z (średnia wysokość nierówności), R_t (maksymalna głębokość zarysu profilu na długości odcinka elementarnego). Chropowatość powinna być zgodna z dokumentacją konstrukcyjną poszczególnych elementów łożysk, gdyż jest ona decydującym parametrem o wytrzymałości zmęczeniowej. Powyższe wątpliwości są uzasadnione dopuszczalną trwałością łożysk.

Jak wynika z przeprowadzonej analizy, wraz z większym wiekiem łożyska przy utrzymaniu przebiegu kilometrowego rocznego na tym samym poziomie lub większym, rośnie ryzyko utraty funkcji obrotowej łożysk. Jak wynika z wykresu, zamieszczonego na rys.24, prawdopodobieństwo uszkodzenia dla łożysk będących w 40 letniej eksploatacji wynosi już 30%. Wykres zamieszczony na rys.3 jest podstawą do tego, aby stwierdzić, że jazda wagonem z bardzo starymi łożyskami jest bardzo ryzykowna.

Karta UIC 510-1 [4] podaje żywotności łożysk wózków wagonów towarowych zgodnie z tablicą 1. Przebieg roczny przy pełnym obciążeniu, podany w karcie UIC 510-1 [4] jest bardzo zbliżony do podanego w publikacji firmy FAG, który wynosi 25000 ÷ 50 000 km. Wagony towarowe w normalnej eksploatacji komercyjnej są używane 4÷8% w całkowitej eksploatacji rocznej w stosunku do lokomotyw liniowych.

roughness), R_t (maximum depth of profile outline on length of the elementary section). Roughness should be compatible with construction documentation of individual bearing elements, because it is a decisive parameter for the fatigue strength. These doubts are justified by the acceptable stability of bearings.



Rys.3. Prawdopodobieństwo uszkodzenia łożysk walcowych w wagonach towarowych (siatka Weibulla) wg [2]

Fig.3. The probability of damage of cylindrical bearings in freight wagons (Weibull's net) according to [2]

As appears from the analysis, along with a bigger age of bearing while maintaining the annual kilometer mileage at the same level or higher, the risk of loss of rotational function of bearings increases. As the graph shows, placed in Fig.24, the probability of damage for the bearings, that are 40 years of operation, is 30%. The graph included in Figure 3 is the basis for this to find that riding with the wagon with a very old bearings is very risky.

UIC 510-1 [4] gives the bearings life of freight wagons bogies according to Table 1.

Annual mileage with the full load, given in UIC 510-1 [4] is very similar to that given in the publication of the FAG company, which is 25000 ÷ 50 000 km. Freight wagons in normal commercial operation are used 4÷8% of the total annual operation in relation to the regular service locomotives. It can be assumed that the kilometer mileage of freight wagons after 40 years is 1÷2 million kilometers. The publications of bearing companies confirm the average life of cylindrical bearings given in Table 1. From the data given in Table 1

Można zakładać, że przebieg kilometrowy wagonów towarowych po 40 latach wynosi 1÷2 milionów kilometrów. Publikacje firm łożyskowych potwierdzają średnią żywotność łożysk walcowych, podanych w tablicy 1. Z podanych danych w tablicy 1 oraz z wykresu zamieszczonego na rys.3 wynika, że ryzyko awaryjności łożysk w pierwszym etapie użytkowania tzn. 4 do 5 lat jest niewielkie.

Ryzyko uszkodzenia łożysk wzrasta jeżeli:

1. wydłuża się okresy konserwacyjne przy zachowaniu przebiegów w zakresie 25 000 ÷ 40 000 km (patrz tablica 1)
2. uszczelnienie nie spełnia swojej funkcji
3. działanie uszczelnienia spada wraz z upływem czasu.

Należy zaznaczyć, że kwalifikacja łożysk tylko na podstawie ich szeroko pojętej geometrii (wymiary, odchyłki wymiarów, odchyłki kształtu i położenia) oraz chropowatości i luzów montażowych są kryteriami oceny stanu technicznego, ale nie jedynymi, decydującymi o bezpieczeństwie eksploatacyjnym, dyspozycyjności, trwałości oraz zapewnieniu trwałości w trudnych warunkach eksploatacyjnych.

Pewnym zabiegiem konstrukcyjno – technologicznym, który można zaakceptować pod względem technicznym jest wymiana koszyków mosiężnych na koszyki poliamidowe, przy zachowaniu pozostałych części, jeśli ich stan techniczny nie budzi zastrzeżeń.

Jak wykazuje dotychczasowa praktyka eksploatacyjna w warunkach dobrego smarowania łożysk koszyki metalowe i wykonane z tworzyw sztucznych należy oceniać jednakowo. Gdy jednak pogorszenie warunków smarowania powoduje uszkodzenie łożyska, przewagę wykazują tworzywa sztuczne ze względu na swoje własności przeciwcierne i możliwość pracy w warunkach awaryjnych.

Zalety koszyków poliamidowych sprowadzają się do:

- wyraźnie wyższości koszyków z tworzyw sztucznych, gdy temperatura pracy łożysk przekraczała 120°C a więc w sytuacji gdy własności poślizgowe i odporności na warunki awaryjne decydują o przydatności materiału,
- krótkotrwałe zmiany prędkości obrotowej powodują między innymi przyspieszenia i opóźnienia części tocznych łożyska wraz z koszykiem co sprawia, że między innymi i bieżniami występuje poślizg, który jest tym większy im większa jest masa części tocznych i koszyka; dlatego w takich warunkach korzystne są lekkie koszyki,
- gęstość tworzyw termoplastycznych, które stosuje się do wyrobu koszyków wynosi tylko około 15% gęstości stali lub mosiądzu; większa elastyczność tworzyw sztucznych stanowi dodatkową zaletę, ujawniającą się podczas uderzeń części tocznych o koszyk; moduł sprężystości koszyków z tworzyw termoplastycznych zależy od stopnia wypełnienia tworzywa i zawartości wilgoci; waha się od 0,01 do 0,1 wartości modułu sprężystości stali lub mosiądzu,

and the graph in Figure 3 it appears that the risk of bearing failure in the first stage of use i.e. 4 to 5 years is low.

The risk of bearing damage increases if:

1. maintenance intervals are extended with maintaining the mileages in the range of 25 000 ÷ 40 000 km (see Table 1)
2. Sealing does not fulfill its function
3. Sealing performance decreases with time.

Zestawienie żywotności łożysk walcowych wózków wagonów towarowych zgodnie z kartą UIC 510-1 [5] Tablica 1
List of cylindrical bearings life of freight wagons bogies under the UIC 510-1 [5] Table 1

Cecha/Characteristic	Jednostki/Units	Wartości parametrów/Parameter values	
Maksymalny nacisk zestawu kołowego na tor/ Maximum pressure of the wheelset on the track	kN (t)	196,2kN	220,725kN
		20 t	22,5t
Maksymalna prędkość/Maximum speed	km/h	120	100
Przebieg wagonu bez przerwy przy prędkości 120 km/h/ Mileage of the wagon without the stop at a speed of 120 km/h	km	300	
Przebieg roczny wagonu przy pełnym obciążeniu/ Annual mileage of wagon with full load	km	40 000	
Temperatura minimalna/ Minimum temperature	°C	-20	
Żywotność dla 75% łożysk/ Life for 75% bearings	lata	40	
Żywotność dla 90 % łożysk/ Life for 90 % bearings	lata	20	

It should be noted that the classification of bearings only on the basis of their wide understood geometry (dimensions, deviations of dimensions, deviations of form and position) and the roughness and assembly clearances are the criteria for evaluation of the technical condition, but not the only decisive about the operating safety, availability, durability and ensuring the durability in the difficult conditions.

Some constructional and technological effort, which can be accepted in technical respect, is replacement of brass cages with polyamide cages with remaining all other parts, if their technical condition is satisfactory.

As the previous operating experience demonstrates in conditions of good lubrication of bearings, the metal and made of plastic cages should be assessed equally. However, when the deterioration of lubrication conditions causes damage of the bearings, the advantage

- specjalne wymagania co do kształtu koszyków mogą być spełnione znacznie łatwiej, gdy formuje się je metodą wtryskiwania do formy niż gdy są tłoczone z blachy na prasie lub obrabiane z pierścieni metalowych; dotyczy to kształtowania kieszeni smarowych jak i powierzchni osadzania elementów sprężystych, służących np. do utrzymania części tocznych w koszyku, jak i do ograniczenia przesuwów koszyka względem pierścieni łożyska.

Z pewnością zastosowanie łożysk z koszykiem poliamidowym prowadzi do zmniejszenia masy łożyska (zespołu łożysk), o czym świadczy porównanie odpowiednich mas zespołu łożyskowego WJ+WJP 130×240×80 (z koszykiem mosiężnym) oraz WJ+WJP 130×240×80-TVP (z koszykiem poliamidowym), co przedstawia tablica 2.

Analizując tabelę 2 można wyciągnąć wniosek, że nieznaczna zmiana konstrukcyjna w układzie łożyskowym polegająca na wprowadzeniu koszyków poliamidowych, skutkuje zmniejszeniem masy własnej o 22,4 kg w skali wagonu. Zmniejszenie masy własnej odbywa się w obrębie mas nieusprężynowanych, a więc redukuje „szkodliwe oddziaływanie” na tor. Zabieg ten pozwala jednocześnie na zwiększenie ładowności wagonu.

W przypadku wymiany koszyków mosiężnych (stalowych) na koszyki poliamidowe w dotychczas używanych łożyskach:

- NJ+NJP 120×240×80
- WJ+WJP 130×240×80
- NJ+NJP 120×240×80
- WJ+WJP 130×240×80

należy opracować specjalne procedury, kwalifikujące poszczególne części do montażu.

Kolejnym zagadnieniem, który wiąże się z bezpieczeństwem omaźnicowanego zestawu kołowego jest profesjonalny montaż i demontaż łożysk walcowych. W przypadku łożysk walcowych zalecany jest montaż i demontaż na gorąco za pomocą cewek. Taki montaż i demontaż gwarantuje uniknięcie zniszczeń na powierzchni czopa osi. W przypadku zniszczeń, warstwy wierzchniej, w postaci mikropęknięć, zadziórów itd. należy przetoczyć średnicę zewnętrzną czopa osi na mniejszą tzn. w przypadku osi z czopem 120p6 na średnicę naprawczą o wartości 118p6 i 119 p6, a średnicę 130p6 na średnicę naprawcze odpowiednio o wartościach 128p6 i 129p6.

shows the plastics ones because of their anti-friction properties and the ability to work under emergency conditions.

Advantages of the polyamide cages come down to:

- clearly superiority of plastic cages when the temperature of bearings operation exceeded 120°C, so when the slip and resistance properties for the emergency conditions decide on the usefulness of the material,
- short-term changes in rotational speed cause, inter alia, the accelerations and decelerations of the rolling parts of bearing with a cage which makes that between races there is the slip, which is the greater, the bigger is the mass of rolling parts and the cage; therefore, in these conditions the light cages are advantageous,
- density of thermoplastic materials which are used for the production of cages is only about 15% of the density of steel or brass; the greater flexibility of plastics is an additional advantage which shows during beats of the rolling parts on the cage; the elasticity modulus of thermoplastic cages depends on the degree of materials filling and moisture content; it fluctuates from 0.01 to 0.1 of the elasticity modulus of steel or brass,
- special requirements for the shape of the cages can be met more easily if they are formed by injection method to form than when they are pressed from the metal sheet or treated from the metal rings; it concerns forming a lubricating pockets and the surfaces of spring elements fastening serving e.g. to remain the rolling parts in the cage and to limit the travelling of the cage relative to the bearing rings.

Certainly, the use of bearings with polyamide cage leads to a reduction of bearing weight (bearing unit), as evidenced by comparing the appropriate mass of bearing unit WJ+WJP130×240×80 (with brass cage) and WJ+WJP 130×240×80-TVP (with polyamide cage), as shown in Table 2.

Analyzing the table 2 it can be drawn a conclusion that a slight change in the design in the bearing system consisting in introduction of polyamide cages, it results in reduction of the own weight by 22,4 kg on a scale of wagon. Reducing the own weight is carried out within the non-suspension masses, thus it reduces

Bilans masowy porównawczy łożysk walcowych z koszykiem mosiężnym oraz z koszykiem poliamidowym
Comparative weight balance of the cylindrical bearings with brass cage and polyamide cage

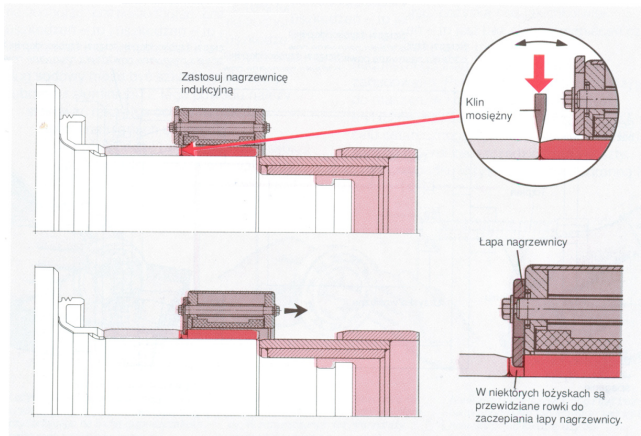
Table 2 Tablica 2

Bilans masowy/ Weight balance [kg]				
Masa/Weight	Zespołu łożyskowego/ Bearing unit	Przy zestawie kołowym/ At wheelset	W układzie bieżym/ In running gear system	W układzie wagonu/ In wagon system
WJ+WJP	32,8	65,6	131,2	262,4
WJ+WJP TVP	30	60	120	240

Wówczas należy wymienić odpowiednio pierścieni i łożyska mają następujące oznaczenia:

- NJ+NJP 118×240×80
- NJ+NJP 119×240×80
- WJ+WJP 118×240×80
- WJ+WJP 119×240×80
- NJ+NJP 128×240×80
- NJ+NJP 129×240×80
- WJ+WJP 128×240×80
- WJ+WJP 129×240×80.

Przykład montażu i demontażu pierścieni wewnętrznych łożysk metodą na gorąco przedstawiono na rys.4.



Rys.4. Montaż pierścieni wewnętrznych łożysk walcowych na czop osi zestawu kołowego wg [21]

Fig.4. Assembling of the inner rings of cylindrical bearings on the axle pivot of the wheelset according to [21]

4. SMAR UŻYWANY DO ŁOŻYSK

Smar używany do smarowania łożysk w układzie biegowym wagonów towarowych jest istotnym elementem konstrukcyjnym, gwarantującym obliczeniową nośność oraz trwałość łożysk oraz poszczególnych ich elementów. Obecnie w wózkach wagonów towarowych w kraju jest używany smar plastyczny, litowo-wapniowy (zagęszczony mydlami litowo-wapniowymi) ŁT43 o klasie konsystencji 3 wg PN-72/C-96134 [19]. Smar ten, o barwie brunatnej jest przeznaczony do pracy w zakresie temperatur $-30^{\circ}\text{C} \div 120^{\circ}\text{C}$.

Z kolei kolej niemiecka DB opracowała wysokowydajny smar Alwania 2760 DB, który ma uniwersalne zastosowanie w wagonach towarowych, osobowych i pojazdach trakcyjnych. Smar Alwania 2760 DB jest nieznacznie zmodyfikowaną wersją smaru Shell Alwania 2760 B, który jest stosowany do pojazdów wysokich prędkości 200 km/h w takich krajach jak Francja, Belgia, Holandia i Hiszpania. Smar Shell Alwania 2760 DB odpowiada europejskiej specyfikacji smarów wg PN-EN 12081+A1:2011, klasa a [10]. Smar Shell Alwania DB bazuje na oleju podstawowym oraz zagęszczaczu litowym. Poprzez wyszukane dodatki polepszo odporność na starzenie, zużycie oraz ochronę przed korozją. Shell Alwania nie

"harmful impact" on the track. This treatment can also increase the load capacity of wagon.

In the case of brass cages replacement (steel) for polyamide cages in the hitherto used bearings:

- NJ+NJP 120×240×80
- WJ+WJP 130×240×80
- NJ+NJP 120×240×80
- WJ+WJP 130×240×80

it should be developed the special procedures qualifying the individual parts for assembly.

Another issue, that is connected with the safety of wheelset with axle-box, is a professional assembly and disassembly of cylindrical bearings. For the cylindrical bearings it is recommended the hot assembly and disassembly with using the coils. Such an assembly and disassembly guarantees avoiding damages on the surface of the pivot axle. In the case of damages of the surface layer in the form of microcracks, burrs etc. it should be decreased the outer diameter of the pivot axle to the smaller one i.e. in the case of the axle with pivot of 120p6 to the repair diameter with the value of 118p6 and 119 p6, and diameter of 130p6 to repair diameters of the respectively with the values of 128p6 and 129p6.

Then it should be replaced respectively the rings and the bearings have the following designations:

- NJ+NJP 118×240×80
- NJ+NJP 119×240×80
- WJ+WJP 118×240×80
- WJ+WJP 119×240×80
- NJ+NJP 128×240×80
- NJ+NJP 129×240×80
- WJ+WJP 128×240×80
- WJ+WJP 129×240×80.

Example of assembly and disassembly of the inner rings of bearings with hot method is presented in Fig.4.

4. GREASE USED FOR BEARINGS

The grease used to lubricate the bearings in the running gear system of the freight wagons is an important constructional element that guarantees the computational load capacity and durability of bearings and their individual elements. Currently, in the bogies of freight wagons in the domestic country it is used the plastic, lithium-calcium grease, (thickened with lithium-calcium soaps) ŁT43 with the consistency class of 3 according to PN-72/C-96134 [19]. This grease with the brown color is designed to operation in temperature range $-30^{\circ}\text{C} \div 120^{\circ}\text{C}$.

In turn, the German railway DB developed a high-performance grease Alwania 2760 DB, which has universal application in the freight and passenger wagons, as well as traction vehicles. The grease Alwania 2760 DB is a slightly modified version of the Grease Shell Alwania 2760 B, which is used for vehicles of high speed of 200 km/h in countries such as France, Belgium, the Netherlands and Spain. The

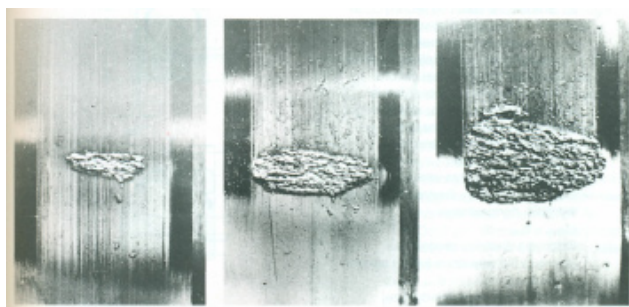
nie zawiera cząstek stałych i cechuje się dużą odpornością na działanie wody. Dzięki bardzo wysokiej mechanicznej stabilności smar Shell Alvania 2760 DB Smary litowe 2760 DB oraz 2760 B o barwie brązowej są przeznaczone do pracy w warunkach $-20^{\circ}\text{C}\div 120^{\circ}\text{C}$. Smar 2760 B może być użyty na okres 600 000 km przebiegu bez konieczności „przesmarowania” (wymiany smaru) w łożyskach maźnic.

5. POCZĄTKI ZMĘCZENIA ŁOŻYSKA

Czas do pojawienia się pierwszych oznak zmęczenia materiału zależy od:

- liczby obrotów przeniesionych przez łożysko
- wielkości obciążenia
- smarowania i czystości środka smarowego

Zmęczenie jest wynikiem naprężeń ścinających (stycznych) występujących bezpośrednio pod powierzchnią przenoszącą obciążenie. Po pewnym czasie naprężenia te powodują pęknięcia, które stopniowo rozprzestrzeniają się w kierunku do powierzchni, gdy elementy przetaczają się poprzez pęknięcia, fragmenty materiału odrywają się. Proces ten nazywany jest łuszczeniem (ang. „spalling”, „flaking”). Łuszczenie wzrasta progresywnie i czyni łożysko niezdolnym do dalszego użytkowania. Przedstawiony opis odnosi się do zmęczenia, które jest zapoczątkowane tuż pod powierzchnią. Początkowe łuszczenie jest często bardzo niewielkie. Jednak wzrastające naprężenia na krawędziach i odłamki, przedostające się do środka smarowego, powodują rozszerzenie się powierzchni złuszczonej. Ten rodzaj uszkodzenia powierzchni jest stosunkowo przewlekłym procesem ujawniającym się poprzez narastający hałas i drgania. Tak więc użytkownik łożyska ma dostatecznie dużo czasu, aby wymienić łożysko zanim ulegnie ono całkowitemu uszkodzeniu. Na fotografii, przedstawionej na rys.5.



Rys.5 . Propagacja łuszczenia powierzchni łożyska wg [21]
Fig. 5. Spalling propagation of the bearing surface according to [21]

Jeśli tworzą się pęknięcia na powierzchni i rozszerzają się w głąb materiału, bliskie jest zagrożenie powierzchni. Każda powierzchnia zawiera mikroskopijne „szczyty” i „włębienia”. Uważa się, że początek zagrożenia ma miejsce wówczas, gdy „szczyty” współpracujących powierzchni stykają się wzajemnie między sobą. Ulegają one dużym odkształceniom plastycznym, inicjującym powstanie pęknięć.

grease Shell Alvania 2760 DB corresponds to the European lubricants specification under PN-EN 12081+ A1:2011, class a [10]. Grease Shell Alvania DB is based on the base oil and lithium thickener. By the special additions the resistance to aging, wear and corrosion protection was improved. Shell Alvania does not contain the particles and is not characterized by the high resistance to water. Thanks to a very high mechanical stability the greases Shell Alvania 2760 DB, lithium grease 2760 DB and 2760 B with brown colour are designed to work in conditions of $-20^{\circ}\text{C}\div 120^{\circ}\text{C}$. The grease 2760 B can be used for a period of 600 000 km of mileage without the need to "lubricate" (replacement of the grease) in the bearings of axle-boxes.

5. BEGINNINGS OF BEARING FATIGUE

The time to the first occurrence of signs of material fatigue depends on:

- number of revolutions transferred by the bearing
- the size of the load
- lubrication and lubricant cleanliness

Fatigue is the result of shear stresses (tangential) occurring immediately under the surface transferring the load. After some time, these stresses cause the cracks which gradually spread toward the surface when the components roll through the cracks, the pieces of material tear out. This process is called spalling. The spalling increases progressively and makes the bearing unfit for further use. The presented description refers to fatigue, which is initiated just below the surface. The initial spalling is often very small. However, the increased stresses at the edges and the chips, penetrating into the lubricant, cause the expansion of the spalling surface. This type of damage of the surface is relatively lengthy process emerging itself by increasing noise and vibration. So the user of bearing has enough time to replace the bearings before it is completely damaged.

If the cracks are formed on the surface and expand deep into the material, it is close the danger of surface. Each surface contains microscopic "peaks" and "hollows". It is believed that the beginning of risk occurs when the "roughness peaks" of cooperating surfaces are in contact among each other. They undergo the large plastic deformations, initiating the formation of cracks. If "lubricating film" has the right thickness in relation to the surface roughness, the probability of danger is small. But if the load exceeds the limit of fatigue load, the material fatigue occurs sooner or later.

6. BEARING LIFE

To avoid any defectiveness or failure of bearings resulting from the fatigue it should be considered the notion of bearing life [21].

Jeśli „film smarny” ma właściwą grubość w stosunku do chropowatości powierzchni, prawdopodobieństwo zagrożenia jest małe. Jeśli jednak obciążenie przekracza granicę obciążenia zmęczeniowego, wystąpi wcześniej czy później zmęczenie materiału.

6. TRWAŁOŚĆ ŁOŻYSKA

Aby uniknąć jakichkolwiek niesprawności lub awarii łożysk, wynikających ze zmęczenia materiału należy rozważyć pojęcie trwałości łożyska [21].

Okazuje się, że jest kilka pojęć trwałości, którymi operuje producent łożysk np. firma SKF.

Trwałość nominalna łożyska tocznego jest zdefiniowana jako liczba obrotów lub liczba godzin roboczych przy danej stałej prędkości obrotowej, którą łożysko zdolne jest przenieść do chwili wystąpienia objawów zmęczenia (łuszczenie, wykruszanie) na jednym z pierścieni lub na elementach tocznych. Nominalna trwałość jest oznaczana jako L_{10} w milionach obrotów, jaką osiągnie lub przekroczy 90% łożysk z dostatecznie dużej grupy quasi-jednakowych łożysk w jednakowych warunkach roboczych.

Trwałość eksploatacyjna łożyska tocznego jest rzeczywistą trwałością osiągniętą przez określone łożysko, zanim stanie się niezdolne do użytku.

Trwałość dokumentacyjna łożyska tocznego jest trwałością określoną przez konstruktora sprzętu i opiera się na hipotetycznych danych dotyczących obciążenia i prędkości przyjętych przez konstruktora.

7. WNIOSKI

Z przedstawionego materiału dotyczącego omażnicowanych zestawów kołowych można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Bezpieczeństwo omażnicowanego zestawu kołowego musi być rozpatrywane w stopniu zależnym od jakości montowanych elementów.
2. Na jakość, bezpieczeństwo i dyspozycyjność zestawu kołowego w stanie zmontowanym poważny wpływ ma trwałość zastosowanych łożysk. **Stosowanie łożysk montowanych z części innych wybrakowanych łożysk jako całości jest problematyczne i nie powinno być dopuszczone do eksploatacji ze względu na duże ryzyko techniczne, związane z prawidłowym procesem kwalifikacji części.** Ryzyko zmęczenia materiału łożysk, ich zatarcia lub wystąpienia innych typów uszkodzeń jest bardzo duże i może zagrażać bezpiecznej eksploatacji.
3. Poważnym problemem jest również prawidłowy dobór smaru, uszczelnień itd. Montaż i demontaż łożysk nie powinien w żadnym wypadku doprowadzać do uszkodzeń czopa osi zestawu kołowego. Zaleca się tutaj zastosowanie technologii podgrzewania indukcyjnego, aby zamontować

It turns out that there are a few notions of life, which are operated by a producer of bearings, for example SKF.

Nominal life of rolling bearing is defined as the number of revolutions or the number of working hours at a constant rotational speed, which is able to be moved by the bearing until the signs of fatigue (spalling, crushing up) on one of the rings or the rolling elements. The nominal life is designated as L_{10} in millions of revolutions, which is achieved or exceeded by 90% of the bearings from a sufficiently large group of quasi-identical bearings in the identical operating conditions.

Operating life of rolling bearing is the real life achieved by the certain bearing, before it becomes unfit for using.

Documentary life of rolling bearing is determined by the producer of equipment and is based on hypothetical data on load and speed adopted by the producer.

7. CONCLUSIONS

From the presented material on wheelset with axle-boxes the following conclusions can be drawn:

1. Safety of the wheelset with axle-box must be considered in the extent dependent on the quality of installed components.
2. The life of used bearings has the large impact on quality, safety and availability of wheelset in the assembled condition. **The use of bearings assembled from parts of other defective bearings as a whole is problematic and it should not be allowed to place in service due to the high technical risks connected with the correct qualification process of the parts.** The risk of bearings material fatigue, their seizure or other types of damages is very much and it can threaten the safe operation.
3. The correct choice of grease, seals etc. is also a serious problem. Assembly and disassembly of bearings should not, in any case, lead to damage of the pivot of the wheelset axle. It is recommended here to use the induction heating technology to assemble or disassemble the inner rings of cylindrical bearings. A similar caution is recommended at the assembling and disassembling the thrust ring, which positions the location of the bearing rings, and thus the whole axle-box.

względnie zdemontować pierścienie wewnętrzne łożysk walcowych. Podobną ostrożność zaleca się przy montażu i demontażu pierścienia oporowego, który pozycjonuje usytuowanie pierścieni łożysk, a tym samym całej maźnicy.

LITERATURA/BIBLIOGRAPHY

- [1] *Sobaś M.: Warunki wprowadzenia do eksploatacji używanych osi pojazdów szynowych trakcyjnych oraz tocznych. Pojazdy Szynowe nr 1/2012.*
- [2] *Völkening W.: Radsatz-Rollenlager. Ein Beitrag zum Stand der Technik. FAG. Kugelfischer Georg Schäfer & Co. Schweinfurt. Publikation Nr. 07 130.*
- [3] *Karta UIC 505-1: Pojazdy kolejowe. Skrajnia pojazdów. 10-te wydanie z maja 2006.*
- [4] *Karta UIC 510-1: Wagony towarowe. Układ biego-wy. Normalizacja. 9-te wydanie ze stycznia 1999*
- [5] *Karta UIC 510-2: Pojazdy doczepne. Warunki do stosowania kół o różnych średnicach w układach biegowych różnego typu. 4-te wydanie z października 2002 oraz kwietnia 2004.*
- [6] *Karta UIC 510-5: Dopuszczenie kół monoblokowych-zastosowany dokument EN 13979-1.2-gie wydanie z maja 2007.*
- [7] *Karta UIC 813: Warunki techniczne na dostawę zestawów kołowych dla taboru trakcyjnego i wagonów. Tolerancje i montaż.*
- [8] *Karta UIC 832: Warunki techniczne dostawy wstawek klocków hamulcowych z żeliwa fosforowego dla pojazdów trakcyjnych i wagonów. 3-cie wydanie, styczeń 2004.*
- [9] *Karta UIC 893: Warunki techniczne dla dostawy blach na płyty prowadnicowe ze stali manganowej .2-gie wydanie, czerwiec 2004.*
- [10] *PN-EN 12081+A1:2011: Kolejnictwo. Maźnice. Smary.*
- [11] *PN-EN 13103+A2:2012: Kolejnictwo. Zestawy kołowe i wózki. Osie zestawów kołowych tocznych. Zasady konstrukcji.*
- [12] *PN-EN 13104+A2:2013: Kolejnictwo. Zestawy kołowe i wózki. Osie zestawów kołowych napędnych. Zasady konstrukcji.*
- [13] *PN-EN 13260+A1: 2011: Kolejnictwo. Zestawy kołowe i wózki. Zestawy kołowe Wymagania dotyczące wyrobu.*
- [14] *PN-EN 13261+A1:2011: Kolejnictwo. Zestawy kołowe i wózki. Osie. Wymagania dotyczące wyrobu.*
- [15] *PN-EN 13262+A2:2011: Kolejnictwo. Zestawy kołowe i wózki. Koła. Wymagania dotyczące wyrobu.*
- [16] *PN-EN 13715+A1:2011: Kolejnictwo. Zestawy kołowe i wózki. Koła. Zewnętrzne zarysy wieńców kół.*
- [17] *PN-EN 13979-1+A2:2011: Kolejnictwo. Zestawy kołowe i wózki. Koła monoblokowe. Procedura dopuszczenia. Część I: Koła kute i walcowane.*
- [18] *PN-EN 15313:2016: Kolejnictwo. Wymagania eksploatacyjne dotyczące obsługi zestawów kołowych. Utrzymanie zestawów kołowych pojazdów w eksploatacji i wyłączonych z eksploatacji*
- [19] *PN-72/C-96134: Przetwory naftowe. Smary plastyczne ŁT ogólnego stosowania do łożysk tocznych*
- [20] *BN-71/1131-07: Łożyska toczne. Łożyska walcowe do osi zestawów kołowych.*
- [21] *SKF. Poradnik Obsługi Technicznej Łożysk. Publikacja 4100 PL.1994.*