

## KRYTERIA TECHNICZNO-EKSPLOATACYJNE W DOBORZE MASZYN DO PROFILOWANIA SZYN<sup>1</sup>

Grzegorz STENCEL  
Instytut Kolejnictwa

W artykule przedstawiono kryteria jakie należy brać pod uwagę w doborze maszyn stosowanych przy utrzymaniu szyn. Opisano maszyny obecnie stosowane w profilowaniu, czyli szlifierki, frezarki i strugarki. Przedstawiono wady, jakie występują na powierzchni tocznej szyn. Scharakteryzowano tryby profilowania stosowane na kolejach europejskich oraz wskazano, które maszyny są stosowane w poszczególnych trybach. Na podstawie własnych pomiarów zaprezentowano korzyści wynikające z profilowania szyn.

Słowa kluczowe: profilowanie szyn, wady szyn, maszyny do profilowania, strategia utrzymania.

### 1. WADY SZYN

Wady szyn są przedmiotem wielu badań i obserwacji. Zjawiska, które występują na powierzchni tocznej szyn zależą od wielu czynników, w tym materiałowych i eksploatacyjnych, które na dodatek wciąż ulegają zmianie. W produkcji szyn i kół (lub obręczy) wykorzystuje się nowe gatunki materiałów oraz technologie produkcji [7], natomiast nowe konstrukcje pojazdów szynowych często charakteryzują się większą mocą i sztywniejszym zawieszeniem. Zdaniem wielu specjalistów są to czynniki sprzyjające rozwojowi wad na powierzchni tocznej szyn [3].

Obserwując szyny na liniach kolejowych w Polsce można zauważyć występowanie przede wszystkim następujących wad na powierzchni tocznej:

- wady kontaktowo-zmęczeniowe:
  - zagłębienia (*squat*),
  - rysy (*headchecks*),
  - łuszczenie blaszkowate (*shelling*),
  - spalling (nazywane również „skóra węża”),
- uszkodzenia powierzchni tocznej:
  - wybuksowania,
  - odciski drobnych cząstek tuczni,
- deformacje przekroju poprzecznego szyny wywołane:
  - spływami materiału,

---

<sup>1</sup> DOI 10.21008/j.1897-4007.2017.25.29

- zużyciem bocznym,
- zużycie faliste szyn.

Zwiększona wadliwość szyn oznacza zwiększenie kosztów utrzymania, wynikających choćby z konieczności częstszych inspekcji, w tym badań metodami nieniszczącymi, które wciąż są rozwijane [11], nie tylko w zastosowaniu do badań nawierzchni kolejowej [1].

Zdaniem autora publikacji [2] zmniejszenie (a w dalszej perspektywie nawet wyeliminowanie wad) można uzyskać poprzez:

- zmiany konstrukcyjno-eksploatacyjne,
- wprowadzenie nowych stali szynowych,
- znaczne zwiększenie zakresu profilowania szyn,
- doskonalenie technologii spawalnictwa szyn.

W dalszej części artykułu przedstawiono główne zalecenia dotyczące profilowania szyn, których stosowanie prowadzi do ograniczenia występowania wad na powierzchni tocznej, co może wpływać znacząco na zwiększenie bezpieczeństwa i obniżenie kosztów utrzymania nawierzchni.

## 2. MASZyny DO PROFILOWANIA SZYN

Profilowanie szyn wykonuje się poprzez zastosowanie jednej z trzech technik obróbki: szlifowania, frezowania i strugania.

Szlifowanie szyn jest procesem obróbki powierzchni za pomocą obrotowych tarcz ściernych. Spośród pozostałych technik, szlifowanie wyróżnia możliwość uzyskania dużych dokładności wymiarowych oraz małą chropowatość.

Frezowanie polega na wykorzystaniu frezów (ostrzy) zainstalowanych na narzędziu o okrągłym kształcie. Poprzez ruch obrotowy oraz posuwisty narzędzia przyłożonego do powierzchni, następuje skrawanie materiału.

Struganie jest procesem, w którym narzędzia w postaci noży skrawających zabudowanych na głowicach maszyny, wykonują wyłącznie ruch posuwisty.

Spośród wyżej wymienionych technik, najpopularniejszą i najbardziej wszechstronną pod względem zastosowania jest szlifowanie. Techniki frezowania i strugania zazwyczaj nie stosuje się w rozjazdach i przyrządach wyrównawczych.

W artykule przedstawiono następujące technologie profilowania szyn:

- szlifowanie lekkim sprzętem roboczym (rys. 1),
- szlifowanie zmechanizowane, rotacyjne (rys. 2),
- szlifowanie zmechanizowane z „dużą prędkością”, obwodowe (rys. 3).

Przy frezowaniu szyn wykorzystuje się następujące technologie:

- frezowanie stacjonarne,
- frezowanie zmechanizowane pojazdami dwudrogowymi (rys. 5),
- frezowanie zmechanizowane pojazdami kolejowymi (rys. 4 i 6).

Struganie szyn można wykonać stacjonarnie bądź przy pomocy maszyn kolejowych.



Rys. 1. Szlifowanie szyn szlifierkami ręcznymi (Źródło: Vossloh)

Najbardziej rozpowszechnioną technologią profilowania szyn jest szlifowanie zmechanizowane (rys. 2), w którym tarcze ściernie zabudowane są na głowicach maszyny poruszającej się po torze i dociskane do szyn pod określonym kątem i obciążeniem (szlifowanie rotacyjne). Prace szlifierskie polegają na kilku lub kilkunastokrotnym przejeździe maszyny na danym odcinku toru, aż do uzyskania wymaganego efektu profilowania. Przyjmuje się, że podczas jednego przejazdu maszyna skrawa do 0,1 mm materiału szyny.



Rys. 2. Szlifowanie zmechanizowane na torze doświadczalnym Instytutu Kolejnictwa

W ostatnich latach coraz bardziej powszechne staje się szlifowanie zmechanizowane z „dużą prędkością” (High Speed Grinding). Producent technologii używa określenia „duża prędkość”, co oznacza prędkość dużo większą niż zazwyczaj występująca w trakcie prac profilowania szyny, czyli ok. 5 km/h. W technologii HSG

pociągi robocze podczas profilowania mogą osiągać prędkość maksymalną do 100 km/h. Podczas jednego przejazdu możliwe jest zebranie do 0,1 mm materiału szyny. Wbrew pozorom nie jest to technologia tożsama z tradycyjnym szlifowaniem, a różniąc się wyłącznie prędkością, ponieważ maszyna dokonuje obróbki wyłącznie powierzchni tocznej szyn poprzez szlifowanie obwodowe (w tradycyjnych maszynach stosuje się najczęściej szlifowanie rotacyjne). Z tego powodu nie jest to technologia zapewniająca profilowanie szyn w wystarczającym zakresie. Szlifowanie HSG jest stosowane szczególnie w miejscach, gdzie występuje duża potrzeba uzyskania jak najmniejszego hałasu wywołanego ruchem pojazdów szynowych. Dzięki dużej prędkości maszyn roboczych, możliwe jest częste wykonywanie prac, nie powodujących utrudnień w ruchu kolejowym. Maszyna szlifująca nie posiada własnego napędu; w trakcie robót i podczas transportu jest ciągnięta przez lokomotywę (rys. 3).



Rys. 3. Maszyna do szlifowania zmechanizowanego z „dużą prędkością” (Źródło: Vossloh)

Można zaobserwować również duży rozwój produkcji pojazdów do frezowania szyn. Dzięki temu, że narzędzia stosowane w technologii frezowania zajmują dużo mniej przestrzeni niż narzędzia szlifujące, instaluje się je nie tylko na pojazdach szynowych (rys. 4), ale również na pojazdach dwudrogowych (rys. 5).

Na targach INNOTRANS w Berlinie zaprezentowano wysokowydajną frezarkę, która również jest w stanie przy jednym przejeździe roboczym zebrać do 3 mm materiału szyny (rys. 6). Średnica koła, na którym zainstalowano ostrza, wynosi 1400 mm, czyli dwa razy więcej, niż w przypadku maszyn zaprezentowanych wcześniej. Zastosowanie koła o tak dużej średnicy pozwala na zmniejszenie nierówności powierzchni tocznej (amplitudy fal) po frezowaniu. Maszyny, w których stosuje się koła z ostrzami o tradycyjnych wymiarach – w celu zmniejszenia nierówności – wyposaża się w głowice szlifujące.



Rys. 4. Frezarka typu MG31 (Źródło: Linsinger)



Rys. 5. Frezarka dwudrogowa typu SF-02 W-FS Truck



Rys. 6. Wysokowydajna frezarka na targach INNOTRANS

### 3. KRYTERIA PRZY DOBORZE MASZYN

#### 3.1. Profilowanie początkowe

Dobór technologii profilowania powinien wynikać z przyjętej strategii utrzymania szyn. Na wielu kolejach strategię utrzymania szyn, opisane m.in. w publikacjach [8, 9], przewidują profilowanie początkowe, które zazwyczaj wykonuje się po przeniesieniu przez szyny obciążenia 20 Tg. Zaletą takiej strategii jest usunięcie warstwy odwęglonej, której obecność przyczynia się do szybszego rozwoju wad w szynach [6], jak również usunięcie nierówności złączy szynowych.

Przekrój podłużny szyn można kontrolować za pomocą miernika falistego zużycia. Jest to również standardowe wyposażenie nowoczesnych drezyn pomiarowych. Pomiar wykonuje się zazwyczaj z krokiem pomiarowym wynoszącym 1 mm. Wyniki prezentuje się najczęściej w postaci wykresów fal o długości w zakresach 10÷30, 30÷100, 100÷300, 300÷1000 mm [10].

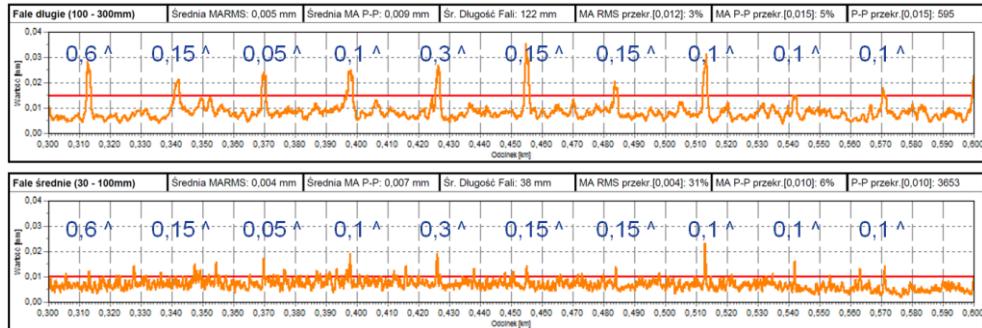
W artykule przedstawiono wyniki pomiarów wykonanych przyrządem MZF-07 z głowicą laserową. Wykresy są wygenerowane w oprogramowaniu przeznaczonym do tego przyrządu.

Na rysunku 7 przedstawiono wykresy nierówności powierzchni tocznej dla fal o długościach 30 – 100 mm oraz 100 – 300 mm z naniesionymi nierównościami pionowymi złączy szynowych oddalonych od siebie o 30 m. Widać wyraźnie, że pomimo prawidłowo wykonanych złączy (poza jednym) nierówności powierzchni tocznej są znaczące, co wpływa na zwiększone oddziaływania pojazdów w rejonie złączy, które ujawnia się również charakterystycznym stukotem kół.

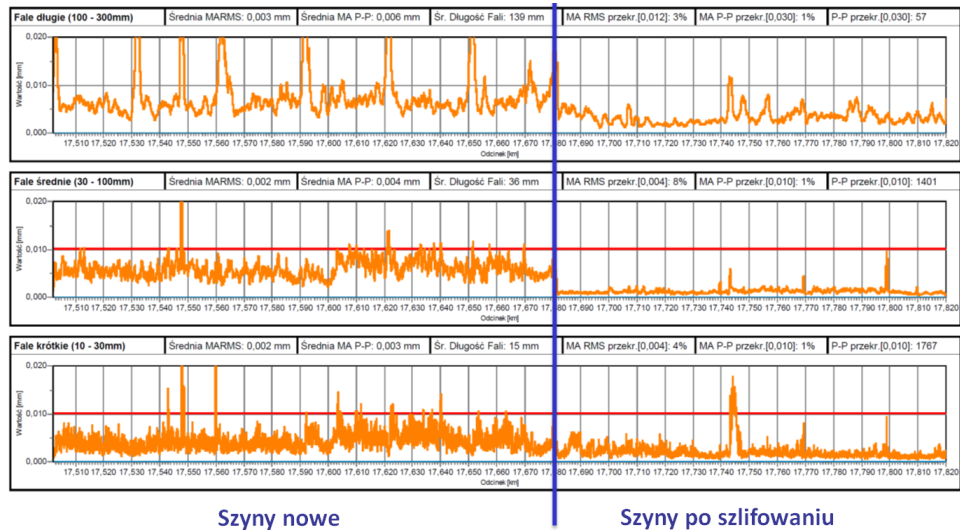
Obecnie stosuje się szyny o długościach 60, 75 lub 120 m, co ogranicza częstość występowania złączy, ale nie wyeliminowało to problemu nierówności, więc profilowanie nowozabudowanych szyn jest wciąż wysoce wskazane. Potrzeba profilowania początkowego wynika również z faktu, że powierzchnia szyn nowych, nie poddanych obróbce, jest dużo gorszej jakości, co wpływa choćby na hałas generowany przez pojazdy.

Na rysunku 8 przedstawiono wykresy nierówności powierzchni tocznej o różnych długościach fal z odcinka toru, gdzie zbudowano nowe szyny. Powierzchnia toczna szyn na odcinku eksploatowanym, na którym regularnie stosuje się profilowanie prewencyjne, posiada dużo mniejsze nierówności niż powierzchnia szyn nowych.

Profilowanie początkowe w przeważającej większości wykonuje się poprzez szlifowanie zmechanizowane. W niektórych przypadkach dopuszcza się profilowanie początkowe poprzez frezowanie szyn, co przy dobrej jakości robót stanowi metodę równoważną do szlifowania początkowego. Należy jedynie pamiętać, że frezowanie zazwyczaj wiąże się z usunięciem większej ilości stali szynowej, więc szczególnie w torach, gdzie przewiduje się częste profilowanie prewencyjne, zalecaną metodą będzie mimo wszystko szlifowanie.



Rys. 7. Wykres nierówności powierzchni tocznej z naniesionymi wartościami nierówności pionowych złączy szynowych



Rys. 8. Wykres nierówności powierzchni tocznej na odcinku z szynami nowymi oraz po szlifowaniu

### 3.2. Profilowanie prewencyjne (cykliczne)

W kilku krajach Europy występuje trend profilowania w trybie prewencyjnym, czyli w ustalonych okresach czasu w celu zapobieżenia wystąpieniu wad szyn. Trend ten staje się szczególnie popularny w Niemczech, gdzie coraz częściej w trybie prewencyjnym stosuje się technologie szlifowania obwodowego, umożliwiające prace z prędkością 60 – 100 km/h [5]. Grubość zebranego materiału jest niewielka, ale w przypadku stosowania takich przejazdów z odpowiednią częstością, zazwyczaj wystarczająca do utrzymania powierzchni tocznej szyny w zadowalającym stanie.

Pochodną zaleceń dotyczących szlifowania początkowego i prewencyjnego są również rekomendacje dotyczące przejścia na tryb prewencyjny na odcinkach eks-

placowanych od dłuższego czasu, gdzie strategia utrzymania szyn nie była stosowana. Według autora publikacji [9] w pierwszej kolejności należy doprowadzić szyny do stanu porównywalnego z nowym, tj. przeprowadzić szlifowanie korekcyjne, naprawcze lub – jeśli to konieczne – wymianę szyn. Następnie taki odcinek może być poddawany szlifowaniu w trybie prewencyjnym z odpowiednią częstotliwością ustaloną w strategii.

W artykule [8] przedstawiono propozycję wdrożenia strategii cyklicznego szlifowania na liniach zarządzanych przez PKP PLK S.A. Propozycja przewiduje szlifowanie cykliczne co 30 Tg na liniach magistralnych (razem 2000 km toru rocznie) oraz co 45 Tg na pozostałych liniach (550 – 620 km/rok). Są to oczywiście liczby orientacyjne, ponieważ przed podjęciem decyzji o cyklicznym szlifowaniu należy wykonać analizę dla każdej linii indywidualnie.

Na większości linii kolejowych znajdują się jednak odcinki, na których uzasadnione będzie częstsze profilowanie. Można tu wymienić m.in.:

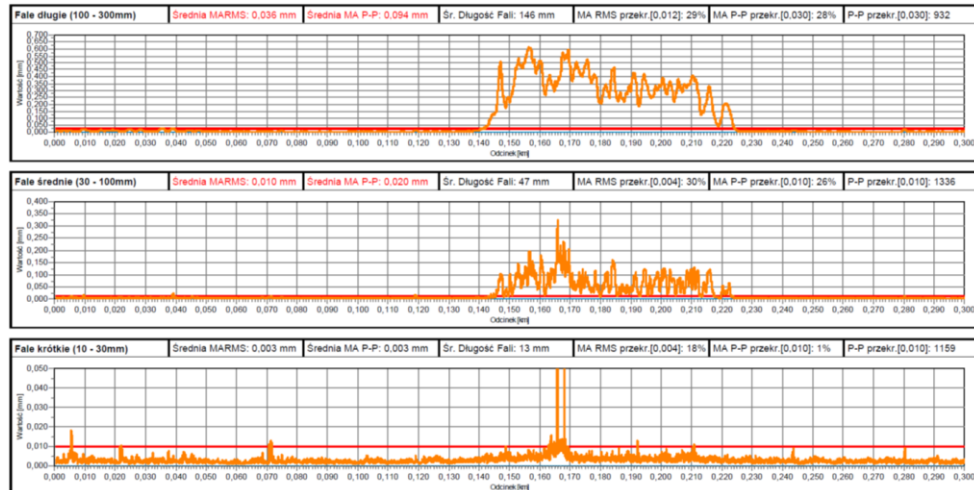
- odcinki silnie zurbanizowane, gdzie są wysokie oczekiwania co do jakości powierzchni tocznej szyn celem ograniczenia hałasu i drgań,
- przejazdy kolejowo-drogowe o stosunkowo dużym natężeniu ruchu drogowego z drogami dojazdowymi o nawierzchni szutrowej, gdzie mogą występować uszkodzenia powierzchni tocznej szyn,
- odcinki, na których w szybkim tempie rozwijają się wady kontaktowo-zmęczeniowe (np. łuki o promieniu mniejszym od 1000 m z wadami headcheck),
- odcinki, na których w szybkim tempie rozwija się zużycie faliste.

Na rysunku 9 przedstawiono nierówności powierzchni tocznej zmierzone na odcinku toru o dużym natężeniu ruchu pociągów podmiejskich, gdzie znajduje się łuk z przechyłką o wartości dostosowanej również do ruchu pociągów towarowych. Na długości łuku (ok. 100 m) na jednym z toków występuje zużycie faliste, które rozwija się bardzo szybko.

Wydaje się istotne, żeby tego typu odcinki były objęte szczególną obserwacją oraz, w miarę możliwości sprzętowych, również częstszymi badaniami. Pozwoli to na lepsze zrozumienie występujących zjawisk oraz umożliwi wcześniejsze zaplanowanie niezbędnych napraw.

W wymienionych przypadkach często niezbędne jest objęcie odcinków linii profilowaniem prewencyjnym. Niekiedy jednak wyznaczone wcześniej cykle (np. 30 lub 45 Tg) mogą nie wystarczać, aby w porę zapobiec rozwinięciu się wad typu headcheck lub też zużycia falistego. W takich przypadkach potrzebne są dodatkowe prace naprawcze, z tym że mogłyby one być przeprowadzone wyłącznie w najbardziej newralgicznych miejscach. Przykładowo maszyna szlifierska mogłaby na poszczególnych szlakach linii przeprowadzić prace na łukach o promieniu mniejszym niż 1000 m w celu zapobiegania wadom typu rysy, a cały szlak byłby szlifowany zgodnie z przyjętym cyklem (np. co 30 Tg).





Rys. 9. Wykres nierówności powierzchni tocznej z widoczną dużą falistością na części odcinka

Innym sposobem byłoby prowadzenie profilowania prewencyjnego w ustalonym cyklu, a w miejscach gdzie jest to wymagane, dokonywano by profilowanie naprawcze. Tym nie mniej należy uznać taką metodę za bardziej ryzykowną i często niewspółmierną do potrzeb.

Profilowanie prewencyjne zazwyczaj wykonuje się poprzez szlifowanie rotacyjne maszynami wysokowydajnymi. Na krótszych odcinkach, gdzie wymagana jest częstsza interwencja, w zależności od występujących warunków, mogą być użyte inne maszyny, tzn. niewielkie maszyny szlifierskie czy nawet szlifierki ręczne.

### 3.3. Profilowanie naprawcze i regeneracyjne

Profilowanie naprawcze oraz regeneracyjne najczęściej wykonywane jest przez frezarki, których popularność w ostatnich latach wzrosła. Przy doborze maszyn do prac w trybie naprawczym należy mieć na uwadze podstawowy wskaźnik w postaci grubości zebranej warstwy przy jednym przejeździe maszyny. W przypadku szlifierek jest to wartość do 0,1 mm, a w przypadku frezarek – do 1, 2 lub 3 mm w zależności od liczby zastosowanych kół frezujących, odpowiednio 1, 2 lub 3.

W przypadku wad typu headcheck zazwyczaj jednak nie ma informacji jaka jest dokładna głębokość rys, a zatem ile materiału będzie trzeba zebrać z powierzchni tocznej szyn, żeby w sposób skuteczny usunąć wszystkie wady. Przyrządy wiroprowadowe są tutaj pomocne, ale nie są one na tyle precyzyjne, żeby określić z całą pewnością głębokość wady co do 0,1 mm. Dają one jednak informację, pozwalającą na określenie jaka technologia profilowania będzie korzystniejsza do zastosowania.

#### 4. PODSUMOWANIE

Dobór maszyn do profilowania szyn powinien odbywać się na podstawie przyjętej strategii utrzymania szyn, uwzględniającej m.in. rodzaje stosowanych trybów (początkowy, prewencyjny, naprawczy, regeneracyjny), a także specyfikę eksploatacyjną poszczególnych linii kolejowych. W trybie początkowym i prewencyjnym dominującą rolę odgrywają maszyny szlifujące, a w trybie naprawczym i regeneracyjnym – maszyny frezujące.

Dla osiągnięcia wysokich korzyści technicznych i ekonomicznych, decyzje dotyczące strategii utrzymania szyn powinny być podejmowane na podstawie obserwacji, pomiarów i analiz diagnostycznych, umożliwiających uzyskanie możliwie obszernej wiedzy na temat eksploatowanych szyn.

#### LITERATURA

- [1] Antolik Ł.: Kierunki rozwoju badań ultradźwiękowych na przykładzie badań osi kolejowych, *Problemy Kolejnictwa*, 2014, Zeszyt 163.
- [2] Bałuch H.: Perspektywy zmniejszenia wad powierzchniowych szyn, V Ogólnopolska Konferencja Techniczna "Spawalnictwo Dróg Szynowych – Certyfikacja jest gwarancją Bezpieczeństwa?", Kraków, 15-17 maja 2013.
- [3] Bałuch H.: Wady na powierzchni szyn – geneza i możliwości ich usuwania techniką spawalniczą, IV Ogólnopolska Konferencja N.T. Spawalnictwo Dróg Szynowych – Jakość, Niezawodność, Bezpieczeństwo, Bochnia, 12–14 maja 2010.
- [4] Bałuch H., Bałuch M.: Eksploatacyjne metody zwiększania trwałości rozjazdów kolejowych, CNTK, Warszawa 2009.
- [5] Kędra Z.: *Technologia Robót Torowych*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, 2015, ISBN 978-83-7348-634-8.
- [6] Mikłaszewicz I.: Odwęglenie a wady powierzchni główki szyny, *Problemy Kolejnictwa*, 2015, Zeszyt numer 165.
- [7] Mikłaszewicz I., Kowalczyk D., Boruciński J.: Wpływ procesu produkcji na jakość obręczy kolejowych, *Problemy Kolejnictwa* 2016, zeszyt nr 170.
- [8] Migdal M.: Istotne czynniki warunkujące wybór strategii szlifowania szyn. Materiały konferencyjne VI Konferencji Naukowo-Technicznej: „Projektowanie, budowa i utrzymanie infrastruktury w transporcie szynowym – INFRASZYN 2013”. Zakopane, 24-26.04.2013.
- [9] Schöch W.: Recommendations for strategic rail maintenance in Europe: the application of anti-headcheck profiles and cyclic grinding, *Rail Engineering International*, No. 1 2011.
- [10] Stencel G.: Metody pomiarów nawierzchni kolejowej wykorzystywane przy ocenie jej trwałości, *Problemy Kolejnictwa*, 2014, Zeszyt 165,
- [11] Zariczny J., Grulkowski S.: Przegląd badań diagnostycznych szyn z zastosowaniem prądów wirowych, *Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie. Seria: Materiały Konferencyjne nr 3(102)*, 2013.

## **TECHNICAL AND OPERATING CRITERIA FOR CHOICE OF RAIL PROFILING MACHINES**

### **Summary**

The article presents the criteria to be taken into consideration in the selection of machines used to maintain the rails. The machines currently used in profiling, ie grinding machines, milling machines and planing machines, are described. The rolling contact fatigue of the rails are presented. The profiling modes used on European rail and the machines that are used in each mode are shown . Based on own measurements, the benefits of rails profiling are presented.

Keywords: Profiling rails, rail defects, profiling machines, maintenance strategy.

Dane autora:

Mgr inż. Grzegorz Stencel

Instytut Kolejnictwa, Zakład Dróg Kolejowych i Przewozów

e-mail: [gstencil@ikolej.pl](mailto:gstencil@ikolej.pl)

telefon: +48 22 473 1541