

dr inż. Sławomir Grulkowski – Politechnika Gdańska

mgr. inż. Jan Stroynowski - ASMO Sp. z o.o.

mgr. inż. Kamil Pomirski - ASMO Sp. z o.o.

mgr inż. Kamil Hajduk - ASMO Sp. z o.o.

CHARAKTERYSTYKI ZUŻYĆ I USZKODZEŃ W ROZJAZDACH, NAPAWANIE ZEROWE KRZYŻOWNIC MANGANOWYCH, PUNKT „0”

1. WSTĘP

Zwiększanie parametrów eksploatacyjnych infrastruktury kolejowej (np. prędkości pociągów) oraz zwiększone obciążenie linii (więcej pociągów, cięższe pociągi) wiąże się nierozłącznie z zawężaniem zakresu odchyłek i kryteriów bezpieczeństwa. Skutkiem tego jest intensywne ujawnianie się wad i uszkodzeń na szynach i innych elementach stalowych rozjazdów, w tym przede wszystkim na krzyżownicach i na szynach skrzydłowych. Konsekwencją jest potrzeba ciągłego i do tego kosztownego utrzymania odpowiedniego stanu technicznego (jakości) wbudowanych elementów. W myśl zasad *infrastructure asset management*¹ kluczowe są tu: ocena i wycena aktualnego stanu technicznego elementów infrastruktury, predykcja stanu technicznego, wycena odnowienia lub naprawy. Dlatego najważniejsze jest osiągnięcie stanu równowagi pomiędzy czynnikami, takimi jak: koszty, ryzyko, wydajność. Szczególnie wrażliwymi na uszkodzenia nawierzchni są rozjazdy.

Elementy rozjazdu (krzyżownice i iglice) należą do najszybciej zużywających się elementów nawierzchni kolejowej. Z punktu widzenia optymalizacji pracy rozjazdu dąży się do wydłużenia czasu pracy każdego takiego elementu przez zwiększenie trwałości. Można tego dokonać na drodze ulepszeń materiałowych, technologicznych lub konstrukcyjnych. Likwidacja usterek w nawierzchni stalowej infrastruktury i przywrócenie parametrów eksploatacyjnych linii możliwe jest do wykonania dwoma sposobami: wymiana zużytych elementów lub regeneracja poprzez napawanie.

Doświadczenia pokazują że dzięki wdrożeniu regeneracji elementów stalowych nawierzchni uzyskuje się kilkakrotne wydłużenie okresu eksploatacji bez konieczności wymiany jej poszczególnych elementów przyczyniając się do kilkakrotnie większych oszczędności w utrzymaniu drogi kolejowej oraz ochrony środowiska naturalnego [1].

2. ZUŻYCIA KRZYŻOWNIC

Rozjazd kolejowy jest jednym z bardziej skomplikowanych elementów drogi kolejowej. Złożoność polega między innymi na istnieniu w nich wielu elementów ruchomych, zmianach stref sztywności oraz splotu wymiarów szerokości torów i żłobków. Cechy te sprawiają, że trwałość rozjazdów jest mniejsza niż przylegających do nich torów, a konieczne nakłady na utrzymanie wyższe. Badania dowodzą, że koszty utrzymania rozjazdu o długości L odpowiadają kosztom na utrzymanie toru o długości $5L$, tzn. że są pięciokrotnie większe w stosunku do długości toru [2]. Stąd właściwe jego utrzymanie, a tym samym wydłużanie okresu jego pełnej sprawności winno być podstawowym interesem zarządcy infrastruktury.¹

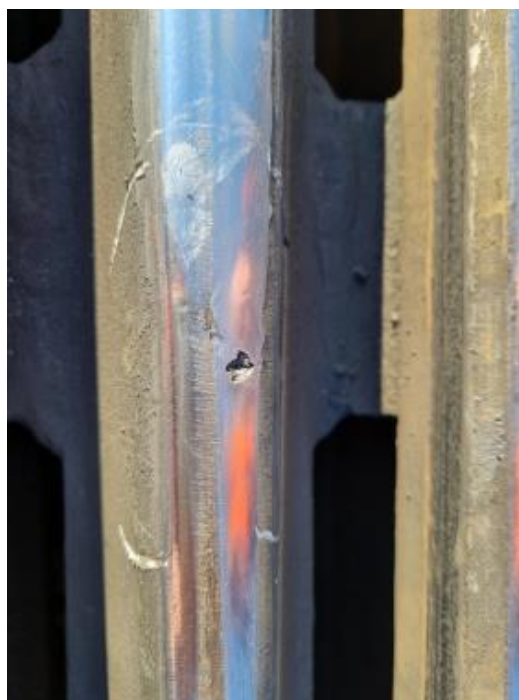
¹ Infrastructure asset management - usługa polegająca na zarządzaniu infrastrukturą, która jest zbiorem reguł i metod niezbędnych dla całościowej, świadomej i racjonalnej gospodarki majątkiem „zamrożonym” w infrastrukturze. Łączy w sobie dyscypliny inżynierskie, praktyki biznesowe oraz teorie finansowe [14].



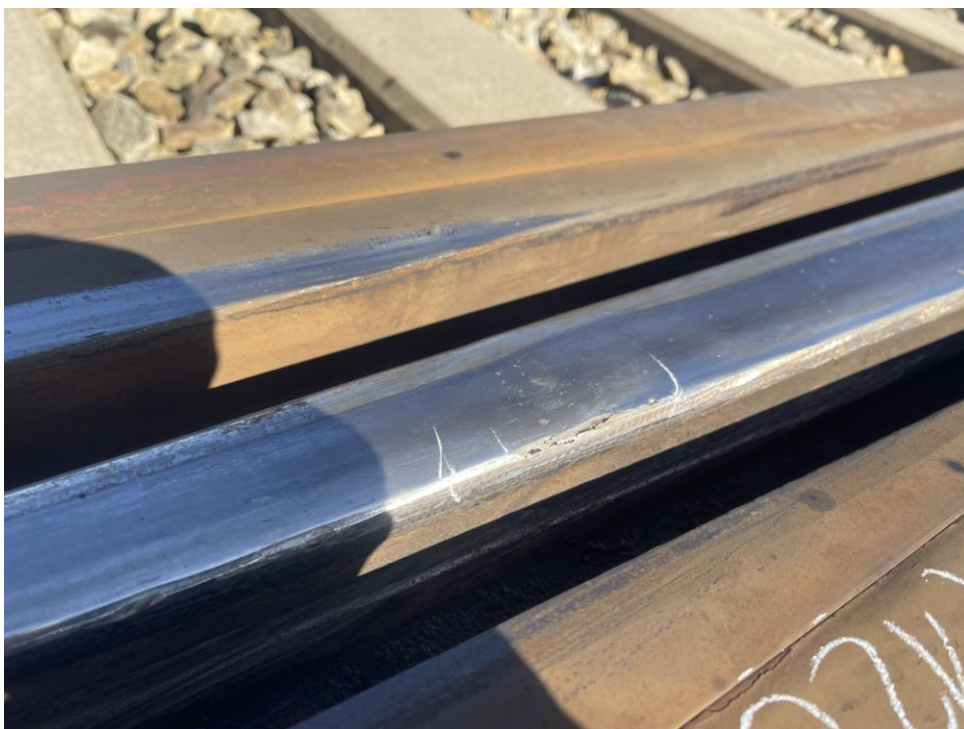
Rys. 1. Uszkodzenia kontaktowo-zmęczeniowe przy żebrze usztywniającym [fotografia własna]

Krzyżownice są elementem rozjazdów, gdzie występuje nieciągłość toków szynowych między dziobem krzyżownicy a szynami skrzydłowymi. Dodatkowo, ze względu na duże i intensywne oddziaływania dynamiczne ta część rozjazdów posiada celowo zwiększoną sztywność. Te dwie cechy generalnie wpływają na dużą podatność krzyżownic na zużycia i uszkodzenia (rys. 1).

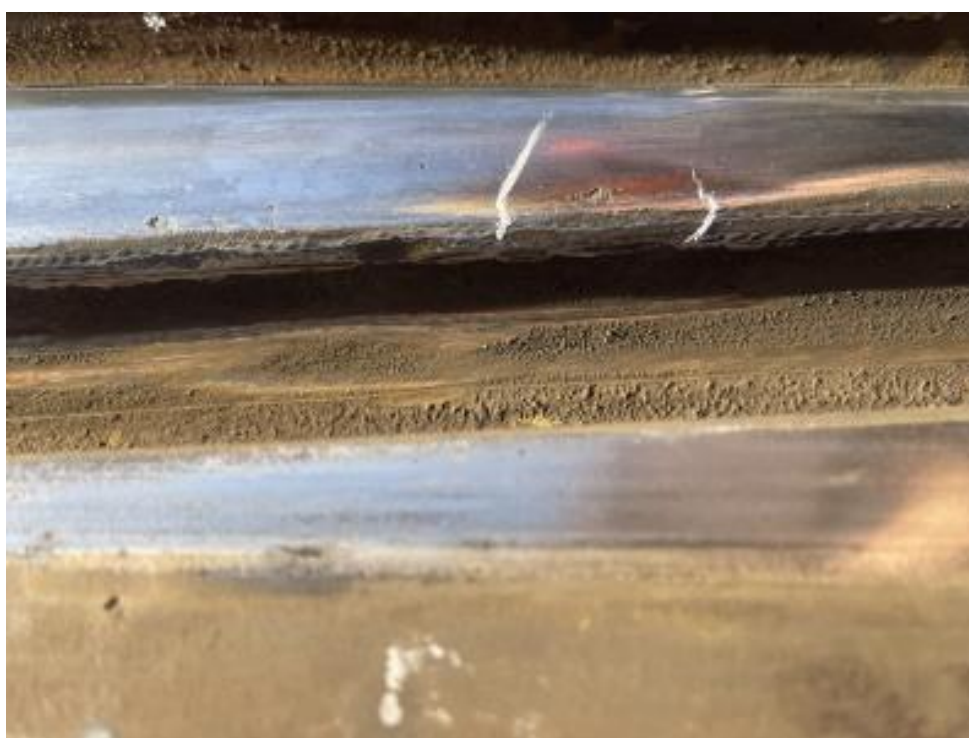
Dodatkowo wyraźnie dochodzą problemy z naprawą uszkodzeń i szlifowaniem krzyżownic (rys. 2 i 3) i szyn skrzydłowych (rys. 4).



Rys. 2. Uszkodzenia kontaktowo-zmęczeniowe przy żebrze usztywniającym na przeszlifowanym fragmencie dzioba [fotografia własna]



Rys. 3. Niedośzlifowany fragment dzioba z uszkodzeniem krawędzi [fotografia własna]



Rys. 4. Uszkodzenia na szynie skrzydłowej w wyniku niewłaściwego szlifowania [fotografia własna]

Z uwagi na większe naciski punktowe w płaszczyźnie pionowej (krzyżownice, szyny skrzydłowe) i poziomej (iglice) elementy rozjazdów kolejowych ulegają znacznie szybszemu zużyciu niż np. szyny kolejowe, nawet w łukach poziomych. Jednocześnie im większa prędkość tym odchyłki dopuszczalne są mniejsze. Wraz ze wzrostem prędkości zwiększa się problem hamowania na rozjazdach (zbyt późne hamowanie skutkuje jego gwałtownością, co powoduje miejscowe utwardzenie powierzchni tocznej) [2].

Typowe zużycia w krzyżownicach to zużycia dzioba krzyżownicy oraz zużycia szyn skrzydłowych. Pojawiające się tego typu zużycia są zjawiskiem normalnym wynikającym z charakteru eksploatacji rozjazdu. Problem następuje w przypadku jakichkolwiek usterek na styku koło-szyna, nieprawidłowości wymiarów elementów w krzyżownicach, jak też odbiegających od nominalnych szerokości torów w strefie krzyżownic.

Podstawowe obserwacje jakie można w tym kontekście dokonać dotyczą nierównomiernego obciążenia kierunków jazdy w rozjeździe (co objawia się nierównomiernym zużyciem elementów krzyżownicy, a w konsekwencji też jej geometrii).

Kolejne obserwowane uszkodzenia dotyczą wygięcia dzioba krzyżownicy w płaszczyźnie poziomej (rys. 5). Ta sytuacja powodowana jest zbyt małą szerokością żłobka w kierownicy lub zwężeniem szerokości w torze. Podobny przebieg zjawiska obserwuje się przy zwiększonych szerokościach w torach, z tym że przebieg zużycia ma charakter impulsowych uderzeń.



Rys. 5. Uszkodzenia na powierzchni dzioba krzyżownicy na skutek jego wygięcia i nierównomiernego obciążenia [fotografia własna]

Duże zużycia boczne w krzyżownicach (zazwyczaj powiązane z wykruszeniami materiału stalowego) najczęściej następują w przypadku jazdy na ostrze w połączeniu z niewłaściwymi szerokościami w strefie krzyżownicy, a czasem też niewłaściwym montażem elementów rozjazdu [3].

Coraz większy wpływ na trwałość dzioba mają mechaniczne uszkodzenia centralnej części dzioba. Wyróżnić tu trzeba przede wszystkim szczególnie groźne pęknięcia przekrojowe, które powstają przy dużym obciążeniu pociągami towarowymi oraz mniejszych promieniach rozjazdów (300 lub 500 m) (rys. 6).



Rys. 6. Pęknięcie krzyżownicy [fotografia własna]

Pojawiają się też wykruszenia zmęczeniowe oraz spękania propagujące w miejscu rozdzielenia bloku krzyżownicy (rys. 7 i 8).



Rys. 7. Ubytek w miejscu rozdzielenia bloku krzyżownicy [fotografia własna]



Rys. 8. Uszkodzenia propagujące w centralnej części dzioba krzyżownicy [fotografia własna]

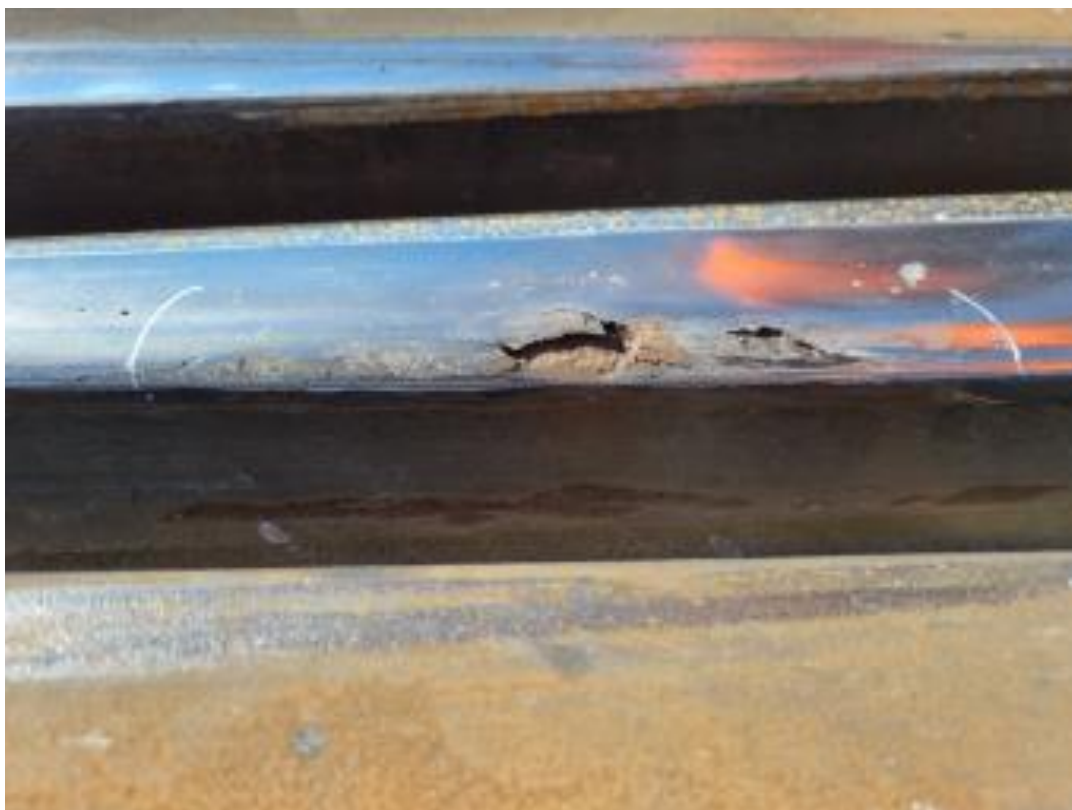
2.1 Charakterystyka problemów eksploatacyjnych w rozjazdach

Zwiększona sztywność strefy krzyżownicy w rozjazdach, nowe gatunki stali do produkcji rozjazdów, dużo większe prędkości jazdy oraz większe obciążenia przewozami to główne czynniki, które determinują powstawanie zupełnie nowych wad i uszkodzeń w rozjazdach, do tej pory spotykanych bardzo rzadko lub niespotykanych.

Zauważalny jest bardzo intensywny przyrost powstawania wad kontaktowo-zmęczeniowych w rozjazdach. Nawet na tej samej linii kolejowej, przy rozjazdach wbudowanych w tym samym czasie, oraz przy takim samym taborze występują znaczne różnice w zakresie uszkodzeń pomiędzy miejscami gdzie prędkość jazdy wynosi 100-120 km/h, a gdzie 160 km/h czy nawet 200 km/h. Przy mniejszych prędkościach (100-120 km/h) obserwowane zużycia mają charakter typowy i regularny, objawiający się niewielkim ubytkiem materiału stalowego na całej długości i szerokości przebiegu śladu koła. Natomiast przy wyższych prędkościach obserwuje się na krzyżownicach powstawanie wad o charakterze kontaktowo - zmęczeniowym: głównie są to wady 2223 typu head-checking (rys. 9, 10, 11), wady 227 typu squat (rys. 12), duże spływy (rys. 13), mikropeknięcia [4].



Rys. 9. Zalążki head-check na krzyżownicy [fotografia własna]



Rys. 10. Uszkodzenie krawędzi dzioba w postaci head checking [fotografia własna]



Rys. 11. Uszkodzenia na krawędzi dzioba krzyżownicy w postaci head checking [fotografia własna]

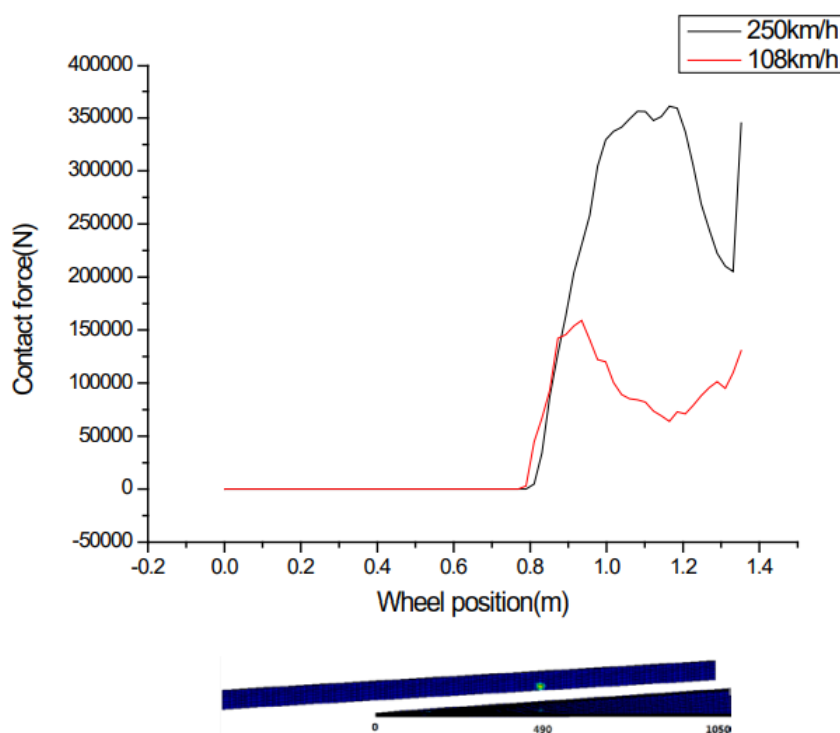


Rys. 12. Uszkodzenie typu squat na krzyżownicy w miejscu przejścia na szynę skrzydłową [fotografia własna]



Rys. 13. Zawalcowania powierzchni tocznej dzioba krawędzi bardziej obciążonej na dziobie krzyżownicy [fotografia własna]

Przedstawione na rysunkach 9-13 wady mogą wynikać bezpośrednio z przedstawionej na rys. 14 charakterystyki oddziaływania siły dynamicznej w zależności od prędkości taboru kolejowego.



Rys. 14. Charakterystyka oddziaływania siły dynamicznej w zależności od prędkości taboru [5]

Jak możemy przeczytać w [6]: „Analiza wpływu prędkości na wzrost siły dynamicznej działającej w kierunku pionowym dla dużych prędkości pokazała, że prędkość, szczególnie wysoka (np. na sieci KDP – Kolei Dużych Prędkości) powoduje nieporównywalnie większy wzrost obciążenia dynamicznego działającego na dziób krzyżownicy. Siła maksymalna pochodząca od przejeżdżającego taboru pasażerskiego została przedstawiona na rysunku 14 dla prędkości 108 km/h oraz 250 km/h. Wartość maksymalna siły działającej w kierunku pionowym dla prędkości 250 km/h wyniosła 356,8 kN, co daje wartość o ponad 100% większą w stosunku do działającej siły przy prędkości 108 km/h.

Porównanie siły działającej przy prędkości 250 km/h (356,8 kN) będącej efektem przejazdu lekkiego taboru pasażerskiego w stosunku do taboru ciężkiego z naciskiem osi rzędu 250 kN/oś stanowiącej przyczynę powstania wertykalnej siły dynamicznej rzędu 220 kN/oś, prowadzi do konkluzji, że wysoka prędkość może mieć większy wpływ na szybszą degradację elementów krzyżownic – szyn skrzydłowych i dzioba krzyżownicy.”

Przytoczony fragment wskazuje na wyraźną tendencję skokowego wzrostu obciążenia dynamicznego w momencie ponownego spotkania się koła szyny po przejściu przez przerwę technologiczną z elementem stalowym krzyżownicy. Teoria ta wskazuje na dodatkowy czynnik (poza obciążeniem przewozami, ciężkością pociągów), który w powiązaniu z pozostałymi składowymi może mieć wpływ na powstawanie wad.

Dość częstym zjawiskiem od kilku lat jest pojawienie się agresywnych i niebezpiecznych ubytków na szynach łączących. Zjawisko ma charakter wyraźnie gwałtowny i zmęczeniowy. Obserwacja zjawiska każe wskazywać tu jako główną przyczynę zmianę prędkości pojazdu szynowego na odcinku, gdzie szyna ma niewłaściwe pochylenie (na co wskazuje nieregularny ślad biegu koła po szynie). Można zatem zaliczyć go do wady 2211 "shelling powierzchni tocznej" (rys. 15).



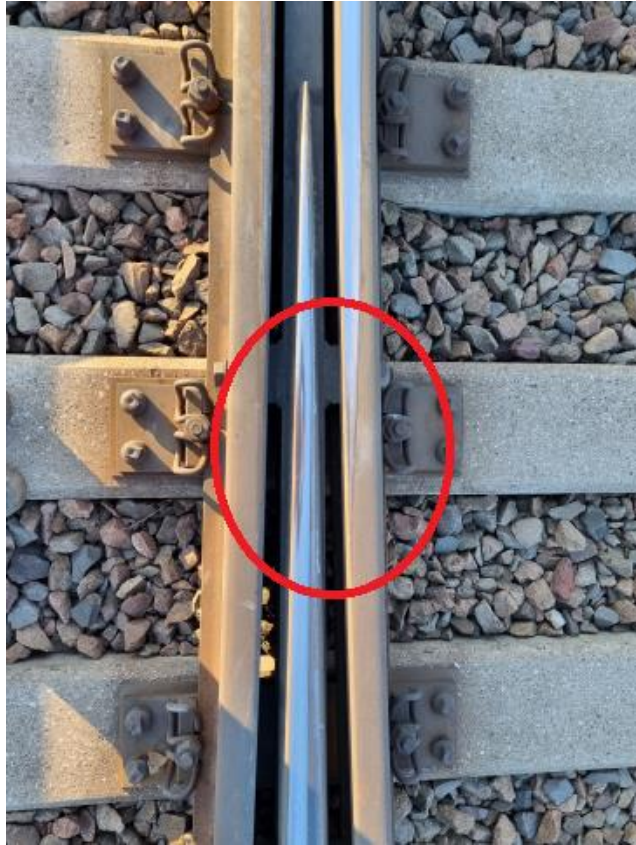
Rys. 15. Shelling powierzchni tocznej (wada 2211) [fotografia własna]

Głównym miejscem powstawania uszkodzeń jest przejście koła pojazdów szynowych z szyny skrzydłowej na dziób krzyżownicy i odwrotnie. Występujące w tych miejscach chwilowe, ale cykliczne uderzenia zestawów kołowych generują powstawanie ogromnych sił i przyrost naprężeń w elementach krzyżownicy. Skutkiem tego są spływy i mikropęknięcia, potem pęknięcia, następnie rozwarstwienie materiału i na końcu wykruszenia [7] (rys. 16).



Rys. 16. Head-checking (wada 2223) w miejscu przejścia koła na szynę skrzydłową [fotografia własna]

W niektórych lokalizacjach na linii nr 9 spotykano miejscowe zaniżenia na ramie dzioba krzyżownicy (rys. 17) w przekroju oparcia się krawędzi powierzchni tocznej koła na szynie skrzydłowej (rys. 18). W konsekwencji prowadzi to do intensywnego zużywania się szyn skrzydłowych, gdyż cały nacisk koła przenosi się na szynę skrzydłową przez niewielką powierzchnię. Wada ta powoduje zwiększenie niekorzystnych oddziaływań dynamicznych obserwowanych podczas przejazdu pociągu przez krzyżownicę (rys. 19).



Rys. 17. Ślad obniżenia na powierzchni dzioba [fotografia własna]



Rys. 18. Zaniżenie na dziobie skutkujące złym doleganiem do dzioba i intensywnym zużycie szyny skrzydłowej [fotografia własna]



Rys. 19. Uszkodzona krzyżownica z przeniesieniem obciążenia na szynę skrzydłową [fotografia własna]

Pojawiają się również podłużne pęknięcia na wkładce manganowej przy szynie skrzydłowej (rys. 20)



Rys. 20. Wzdłużne pęknięcia przy szynie skrzydłowej [fotografia własna]

Także po stronie zewnętrznej wkładki manganowej szyny skrzydłowej pojawiają się załążki uszkodzeń, które być może spowodowane są zbyt dużą twardością wkładki (rys. 21). Uszkodzenia po stronie wewnętrznej wkładki dowodzą z kolei o niewłaściwym usytuowaniu elementów przy dziobie (rys. 22).



Rys. 21. Uszkodzenia i ubytki na szynie skrzydłowej [fotografia własna]



Rys. 22. Uszkodzenia zmęczeniowe na wkładce szyny skrzydłowej [fotografia własna]

Częstym problemem spotkanym na większości badanych rozjazdów jest niedostateczne podbicie krzyżownic. Zaobserwowano, że w momencie przejazdu pociągu przez tą część rozjazdu szynowego słyszalny jest charakterystyczny „stukot” oraz można zauważyć, że podrojazdniczenie są w niedostatecznym stopniu oparte na tłuczniu. Puste

miejsca pod nimi powodują, że obciążenia dynamiczne nie są przenoszone na dolne warstwy podłoża, lecz są kumulowane i odbierane przez krzyżownice i podrozdne. Skutkuje to powstawaniem uszkodzeń elementów stalowych jak również rysowaniem się i pękaniem najczęściej stosowanych - betonowych podrozdne. Taka sytuacja została zaobserwowana w kilkunastu miejscach (rys. 23,24).



Rys. 23. Pęknięta podrozdne na skutek niedostatecznego podbicia [fotografia własna]



Rys. 24. Pęknięte podrozdne na skutek niedostatecznego podbicia w części krzyżownicowej [fotografia własna]

2.2 Podsumowanie i wnioski

Na podstawie obserwacji wielu rozjazdów w kilkudziesięciu lokalizacjach można wyciągnąć ogólne wnioski co do strategii eksploatacji rozjazdów. Głównie odnoszą się one do niedostatecznego bieżącego utrzymania zaraz po wbudowaniu. Trzeba zaznaczyć, że bieżące utrzymanie jest procesem ciągłym, w czasie którego realizowane są różnorodne czynności konserwacyjne, w tym zmechanizowane podbijanie, szlifowanie, napawanie i regulacje szerokości torów i żłobków [8]. Gwarancja/rękojmia zobowiązuje do usunięcia wad jeśli takowe pojawiają się w elementach wbudowanych, ale często pojawiające się wady wynikają z niewystarczającego utrzymania przez co producenci rozjazdów po zgłoszeniach gwarancyjnych odmawiają uznania gwarancji, właśnie z uwagi na takie wady.

Negatywny wpływ niewystarczającego utrzymania objawia się w postaci:

- przyspieszonego zużycia elementów rozjazdowych,
- powstawania wad kontaktowo-zmęczeniowych (np. typu head-checking) prowadzących do wykruszeń, np. elementów krzyżownic.

Należy zwrócić uwagę, że jak sugeruje autor [6] czynnikiem mogącym przyspieszać powstawanie wad i uszkodzeń części krzyżownicowej rozjazdów może być poza obciążeniem przewozami, wysoka prędkość pojazdów taboru pasażerskiego <160;200km/h.>. Teza ta ma potwierdzenie w obserwacji rozjazdów w ciągu linii kolejowej nr 9 na głównych stacjach. Zwraca to uwagę na konieczność dobrego utrzymania i zlecenia regeneracji w odpowiednim dla zużycia danej klasy linii kolejowej czasie.

3. REGENERACJA KRZYŻOWNIC A PUNKT „0”

Regeneracja krzyżownicy i szyn skrzydłowych jest powszechnie wykonywaną naprawą, mającą zasadność ekonomiczną i technologiczną. Każda krzyżownica może być regenerowana 3-krotnie w warunkach terenowych. Zadaniem wykonawcy napawania jest w oparciu o „karty obmiarowe” (karty zawierające wszystkie informacje o nominalnych wymiarach krzyżownicy) doprowadzenie jej do wartości nominalnych widniejących w tych dokumentach [9].

Niestety proces naprawczy uszkodzeń występujących w rozjazdach jest bardzo utrudniony z powodu intensywności ruchu kolejowego. Częstym problemem jest brak możliwości organizowania zamknięć torowych na liniach magistralnych, z dużymi prędkościami oraz późna klasyfikacja elementów rozjazdowych do regeneracji (3 klasa zużycia). Taka zależność może przyczyniać się do powstawania granicznych zużyć oraz wad, które wymagają usuwania znacznych ilości materiału rodzimego w procesie regeneracji. Należy zwrócić uwagę, że przy każdej regeneracji poprzez napawanie, należy usunąć materiał wcześniej napawany aż materiału rodzimego. Jest to ważne w perspektywie kolejnych regeneracji w połączeniu z zużyciami granicznymi.

Wymienione czynniki zwracają uwagę na konieczność kontrolowania zużyć i odpowiednio szybkiego zlecenia wykonywania regeneracji w celu przedłużenia żywotności i długości eksploatacji rozjazdów kolejowych przez tabor.

Według [10] „po procesie regeneracji krzyżownic zwyczajnych, obniżenie dzioba w stosunku do szyn skrzydłowych powinno odpowiadać wielkości H wynikającej z dokumentacji technicznej regenerowanych rozjazdów, z zachowaniem dopuszczalnych odchyłek”. W zależności od prędkości, odchyłki od wartości normatywnych mieszczą się

nawet w granicach +0,5;-0,4 mm dla prędkości $V > 120 \text{ km/h}$ na danym odcinku linii kolejowej, co wynika z tabeli 1.

Tabela 1 Odchyłka wysokości (mm) w zależności od prędkości na linii [10]

Polożenie przekroju	Odchyłka Δh (mm) w zależności od prędkości na linii		
	$V \leq 40 \text{ km/h}$	$40 \text{ km/h} \leq V \leq 120 \text{ km/h}$	$V > 120 \text{ km/h}$
OD – ostrze dzioba	+1,0 + -0,5	+1,0 + -0,5	+0,5 + -0,4
KPP – koniec pierwszej pochylni	+0,6 + -0,5	+0,5 + -0,5	+0,5 + -0,4
KDP – koniec drugiej pochylni	+0,6 + -0,5	+0,5 + -0,5	+0,5 + -0,4
KTP – koniec trzeciej pochylni	+0,6 + -0,5	+0,5 + -0,5	+0,5 + -0,4

W instrukcji [9] przedstawiono wytyczne mówiące o dopuszczalnych odchyłkach i kryteriach odbioru napawanej krzyżownicy. Możemy w nich przeczytać o kryteriach i odchyłkach dopuszczalnych po regeneracji. Mówi ona między innymi o odchyłkach jakie są przyjęte dla poszczególnych miejsc:

- „Po procesie regeneracji w przekroju OD ostrze dzioba powinno być obniżone w stosunku do powierzchni tocznej szyn skrzydłowych o wielkość H wynikającą z dokumentacji technicznej dla poszczególnych rodzajów i typów rozjazdów z zachowaniem dopuszczalnych odchyłek +1,0 –0,5 mm.

- Po regeneracji w przekroju KPP (lub KPD w przypadku trzech pochylni) ostrze dzioba powinno być obniżone w stosunku do powierzchni tocznej szyn skrzydłowych o wielkość H_1 (lub H_2 w przypadku trzech pochylni) wynikającą z dokumentacji technicznej dla poszczególnych rodzajów i typów rozjazdów z zachowaniem dopuszczalnych odchyłek +0,5 do –0,5 mm.

- Po procesie regeneracji w przekroju KDP (lub KTP w przypadku trzech pochylni) **szyna dziobowa powinna znajdować się na tym samym poziomie co szyna skrzydłowa z zachowaniem dopuszczalnych odchyłek +0,5 do –0,5 mm.**” Biorąc pod uwagę rozwój linii kolejowych na sieci PKP PLK i zwiększaniu prędkości na poszczególnych liniach te granice dla $V > 120 \text{ km/h}$ są jeszcze zaostrzone i wynoszą **+0,5 do –0,4 mm.**” [10].

Z przytoczonego fragmentu instrukcji [2] jasno wynika, że przewiduje ona odchyłki +0,5 do -0,5 (-0,4 mm dla $V > 120 \text{ km/h}$), w stosunku do wartości zaniżenia 0 mm w stosunku do szyn skrzydłowych. Należy zwrócić uwagę na fakt, że często spotykane są miejsca, w których przed przystąpieniem do regeneracji na końcu drugiej pochylni (lub trzeciej, gdy występuje), wartości zużycia wystają znacznie ponad -0,5 mm (-0,4 mm dla $V > 120 \text{ km/h}$), co oznacza, że po procesie napawania, spełniając kryterium co do dopuszczalnych odchyłek, napawanie może powodować zawyżenie toków szynowych w stosunku do dalszej części toru kolejowego za ostatnią pochylnią.

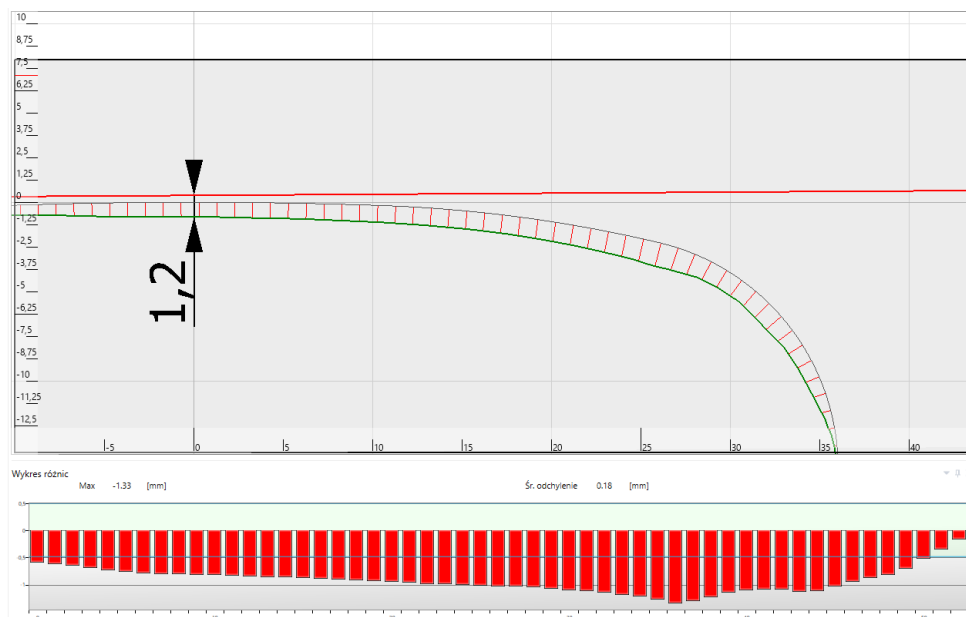
Problemem z jakim spotykają się wykonawcy jest brak możliwości uzyskania takiej wartości dla tak zwanego punktu „0” – jakim to nazywamy miejsce, w którym, licząc od ostrza dzioba krzyżownicy – jego obniżenie wynosi 0 mm, czyli jest na wysokości szyn skrzydłowych. Należy zwrócić uwagę na fakt, że krzyżownica nie zużywa się jedynie w miejscu, gdzie jest pochylnia ale także poza nią. W tym miejscu szyny skrzydłowe nie są już narażone działaniem kół przejeżdżającego pojazdu szynowego. Oznacza to, że chcąc doprowadzić koniec ostatniej pochylni dzioba krzyżownicy do wartości zerowej zaniżenia w stosunku do szyn skrzydłowych, może to powodować konieczność napawania w taki sposób, aby powstało pewne zawyżenie, które pozwoli na wyrównanie wysokości w stosunku do szyn skrzydłowych. Biorąc pod uwagę fakt, że w dalszej części krzyżownicy występują już zużycia, które powodują obniżenie tego elementu w stosunku do szyn skrzydłowych, taki zabieg może być szkodliwy dla spokojności jazdy pociągów oraz dla bezpieczeństwa ich prowadzenia, przez konieczność wykonania swego rodzaju „rampy”.

Na rysunku 2 można zauważyć, że od strony ostrza dzioba oddziaływanie koła na szynę skrzydłową lewą kończy się około 40 cm od ostrza. W dalszej części można zaobserwować jedynie zużycie elementu krzyżownicy. Doprowadzanie ostatniej pochylni do wysokości 0 mm w stosunku do szyn skrzydłowych może nie być w takim wypadku zasadnym.



Rys. 25. Krzyżownica rozjazdu nr 2 - stacja Montowo [fotografia własna]

Na przykładzie rys. 25 przedstawiono zużycie w rozjeździe nr 2 na linii kolejowej nr 9 na stacji Działdowo, IZ Olsztyn) zaobserwowane 07.05.2022r. . Zaobserwowano zużycia w stosunku do profilu normatywnego o maksymalnym odchyleniu (-1,33) mm oraz zaniżenie od „punktu 0” o 1,2 mm.



Rys. 26. Zużycie szyny w bloku krzyżownicy w odległości 100 cm od ostrza dzioba, za ostatnią pochylnią

Na rys. 26, na podstawie opracowanego pomiaru profilu poprzecznego, zmierzonego za pomocą profilomierza elektronicznego P X-Y firmy Graw, można zaobserwować zużycie się elementów poza strefą zaniżenia dzioba krzyżownicy, które znacznie wykracza poza przyjęte wartości dopuszczalne.

Podobne wyniki obserwacji uzyskano w rozjazdach nr 7, 22 i 23 na stacji Działdowo. Przedstawiono je w podanej kolejności na rysunkach 27 – 32.



Rys. 27. Zużycie szyny w bloku krzyżownicy w odległości 120 cm od ostrza dzioba, za ostatnią pochylnią w rozjeździe zwyczajnym nr 7 [fotografia własna]



Rys. 28. Zużycie szyny w bloku krzyżownicy w odległości 120 cm od ostrza dzioba, za ostatnią pochylnią w rozjeździe zwyczajnym nr 7 – widok na całą krzyżownicę [fotografia własna]

Na rysunkach 27 i 28 przedstawiono obserwację zużycia w odległości 120 cm od ostrza dzioba krzyżownicy w rozjeździe nr 7. Pomiar szczelinomierzem wykazał zużycie rzędu 0,4 mm.



Rys. 29. Obniżenie dzioba krzyżownicy w stosunku do szyn skrzydłowych w bloku krzyżownicy w odległości 120 cm od ostrza dzioba, za ostatnią pochylnią w rozjeździe zwyczajnym nr 22 [fotografia własna]



Rys. 30. Zużycie szyny w bloku krzyżownicy w odległości 120 cm od ostrza dzioba, za ostatnią pochylnią w rozjeździe zwyczajnym nr 22 [fotografia własna]

Na rysunkach 29 i 30 przedstawiono fotografie obrazujące zużycia w krzyżownicy w odległości 120 cm od ostrza dzioba w rozjeździe nr 22. Należy zwrócić uwagę na zmierzony 1,00 mm zużycia w tym rozjeździe.



Rys. 31. Zużycie szyny w bloku krzyżownicy w odległości 120 cm od ostrza dzioba, za ostatnią pochylnią w rozjeździe zwyczajnym nr 23 [fotografia własna]



Rys. 32. Zużycie szyny w bloku krzyżownicy w odległości 120 cm od ostrza dzioba, za ostatnią pochylnią w rozjeździe zwyczajnym nr 23 – widok na całą krzyżownicę [fotografia własna]

Na rysunkach 27 i 28 przedstawiono obserwację zużycia w odległości 120 cm od ostrza dzioba krzyżownicy w rozjeździe nr 23. Pomiar w przypadku tej krzyżownicy wykazał zużycie rzędu 0,6 mm.

Przedstawione na zdjęciach rozjazdy, to:

- rozjazd zwyczajny nr 2 60E1 1:12 R500, produkcja marzec 2011 r., krzyżownica produkcji VOSSLOH Cogifer,
- rozjazd zwyczajny nr 7 60E1 1:9 R300, produkcja marzec 2011 r., krzyżownica produkcji VOSSLOH Cogifer,
- rozjazd zwyczajny nr 22 60E1 1:12 R500, produkcja styczeń 2011 r., krzyżownica produkcji VOSSLOH Cogifer,
- rozjazd zwyczajny nr 23 60E1 1:9 R300, produkcja styczeń 2011 r., krzyżownica produkcji VOSSLOH Cogifer.

Ponieważ zaprezentowane rozjazdy wbudowane zostały nie wcześniej niż 11 lat temu można zauważyć, że znaczna część rozjazdów na sieci PKP PLK S.A. może się spotykać z omawianym w referacie problemem.

Mając na uwadze zapis widniejący w instrukcji [9] mówiący o tym, że: „celem regeneracji zużytych elementów nawierzchni kolejowej jest doprowadzenie powierzchni elementu rozjazdu lub szyny do wymiarów konstrukcyjnych **przy uwzględnieniu ogólnego stopnia zużycia poza strefą regeneracji**” należy zauważyć, że napawając powinno się

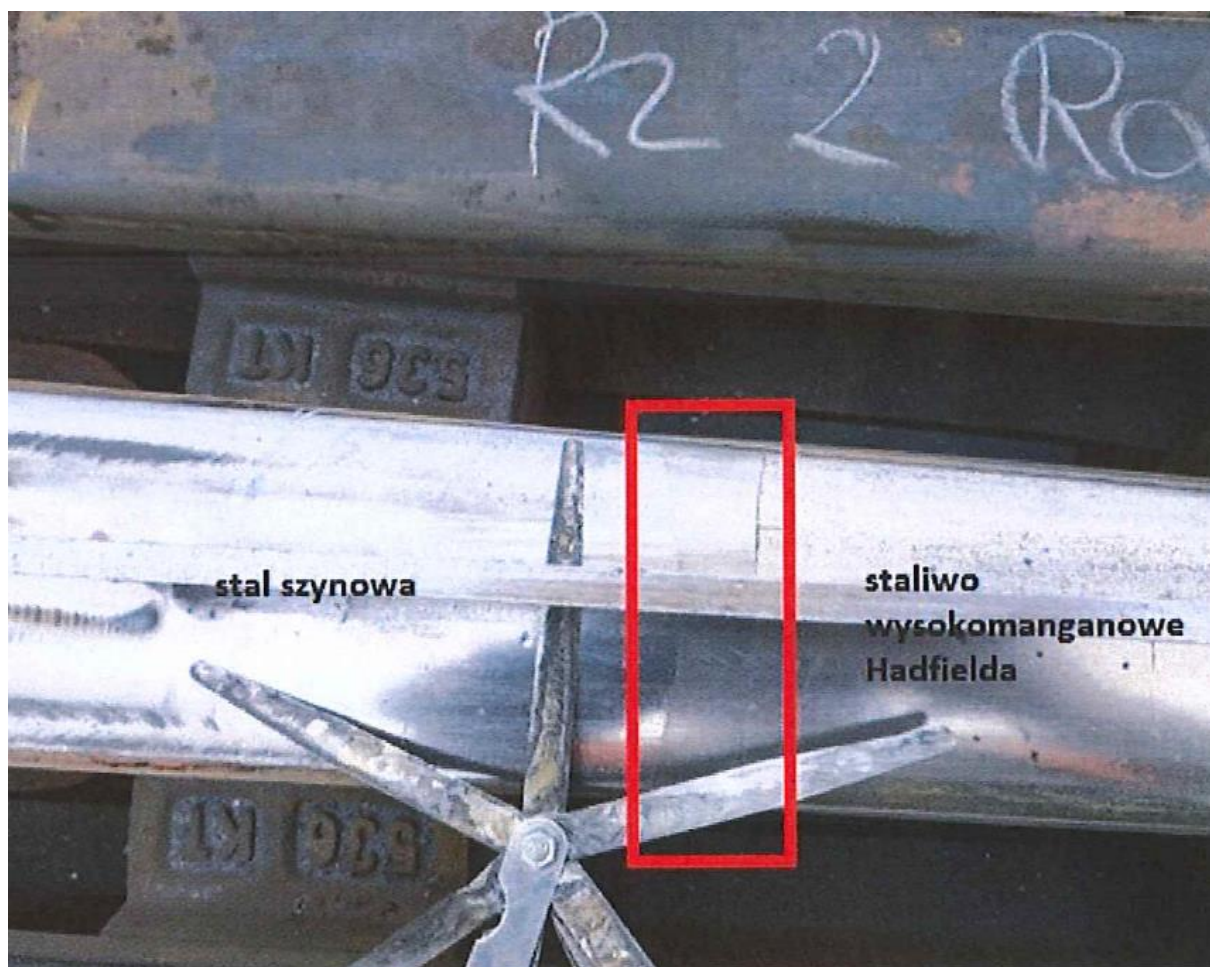
zwracać większą uwagę na wielkości zużyć. Natomiast w instrukcjach [9,10] i wytycznych brakuje zapisu, który uwzględniałby zużycia za końcem ostatniej pochylni dzioba krzyżownicy.

3.1 Napawanie utwardzające krzyżownic manganowych po wbudowaniu, problem napawania połączenia dziobnicy manganowej ze stalą szynową

Elementy rozjazdu (krzyżownice i iglice) należą do najszybciej zużywających się elementów nawierzchni kolejowej. Szczególną uwagę należy poświęcić krzyżownicom wykonanym ze staliwa wysokomanganowego Hadfielda. Poprzez swoją początkową plastyczność wykazują one podatność na zużycia mogące dyskwalifikować je z użytkowania niedługo po wbudowaniu.

Technologią która pozwala na wydłużenie żywotności krzyżownic i innych elementów rozjazdów kolejowych jest regeneracja poprzez napawanie. Napawanie krzyżownic manganowych jest jednak bardziej ograniczone od wykonania regeneracji w krzyżownicach wykonanych ze stali węglowej. Wynika to bezpośrednio z technologii naprawy tego elementu i różnic materiałowych.

Krzyżownica z dziobnicą manganową łączona jest ze stalą szynową przy pomocy zgrzeiny w obecności przekładki ze staliwa lub stali austenitycznej (rys. 33).



Rys. 33. Wklęsłość w punkcie 0 krzyżownicy manganowej kwalifikująca krzyżownik do wymiany
[fot. własna]

Regenerację elementów wykonanych ze staliwa wysokomanganowego Hadfielda „należy przeprowadzić „na zimno” (bez podgrzewania wstępnego)” oraz nie doprowadzić elementu do przegrzania ponad 200°C, elementy wykonane ze stali węglowej należy podgrzać wstępnie” do temperatury rozpoczynającej się od 250°C w przypadku występowania stali R200, w przypadku występowania stali R260, czy R350HT temperatura ta wynosi 250 – 450°C. Tak inna metodologia napawania powoduje, że **nie ma możliwości napawania rejonu połączenia staliwa wysokomanganowego Hadfielda ze stalą szynową.**

Przedstawiony problem łączy się dodatkowo z ograniczeniami wynikającymi bezpośrednio z wartości granicznych zużyć poszczególnych elementów krzyżownicy (dzioba, szyn skrzydłowych) i są to odpowiednio:

- 8 mm – w torach głównych linii magistralnych i pierwszorzędnych,
- 10 mm – w torach linii drugorzędnych,
- 12 mm – w torach linii znaczenia miejscowego i w torach bocznych wszystkich linii [10].

Miejsce, na które szczególnie należy zwrócić uwagę jest kontrola zużycia w punkcie „0”. Występuje on najczęściej w okolicy występowania przekładki austenitycznej. Należy zwrócić uwagę, że **maksymalna dopuszczalna wartość płaskości w płaszczyźnie pionowej szyny w torach głównych zasadniczych wynosi dla wklęsłości 0,1 mm** [9]. Przekroczenie tej wartości dyskwalifikuje taką krzyżownicę i kwalifikuje ją do wycięcia. Zgodnie z przedstawionymi wcześniej ograniczeniami technologicznymi nie ma możliwości napawania tego miejsca.

Rozwiązaniem, mogącym zatrzymać proces nadmiernej degradacji jest **wykonanie napawania początkowego - utwardzającego (tak zwanego „napawania zerowego”) zaraz po wbudowaniu.** Napoina charakteryzuje się wyższą twardością i odpornością na zużywanie. Należy zwracać także szczególną uwagę na usuwanie spływów i uszkodzeń powierzchniowych poprzez szlifowanie.

Przedstawione fakty obligują do wzmożonej kontroli i szybkiego reagowania w przypadku obserwacji zużyć w krzyżownicy. Zbyt późna reakcja i wystąpienie zużyć w krzyżownicy za zgrzeiną łączącą staliwo wysokomanganowe Hadfielda ze stalą szynową może kwalifikować stosunkowo nowy element do wymiany.

4. ZAMKNIĘCIA TOROWE A PROCES NAPAWANIA ŁUKOWEGO

Zgodnie z obowiązującą technologią proces regeneracji krzyżownicy w zależności od materiału z którego jest ona wykonana jest czasochłonny i wymaga dokładności i kontroli podczas napawania. Problemem, z którym spotykają się wykonawcy są czasy zamknięć niedostosowane do procesu prawidłowego wykonania napawania według technologii [9].

Technologia napawania krzyżownicy przewidziana jest zarówno dla krzyżownic stalowych, manganowych w stanie surowym jak i obrabianych cieplnie oraz tych wykonanych ze staliwa wysokomanganowego Hadfielda. Dopuszczalne jest przeprowadzenie 3-krotnej regeneracji danej krzyżownicy, warunkiem jest przy każdej regeneracji zeszlifowanie materiału aż do materiału rodzimego. W torach, gdzie ruch pociągów odbywa się z prędkością >140 km/h, wszystkie elementy zakwalifikowane do naprawy muszą zostać poddane badaniu defektoskopowemu [9].

Należy zwrócić uwagę, że napawanie nie wymaga całkowitego zamknięcia toru lecz możliwe jest wykonywanie robót ustawiając ograniczenie prędkości na 20 km/h. Mimo to często spotyka się problem ustawienia takiego ograniczenia na liniach najbardziej obciążonych ruchem kolejowym. Jak wspomniano na torach wysokiej klasy występują zawężone odchyłki geometryczne, które obligują do szybszej reakcji w przypadku zużycia, a w miejscach tych najczęściej ograniczenia prędkości, czy zamknięcia torowe wprowadzane są na czas nieadekwatny do wymaganego (np. 2,5 h - 3,5 h)

Duże obciążenie linii, często jest przyczyną braku możliwości zlecenia prac torowych w ciągu dnia. Koniecznym jest wtedy wykonywanie robót w zamknięciach nocnych co może mieć negatywny wpływ na proces regeneracji (mało czasu, praca przy świetle sztucznym) [11].

W celu zagwarantowania jakości wykonanych robót wykonawcom zależy na organizowaniu dłuższych zamknięć torowych. Więcej czasu na wykonanie napawania pozwala na przeprowadzenie regeneracji zgodnie z technologią. Wykonawcy zależy także aby w miarę możliwości wykorzystany był 8-godzinny czas pracy pracowników torowych ciągu jednej mobilizacji, dzięki czemu koszty po stronie wykonawcy byłyby ograniczone, a zlecone prace wykonywane byłyby w krótszym okresie czasu.

5. PODSUMOWANIE

W wielu sytuacjach nie ma możliwości uniknięcia powstawania zużyć i uszkodzeń, ale można zapobiec procesowi ich gwałtownej propagacji. Należałoby wdrażać założenia zarządzania zasobami w myśl idei *asset management*. Do tego wymagane jest wdrożenie odpowiednich strategii utrzymania w zakresie szczegółowych elementów stalowych nawierzchni oraz podbijania rozjazdów. Strategie i metody naprawcze elementów istnieją, ale napotykają na swej drodze inne problemy w postaci zmniejszającej się ilości wykwalifikowanej kadry (odejścia pracowników na emerytury przy braku napływu nowych ludzi), problemów administracyjnych (czy za problem odpowiada producent, zarządca, czy główny wykonawca) i finansowania na wystarczającym poziomie. Wszystkie te elementy pochłaniają dużo czasu, który jest bardzo istotny w aspekcie usunięcia uszkodzenia, prawidłowości działania elementu i jego trwałości [12, 13].

Kolejnym problemem który można by podjąć pod rozważania możliwość uaktualnienia przepisów w kontekście odchyłek od wartości tzw. „punktu zero”. Mogłyby się one odnosić nie do szyn skrzydłowych, ale do wartości, która przed procesem napawania widnieje na końcu ostatniej pochylni krzyżownicy, w zależności od jej producenta, czyli w omawianym punkcie „0”. Takie rozwiązanie mogłoby mieć pozytywne skutki w aspekcie bezpiecznego prowadzenia ruchu pociągów, oraz zredukowałoby potencjalne zużycia mogące wynikać z obciążeń dynamicznych powstających poprzez konieczne zbudowanie rampy w stosunku do wielkości zużycia w dalszej części rozjazdu kolejowego.

Zwraca uwagę aspekt zużywania się krzyżownic manganowych w sieci PKP PLK S.A. Rozwiązaniem mogącym zdecydowanie wydłużyć żywotność takich krzyżownic jest zlecenie napawania utwardzającego zaraz po wbudowaniu. Jest to szczególnie istotne ze względu na brak możliwości technologicznych regeneracji w miejscu zgrzewu łączącego materiał manganowy ze stalą szynową.

Ostatnim zagadnieniem wartym dyskusji i wprowadzenia innych rozwiązań jest kwestia zamknięć i ich długości na liniach magistralnych oraz dużych prędkości. Z punktu widzenia wykonawcy zagwarantowanie dłuższych zamknięć może przyczynić się do lepszej

jakościowo wykonywanej pracy oraz większej ilości dziennie zregenerowanych elementów drogi kolejowej.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Materna J., Moszczyński R., Radomski R.: Trwałości eksploatacyjna zregenerowanych szyn i rozjazdów kolejowych, IV Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna "Spawalnictwo dróg szynowych - jakość, niezawodność, bezpieczeństwo", 2014
- [2] Kędra Z.: Diagnostyka obrazowa rozjazdów kolejowych, Logistyka, nr 6/2011, 1603-1610
- [3] Bałuch H., Bałuch M.: Eksploatacyjne metody zwiększenia trwałości rozjazdów kolejowych. Warszawa, Centrum Naukowo Techniczne Kolejnictwa 2009.
- [4] Grulkowski S., Kędra Z., Zariczny J.: Problemy diagnostyki szyn kolejowych w torach i rozjazdach, Inżynieria Morska i Geotechnika, nr 5/2014, 497-504.
- [5] Xin L., Markine V.L.: *DynamicInteractionBetween the Wheel and CrossingNose*, Civil-Comp Press, 2013
- [6] Stroynowski J.: *Analiza zużyc reprofelowanych elementów krzyżownic w zależności od prędkości pociągów*, 2022
- [7] Aniołek K., Herian J.: Obciążenie i zużycie rozjazdów kolejowych w warunkach eksploatacyjnych oraz materiały stosowane do ich budowy, Technika Transportu Szynowego, nr 2-3 (2013), 85-89.
- [8] Instrukcja o oględzinach, badaniach technicznych i utrzymaniu rozjazdów. PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Warszawa, PKP PLK S.A. 2015.
- [9] „Warunki techniczne wykonania i odbioru zregenerowanych przez napawanie łukowe elementów nawierzchni kolejowej Id-103”.
- [10] „Instrukcja o oględzinach, badaniach technicznych i utrzymaniu rozjazdów Id-4”.
- [11] Zasady bezpieczeństwa pracy podczas wykonywania prac inwestycyjnych, rewitalizacyjnych, utrzymaniowych i remontowych wykonywanych przez pracowników podmiotów zewnętrznych na terenie PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. oraz Wytoczne sposobu dostarczania informacji i poinformowania pracowników podmiotu zewnętrznego o zagrożeniach dla zdrowia i życia podczas wykonywania prac na terenie PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Ibh-105
- [12] Nicklisch D., Sauer V.: Messung und Bewertung der Überlaufsgeometrie starrer Herzstücke, Eisenbahningenieur, 9 (2013), 18-23.
- [13] Siegmann J.: Die Belastung der Schiene aus dem Betrieb, Internationales Symposium "Schienenfehler", Brandenburg an der Havel, 16. und 17. November 2000.
- [14] <https://www.karierawfinansach.pl/baza-wiedzy/slownik-pojec/asset-management-co-oznacza-asset-management>