

Zbigniew Kędra

TECHNOLOGIA ROBÓT TOROWYCH



Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej

Zbigniew Kędra

TECHNOLOGIA ROBÓT TOROWYCH

Gdańsk 2015

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO
WYDAWNICTWA POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ
Janusz T. Cieśliński

RECENZENCI
Bożysław Bogdaniuk
Władysław Koc

PROJEKT OKŁADKI
Katarzyna Olszonowicz

Wydano za zgodą
Rektora Politechniki Gdańskiej

Publikacja dostępna tylko w wersji elektronicznej –
Pomorska Biblioteka Cyfrowa <http://pbc.gda.pl>

Oferta wydawnicza Politechniki Gdańskiej jest dostępna pod adresem
<http://www.pg.edu.pl/wydawnictwo/katalog>
zamówienia prosimy kierować na adres wydaw@pg.gda.pl

Utwór nie może być powielany i rozpowszechniany, w jakiegokolwiek formie
i w jakikolwiek sposób, bez pisemnej zgody wydawcy

© Copyright by Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej
Gdańsk 2015

ISBN 978-83-7348-634-8

WYDAWNICTWO POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ

Wydanie I. Ark. wyd. 16,8, ark. druku 16,5, 166/891

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	5
2. KLASYFIKACJA NAPRAW	7
3. KONSERWACJA	8
3.1. Narzędzia do konserwacji nawierzchni	8
3.2. Zabezpieczenie pękniętej szyny	11
3.3. Wymiana złąbek szynowych	16
3.4. Dokręcanie złąbek szynowych	17
3.5. Regulacja szerokości toru	18
3.6. Podbicie pojedynczych podkładów	20
3.7. Niszczenie roślinności	21
3.8. Smarowanie złąbek i części rozjazdowych	22
4. NAPRAWA BIEŻĄCA	24
4.1. Warunki naprawy torów bezстыkowych	24
4.2. Usuwanie nierówności pionowych toru	25
4.3. Nasuwanie toru w płaszczyźnie poziomej	30
4.4. Wymiana pojedynczych elementów nawierzchni kolejowej	32
4.5. Naprawa ostateczna pękniętej szyny	38
4.6. Regeneracja elementów stalowych nawierzchni	40
4.7. Wymiana części rozjazdowych	44
4.8. Regulacja sił podłużnych w torze bezстыkowym	45
4.9. Nasuwanie szyn odpelzłych i regulacja luzów	48
5. REGULACJA POŁOŻENIA TORU W PŁASZCZYŹNIE PIONOWEJ I POZIOMEJ	53
5.1. Zespół podbijający	54
5.2. Zespół nasuwająco-podnoszący	59
5.3. System pomiarowy	62
5.4. Metody pomiaru geometrii toru	66
5.5. Dynamiczna stabilizacja toru	77
6. OCZYSZCZANIE I UZUPEŁNIANIE PODSYPKI	79
6.1. Zespoły robocze oczyszczarki tłucznia	80
6.2. Oczyszczarki tłucznia OT400 i OT800	86
6.3. Oczyszczarki firmy Matisa i Plasser & Theurer	92
6.4. Wagony do transportu odsiewek i tłucznia	102
6.5. Profilarki i oczyszczarki ław torowiska	109
6.5. Zgarniarki i profilarki tłucznia	112

7. SPAWANIE I ZGRZEWANIE SZYN	119
7.1. Zgrzewanie szyn	120
7.2. Spawanie termitowe	128
7.3. Spawanie łukiem elektrycznym	136
8. REPROFILACJA SZYN	140
8.1. Szlifowanie szyn	142
8.2. Frezowanie szyn	153
8.3. Struganie szyn	159
9. NAPRAWA GŁÓWNA NAWIERZCHNI	164
9.1. Transport i wyładunek szyn długich	165
9.2. Metoda przęsłowa	172
9.3. Metoda bezpręsłowa	180
9.4. Metoda potokowa	184
10. NAPRAWA GŁÓWNA ROZJAZDÓW	206
10.1. Montaż rozjazdów	206
10.2. Transport rozjazdów	210
10.3. Wymiana rozjazdów	214
11. NAPRAWA GŁÓWNA PODTORZA	227
11.1. Budowa warstwy ochronnej	227
11.2. Metoda klasyczna	229
11.3. Metoda potokowa	239
BIBLIOGRAFIA	256

WSTĘP

Technologia jest nauką obejmującą dział techniki dotyczący metod wytwarzania lub przetwarzania surowców, materiałów i wyrobów. Jej główne cele to rozpoznanie i opracowanie optymalnych procesów technologicznych w określonych warunkach ich realizacji [37, 106].

W odniesieniu do działalności inżynierskiej technologię można zdefiniować jako ogół informacji na temat metod, środków, sposobów mechanizacji, automatyzacji i realizacji procesów roboczych w odpowiedniej kolejności. Jest to zatem metoda działań technicznych, z której wynikają kwalifikacje wykonawców robót, typ wyposażenia (np. narzędzia, maszyny), rodzaj potrzebnych zasobów (np. materiały, prefabrykaty) oraz procesy robocze i kolejność ich realizacji [19].

Analizując pojęcie technologii w ujęciu inżynierskim, możemy przyjąć, że przy identyfikacji i projektowaniu procesu technologicznego należy udzielić odpowiedzi na następujące pytania [19]:

- z czego to można zrobić? (dobór odpowiednich materiałów);
- kto to może zrobić? (kwalifikacje pracowników, operatorów maszyn);
- czym to można zrobić? (dobór odpowiednich narzędzi, sprzętu i maszyn);
- z jakich procesów roboczych składa się nasze działanie? (charakterystyka podstawowych operacji wchodzących w skład procesu technologicznego);
- w jakiej kolejności następują te zdarzenia? (ustalenie optymalnej kolejności realizacji poszczególnych operacji procesu technologicznego).

W praktyce budowlanej wiele procesów technologicznych wymaga zastosowania lub może być wykonanych w różnych technologiach, a o ich wyborze decyduje wiele czynników technicznych, ekonomicznych, społecznych czy kulturowych, takich jak: koszt, czas, wymogi prawne, bezpieczeństwo, wygoda itp. [106].

Podstawową metodą realizacji wszystkich procesów technologicznych jest ich mechanizacja, której rozwój zależy od licznych czynników (np. skali i powtarzalności robót, rozwiniętego przemysłu produkcji maszyn, umiejętności operowania tymi maszynami).

Problem mechanizacji w budownictwie (także kolejowym) jest bardzo złożony i nie ogranicza się tylko do ilościowego wzrostu maszyn. O rozwoju mechanizacji w robotach torowych decydują takie czynniki, jak [20]:

- odpowiednia jakość maszyn i ich przydatność w specyficznych warunkach kolejowych;
- właściwa struktura parku maszyn;
- prawidłowy i optymalny dobór maszyn do procesu technologicznego;
- optymalna obsługa i naprawa tych maszyn.

Mechanizacja procesów technologicznych pozwala na zwiększenie wydajności i skrócenie czasu wykonania robót torowych, a w konsekwencji – na skrócenie czasu zamknięcia torów, polepsza jakość robót, obniża koszty ich wykonania i umożliwia zastąpienie ciężkiej pracy fizycznej człowieka pracą maszyn. Wielkość tych efektów zależy nie tylko od stopnia

zmechanizowania procesu technologicznego, lecz również od przyjętego rodzaju mechanizacji (częściowa, kompleksowa i optymalna) [106].

Mechanizacja częściowa obejmuje najczęściej czynność główną, pozostałe czynności są zaś wykonywane ręcznie. Jej podstawową wadę stanowi brak jednolitości technologicznej w przebiegu określonego procesu, a zjawiskiem stałym jest hamowanie przebiegu czynności zmechanizowanych wskutek powolniejszych i mniej rytmicznych czynności wykonywanych ręcznie [20].

Jeżeli w złożonym procesie technologicznym wszystkie operacje można wykonywać za pomocą maszyn, to mamy do czynienia z mechanizacją kompleksową (nazywaną też pełną lub całkowitą). W praktyce można całkowicie zmechanizować procesy budowlane przy zastosowaniu przypadkowo dobranych maszyn. Jednak wówczas maszyny te nie będą wykorzystane w sposób racjonalny, ponieważ wydajność całego zestawu maszyn odpowiada najmniej wydajnej maszynie.

Jeżeli mechanizacja pełna jest zorganizowana w taki sposób, że praca poszczególnych maszyn i urządzeń (tego samego zestawu) jest zharmonizowana w zakresie wydajności, niezawodności, czasu i miejsca, to taką mechanizację nazywa się mechanizacją kompleksową [20, 106].

W praktyce najlepszym rozwiązaniem jest mechanizacja optymalna, która łączy w sobie cechy mechanizacji kompleksowej i optymalizacji celu. W zależności od kryterium społeczno-gospodarczego celem tym może być minimalny czas realizacji przedsięwzięcia budowlanego lub minimalny koszt robót.

KLASYFIKACJA NAPRAW

Utrzymanie drogi kolejowej w stanie pełnej sprawności eksploatacyjnej wymaga od zarządcy infrastruktury prowadzenia w sposób ciągły bieżącej konserwacji oraz planowania i wykonywania remontów.

W literaturze dotyczącej technologii robót torowych [5, 124, 129] oraz w odniesieniu do warunków technicznych utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych [135] naprawy torowe dzielą się na:

- konserwację;
- remonty:
 - naprawy bieżące,
 - naprawy główne,
 - naprawy awaryjne;
- modernizację:
 - inwestycje ulepszające;
 - inwestycje modernizacyjne.

Konserwacja polega na usuwaniu usterek oraz wykonywaniu drobnych napraw nawierzchni kolejowej i podtorza.

Zgodnie z prawem budowlanym [101] remont dotyczy wykonania robót budowlanych polegających na odtworzeniu stanu pierwotnego, z możliwością stosowania innych materiałów, niż były użyte wcześniej. W myśl tej definicji remontami są tylko naprawy główne i modernizacyjne, które powinny być prowadzone na podstawie projektu budowlanego opracowanego zgodnie z wymogami prawa budowlanego.

Modernizacja jako inwestycja ulepszająca polega na wymianie elementów nawierzchni kolejowej (np. szyn, podkładów, podsypki, rozjazdów) na inny typ w celu poprawy parametrów eksploatacyjnych (np. dopuszczalnego nacisku, maksymalnej prędkości) lub zwiększenia sprawności technicznej [135].

Inwestycje modernizacyjne obejmują roboty mające na celu uzyskanie lepszych, założonych w projekcie parametrów techniczno-eksploatacyjnych, poprzez zmianę układu geometrycznego toru, w połączeniu z możliwością wymiany, niezależnie od stanu nawierzchni, jej podstawowych elementów konstrukcyjnych [135].

KONSERWACJA

Konserwacja drogi kolejowej obejmuje usuwanie usterek oraz wykonywanie drobnych napraw nawierzchni¹⁾ i podtorza kolejowego. Jest prowadzona przez pracowników wykonujących obchody lub oględziny nawierzchni oraz przez zespoły konserwacji nawierzchni.

Konserwacja nawierzchni kolejowej obejmuje [5, 135]:

- zabezpieczenie pękniętej szyny;
- wymianę uszkodzonych i uzupełnienie brakujących złąček;
- dokręcenie śrub i wkrętów;
- poprawę szerokości toru;
- podbicie pojedynczych podkładów i podrozdziadnic;
- niszczenie i usuwanie roślinności i chwastów;
- uzupełnienie podsypki;
- smarowanie rozjazdów oraz usuwanie zanieczyszczeń i starego smaru;
- regulację zamknięć nastawczych i sprzężeń zamknięć nastawczych oraz urządzeń stabilizujących iglice.

Do konserwacji zalicza się również:

- koszenie skarp i karczowanie drzew oraz krzewów;
- czyszczenie rowów odwadniających;
- konserwację znaków drogowych.

W czasie prowadzenia robót konserwacyjnych należy respektować zasady bezpieczeństwa ruchu pociągów, zabezpieczyć i oznakować miejsce robót, przestrzegać przepisów BHP oraz wykonać prace poprawnie pod względem technicznym i technologicznym.

3.1. Narzędzia do konserwacji nawierzchni

Przy pracach konserwacyjnych nawierzchni kolejowej ze względu na mały zakres prac stosuje się zazwyczaj proste narzędzia i metodę ręczną wykonania robót. Narzędzia powinny mieć odpowiednie wymiary i kształty, muszą też być wykonane z dobrego materiału i właściwie konserwowane.

Kleszcze do szyn (rys. 3.1) służą do przenoszenia krótkich odcinków szyn na niewielkie odległości. Składają się z dwóch ramion zakończonych szczękami o kształcie dostosowanym do główki szyny.

¹⁾ W tym rozjazdów kolejowych i innych urządzeń infrastruktury kolejowej.



Rys. 3.1. Kleszcze do szyn [74]

Kleszcze do podkładów służą do przenoszenia podkładów i podrojazdnic drewnianych lub betonowych (rys. 3.2). Składają się z dwóch ramion zakończonych szczękami dostosowanymi do kształtu podkładów.



Rys. 3.2. Kleszcze do podkładów drewnianych i strunobetonowych [74]

Klucz płaski do śrub łubkowych, służący do skręcania złącz szynowych, jest dostosowany do rozmiaru śrub łubkowych. Klucz taki może być wyposażony w grzechotkę, która pozwala na ciągłą pracę bez konieczności zdejmowania ze śruby. Dodatkowo posiada wymienne wkłady do obrotu w lewo lub prawo (rys. 3.3). Do zakręcania i odkręcania śrub o różnej wielkości główki może być stosowany klucz nasadowy dwuramienny z grzechotką, umożliwiającą pracę obiema dłońmi (rys. 3.4).



Rys. 3.3. Klucz do śrub łubkowych [74]



Rys. 3.4. Klucz dwuramienny do śrub [74]

Klucze sztorcowe (rys. 3.5, 3.6) służą do dokręcania i odkręcania śrub i wkrętów; końcówka klucza jest w tym wypadku dostosowana do nakrętek śrub stopowych i główek wkrętów przytwierdzenia pośredniego typu K.



Rys. 3.5. Klucz do wkrętów [120]



Rys. 3.6. Klucz do śrub stopowych [120]

Drażek do kantowania szyn (rys. 3.7) służy do swobodnego i bezpiecznego obracania szyny wokół jej osi podłużnej na składowiskach oraz na wagonach przy załadunku i wyładunku.



Rys. 3.7. Drażek do kantowania szyn [74]



Rys. 3.8. Dźwignik do podkładów [74]

Dźwignik do podkładów (rys. 3.8) służy do podniesienia podkładu w czasie jego wymiany, w przypadku gdy podkład z podkładką żebrową znajduje się poniżej stopki szyny i nie jest możliwe założenie złączek. Dźwignik ustawia się na szynie i umieszcza jego część w żebrze podkładki, a następnie – wykorzystując dźwignię – podkład unosi się do góry w celu założenia z drugiej strony śruby stopowej, łapki, pierścienia sprężystego i nakrętki.



Rys. 3.9. Podnośnik korbowy [74]



Rys. 3.10. Przeciągarka szyn [59]

Podnośnik korbowy (rys. 3.9) służy do podniesienia szyny lub ramy torowej (szyn z przytwierdzonymi podkładami) w celu przeprowadzenia naprawy (np. wymiany podkładki żebrowej, przekładki podszynowej, wymiany podkładu itd.).

Przeciągarka szyn (rys. 3.10) służy do przemieszczania szyn wzdłuż toru w celu osiągnięcia określonej wartości luzu pomiędzy czołami toków szynowych.



Rys. 3.11. Młot do szyn [74]



Rys. 3.12. Młot do podkładów [74]



Rys. 3.13. Podbijak stalowy [74]

W zależności od potrzeb w konserwacji nawierzchni kolejowej stosowany jest również drobny sprzęt ręczny, tj. podbijaki ręczne jedno- i dwustronne (rys. 3.13), oskardy płasko-spiczaste, drażki stalowe, młoty do szyn (rys. 3.11) i podkładów (rys. 3.12), widły stalowe, szufle, łopaty itp.

3.2. Zabezpieczenie pękniętej szyny

Do pęknięć szyn w torze dochodzi najczęściej w okresie niskich temperatur. Mogą one być spowodowane kilkoma czynnikami, np. dużymi siłami rozciągającymi w szynie, mniejszą odpornością stali na uderzenia, zmęczeniem materiału, błędami technologicznymi przy spawaniu i zgrzewaniu szyn, złym utrzymaniem toru czy też płaskim miejscem na kole pojazdu szynowego.

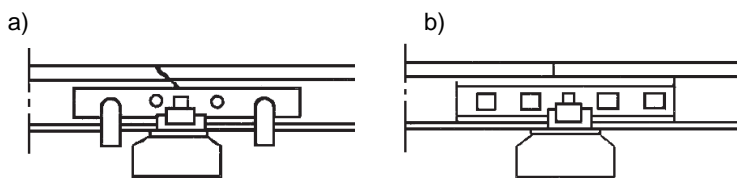
Naprawa pękniętej szyny jest przeprowadzana w kolejnych etapach [5, 135]:

- naprawa natychmiastowa – zapewniająca możliwość przejazdu pociągu;
- naprawa prowizoryczna – zapewniająca bezpieczne prowadzenie ruchu pociągów do czasu naprawy ostatecznej;
- naprawa ostateczna – przywracająca ciągłość toku szynowego i dokonywana jako naprawa bieżąca.

Naprawa pękniętej lub uszkodzonej szyny w pierwszym etapie ma na celu jak najszybsze przywrócenie ruchu pociągów z ograniczoną prędkością i – ze względu na niskie temperatury – jest prowadzona jako naprawa natychmiastowa i/lub prowizoryczna. Dopiero w kolejnym etapie przeprowadza się naprawę ostateczną, której celem jest przywrócenie ciągłości toków szynowych i pełnej sprawności technicznej.

Przed przystąpieniem do naprawy należy zapisać wielkość powstałego luzu i temperaturę szyny, przy której doszło do jej pęknięcia. Należy również ocenić stan przytwierdzeń szyny do podkładów i w razie potrzeby uzupełnić bądź wymienić elementy brakujące lub uszkodzone na długości około 100 m z każdej strony pęknięcia. W przypadku przytwierdzenia pośredniego typu K wskazane jest również dokręcenie śrub stopowych (z pozostaeniem 1 mm luzu między zwojami pierścieni sprężystych).

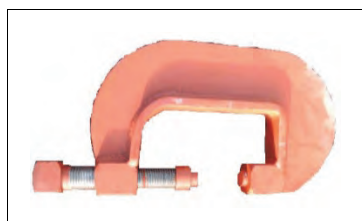
Sposób zabezpieczenia pękniętej szyny w torze bezстыkowym podczas naprawy natychmiastowej będzie zależał od wielkości powstałej szczeliny, kierunku pęknięcia (prostopadłego do osi szyny lub skośnego) oraz od długości wykruszenia główki szyny.



Rys. 3.14. Naprawa pękniętej szyny (pęknięcie nad podkładem, szczelina do 30 mm) za pomocą: a) ściskaczy szynowych; b) śrub łubkowych [5]

Przy pęknięciu szyny nad podkładem i szczelinie do 30 mm naprawa polega na założeniu łubków dociśniętych do szyny dwoma ściskaczami (rys. 3.14a). Zamiast ściskaczy w szynie można wywiercić otwory na śruby łubkowe, a następnie zabezpieczyć szynę dwoma łubkami i śrubami łubkowymi (rys. 3.14b). W pierwszym przypadku prędkość jazdy pociągów należy ograniczyć do 50 i 30 km/h²⁾ na szlaku i stacjach, a na mostach i w tunelach do 30 i 10 km/h, w drugim przypadku zaś, odpowiednio, do 60 i 30 km/h na szlaku i do 30 i 20 km/h na mostach i w tunelach [5].

Stosowany powszechnie w Polsce ściskacz do zabezpieczenia pękniętych szyn (rys. 3.15) ma kształt obejmowy, która jest zakładana pod stopką szyny i za pomocą śruby dociska łubki do szyny.



Rys. 3.15. Ściskacz do zabezpieczenia pękniętej szyny

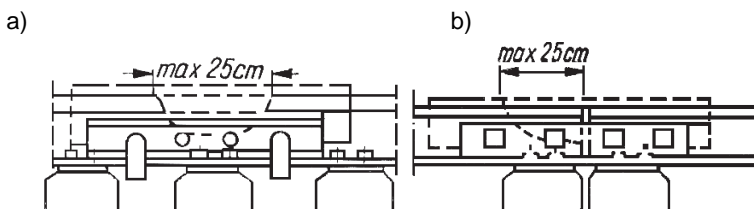
Jeżeli pęknięcie wystąpiło w okienku pomiędzy podkładami, a szczelina nie przekracza 30 mm, naprawa polega na podparciu pękniętej szyny dodatkowym podkładem drewnianym o długości około 1 metra z przytwierdzeniem pośrednim typu K, a następnie założeniu łubków i ściskaczy (rys. 3.16a). Zamiast ściskaczy można wywiercić otwory na śruby łubkowe, a następnie założyć łubki i skrócić śrubami łubkowymi (rys. 3.16b). W pierwszym przypadku należy ograniczyć prędkość do, odpowiednio, 50 i 30 km/h na szlaku i stacjach, a na mostach i w tunelach do 30 i 15 km/h, w drugim zaś – do 60 i 30 km/h na szlaku i stacjach, natomiast na mostach i w tunelach do 20 km/h. W torze bezстыkowym należy stosować łubki sześciotworowe jako złącze wiszące, tzn. nie jest wymagane podparcie szyny dodatkowym podkładem [135].

²⁾ Pierwsza wartość dotyczy prostych i łuków o promieniu $R > 800$ m, druga – łuków o promieniu $R \leq 800$ m.



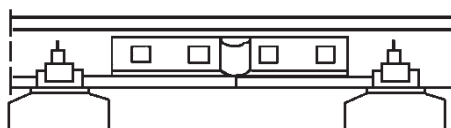
Rys. 3.16. Naprawa pękniętej szyny (pęknięcie do 30 mm między podkładami) za pomocą: a) ściskaczy szynowych; b) śrub łubkowych [5]

W przypadku pęknięcia z wykruszeniem główki szyny na długości do 25 cm, powstającym nad podkładem lub w okienku pomiędzy podkładami, naprawa polega na podparciu pękniętej szyny dodatkowym podkładem drewnianym o długości około 1 metra z przytwierdzeniem pośrednim typu K, uzupełnieniu ubytku materiału szyny wraz z założeniem kaptura ochronnego z blachy, a następnie założeniu łubków i ściskaczy (rys. 3.17). Zabezpieczenie takie należy stosować tylko w wyjątkowych sytuacjach w celu przepuszczenia pojedynczych pociągów.



Rys. 3.17. Naprawa pękniętej szyny – wykruszenie główki do 25 cm: a) na długości szyny; b) w styku [5]

Przy pęknięciu szyny w spawie termitowym lub w jego bezpośrednim sąsiedztwie należy założyć specjalnie wyprofilowane łubki obejmujące nadlew spoiny, następnie założyć ściskacze lub wywiercić otwory i połączyć całość śrubami łubkowymi (rys. 3.18).



Rys. 3.18. Naprawa pękniętej szyny – pęknięcie w spoinie [5]

Lepszym rozwiązaniem w stosunku do stosowanych powszechnie ściskaczy są imadła do zabezpieczenia pękniętej szyny (rys. 3.19), które w zależności od konstrukcji i miejsca wystąpienia pęknięcia pozwalają na jazdę z maksymalną prędkością nawet do 160 km/h³⁾.

³⁾ Dane producenta – inne typy imadeł stosowane na kolejach niemieckich są dostosowane do prędkości jazdy 80 km/h.



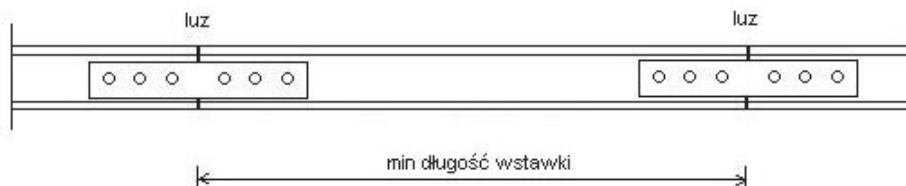
Rys. 3.19. Imadło do zabezpieczenia pękniętych szyn [74]

Podczas naprawy natychmiastowej lub prowizorycznej pękniętej szyny należy stosować wstawki szynowe o minimalnej długości [135]:

- 12 m – na liniach kolejowych o prędkościach większych niż 160 km/h;
- 8 m – na liniach o prędkości maksymalnej 140 ÷ 160 km/h;
- 6 m – na liniach o prędkości maksymalnej mniejszej niż 140 km/h.

Naprawę prowizoryczną wykonuje się samodzielnie lub po naprawie natychmiastowej, jeżeli temperatura szyny jest niższa od wartości wymaganej w procesie spawania lub gdy warunki ruchowe nie pozwalają na przeprowadzenie naprawy ostatecznej. Naprawę prowizoryczną przeprowadza się również w przypadku pęknięcia szyny ze szczeliną większą od 30 mm lub wykruszeniem główki szyny ponad 25 cm.

W tym przypadku naprawa polega na wycięciu odcinka szyny o określonej długości, następnie wbudowuje się wstawkę szynową o zbliżonym zużyciu i łączy łubkami sześciotworowymi za pomocą śrub łubkowych (rys. 3.20).



Rys. 3.20. Naprawa prowizoryczna pękniętej szyny



Rys. 3.21. Wiertarki do szyn [74]

Wycięcie uszkodzonej szyny i wywiercenie otworów w szynie w celu połączenia jej ze wstawką szynową powinno być wykonywane wyłącznie mechanicznie, za pomocą wiertarek do szyn (rys. 3.21) i pił do cięcia szyn (rys. 3.22). W celu zachowania ciągłości obwodu prądu powrotnego na czas zabezpieczenia pękniętej szyny na liniach zelektryfikowanych należy założyć linki obejściowe wstawki szynowej.



Rys. 3.22. Piły do cięcia szyn [74]

Przy wbudowywaniu wstawki szynowej należy zachować wartości luzów zależne od temperatury szyny zarejestrowanej w czasie wykrycia pęknięcia (tab. 3.1).

Tabela 3.1

Wartości luzów przy naprawie prowizorycznej szyny [135]

Temperatura szyny w czasie wykrycia pęknięcia [°C]	Wymagana wartość luzu [mm]
poniżej -15	19
-15 ÷ -10	17
-9 ÷ -6	16
-5 ÷ -1	14
0 ÷ 5	12
6 ÷ 10	10
11 ÷ 15	8
16 ÷ 20	6
21 ÷ 25	4
26 ÷ 30	2

Wykonanie naprawy prowizorycznej w torach bezстыkowych za pomocą wstawki szynowej o długości większej niż minimalna oraz zastosowanie połączenia wiszącego z łubkami sześciootworowymi pozwala przepuścić pociągi z prędkością rozkładową, jednak do czasu ostatecznej naprawy nie większą niż 160 km/h.

3.3. Wymiana złączek szynowych

Wymianę pojedynczych złączek szynowych należy prowadzić w czasie całego okresu eksploatacji nawierzchni kolejowej. Jeżeli podczas obchodów lub badań diagnostycznych wykryje się brakujące lub uszkodzone elementy przytwierdzeń lub połączeń szyn, należy je niezwłocznie wymienić na starożyteczne lub nowe.

Wymiana łubków powinna być wykonana tak, aby przed przejazdem każdego pociągu złącze każdego toku było skręcone co najmniej dwiema śrubami, po jednej w każdej szynie (rys. 3.23). Ponadto nie należy rozkręcać i zdejmować jednocześnie łubków w złączach przeciwnych lub złączach sąsiednich tego samego toku.



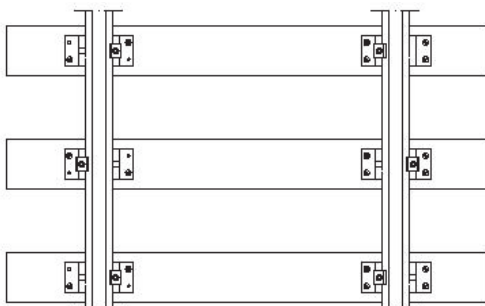
Rys. 3.23. Łubki skręcone dwiema śrubami (G. Stencel)

Przy wymianie śrub łubkowych i pierścieni sprężystych w złączu szynowym nie należy wyjmować jednocześnie więcej niż dwóch śrub (dwóch zewnętrznych lub dwóch wewnętrznych – rys. 3.23), a po zakończeniu robót łubki muszą być skręcone wszystkimi śrubami (rys. 3.24).



Rys. 3.24. Złącze szynowe po zakończeniu robót

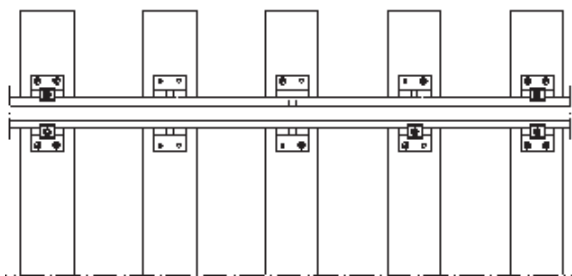
Wymiany podkładek żebrowych można dokonać, zdejmując szyny lub bez ich zdejmowania. W pierwszym przypadku prace należy prowadzić przy torze zamkniętym dla ruchu pociągów. W drugim zaś można wyjąć podkładki na nie więcej niż pięciu podkładkach i tylko w jednym toku szynowym. W celu wyjęcia podkładek należy wykręcić wkręty i śruby stopowe oraz zdjąć łapki i pierścienie sprężyste przy przytwierdzeniu pośrednim typu K.



Rys. 3.25. Wymiana podkładek żebrowych [120]

Prace powinny być prowadzone tak, aby przed przejazdem każdego pociągu szyna leżała na podkładkach przymocowanych do wszystkich podkładów co najmniej dwoma wkrętami, po jednym z każdej strony szyny, oraz co najmniej dwiema śrubami stopowymi na co drugim podkładzie (rys. 3.25). Przed zakończeniem robót wszystkie wkręty oraz śruby stopowe powinny być założone i dokręcone.

Wkręty, śruby stopowe, łapki i pierścienie mogą być wymieniane jednocześnie na nie więcej niż trzech sąsiednich podkładach i tylko w jednym toku szynowym (rys. 3.26).



Rys. 3.26. Wymiana złączek szynowych [120]

Łapki sprężyste, wkładki izolacyjne i przekładki w przytwierdzeniach sprężystych mogą być wymieniane jednocześnie na dwóch sąsiednich podkładach i tylko w jednym toku szynowym.

Przy wymianie wkrętów, śrub stopowych i łubkowych oraz łubków elementy te należy oczyścić i zakonserwować.

3.4. Dokręcanie złączek szynowych

W torach z przytwierdzeniem pośrednim typu K w celu zapewnienia poprawnej współpracy elementów nawierzchni kolejowej należy utrzymywać wymagany docisk szyny do podkładek żebrowych i podkładek do podkładu poprzez poprawne dokręcenie śrub stopowych, wkrętów i śrub łubkowych. Poluzowane śruby stopowe, łubkowe i wkręty należy dokręcać za pomocą zakrętarek (rys. 3.27) lub kluczy.



Rys. 3.27. Zakrętarka spalinowa [74]

Przy dokręcaniu śrub i wkrętów należy przestrzegać następujących zasad [5, 135]:

- dokręcanie należy przerwać, gdy główka wkrętu dociśnie podkładkę żebrową (rys. 3.28);
- przy stosowaniu pierścieni sprężystych pozostawić 1 mm luzu między zwojami pierścienia (rys. 3.28);
- po dokręceniu wszystkie śruby należy zakonserwować smarem lub innym preparatem zabezpieczającym przed korozją (rys. 3.28).



Rys. 3.28. Dokręcony wkręt do podkładki żebrowej i luz między zwojami pierścienia sprężystego trzyzwojowego oraz zakonserwowana śruba stopowa (G. Stencil)

Ciągle dokręcanie śrub i wkrętów wykonuje się zakrętarkami w ramach naprawy bieżącej przed podbiciem stabilizacyjnym po naprawie głównej, przy naprawach bieżących toru oraz w torach bezстыkowych – co najmniej raz w roku przed okresem wysokich temperatur.

3.5. Regulacja szerokości toru

Jeżeli w czasie pomiarów stwierdzono przekroczenie odchyłki dopuszczalnej szerokości toru, to przed przystąpieniem do regulacji należy ustalić przyczynę jego zwężenia lub poszerzenia. Jeżeli przyczyną jest rozplaszczanie główki, połączone ze spływem stali, spływy trzeba usunąć przez szlifowanie. W przypadku bocznego zużycia szyny należy obrócić lub wymienić, a w przypadku deformacji trwałej szyny należy ją wymienić lub wyprostować za pomocą giętarki. W pozostałych przypadkach konieczna jest zmiana miejsca przytwierdzenia podkładki żebrowej do podkładu drewnianego.

Przy regulacji szerokości toru na odcinkach toru do pięciu podkładów dopuszcza się jednoczesne usunięcie wkrętów tylko w jednym toku szynowym, na nie więcej niż trzech (szyna 49E1) lub pięciu podkładach (szyna 60E1). W czasie prowadzenia robót prędkość pociągów nie może przekraczać 100 km/h.

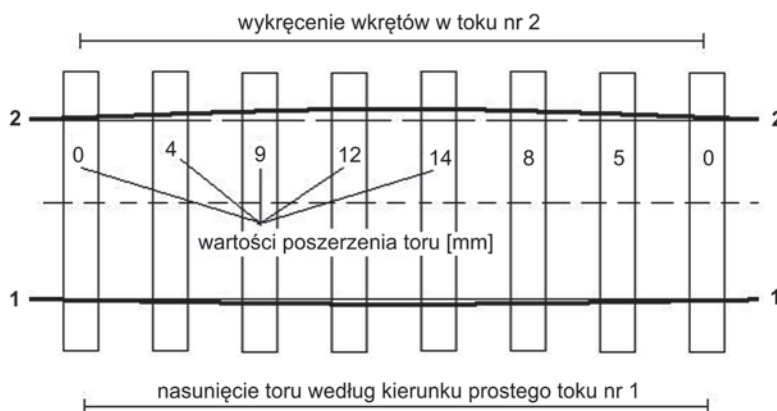


Rys. 3.29. Ściąg szynowy [74]

Dokonyując regulacji szerokości toru na dłuższych odcinkach, należy stosować ściąg szynowe (rys. 3.29) zakładane przy co drugim podkładzie. W takim przypadku można wykonywać roboty jednocześnie na dwudziestu podkładach z ograniczeniem prędkości pociągów do 30 km/h, podczas przejazdu pociągu szyna musi się zaś opierać na wszystkich podkładkach.

Przed rozpoczęciem naprawy należy dokładnie zmierzyć szerokość toru toromierzem ręcznym w celu dokładnego wyznaczenia odcinka, na którym zostanie przeprowadzona poprawa szerokości toru.

Regulacja szerokości toru na krótkich odcinkach przy niewielkich nierównościach poziomych (rys. 3.30) polega na odkręceniu wkrętów mocujących podkładkę żebrową do podkładu z jednego toku szynowego (2), a następnie nasunięciu toru do kierunku prostego według toku 1.

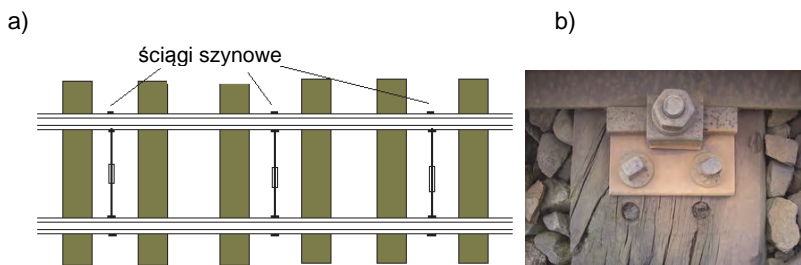


Rys. 3.30. Regulacja szerokości toru

Po przesunięciu podkładek żebrowych w okienka między podkładami lub ich zdjęciu wbija się kołki drewniane w otwory po wkrętach, a następnie, po zaciosaniu i zakonserwowaniu tego miejsca, ustawia się toromierz i ściąg tor do szerokości nominalnej. W razie braku ściągów do przesunięcia szyn można użyć stalowych drążków. W kolejnym etapie prac należy nasunąć nad podkład lub założyć podkładki żebrowe i wiertarką do drewna wywiercić nowe otwory w podkładzie. Jeżeli przy tym położeniu podkładu nie można wy-

wiercić otworów, to należy przesunąć podkład prostopadłe do osi toru i dopiero wówczas wykonać otwory. Po zakończeniu tych prac należy przytwierdzić podkładkę żebrową do podkładu drewnianego i ewentualnie założyć i dokręcić śruby stopowe.

Regulacja szerokości toru kolejowego na dłuższych odcinkach odbywa się w podobny sposób, tyle że przy tych pracach należy stosować ściąg śrubowy (rys. 3.31) w celu utrzymania żądanej szerokości toru i zabezpieczenia go pod przejazdem pociągu.



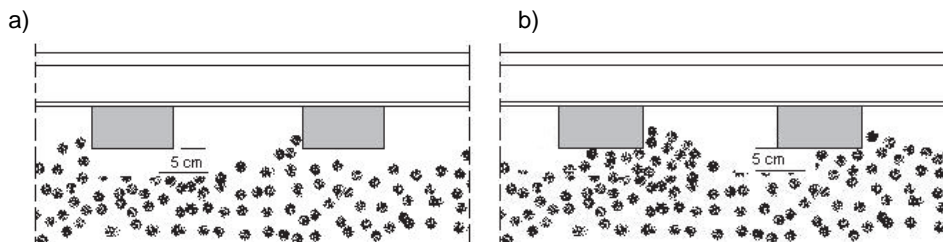
Rys. 3.31. Regulacja szerokości toru:
a) założone ściąg szynowy; b) widoczne zakółkowane otwory (G. Stencel)

W przypadku dużego wcięcia podkładki żebrowej w podkład i przy dość dobrym stanie podkładu drewnianego możliwe jest wyjęcie podkładu z toru, a następnie zakółkowanie otworów po wkrętach i ponowne wbudowanie podkładu z obroceniem go o 180° wokół osi podłużnej, wywiercenie otworów oraz przytwierdzenie podkładki żebrowej za pomocą wkrętów.

3.6. Podbicie pojedynczych podkładów

Podbijanie pojedynczych podkładów i podrozjezdnic stosuje się obecnie w ograniczonym zakresie, najczęściej w torach niższej klasy technicznej oraz w okolicy styków szynowych.

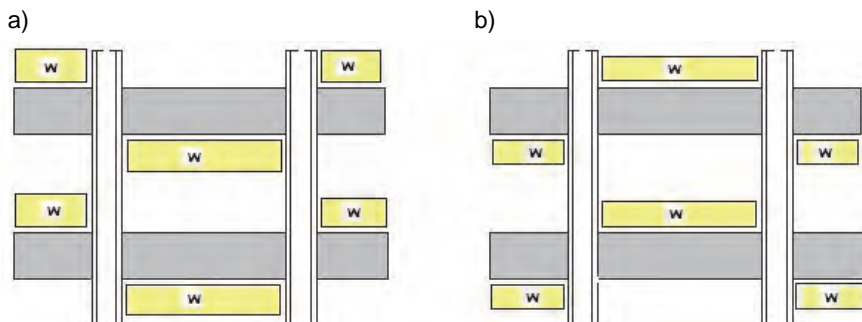
Podbijanie podkładów ma na celu usunięcie pustych miejsc pod podkładem i polega na podniesieniu toru do wymaganej niwelety oraz wprowadzeniu i zagęszczeniu podsypki pod dolną powierzchnię podkładu. Podbicie pojedynczych podkładów wykonuje się ręcznie lub metodą małej mechanizacji. Wybór metody zależy od zakresu robót oraz posiadanego sprzętu.



Rys. 3.32. Usunięcie podsypki z okienek między podkładami: a) I etap; b) II etap

Zakres prac przy podbijaniu pojedynczych podkładów obejmuje:

- usunięcie podsypki z okienek na głębokość do 5 cm poniżej spodu podkładu (rys. 3.32) w miejscach pokazanych na rysunku 3.33 – przy podbiciu toru podbijakami elektrowibracyjnymi należy usunąć podsypkę z okienek pomiędzy podkładami do połowy wysokości podkładu;



Rys. 3.33. Miejsce usunięcia podsypki: a) I etap; b) II etap

- podniesienie toru za pomocą podnośników torowych (rys. 3.9) do żądanej niwelety;
- podbicie podkładu podbijakami ręcznymi lub zespołem podbijaków elektrowibracyjnych (rys. 3.34), po 40 cm w każdą stronę od osi toku szynowego, pomijając część środkową podkładu o długości około 50 cm;



Rys. 3.34. Podbijak ręczny [74] i zespół podbijaków elektrowibracyjnych (G. Stencel)

- uzupełnienie, oprofilowanie i zagęszczenie podsypki.

3.7. Niszczenie roślinności

Roślinność usuwa się i niszczy na całej szerokości pryzmy podsypki i ław torowiska. Jest to czynność niezależna, wykonywana za pomocą specjalnego pociągu (rys. 3.35) lub opryskiwacza umieszczonego na pojeździe kolejowym (rys. 3.36), z użyciem środków chemicznych dopuszczonych do stosowania na torach kolejowych.

Chemiczne odchwaszczanie torów należy przeprowadzać zgodnie z wytycznymi stosowania używanych środków oraz instrukcją obsługi pociągu do chemicznego odchwaszczania toru lub urządzenia opryskowego.



Rys. 3.35. Chemiczna odchwaszczarka torów CHOT 50 (T. Mleczek)
[<http://ssb.strefa.pl/mitor/galeria/CHOT50-II.jpg>]



Rys. 3.36. Urządzenie opryskowe na wózku motorowym
[<https://www.youtube.com/watch?v=UcWVjQ7RGTc>]

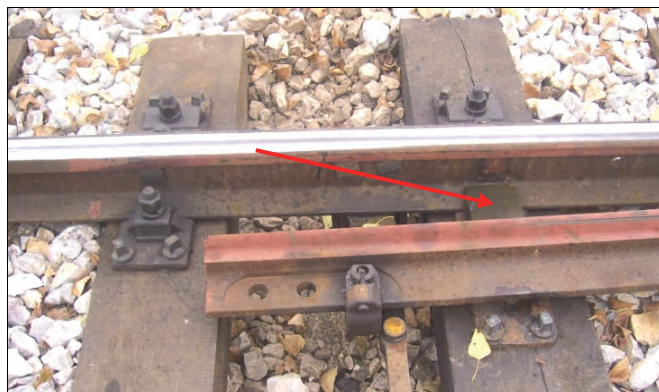
3.8. Smarowanie złązek i części rozjazdowych

Wszystkie połączenia śrubowe należy utrzymywać w stanie umożliwiającym ich rozkręcanie i zakręcanie oraz zabezpieczać przed korozją, a prace te należy przeprowadzać także przy wykonywaniu innych robót torowych (rys. 3.37).



Rys. 3.37. Konserwacja złązek szynowych

Powierzchnie tarcia części ruchomych rozjazdu powinny być czyszczone i smarowane w miarę potrzeb (rys. 3.38), z częstotliwością zależną od warunków miejscowych i atmosferycznych, w porze zimowej przy użyciu smarów mrozoodpornych. Brak właściwej konserwacji rozjazdu może powodować jego wadliwe działanie oraz przyczynia się do szybszego zużycia części trących.



Rys. 3.38. Smarowanie płyt podglicowych

NAPRAWA BIEŻĄCA

Naprawa bieżąca ma na celu utrzymanie sprawności technicznej i zapobieganie degradacji nawierzchni poprzez wymianę pojedynczych elementów nawierzchni oraz prowadzenie robót wydłużających jej trwałość. Naprawa ta ma charakter ciągły i jest prowadzona przy użyciu maszyn torowych, sprzętu i narzędzi zmechanizowanych, najczęściej w czasie zamknięcia torów.

Naprawa bieżąca nawierzchni swoim zakresem obejmuje [5, 124, 135]:

- regulację położenia toru w płaszczyźnie poziomej i pionowej;
- wymianę pojedynczych elementów nawierzchni kolejowej (do 30% ogólnej liczby elementów na odcinku zakwalifikowanym do remontu);
- naprawę ostateczną pękniętej szyny;
- regenerację elementów stalowych nawierzchni;
- wymianę części rozjazdowych;
- regulację sił podłużnych w torze bezстыkowy;
- reprofilację szyn;
- nasuwanie szyn odpętlonych i regulację luzów;
- oczyszczanie i uzupełnianie podsypki;
- profilowanie łąw torowiska.

Ze względu na zakres problematyki i jej istotność technologii regulacji położenia toru, reprofilacji szyn i oczyszczania podsypki z zastosowaniem wysokowydajnych maszyn torowych zostały omówione w oddzielnych rozdziałach.

4.1. Warunki naprawy torów bezстыkowych

Ze względu na ryzyko związane z możliwością wyboczenia toru bezстыkowego podczas wykonywania jego napraw prace te muszą być prowadzone w odpowiednich warunkach termicznych.

Roboty nawierzchniowe można zatem podzielić na dwie kategorie [5, 115, 135]:

- kategorii I – naprawy nienaruszające stateczności toru bezстыkowego;
- kategorii II – naprawy naruszające stateczność toru bezстыkowego.

Do napraw kategorii I należy zaliczyć roboty związane z dokręcaniem i pojedynczą wymianą złączek szynowych oraz uzupełnienie, oprofilowanie i zagęszczenie podsypki w okienkach i od czół podkładów. Pozostałe naprawy należy zaliczyć do robót kategorii II.

Naprawy I kategorii mogą być wykonywane w każdej temperaturze szyny, natomiast naprawy kategorii II można prowadzić jedynie wówczas, gdy temperatura szyny nie przekracza wartości dopuszczalnej obliczonej z wyrażenia [135]:

$$t_{rob} \leq t_n + \Delta t_r$$

gdzie: t_{rob} – temperatura szyny, w jakiej może być prowadzona naprawa kategorii II,

t_n – temperatura neutralna szyny,

Δt_r – dopuszczalny przyrost temperatury szyny w czasie wykonywania robót II kategorii (tab. 4.1).

Tabela 4.1

Dopuszczalny przyrost temperatury w stosunku do temperatury neutralnej w czasie prowadzenia napraw II kategorii [135]

Typ szyny	Prosta	$700 \leq R < 1000$	$500^* \leq R < 700$
Naprawy z oczyszczaniem podsypki			
60E1, 49E	10°C	7°C	5°C
Naprawy z podnoszeniem i nasuwaniem toru (inne naprawy bez oczyszczania podsypki)			
60E1, 49E	15°C	10°C	7°C

* 450 m w torach na podkładach betonowych; 300 m w torach stacyjnych bocznych

Przed przystąpieniem do naprawy toru, obejmującej II kategorię robót, należy ustalić [135]:

- najniższą temperaturę neutralną na podstawie metryki toru bezстыkowego i wykresu pełzania szyn;
- to, czy warunki atmosferyczne podczas prowadzenia naprawy pozwolą na wykonanie robót bez przekroczenia dopuszczalnej temperatury.

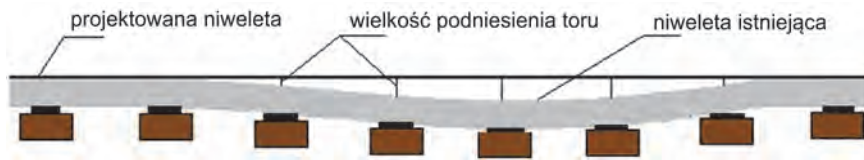
Jeżeli w trakcie naprawy zostanie przekroczona temperatura dopuszczalna dla II kategorii robót, prace należy przerwać, a podkłady obsypać podsypką i zagęścić ją od czoł podkładów i w okienkach. W uzasadnionych przypadkach trzeba wprowadzić ograniczenie prędkości jazdy pociągów.

4.2. Usuwanie nierówności pionowych toru

Regulacja położenia toru w płaszczyźnie pionowej jest związana z usuwaniem nierówności pionowych i polega na podniesieniu toru do żądanej niwelety, a następnie podbiciu podkładów. W zależności od długości odcinka toru prace te mogą być wykonywane ręcznie, metodą małej mechanizacji lub z użyciem maszyn wysokowydajnych (podbijarek torowych).

Metoda ręczna i małej mechanizacji, w której wykorzystuje się podbijaki o napędzie spalinowym, elektrycznym i pneumatycznym lub maszyny dwudrogowe ze specjalistycznym osprzętem, może być stosowana przy usuwaniu krótkich nierówności pionowych (tzw. dołków miejscowych), w przypadku torów niższych klas oraz do podbicia zapadniętych styków.

Przed przystąpieniem do podnoszenia toru należy zlokalizować odcinek toru zakwalifikowany do miejscowego podbicia i dokonać niwelacji dwóch toków szynowych (np. co piąty podkład). Na tej podstawie wyznacza się wartości podniesienia toru do żądanej niwelety i zapisuje na podkładach (rys. 4.1).



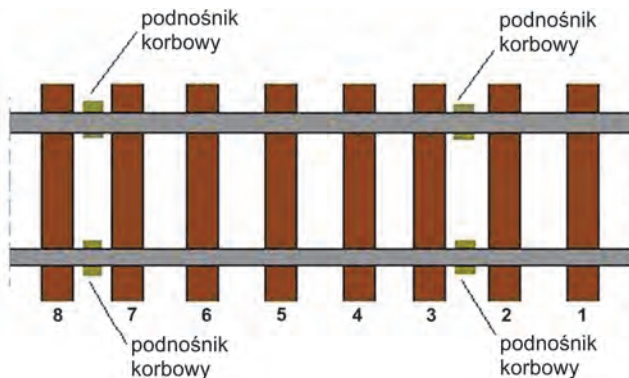
Rys. 4.1. Wyznaczenie wartości podniesienia toru

Tor na podsypce należy podnosić stopniowo i podbijać równomiernie warstwami, których grubość jest uzależniona od rodzaju stosowanych maszyn i wykorzystywanej technologii robót.

W praktyce przy usuwaniu krótkich nierówności (dołków) można jednocześnie podnieść tor za pomocą podnośników torowych, a wartości przemieszczeń wyznaczyć, wykorzystując niwelator i łątę lub krzyże niwelacyjne.

Zakres czynności przy podnoszeniu toru metodą małej mechanizacji obejmuje:

- częściowe usunięcie podsypki w okienkach pomiędzy podkładami w miejscu ustawienia podnośników torowych;
- ustawienie dwóch podnośników torowych (rys. 4.2 – pomiędzy podkładem nr 2 i 3) i podniesienie toru na żądaną niweletę;
- ustawienie dwóch podnośników torowych (rys. 4.2 – pomiędzy podkładem nr 7 i 8) i podniesienie toru na żądaną niweletę;
- podbicie kolejnych podkładów podbijakami (podkłady należy podbijać pod szyną i na długości po 40 cm od toków szynowych, pomijając część środkową podkładu na długości około 50 cm);
- uzupełnienie, zagęszczenie i oprofilowanie pryzmy podsypki.



Rys. 4.2. Schemat podnoszenia toru

Po zakończeniu robót na podniesionym odcinku toru należy obserwować zachowanie się toru pod przejeżdżającym pociągiem. W przypadku stwierdzenia nieprawidłowości należy je usunąć poprzez powtórne podbicie podkładów w tych miejscach.



Rys. 4.3. Koparka dwudrogowa z zespołem podbijającym [73]

Do podbijania podkładów metodą małej mechanizacji z powodzeniem mogą być stosowane również maszyny dwudrogowe, np. koparki z osprzętem do podbijania podkładów (rys. 4.3), zwłaszcza gdy zakres robót jest mniejszy, np. na stacjach kolejowych, bocznicach czy w torach niższych klas.



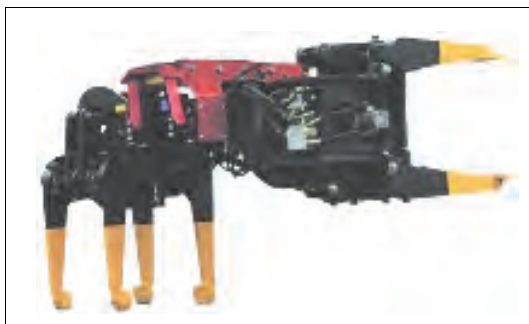
Rys. 4.4. Zespół podbijający: po lewej pojedynczy RST03, po prawej podwójny RSTV0303 [73]

Pojedynczy zespół podbijający RST03 (rys. 4.4) firmy RF-System AB o masie 700 kg jest doczepiany do chwytaka koparki dwudrogowej (rys. 4.3). Urządzenie składa się z czterech łap i umożliwia jednoczesne podbicie jednego węzła przytwierdzenia pojedynczego podkładu lub podrozjazdnicy (rys. 4.5).



Rys. 4.5. Podbijanie rozjazdu kolejowego [73]

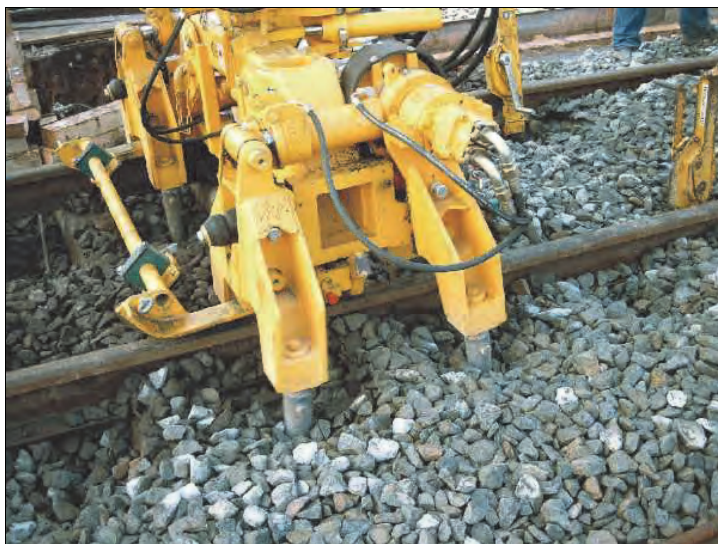
Podwójny zespół podbijający RSTV0303 firmy RF-System AB waży 1350 kg i składa się z dwóch zespołów podbijających, z których każdy ma po cztery łapy, co pozwala na zagęszczenie podsypki pod podkładem przy jednym podejździe koparki dwudrogowej. Urządzenie to pozwala również na swobodne obracanie zarówno łap, jak i zespołów podbijających (rys. 4.6).



Rys. 4.6. Podwójny zestaw podbijający RSTV0303 [73]

Zakres robót przy podnoszeniu toru jest identyczny jak w metodzie ręcznej, a podbijanie podkładów odbywa się bez odgarniania podsypki tłuczniowej za pomocą agregatu podbijającego połączonego z chwytakiem koparki.

Podwójne zespoły do podbijania podkładów i podrozjezdnic są produkowane również przez firmę Windhoff. Są one wykorzystywane do podbijania podkładów na liniach znaczenia miejscowego, bocznicach kolejowych i liniach tramwajowych. Zespół podbijający AST8 (rys. 4.7) pracuje w podobny sposób jak opisany zespół RSTV0303 (rys. 4.8).



Rys. 4.7. Zespół podbijający AST8 [83]



Rys. 4.8. Zespół podbijający AST8 [83]

Zespół podbijający AST8 Suw/Sw może pracować zarówno w torze normalnym o prześwicie 1435 mm, jak i w torze tramwajowym o rozstawie 1000 mm. Posiada on dodatkową funkcję prowadzenia urządzenia na rolkach po torze, a zestaw podbijający porusza się w specjalnych prowadnicach, co ułatwia pracę operatorowi koparki i zwiększa efekt zagęszczenia podsypki (rys. 4.9, 4.10).



Rys. 4.9. Zestaw podbijający AST8 Suw/Sw [83]



Rys.4.10. Zestaw podbijający AST8 Suw/Sw [83]

4.3. Nasuwanie toru w płaszczyźnie poziomej

Regulacja położenia toru w płaszczyźnie poziomej jest związana z usuwaniem nierówności poziomych i polega na przesunięciu toru do planowanego położenia, poprzecznym względem znaków regulacji osi toru.

W literaturze [5, 135] rozróżnia się trzy zakresy wykonania przesunięcia toru w planie:

- do 0,04 m (regulacja);
- do 0,08 m;
- powyżej 0,08 m.

Podział ten stanowi efekt oddziaływania dwóch czynników ograniczających wielkość przesunięcia toru. Po pierwsze, nasuwanie toru w planie powyżej 4 cm wymaga uzgodnień z przedstawicielem trakcji; po drugie, jednorazowe przesunięcie toru w przerwach między pociągami nie powinno przekraczać 8 cm.

Jeżeli wymagana wielkość przesunięć osi toru jest większa niż 8 cm, to przesunięcie takie należy wykonać w etapach po 8 cm lub jednorazowo podczas zamknięcia torów.

Długość przejścia z odcinka przesuniętego do nieprzesuniętego powinna wynosić z obu stron co najmniej 60 m, a na liniach zelektryfikowanych, po wykonaniu regulacji toru, należy sprawdzić położenie sieci trakcyjnej względem tego toru [135].

Tor nasuwa się do właściwego położenia wobec jednego z toków [135]:

- na prostej – dowolnego toku;
- w łuku i na krzywej przejściowej – toku zewnętrznego.

Po nasunięciu toru na właściwe położenie należy sprawdzić:

- rozstaw torów na liniach wielotorowych;
- zachowanie skrajni do budowli i słupów trakcyjnych;
- wartości strzałek na krzywej przejściowej i łuku;
- różnicę wysokości toków szynowych (przechyłkę).

Po nasunięciu toru należy go również wyregulować w płaszczyźnie pionowej oraz podbić podkłady na przesuwanym odcinku toru i odcinkach przejściowych, a na liniach o prędkości rozkładowej większej niż 100 km/h po zakończeniu robót ograniczyć prędkość do 100 km/h do czasu stabilizacji (0,6 Tg) [135].

Zależnie od długości nasuwanego odcinka toru prace mogą być wykonywane ręcznie, metodą małej mechanizacji lub maszynami wysokowydajnymi (podbijarkami torowymi).

W odniesieniu do torów bocznych, na liniach znaczenia miejscowego i bocznicach kolejowych można stosować metodę ręczną i małej mechanizacji wykonania robót. Nasuwanie toru wykonuje się wówczas za pomocą drążków stalowych, ręcznych urządzeń hydraulicznych lub przy użyciu hydraulicznych nasuwarek toru, np. typu NHC, które po torze przemieszcza się ręcznie (rys. 4.11).



Rys. 4.11. Nasuwarka toru NHC [84]

Nasuwarka typu NHC (rys. 4.11) jest przeznaczona do podnoszenia i nasuwania toru na podkładach drewnianych i betonowych. Hydrauliczny układ roboczy nasuwarki pozwala na podnoszenie toru do wysokości 60 cm z prędkością 0,03 m/s oraz na przesuw poprzeczny toru do 15 cm z prędkością 0,13 m/s. Nasuwarka ta może być również holowana po torach z prędkością do 30 km/h.

Przy nasuwaniu toru w ramach robót przygotowawczych należy wyznaczyć właściwe położenie osi toru na wysokości znaków regulacji osi toru. Na łukach i krzywych przejściowych położenie osi toru wyznacza się za pomocą teodolitu i trzech łąt poziomych. Punkty pośrednie wyznacza się pomiędzy znakami regulacji osi toru co sześć do ośmiu podkładów. Jeżeli przy torach nie ma znaków regulacji, to wartości przesunięć wyznacza się na podstawie pomierzonych co 5 m strzałek na cięciwie 10 m. Znając wartości strzałek pomierzonych i teoretycznych w miejscu podziału łuku, można zastosować np. metodę półprzesunięć w celu wyznaczenia wartości nasunięcia toru. Obliczone przesunięcia toru i ich kierunek należy oznaczyć na podkładach.

W metodzie ręcznej i małej mechanizacji nasuwanie toru obejmuje następujące czynności:

- usunięcie podsypki od czół podkładów w kierunku przesunięcia toru;
- nasunięcie toru według oznaczeń na podkładach;
- podbicie podkładów;
- zasypanie, oprofilowanie i zagęszczenie podsypki od czół podkładów.

4.4. Wymiana pojedynczych elementów nawierzchni kolejowej

Wymiana pojedynczych elementów nawierzchni kolejowej dotyczy zasadniczo tylko podkładów drewnianych i strunobetonowych oraz szyn kolejowych w torze klasycznym. Złączki szynowe powinny być wymieniane na bieżąco w ramach konserwacji, a wymiana szyny w torze bezстыkowym odbywa się w podobny sposób jak podczas naprawy głównej.

Podkłady kolejowe, które uległy mechanicznemu uszkodzeniu lub zużyciu i nie spełniają warunków w zakresie wymaganego podparcia oraz przytwierdzenia szyn, trzeba wymienić w ramach naprawy bieżącej. Do pojedynczej wymiany należy używać podkładów starych użytecznych lub nowych.

Wymiana pojedynczych podkładów może być wykonana jednym z trzech sposobów:

- metodą małej mechanizacji przy użyciu maszyn lub urządzeń do wymiany podkładów;
- ręcznie w przerwach między przejazdami pociągów, bez zamykania toru i z ograniczeniem prędkości do 100 km/h;
- ręcznie z ograniczeniem prędkości do 30 km/h.

Metoda małej mechanizacji jest stosowana przy większej liczbie podkładów do wymiany, na torze zamkniętym dla ruchu pociągów. Może być realizowana za pomocą specjalnych maszyn do wymiany podkładów (rys. 4.12) lub koparek dwudrogowych ze specjalnym osprzętem (rys. 4.13).



Rys. 4.12. Maszyna do wymiany podkładów MRT 2 firmy Geismar [62]



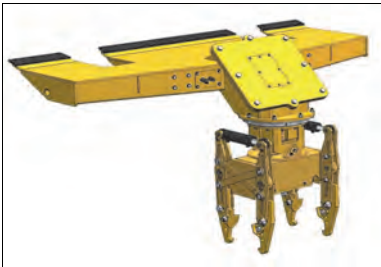
Rys. 4.13. Koparka dwudrogowa z osprzętem do wymiany podkładów typu SB60 firmy Rosenqvist & Pandrol [75]

Na rysunku 4.14 przedstawiono schemat pracy maszyny do wymiany podkładów MRT2 firmy Geismar. Przed przystąpieniem do wymiany zaleca się wybranie podsypki od czoła podkładu w celu zmniejszenia oporów przy jego przesuwaniu. Podkłady są wyciągane za pomocą chwytaka poprzecznie do osi toru, a następnie obracane i układane na ławie torowiska. W podobny sposób wbudowuje się nowe podkłady, które trzeba następnie przytwierdzić do szyny. Po wymianie należy podbić podkłady oraz uzupełnić i zagęścić podsypkę w okienkach i od czoła.



Rys. 4.14. Maszyna do wymiany podkładów MRT 2 firmy Geismar [62]

Do wymiany podkładów metodą małej mechanizacji coraz częściej wykorzystuje się koparki dwudrogowe ze specjalnym osprzętem (rys. 4.15). Wśród producentów tych urządzeń można wymienić między innymi firmy: Rosenqvist & Pandrol (SB60), Windhooff (ASW) i RF-System AB (RBS).



Rys. 4.15. Urządzenia do wymiany podkładów (od lewej): SB60 firmy Rosenqvist & Pandrol [75], RBS firmy RF-System AB [73]

Urządzenia do wymiany podkładów składają się z dwóch zasadniczych elementów: chwytaka do podkładów i specjalnej konstrukcji łyżki do pracy w podsypce. Urządzenia typu SB60 mogą być dodatkowo wyposażone w osprzęt do zapinania przytwierdzeń typu PANDROL FASTCLIP (rys. 4.16).



Rys. 4.16. Osprzęt do zapinania przytwierdzenia PANDROL FASTCLIP [75]

Operator koparki z kabiny maszyny steruje urządzeniem do wymiany podkładów. Po zdjęciu przytwierdzeń szyn do podkładów za pomocą łyżki wybiera się podsypkę pomiędzy podkładami (rys. 4.17).



Rys. 4.17. Wybieranie podsypki tłuczniowej [75]



Rys. 4.18. Wyjęcie starego podkładu z toru [75]

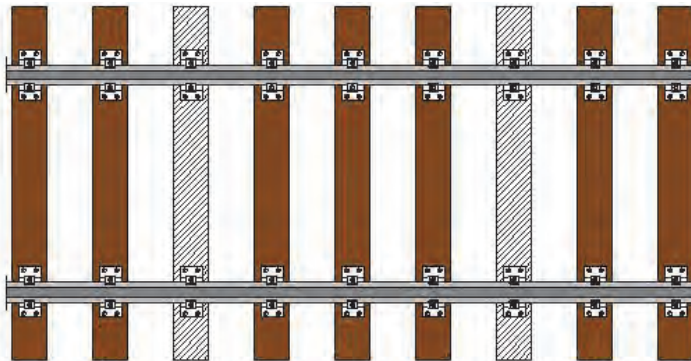
Po wybraniu i przesunięciu podsypki zużyty podkład jest chwytny za pomocą kleszczy i wysuwany prostopadle do osi toru na ławę torowiska. W przypadku wymiany kilku podkładów w jednym miejscu podkład jest obracany i wyjmowany z toru (rys. 4.18).

Za pomocą chwytaka operator koparki bierze podkład z miejsca składowania i wbudowuje go w tor. Następnie podkład jest przytwierdzany do szyny, po czym operator, przy użyciu łyżki, nagarnia podsypkę (rys. 4.19).



Rys. 4.19. Wbudowanie nowego podkładu [75]

Po wymianie podkładów należy uzupełnić podsypkę, wyregulować tor w płaszczyźnie pionowej i poziomej, podbić podkłady oraz oprofilować i zagęścić podsypkę.



Rys. 4.20. Wymiana co czwartego podkładu przy użyciu metody ręcznej

Wymianę podkładów w przerwach między przejazdami pociągów z ograniczeniem prędkości do 100 km/h można stosować pod warunkiem, że prace zostaną zakończone przed przejazdem kolejnego pociągu.

Przy wymianie podkładów metodą ręczną bez wstrzymania ruchu jednocześnie można wymieniać co czwarty podkład (rys. 4.20). Jeżeli roboty nie zostały całkowicie zakończone, lecz podkłady są podbite, szyny przytwierdzone czterema wkrętami (po dwa wkręty i śruby stopowe w każdej podkładce) lub założone zostały wszystkie łapki sprężyste, pociągi można przepuszczać przez miejsce robót do czasu ich zakończenia z prędkością 50 km/h [5, 135].

Wymiana podkładów obejmuje następujące czynności [5]:

- usunięcie podsypki z okienek na długości całego podkładu na głębokość 3 cm poniżej podkładu oraz usunięcie podsypki od czoła podkładu;
- całkowite zdjęcie przytwierdzeń (w przytwierdzeniu typu K łącznie z podkładką żebrową);
- zdjęcie łapek sprężystych lub odkręcenie śrub stopowych na trzech do pięciu sąsiednich podkładkach z każdej strony toru;
- założenie podnośników torowych przy podkładzie przyległym do wymianianego i podniesienie toru na wysokość do 2 cm;
- wyciągnięcie podkładu kleszczami;
- rozgarnięcie podsypki przed wbudowaniem nowego podkładu;
- włożenie nowego podkładu, przytwierdzenie go do szyn i zdjęcie podnośników;

- wsypanie podsypki i podbicie podkładu;
- uzupełnienie, oprofilowanie i zagęszczenie podsypki.

Po wymianie podkładów tor powinien być doprowadzony do stanu umożliwiającego bezpieczny ruch pociągów z prędkością rozkładową. W przypadku prędkości powyżej 100 km/h do czasu stabilizacji toru (przeniesione obciążenie 0,6 Tg) należy ograniczyć prędkość jazdy do 100 km/h [135].

Przy wymianie podkładów między peronami (w zależności od warunków) należy zdjąć szyny w jednym lub obu tokach i prowadzić roboty na torze zamkniętym.

Wymiana pojedynczych szyn w torze klasycznym jest wykonywana jako naprawa planowana i najczęściej wiąże się z nadmiernym zużyciem główki szyny. Wymiany można dokonać w czasie dłuższych przerw między pociągami lub podczas zamknięcia toru.

Do pojedynczej wymiany należy używać szyn staroużytecznych zbadanych defektoskopowo (z których usunięto odcinki ze stwierdzonymi wadami), tej samej długości i tego samego typu co szyny wymieniane. Rodzaj i stopień zużycia końców wymienionej szyny powinien być taki sam jak w przypadku szyn sąsiednich, a różnica w położeniu powierzchni tocznych i bocznych nie powinna być większa niż 1 mm [135].

W ramach prac przygotowawczych należy [5]:

- przewieźć na miejsce robót szyny do wymiany i ułożyć je na zewnątrz toru;
- sprawdzić wielkość luzów w sąsiednich stykach i ewentualnie dokonać ich regulacji;
- wymienić uszkodzone elementy przytwierdzeń szyn;
- zdjąć opórki przeciwpelzne.

Prace zasadnicze obejmują następujące czynności:

- odkręcenie śrub łukowych i zdjęcie łuków;
- zdjęcie przytwierdzeń (śrub stopowych lub łapek sprężystych);
- wyjęcie szyny ręcznie za pomocą kleszczy do szyn lub przy użyciu podnośnika bramowego (rys. 4.21);



Rys. 4.21. Podnośniki bramowe do szyn [74]

- nasunięcie przesuniętych podkładów;
- oczyszczenie przekładek podszytowych;
- wstawienie wymienianej szyny;
- założenie łuków i przytwierdzeń;
- założenie opórek przeciwpelznych;

— sprawdzenie szerokości toru i różnicy wysokości toków szynowych.

Prace wykończeniowe wymagają załadunku i wywiezienia szyny wyjętej z toru oraz uporządkowania miejsca robót. Przy małej odległości (np. w obrębie stacji) można stosować ręczne wózki do przewozu szyn (rys. 4.22).

Do wymiany można użyć podnośników bramowych do szyn firmy Robel; udźwig jednego podnośnika wynosi 1500 kg. Do wymiany pojedynczej szyny należy stosować dwa podnośniki, które są wyposażone w mechanizmy korbowe do podnoszenia i opuszczania szyn.



Rys. 4.22. Wózki do przewozu szyn [62]

4.5. Naprawa ostateczna pękniętej szyny

Naprawa ostateczna pękniętej szyny ma na celu przywrócenie pełnej sprawności toru kolejowego w miejscu wykonania naprawy natychmiastowej lub prowizorycznej. Należy ją przeprowadzić w możliwie krótkim czasie po wystąpieniu pęknięcia szyny, w temperaturze umożliwiającej zgrzewanie szyn lub spawanie termitowe.

Naprawę ostateczną pękniętej szyny można prowadzić w dwóch okresach:

- w temperaturze niższej od temperatury neutralnej (przytwierdzenia);
- w temperaturze równej temperaturze neutralnej.



Rys. 4.23. Naprężacz szynowy [74]

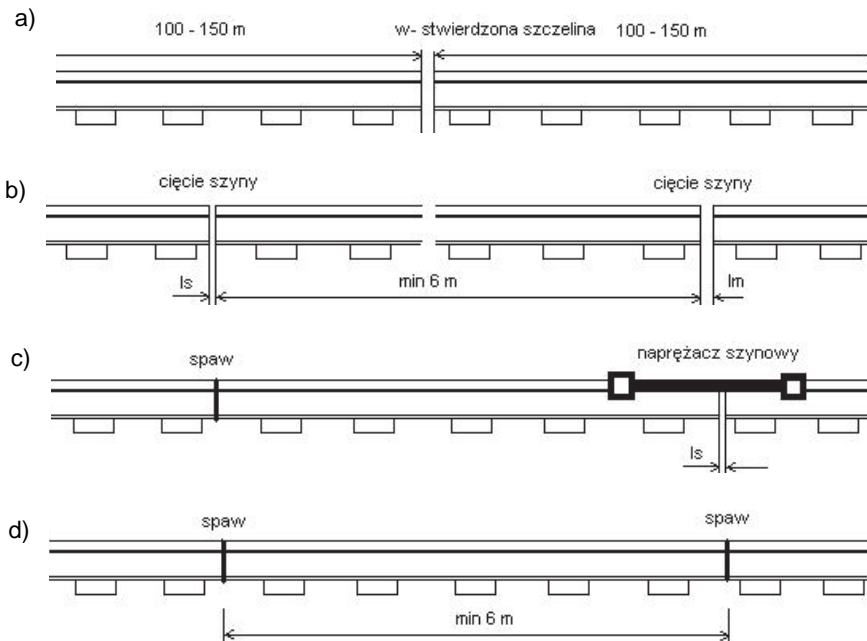
Naprawa ostateczna pękniętej szyny w torze bezстыkowym w temperaturze niższej od temperatury neutralnej wymaga zastosowania naprężaczy szynowych (rys. 4.23), a jej przebieg jest następujący [5]:

- usunięcie elementów wbudowanych podczas naprawy natychmiastowej lub prowizorycznej (ściskacze, łubki, śruby łubkowe);
- odkręcenie śrub stopowych lub zdjęcie łapek sprężystych na długości 100 m z każdej strony od miejsca pęknięcia oraz ustawienie szyny na rolkach (rys. 4.24) w celu umożliwienia jej swobodnego wydłużenia;



Rys. 4.24. Rolki podszynowe [74]

- przygotowanie wstawki szynowej o określonej długości minimalnej (rys. 4.25b);



Rys. 4.25. Schemat naprawy ostatecznej z zastosowaniem naprężacza szynowego:
 a) pomiar szczeliny i temperatury pęknięcia; b) przygotowanie wstawki i cięcie szyny;
 c) spawanie wstawki; d) szyna po naprawie

— obliczenie wartości luzu montażowego l_m z zależności (rys. 4.25b):

$$l_m = l_s + l_0 \text{ [mm]}$$

w której:

$$l_0 = w \frac{t_n - t_r}{t_n - t_p} \text{ [mm]}$$

gdzie: l_s – luz spawalniczy zależny od metody spawania termitowego szyn [mm],

w – luz powstały podczas pęknięcia szyny [mm],

t_n – temperatura neutralna z metryki toru bezстыkowy [°C],

t_r – temperatura szyny podczas naprawy [°C],

t_p – temperatura szyny podczas jej pęknięcia [°C].

W przypadku wcześniejszej naprawy prowizorycznej przy obliczaniu luzu montażowego należy również uwzględnić: długość wbudowanej wstawki, luzu pozostawione w czasie naprawy i cięcia szyny piłą;

- przecięcie toku szynowego na długości wbudowywanej wstawki, którą należy powiększyć o luz spawalniczy i montażowy;
- wykonanie spawu termitowego w miejscu luzu spawalniczego (rys. 4.25c);
- założenie na tok szynowy naprężacza szynowego i wprowadzenie siły rozciągającej o wartości N (rys. 4.25c):

$$N = \alpha EF \Delta t$$

gdzie: α – współczynnik rozszerzalności liniowej stali szynowej wynoszący $1,12 \cdot 10^{-5} \text{ } 1/^\circ\text{C}$,

E – moduł sprężystości stali szynowej, którego wartość wynosi $2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$,

F – przekrój poprzeczny szyny (dla szyny 49E1 równy 6292 mm^2 , a dla 60E1 – 7670 mm^2),

Δt – różnica temperatury $t_n - t_p$ [°C].

Wprowadzając do wzoru na N wartości stałe, ostatecznie otrzymamy:

- dla szyny 49E1 $N = 14,8 (t_n - t_p)$ [kN],
- dla szyny 60E1 $N = 18,04 (t_n - t_p)$ [kN].

Jeżeli po wprowadzeniu siły naciągu powstały luz jest większy od ustalonego luzu spawalniczego, należy zwiększyć siłę naciągu do uzyskania wymaganej wartości luzu;

- wykonanie drugiego spawu termitowego przy utrzymaniu wprowadzonej siły naciągu;
- zdjęcie naprężaczy szynowych;
- obrobienie spoiny, usunięcie rolek podszynowych, założenie łapek sprężystych lub założenie i dokręcenie śrub stopowych za pomocą zakrętarek;
- dokonanie archiwizacji naprawy.

Naprawa ostateczna pękniętej szyny w torze bezстыkowym w temperaturze przytwierdzenia jest wykonywana z pominięciem czynności związanych z pracą naprężacza szynowego. W tym przypadku wartość luzu spawalniczego jest taka sama po dwóch stronach wstawki.

4.6. Regeneracja elementów stalowych nawierzchni

Regeneracja jest działaniem polegającym na przywróceniu właściwości użytkowych zużytych lub uszkodzonych elementom. Poddaje się jej elementy stalowe nawierzchni kolejowej, których koszt regeneracji jest mniejszy niż zakup nowych części. Regeneracja może być przeprowadzana w miejscu wbudowania elementu (w torze lub rozjeździe) lub – po

zdemontowaniu w ramach modernizacji infrastruktury kolejowej – w zakładzie stacjonarnym (np. regeneracja szyn starych użytecznych).

Regeneracja elementów stalowych obejmuje:

- napawanie miejscowych zużyć szyn (wybudsowań, ubytków w stykach i spoinach, szyn rowkowych w torach tramwajowych itp.);
- napawanie części rozjazdowych (krzyżownic pojedynczych i podwójnych, iglic, szyn skrzydłowych, kolankowych, dziobowych, opornic);
- usuwanie spływów w szynach i rozjazdach;
- naprawę styków klejono-sprężonych;
- ręczne szlifowanie szyn i rozjazdów.

Pod względem warunków technicznych [33, 135] regenerację szyn, rozjazdów i skrzyżowań torów metodą napawania można wykonać, gdy zużycie pionowe i boczne nie przekracza dopuszczalnego zużycia dla danej klasy torów i rozjazdów.

Napraw uszkodzeń powierzchni tocznej główki szyn (wybudsowania, wyszczerbienia, wykruszenia itp.) należy dokonywać, gdy ich głębokość wynosi więcej niż 0,3 mm [135].

Na rysunku 4.26 przedstawiono uszkodzenie szyn w styku przed naprawą (z lewej) i po regeneracji przez napawanie (z prawej).



Rys. 4.26. Regeneracja uszkodzonych szyn w styku [54]

Regenerację elementów stalowych przez napawanie można stosować w rozjazdach i skrzyżowaniach torów na liniach wszystkich kategorii, po których jeżdżą pociągi z prędkością $V \leq 160$ km/h. Za zgodą uprawnionej jednostki dopuszcza się stosowanie napawania na liniach o prędkości $V > 160$ km/h [36, 135].

Wykonując prace regeneracyjne metodą napawania, trzeba przestrzegać następujących zasad i warunków termicznych [33, 135]:

- przy prowadzeniu robót ograniczyć prędkość pociągów do 20 km/h;
- przejazd pociągu z prędkością rozkładową jest możliwy po ostygnięciu nagrzanego elementu do temperatury poniżej 250°C;
- zaleca się wykonanie robót przy zamkniętym torze;
- napawanie elementów ze stali surowej i obrabianej cieplnie należy prowadzić przy temperaturze wyższej niż 5°C i prędkości wiatru mniejszej od 2 m/s;
- napawanie elementów ze stali wysokomanganowej (Hadfielda) należy prowadzić w możliwie niskich temperaturach, poniżej 20°C (wykonanie napawania zaleca się nawet w warunkach zimowych);
- w niekorzystnych warunkach atmosferycznych zabrania się wykonywania prac spawalniczych bez stosowania osłon;

- iglice mogą być napawane w zwrotnicy, jeżeli prędkość jazdy pociągów nie przekracza 40 km/h (z wyjątkiem torów głównych, w których nie zaleca się regeneracji iglic);
- napawanie należy wykonać w temperaturach określonych dla grup poszczególnych materiałów (elektrody, druty rdzeniowe itp.);
- szczegółowe zasady wykonania prac regeneracyjnych zawierają Warunki Techniczne [139].

Regenerację rozjazdów metodą napawania wykonuje się według następującego ogólnego procesu technologicznego [85]:

- określenie zakresu regeneracji na podstawie pomiarów geometrycznych i przeprowadzonych badań nieniszczących metodami ultradźwiękowymi oraz wizualnymi;
- przygotowanie powierzchni do napawania przez szlifowanie, mające na celu usunięcie spływów, wżerów, miejscowych uszkodzeń itp.;
- w trakcie szlifowania sprawdzenie metodami penetracyjnymi, czy na powierzchni, która ma być napawana, nie występują pęknięcia lub inne uszkodzenia;
- wstępne podgrzanie powierzchni przeznaczonej do napawania do temperatury około 300÷400°C (w zależności od gatunku stali szynowej) za pomocą palników propanowo-powietrznych;
- napawanie elementami odpowiednimi elektrodami lub drutem elektrodowym (spoiwo o własnościach stali szynowej);
- obróbka powierzchni napawanej metodą szlifowania;
- kontrola geometryczna napawanych elementów – określenie rzeczywistych kształtów, odbiór po regeneracji.



Rys. 4.27. Regeneracja krzyżownicy zwyczajnej [54]

Na rysunku 4.27 przedstawiono krzyżownicę przed regeneracją poprzez napawanie (z lewej) i po wykonaniu naprawy (z prawej). Prowadzone w ostatnich latach badania [85] pokazują, że koszty regeneracji elementów szyn i rozjazdów stanowią około 20% kosztów zakupu nowego elementu.

Pomiarów geometrycznych oraz wielkości zużycia poszczególnych elementów rozjazdów i skrzyżowań torów należy dokonywać w terminie możliwie bezpośrednim przed przystąpieniem do robot regeneracyjnych oraz bezpośrednio po zakończeniu regeneracji.

Różnica w tak wykonanych pomiarach stanowi podstawę klasyfikacji wielkości napawania [36, 85].

Regeneracja szyn i części rozjazdowych może się odbywać metodą ręczną lub z wykorzystaniem specjalistycznych automatów spawalniczych (rys. 4.28).



Rys. 4.28. Automat do napawania szyn A6 Tramtrac [53]



Rys. 4.29. Traktor spawalniczy Railtrac BV1000/BVR1000 firmy ESAB [58]

Na rysunku 4.29 przedstawiono specjalny system Railtrac BV1000/BVR1000 firmy ESAB do regeneracji elementów stalowych przez napawanie metodą MAG. Jest on wyposażony w sztywną szynę jezdnią, którą za pomocą zacisków mocuje się do rozjazdu. System wyposażony jest w funkcję ruchu oscylacyjnego, co pozwala na napawanie iglic.

Szlifowanie elementów stalowych w procesie regeneracji szyn należy wykonać metodą małej mechanizacji z wykorzystaniem szlifierek torowych (rys. 4.30), które będą używane również do usuwania pływów.



Rys. 4.30. Szlifierki do szyn: firmy Robel (z lewej) [74] i firmy Geismar (do szlifowania rozjazdów; z prawej) [62]

4.7. Wymiana części rozjazdowych

Wymiany części rozjazdowych (złązek szynowych, szyn łączących i podrozjazdnic) dokonuje się w zasadzie w taki sam sposób jak w torze, różnice wynikają zaś z pewnej odmienności konstrukcyjnej.

W torach bocznych i na bocznicach kolejowych, gdzie prędkość jazdy pociągów jest bardzo mała, w zasadzie można dopuścić do wymiany pojedynczych elementów zwrotnicy (opornic i iglic) oraz krzyżownicy (szyny skrzydłowych, dziobów). Elementy te należy jednak dobierać w taki sposób, aby iglica dobrze dolegała do opornicy, siodełek i opórek, a powierzchnia toczna iglicy była obniżona w stosunku do opornicy zgodnie z dokumentacją rozjazdu. Powierzchnia toczna dzioba krzyżownicy powinna być obniżona i nie może leżeć wyżej niż powierzchnie toczne szyn skrzydłowych.

W odniesieniu do pozostałych torów stosuje się zasadę, zgodnie z którą w rozjeździe wymienia się kompletną półzwrotnicę (iglicę i opornicę) i krzyżownicę (dziób i szyny skrzydłowe).

Wymiany półzwrotnicy należy dokonać w czasie zamknięcia toru dla ruchu pociągów, a zasadniczą część naprawy obejmuje następujące prace:

- wyładunek półzwrotnicy i ułożenie jej na zewnątrz rozjazdu;
- przygotowanie półzwrotnicy do wymiany, tj. odkręcenie śrub łubkowych (przecięcie toków szynowych), demontaż zamknięcia nastawczego, odkręcenie przytwierdzeń;
- wyjęcie starej półzwrotnicy za pomocą żurawia wózka motorowego lub podnośników bramowych;
- wstawienie nowej półzwrotnicy i połączenie łubkami (w wersji spawanej należy odpowiednio przygotować końce szyn i wykonać spawy);
- montaż zamknięcia nastawczego i przytwierdzeń.

Przy wymianie krzyżownicy wykonuje się podobne czynności; w przypadku krzyżownic z ruchomym dziobem również demontuje się zamknięcie.

Szczegółowy zakres robót przy wymianie części rozjazdowych zależy między innymi od: typu rozjazdu, liczby zamknięć nastawczych i urządzeń kontroli iglic, sposobu łączenia szyn (łubki, spawy), ogrzewania rozjazdu itp.

4.8. Regulacja sił podłużnych w torze bezстыkowym

Siły podłużne w torach bezстыkowych reguluje się w celu uzyskania w obu tokach szynowych jednakowej temperatury neutralnej¹⁾, której wartość powinna się mieścić w przedziale $15\div 30^{\circ}\text{C}$. W praktyce zakres temperatury przytwierdzenia szyn do podkładów (umownie nazywany przedziałem temperatur neutralnych) może być ograniczony nawet do $22\div 24^{\circ}\text{C}$, szczególnie wówczas, gdy regulacja jest jedną z robót podczas wymiany szyn w niskich temperaturach.

Ze względu na możliwość wybożenia szyn po zdjęciu przytwierdzeń nie należy dokonywać regulacji w temperaturach wyższych od zalecanego przedziału.

Regulacja sił podłużnych poniżej dolnego zakresu zalecanej temperatury wymaga opracowania dodatkowej dokumentacji technologicznej. W projekcie należy wykazać, że zastosowana technologia pozwala na zespawanie lub zgrzanie szyn (po ich podgrzaniu lub naciągnięciu), przy jednoczesnym zachowaniu stałej wartości temperatury przytwierdzenia szyn do podkładów.

Regulacja może być prowadzona również jako robota niezależna, kiedy jest wykonywana już po przytwierdzeniu szyn do podkładów w temperaturze poza zalecanym zakresem (szczególnie w temperaturze wyższej od zalecanej) lub jeżeli w torze bezстыkowym występuje pękanie szyn.

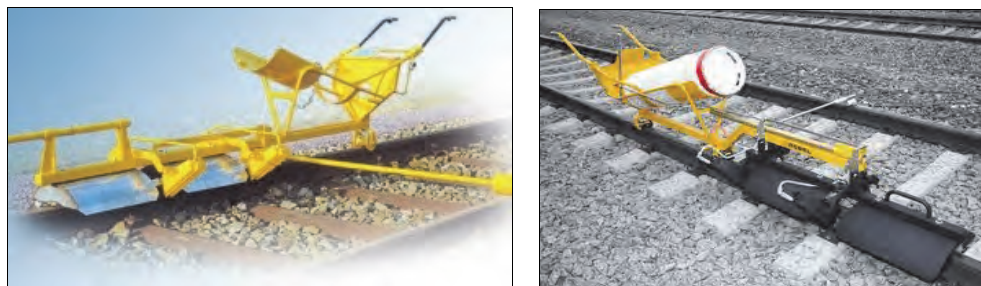
Przed przystąpieniem do regulacji sił podłużnych należy, na podstawie analizy temperatur neutralnych zarejestrowanych w metryce toru bezстыkowego, określić długość odcinka regulacji i cel regulacji, którym może być:

- wyrównanie wartości temperatur neutralnych na określonej długości toru bezстыkowego;
- obniżenie wartości temperatury neutralnej na określonej długości toru bezстыkowego;
- podniesienie wartości temperatury neutralnej na określonej długości toru bezстыkowego.



Rys. 4.31. Urządzenie do podgrzewania szyn firmy Geismar [62]

¹⁾ Temperaturę neutralną należy rozumieć jako temperaturę szyny, przy której nie występują siły termiczne w szynie (wartość siły jest równa zero).



Rys. 4.32 Urządzenie do podgrzewania szyn firmy Geismar [62] i firmy Robel [74]

Regulacja sił podłużnych może być wykonana przy użyciu jednej z trzech metod:

- swobodnego wyrównania – przy prowadzeniu robót w przedziale temperatury neutralnej;
- termiczną – przy zastosowaniu urządzeń grzejnych (rys. 4.31, 4.32), których zadaniem jest podgrzanie szyn do żądanej temperatury;
- naciągu – przy zastosowaniu naprężaczy szynowych (rys. 4.23, 4.33), których zadaniem jest wyprowadzenie do szyn siły rozciągającej.



Rys. 4.33. Naprężacz szyn firmy Geismar [62]

Przedstawione na rysunku 4.33 naprężacze szynowe pozwalają na wprowadzenie w szyny, w każdym toku szynowym, siły rozciągającej o wartości do 700 kN [62]. Teoretycznie umożliwia to (w wyniku naciągu) podniesienie temperatury neutralnej o wartość około 35°C dla szyn typu 60E1. W praktyce trudno jednak utrzymać tak dużą i stałą wartość siły rozciągającej na całej długości regulowanego odcinka, a wartość tej siły jest największa w miejscu założenia naprężaczy szynowych i maleje na długości. Również PN [92] zaleca, aby zakres zmiany temperatury neutralnej (przytwierdzenia) w wyniku regulacji nie przekraczał wartości 12°C.

Bez względu na zastosowaną metodę regulacji sił podłużnych przy dokonywaniu jej jako roboty niezależnej (po wcześniejszym przytwierdzeniu szyn do podkładów) konieczne są następujące kroki:

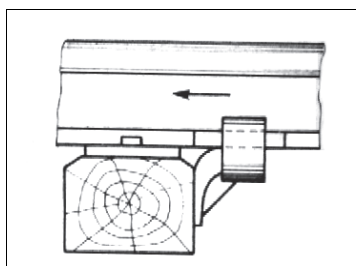
- zamknięcie toru dla ruchu na czas robót;
- przecięcie jednostronne lub dwustronne szyn na regulowanym odcinku toru (długość odcinka szyny powinna być dostosowana do warunków lokalnych, jednak nie większa niż 500 m);

- zdjęcie przytwierdzeń szyn;
- podniesienie szyn na rolki (rys. 4.24) w celu zapewnienia ich swobodnego przemieszczania. Odległość między rolkami nie powinna być większa niż 20 m (szyny 60E1) i 15 m (szyny 49E1);
- dokonanie właściwej regulacji sił (dobór metody do warunków pracy);
- przytwierdzenie szyn do podkładów;
- wykonanie połączenia szyn poprzez spawanie termitowe lub zgrzanie;
- wpisanie do metryki toru bezстыkowego temperatury przytwierdzenia szyn w czasie regulacji.

Regulacja sił podłużnych powinna być prowadzona jednocześnie w dwóch tokach szynowych, a w czasie robót można wyodrębnić dwa rodzaje odcinków (rys. 4.34). Pierwszy z nich to odcinek regulacji sił podłużnych, gdzie będą zdejmowane przytwierdzenia szyn i zostanie wprowadzona obliczona siła rozciągająca (podniesienie temperatury neutralnej) lub szyny zostaną podgrzane do określonej temperatury. Drugi zaś, występujący z dwóch stron odcinka regulowanego, jest nazywany odcinkiem oporowym, na którym opór podłużny szyny zwiększa się poprzez mocne dokręcenie śrub stopowych w przytwierdzeniu pośrednim typu K lub założenie opórek przeciwpełnych (rys. 4.35).



Rys. 4.34. Schemat odcinków toru regulowanego za pomocą naprężaczy szynowych



Rys. 4.35. Opórki przeciwpełne [115]

Opór podłużny zależy głównie od typu zastosowanego przytwierdzenia szyn do podkładów. Zgodnie z obowiązującymi przepisami minimalny opór podłużny szyny w przytwierdzeniu powinien wynosić według TSI [18] co najmniej 7 kN, a według PN [92] minimum 9 kN. W praktyce opór podłużny szyn z nowym przytwierdzeniem jest większy, a w torach istniejących zależy również od stanu utrzymania przytwierdzenia (dokręcenia śrub stopowych oraz stanu pierścieni sprężystych, podkładek i przekładek, łapek sprężystych i wkładek).

Długość odcinka oporowego jest zatem zależna od: typu przytwierdzenia szyn do podkładów, sposobu zwiększenia oporu (założenie opórek), typu szyny i różnicy temperatur (dotychczasowej i wymaganej). W literaturze [5, 129, 135] długość odcinka oporowego, na którym zakłada się opórki przeciwpełzne, przyjmuje się w granicach 100÷150 m.

Zastosowanie naprężaczy szynowych, ze względu na ich konstrukcję, wymaga wykonania spawu termitowego. Na rysunku 4.36 przedstawiono nowoczesną zgrzewarkę szyn APT600S, która pozwala na wykonanie zgrzein poniżej temperatury neutralnej. Wszystkie prace są wykonywane w centralnej części maszyny, pomiędzy dwiema kabinami. Dodatkowo jest ona wyposażona w naprężacz szynowy, który – po podniesieniu maszyny na specjalnych podporach – pozwala na wprowadzenie w szynie siły rozciągającej.



Rys. 4.36. Zgrzewarka szyn APT600S firmy Plasser & Theurer [68]

4.9. Nasuwanie szyn odpętlonych i regulacja luzów

Nasuwanie szyn odpętlonych (rys. 4.37) i regulację luzów w stykach (rys. 4.38) wykonuje się wyłącznie w torach klasycznych.



Rys. 4.37. Przesunięcie szyny w styku



Rys. 4.38. Luz w styku 35 mm w temperaturze 15°C

Nasuwanie szyn odpełzłych należy wykonać, gdy wzajemne przesunięcie styków w stosunku do zasadniczego położenia osiągnęło wartości [135]:

- 70 mm w torach klasy 1 i 2;
- 150 mm w torach klasy 3 i 4;
- 200 mm w torach klasy 5.

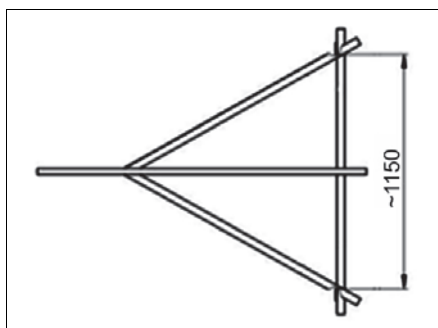
Regulacji luzów (miarkowania) w torze klasycznym należy dokonać, gdy wartość luzu przekracza [135]:

- 20 mm w torach klasy 1 i 2;
- 25 mm w torach klasy 3 i 4;
- 30 mm w torach klasy 5.



Rys. 4.39. Klin pomiarowy (szczelinomierz)

Przed rozpoczęciem robót należy dokonać pomiaru luzów w obu tokach szynowych za pomocą klina pomiarowego (rys. 4.39) w temperaturze szyny poniżej 15°C oraz zmierzyć wzajemne przesunięcie styków przy użyciu węgielnicy torowej (rys. 4.40) i przymiaru liniowego.



Rys. 4.40. Węgielnica torowa (rozjazdowa) [103]

Nasuwanie odpełzłych szyn i regulację luzów przeprowadza się przy temperaturze szyn poniżej 20°C i torze zamkniętym dla ruchu. Przepuszczenie pociągu może nastąpić dopiero po zdjęciu sygnału „Stój”, usunięciu z toru urządzeń do nasuwania szyn, założeniu łubków i ściskaczy lub łubków i śrub łubkowych oraz ich dokręceniu.

Wymagany luz teoretyczny w stykach zależy od długości szyn, rodzaju przytwierdzenia i temperatury szyny. W tabeli 4.2 przedstawiono wartości luzów w stykach klasycznych przy różnej długości szyny i jej temperaturze.

Tabela 4.2

Wymagany luz w stykach [mm]

Temperatura szyny [°C]	Długość szyny [m]		
	18	25	30
-15 ÷ -10	10	14	17
-9 ÷ -6	9	13	16
-5 ÷ -1	9	12	14
0 ÷ 5	8	11	12
6 ÷ 10	7	9	10
11 ÷ 15	6	8	8
16 ÷ 20	5	6	6

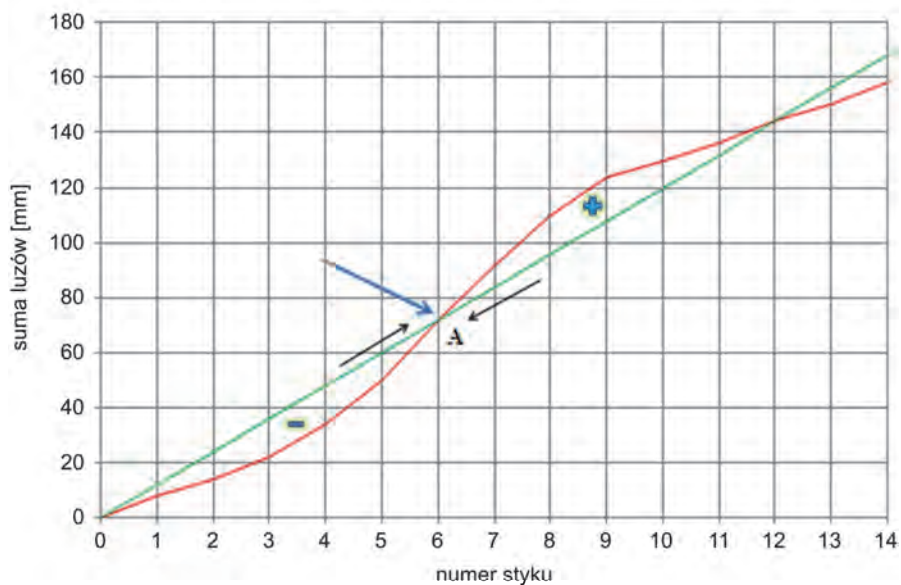
Na podstawie pomierzonych wartości luzów i znajomości luzów teoretycznych (tab. 4.2) należy obliczyć przesunięcia szyn w kolejnych stykach. W tym celu należy wyliczyć sumy luzów pomierzonych w kolejnych stykach i sumę luzu teoretycznego. Przesunięcie w styku jest różnicą pomiędzy sumą luzów pomierzonych i teoretycznych. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń sporządza się wykres luzów, oddzielnie dla każdego toku szynowego (rys. 4.41).

Na wykresie na osi odciętych zaznacza się kolejne numery styków (przy równej długości szyn) lub długość szyn w kolejnych przęsłach, a na osi rzędnych – sumy luzów pomierzonych i teoretycznych. Sumę luzów pomierzonych przedstawia linia łamana (koloru czerwonego), a sumę luzów teoretycznych – prosta (koloru zielonego). Linia łamana pod linią prostą wyznacza sumy luzów pomierzonych mniejszych od sumy luzów teoretycznych (-), natomiast linia łamana nad linią prostą – większych (+).

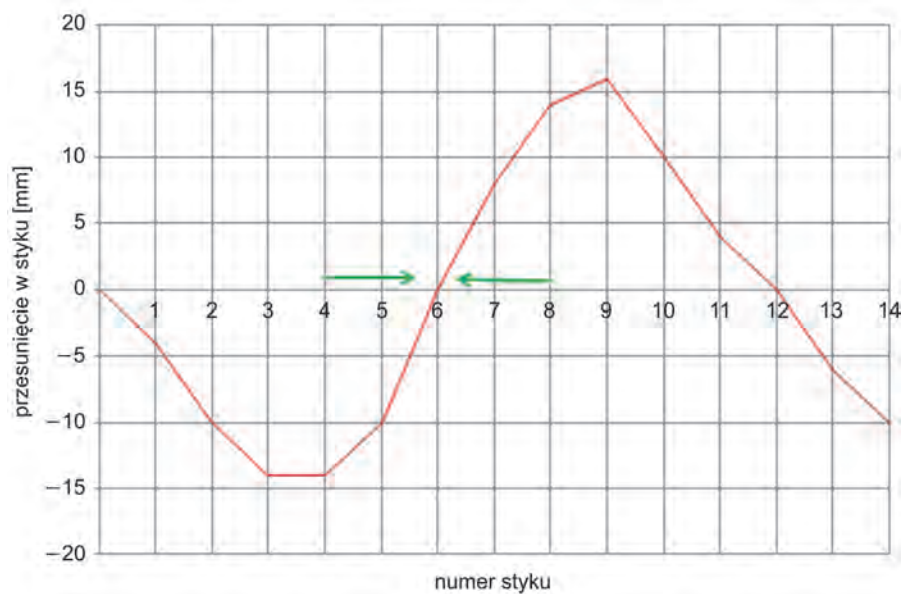
Wykres luzów ułatwia organizację robót przy nasuwaniu szyn odpełzłych i regulacji luzów w torach. Punkt przecięcia linii łamanej i prostej na rysunku 4.42 (A) wskazuje miejsce rozpoczęcia nasuwania szyn, a strzałki – kierunek nasuwania. W tym przypadku rozpoczynamy regulację luzów w styku nr 6 i przesuwamy szynę od styku nr 5 w kierunku styku nr 6 i z drugiej strony – od styku nr 7 w kierunku styku nr 6.

Na rysunku 4.42 przedstawiono wykres przesunięć szyn w stykach. Jest to różnica pomiędzy sumą luzów teoretycznych i pomierzonych.

Do nasuwania szyn i regulacji luzów należy używać urządzeń ręcznych (rys. 3.10) lub hydraulicznych (rys. 4.42), które nie niszczą szyn ani podkładów i które można łatwo i szybko usunąć z toru przed przepuszczeniem pociągu.



Rys. 4.41. Wykres luzów w stykach (luz teoretyczny równy 12 mm przy temperaturze szyny w zakresie 0-5°C i długości 30 m)



Rys. 4.42. Wykres przesunięć szyn w stykach



Rys. 4.43. Hydrauliczne urządzenie do nasuwania szyn [74]

Nasuwanie szyn odpełzłych i regulacja luzów obejmują następujące czynności:

- częściowe odkręcenie śrub stopowych lub zdjęcie łapek sprężystych oraz poluzowanie opórek przeciwpelnych;
- odkręcenie śrub łubkowych i wyjęcie dwóch śrub łubkowych z jednej strony złącza (umożliwia to przesuw szyny);
- założenie urządzenia i nasunięcie szyny;
- założenie śrub łubkowych i ich dokręcenie;
- dokręcenie śrub stopowych lub założenie łapek sprężystych;
- regulacja opórek przeciwpelnych.

Jeżeli prace są prowadzone w przerwach pomiędzy przejazdem pociągów, powstające w czasie robót luzy robocze powyżej 30 mm należy wypełniać wstawkami z kawałków szyn o długości [135]:

- 30÷50 mm – z obciętymi stopkami (odpowiednio: 30, 40 lub 50 mm);
- 60÷150 mm – z pozostawionymi stopkami (odpowiednio: 60, 70, 90, 110, 130 i 150 mm).

Wstawki o długości 70 mm (90 mm dla szyn 60E1) i dłuższe powinny mieć wywiercone otwory, tak aby można było założyć i dokręcić śrubę łubkową. Można stosować również wstawki bez otworów, wówczas jednak należy założyć imadła (rys. 3.19) lub ściskacze (rys. 3.15) w celu dociśnięcia łubków do szyny.

W czasie naprawy dopuszczalny luz roboczy (wypełniony wstawką szynową), po którym dozwolona jest jazda pociągów z prędkością do 20 km/h, nie powinien być większy niż 155 mm.

Pozostawianie w torze wstawek po zakończeniu prac w danym dniu jest zabronione; tor powinien być doprowadzony na całej długości do prawidłowego stanu. Podkłady przesunięte i skoszone podczas pełzania szyn należy nasunąć i podbić.

REGULACJA POŁOŻENIA TORU W PŁASZCZYŹNIE PIONOWEJ I POZIOMEJ

Regulacja położenia toru w płaszczyźnie pionowej i poziomej w ramach napraw bieżących i głównych jest wykonywana przy użyciu maszyn nazywanych podbijarkami, które ze względu na zasadnicze przeznaczenie można podzielić na torowe (rys. 5.1) i uniwersalne, często określane jako rozjazdowe (rys. 5.2).



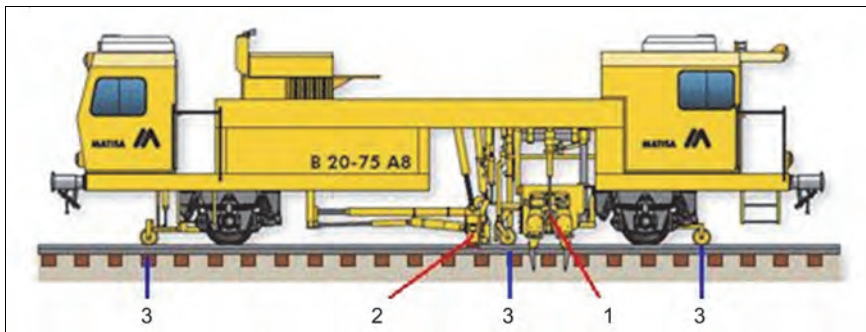
Rys. 5.1. Podbijarka torowa 09-32 CSM (J. Zariczny)



Rys. 5.2. Podbijarka uniwersalna 08-475 UNIMAT 4S [68]

Biorąc pod uwagę wyłącznie procesy związane bezpośrednio z regulacją położenia toru w planie i profilu, każda podbijarka torowa powinno się wyposażać w następujące mechanizmy (rys. 5.3):

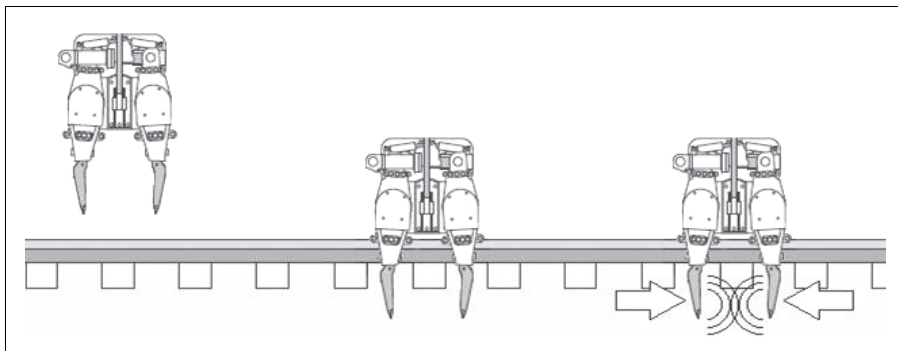
- zespół podbijający;
- zespół nasuwająco-podnoszący;
- system pomiarowy (układ namiarowy – niwelacji i nasuwania).



Rys. 5.3. Główne mechanizmy podbijarki [67]: 1 – zespół podbijający, 2 – zespół nasuwająco-podnoszący, 3 – wózki systemu pomiarowego

5.1. Zespół podbijający

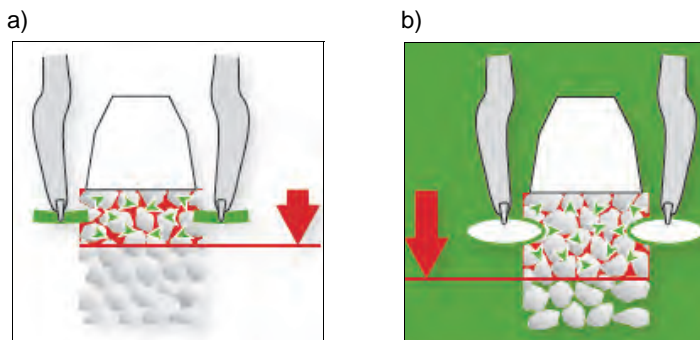
Zadaniem zespołów podbijających jest nagarnięcie tłucznia pod podkład i jego zagęszczenie (zawibrowanie) w strefie podszynowej (rys. 5.4).



Rys. 5.4. Schemat pracy zespołu podbijającego [21]

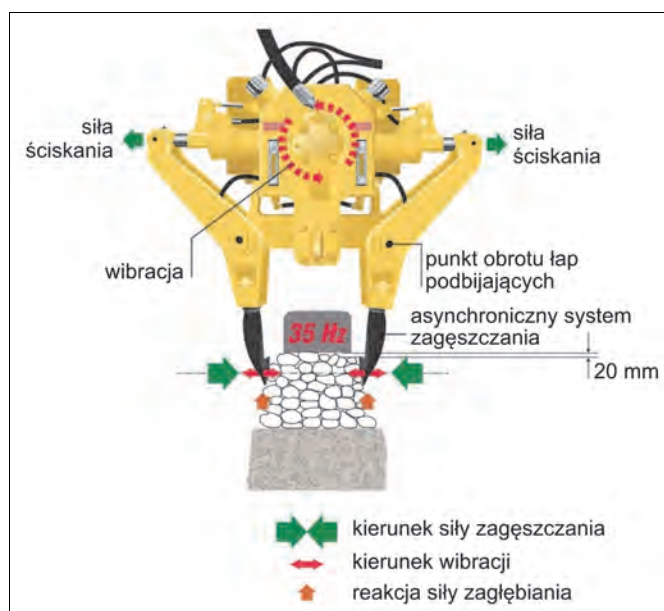
Nagarnianie odbywa się za pomocą specjalnych łap, które są odporne na ścieranie i mogą mieć kształt prosty lub falisty. Zwieranie łap podbijających przy nagarnianiu tłucznia odbywa się asynchronicznie, tzn. każda para podbijaków może się poruszać indywidualnie, odpowiednio do oporów podsypki, pokonując różne drogi (przy zwieraniu i rozwieraniu łap), co zapewnia równomierne podbicie podkładów [42].

Na rysunku 5.5 przedstawiono ideę pracy asynchronicznego zespołu podbijającego w systemie liniowym i eliptycznym.



Rys. 5.5. Asynchroniczny system podbijania podkładów [67]:
a) system liniowy; b) system eliptyczny

W systemie liniowym podbijania podkładów łapy, po zagłębieniu się w podsypce, zagęszczają ją, wykonując w wyniku wymuszonych drgań ruch w płaszczyźnie poziomej (rys. 5.5a). W systemie eliptycznym podbijania podkładów zastosowano dodatkowo mimośrodowy wał dla każdego podbijaka, co wywołuje dodatkowy ruch łap w płaszczyźnie pionowej (rys. 5.5b).

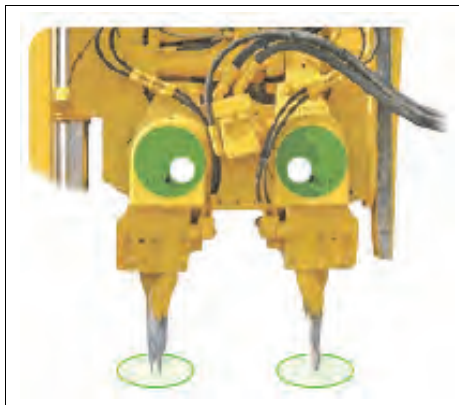


Rys. 5.6. Asynchroniczny system podbijania podkładów firmy Plasser & Theurer [68]

W podbijarkach torowych firmy Plasser & Theurer (rys. 5.6) stosowany jest asynchroniczny system pracy zespołów podbijających, gdzie łapy zagłębiają się w podsypkę na

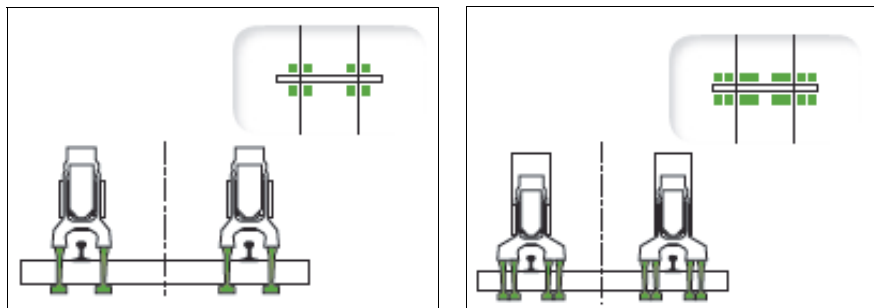
głębokość $10 \div 15$ mm poniżej dolnej powierzchni podkładu. Zagęszczanie podsypki odbywa się liniowo poprzez jej wciśnięcie pod podkład za pomocą łap podbijających (strzałki zielone), które jednocześnie wibrują z częstotliwością 35 Hz (strzałki czerwone) przez okres $0,8 \div 1,2$ sekundy. Pozwala to na równomierne zagęszczenie podsypki pod podkładami, zarówno przy zmiennej wielkości podnoszenia toru, jak i różnym stanie podsypki.

Odmienne systemy pracy zespołów podbijających stosuje się w podbijarkach firmy Matisa, gdzie wszystkie maszyny są wyposażone w zespoły eliptycznego podbijania podkładów. Na rysunku 5.7 przedstawiono zespół eliptycznego podbijania podkładów firmy Matisa, gdzie łapy podbijające wibrują z częstotliwością 42 Hz.



Rys. 5.7. Zespół eliptycznego podbijania podkładów firmy Matisa [67]

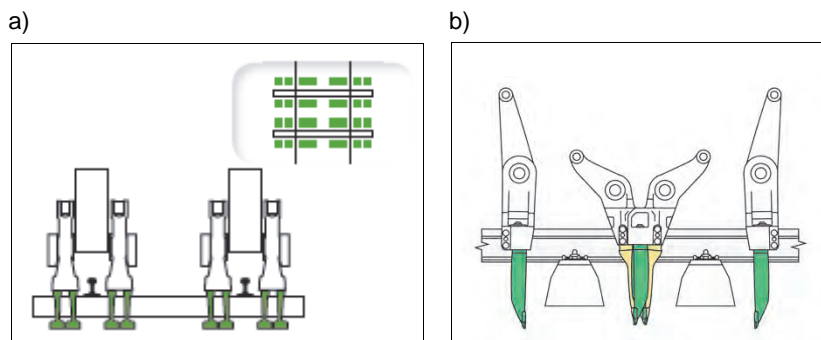
Zastosowanie niezależnego i asynchronicznego systemu pracy zespołów podbijających pozwala na pracę w torze o różnym rozstawie podkładów, jak również podbicie podkładów ułożonych skośnie do osi toru.



Rys. 5.8. Zespoły podbijające pojedynczy podkład [67]

W zależności od zakresu prowadzonych robót i miejsca ich wykonywania (tor lub rozjazd) stosowane są różne zespoły podbijające. W podbijarkach mogą być zatem stosowane zespoły do podbijania pojedynczego podkładu w jednym cyklu podjazdu maszyny. Wówczas podbijarka jest wyposażona w dwa zespoły podbijające, które mogą się składać z czterech lub ośmiu łap podbijających każdy (rys. 5.8).

Najczęściej stosowane obecnie podbijarki torowe są wyposażone w dwa zespoły podbijające, po szesnaście łap podbijających każdy (rys. 5.9). Rozwiązanie takie jest wykorzystywane zarówno w podbijarkach B45D i B50D firmy Matisa, jak i w podbijarkach serii 08-32 i 09-32 firmy Plasser & Theurer. Maszyny te są powszechnie stosowane w utrzymaniu torów kolejowych zarówno w Europie, jak i na świecie.

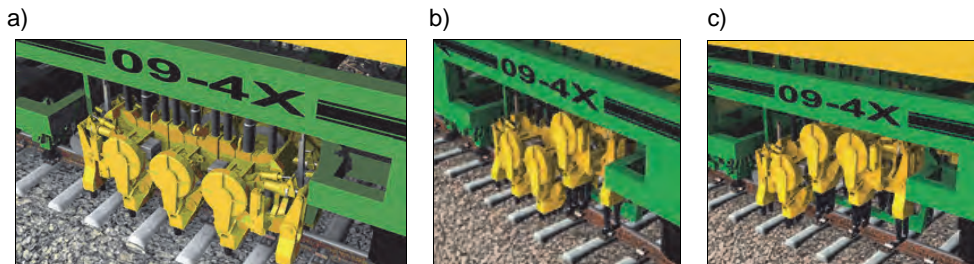


Rys. 5.9. Typowy układ zespołów podbijających w podbijarkach torowych: a) B45D i B50D [69]; b) 09-32 CSM [141]



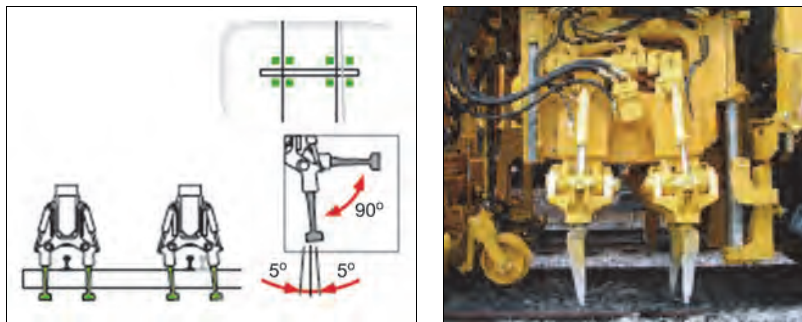
Rys. 5.10. Podbijarka torowa DYNAMIC TAMPING EXPRESS 09-3X [68]

Najnowsze wysokowydajne podbijarki torowe pozwalają na równoczesne podbicie trzech lub czterech podkładów w jednym cyklu, co odzwierciedla trendy panujące obecnie w ich budowie. Przykładem takich maszyn są podbijarki typu DYNAMIC TAMPING EXPRESS 09-3X (rys. 5.10) i DYNAMIC STOPFEXPRESS 09-4X (rys. 5.11), produkowane przez firmę Plasser & Theurer.



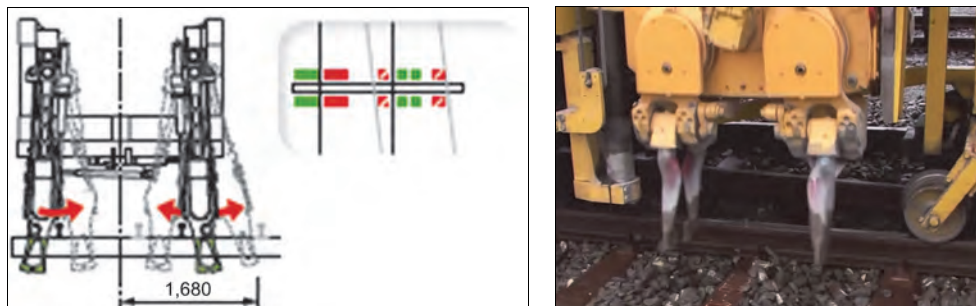
Rys. 5.11. Podbijarka torowa DYNAMIC STOPFEXPRESS 09-4X [141];
możliwość podbijania: a) czterech; b) dwóch; c) jednego podkładu

Podbijarki uniwersalne (rozjazdowe) są wyposażone w zespoły podbijające, które umożliwiają jednoczesne podbicie toru zasadniczego i częściowo lub w całości toru zwrotnego. W najprostszych rozwiązaniach stosuje się zwykle zestawy podbijające, w których istnieje możliwość obrotu łap podbijających w płaszczyźnie poprzecznej do osi toru. Takie rozwiązanie pozwala na skuteczne podbicie rozjazdu w strefie zwrotnicy (rys. 5.12).



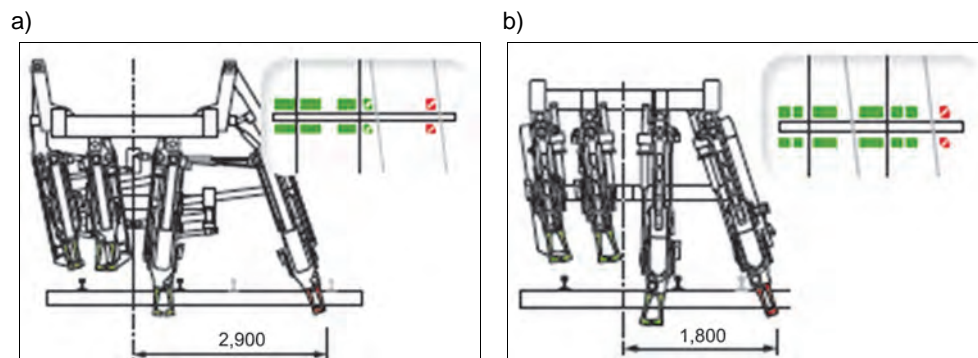
Rys. 5.12. Zespół podbijający typu AC4 w podbijarkach B20 i B38 [67]

Typowe podbijarki rozjazdowe firmy Matisa są wyposażone w specjalne zespoły podbijające do pracy w różnych strefach rozjazdu. Na rysunku 5.13 przedstawiono zespół podbijający typu C, składający się z ośmiu łap podbijających, które umożliwiają podbicie podkładów pojedynczych i podwójnych oraz wychylenie podbijaków i podbicie toru zwrotnego na odległość do 1680 mm od osi toru zasadniczego.



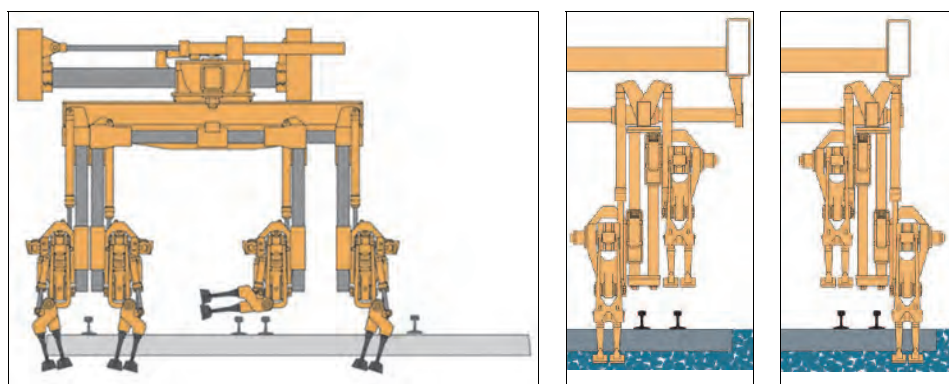
Rys. 5.13. Zespół podbijający typu C w podbijarkach B20 i B38 [67]

Na rysunku 5.14 przedstawiono zespół podbijający typu C firmy Matisa do podbijarek B66 z możliwością pracy podbijaków do 2,8 m od osi toru zasadniczego oraz B41 i B45 z wychyleniem podbijaków do 1,8 m. Rozwiązanie to pozwala na podbicie całego rozjazdu w jednym przejściu maszyny, co gwarantuje lepszy efekt niż podbicie toru zasadniczego i zwrotnego w dwóch przejściach podbijarki.



Rys. 5.14. Zespół podbijający typu C [67]: a) podbijarki B66; b) podbijarki B41 i B45 [69]

Na rysunku 5.15 przedstawiono zespół podbijający stosowany w podbijarkach rozjazdowych typu UNIMAT 08-475/4S i 09-475/4S firmy Plasser & Theurer.



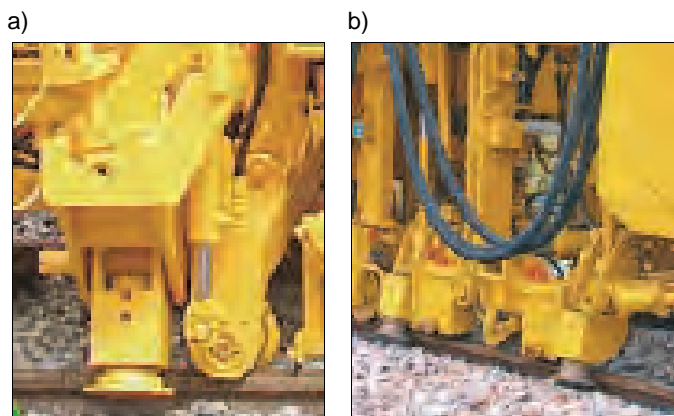
Rys. 5.15. Zespół podbijający w podbijarkach typu UNIMAT [31, 88]

5.2. Zespół nasuwająco-podnoszący

Zadaniem zespołu nasuwająco-podnoszącego jest przemieszczenie toru do właściwego położenia poprzez jego podniesienie i nasunięcie. W podbijarkach torowych podnoszenie toru odbywa się za pomocą kleszczy talerzowych, do nasuwania wykorzystuje się zaś rolki nasuwające (rys. 5.16).



Rys. 5.16. Zespół nasuwająco-podnoszący w podbijańce 09-32 CSM (J. Zariczny):
1 – kleszcze talerzowe, 2 – rolki nasuwające



Rys. 5.17. Układ nasuwająco-podnoszący w podbijańkach firmy Matisa:
a) typu B20; b) B45 i B50 [67]

Na rysunku 5.17 przedstawiono układy nasuwająco-podnoszące stosowane w podbijańkach torowych firmy Matisa. Podbijańki typu B20 są wyposażone w kleszcze talerzowe do podnoszenia toru i rolki nasuwające ułatwiające przesuw poprzeczny, a w podbijańkach typu B45 i B50 zastosowano dwie pary talerzy nasuwających oraz urządzenie do wykrywania łubków.

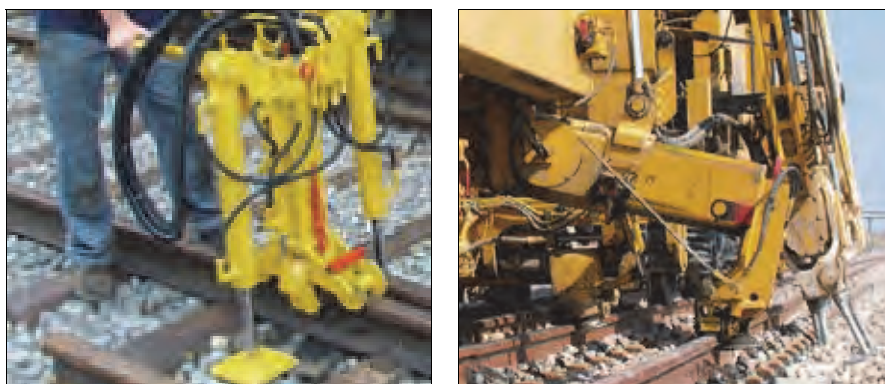
Podbijańki rozjazdowe (nazywane uniwersalnymi) są wyposażone w układ nasuwająco-podnoszący, który posiada dodatkowe elementy pozwalające na podniesienie toru w miejscach, gdzie kleszcze talerzowe nie mogą być stosowane, np. w połączeniach szyn łubkami w stykach.

W podbijańkach firmy Matisa wykorzystuje się dwie rolki nasuwające i dwa haki do podnoszenia toru. Za pomocą haków tor może być podniesiony za główkę lub stopkę szyny (rys. 5.18).



Rys. 5.18. Układ nasuwająco-podnoszący z hakami [67]

W rozjazdach kolejowych, w strefie szyn łączących i krzyżownicy, do podnoszenia toru zwrotnego można stosować podnośniki torowe lub zsynchronizowane z podbijarką układy podnoszące (rys. 5.19, 5.20).



Rys. 5.19. Układy podnoszące w podbijarkach firmy Matisa [67]



Rys. 5.20. Układ podnoszący w podbijarkach UNIMAT 08-475/4S [68]

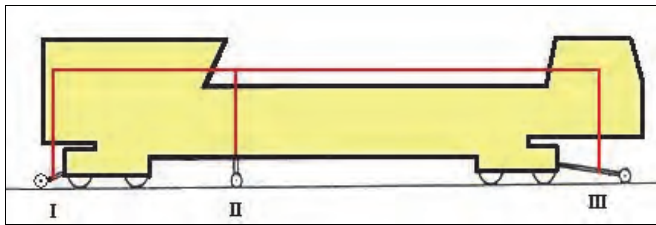
5.3. System pomiarowy

Podbijarki automatyczne są wyposażone w cięciwowy lub laserowy system pomiarowy, który ze względu na zasadnicze przeznaczenie jest również nazywany układem namiarowym. Główne zadania systemu pomiarowego obejmują automatyzację procesu regulacji toru oraz kontrolę wielkości podnoszenia i nasuwania.

Do regulacji toru w płaszczyźnie pionowej (niwelacji) są stosowane trzypunktowe systemy namiarowe, a do nasuwania toru (w płaszczyźnie poziomej) mogą być wykorzystywane czteropunktowe i trzypunktowe systemy pomiarowe.

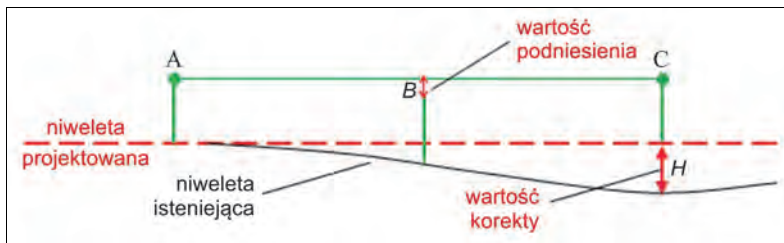
W podbijarkach firmy Plasser & Theurer stosowany jest cięciwowy układ namiarowy, który może pracować metodą wyrównania błędów (automatycznego zmniejszania nierówności toru) lub precyzyjną (wymagane jest podanie wartości przemieszczeń).

Metoda wyrównania błędów w płaszczyźnie pionowej jest stosowana w wyjątkowych przypadkach, a regulacja toru odbywa się w odniesieniu do punktów charakterystycznych układu pomiarowego maszyny (rys. 5.21). Pomędzy przednim i tylnym punktem odniesienia rozpięta jest linka stalowa, tworząca linię odniesienia dla niwelacji. W punkcie II znajduje się nadajnik, który służy do pomiaru błędu podnoszenia (namiaru dla zespołu podnoszącego). Przy użyciu tej metody nie wykonuje się pomiarów geodezyjnych przed pracą maszyny, a zatem nie może ona być stosowana w odniesieniu do torów o dużych deformacjach oraz łuków o małych promieniach i miejsc, gdzie występuje przechyłka.

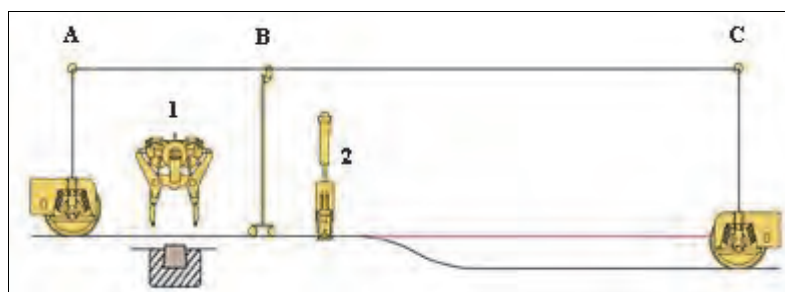


Rys. 5.21. System pomiarowy podnoszenia toru: I – tylny punkt pomiarowy, II – nadajnik wartości błędu podnoszenia, III – przedni punkt pomiarowy

Na rysunku 5.22 przedstawiono ideę pracy trzypunktowego systemu cięciwowego przy regulacji toru w płaszczyźnie pionowej metodą precyzyjną. Ostatni wózek A porusza się po torze podniesionym do właściwej niwelety, a pierwszy wózek C – po torze istniejącym. Jeżeli przedni punkt pomiarowy C zostanie podniesiony o wartość korekty H (podaną przez geodetę), to cięciwa AC zajmie położenie równoległe do projektowanej niwelety. W konsekwencji otrzymamy wielkość błędu, a zatem wartość podniesienia toru w punkcie B.



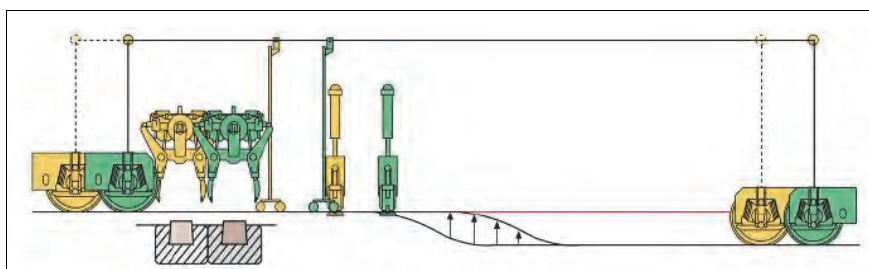
Rys. 5.22. Schemat cięciwowego systemu namiarowego do podnoszenia toru



Rys. 5.23. Schemat podnoszenia toru [47]: 1 – zespół podbijający, 2 – zespół podnoszący, A – wózek napinający, B – wózek pomiarowy, C – wózek napinający

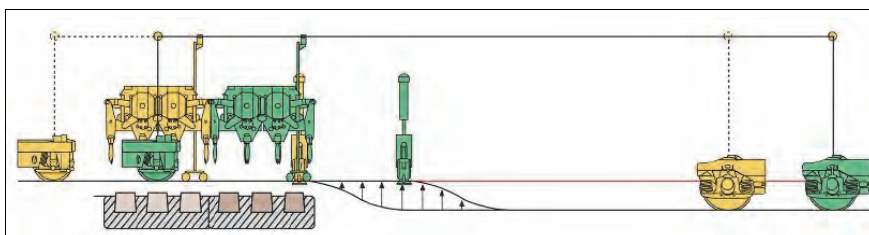
Ogólny schemat pracy automatycznej podbijarki podczas podnoszenia toru z wykorzystaniem układu namiarowego został przedstawiony na rysunku 5.23. Operator maszyny wprowadza wartość korekty (podniesienia cięciwy) na pierwszym wózku C i automatycznie wyznaczana jest wielkość błędu (podniesienia) na wózku B. Zespół podnoszący za pomocą rolek unosi tor na żądaną wysokość, a zespół podbijający zagłębia się w podsypkę i ją zagęszcza.

Po podbiciu pierwszego podkładu (kolor żółty) podbijarka podjeżdża do kolejnego podkładu (kolor zielony) i powtarzany jest ten sam schemat pracy (rys. 5.24).



Rys. 5.24. Schemat pracy zespołów podbijarki w systemie cięciwym [47]

W zależności od typu podbijarki i zespołu podbijającego w jednym cyklu mogą być podbijane maksymalnie trzy (rys. 5.25) lub cztery podkłady.

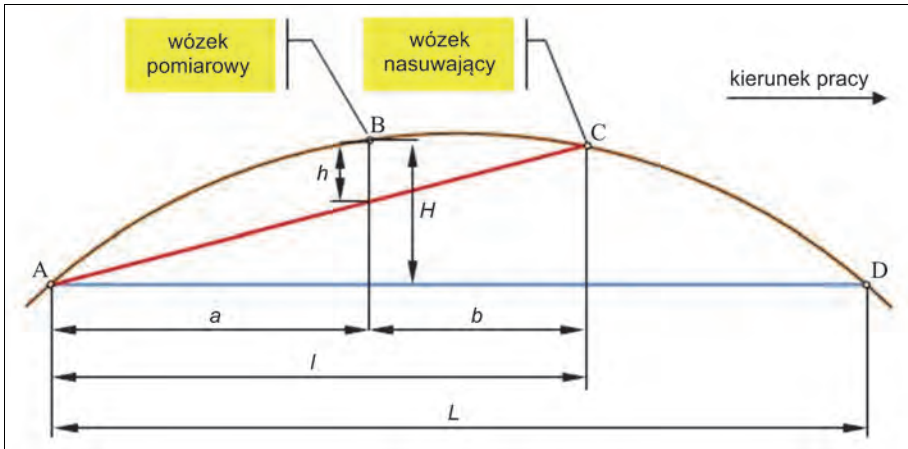


Rys. 5.25. Schemat podbijania trzech podkładów w jednym cyklu [47]

Nasuwanie toru w płaszczyźnie poziomej teoretycznie może się odbywać przy użyciu jednej z dwóch metod: wyrównania błędów (zmniejszenia nierówności poziomych) lub

metody dokładnej (wartości nasunięć są podawane przez geodetów lub dodatkowe systemy pomiarowe). W praktyce, ze względu na konieczność dokładnej regulacji toru i ograniczenia wynikające z jego geometrii toru (przejście z prostej w łuk, krzywą przejściową itp.), należy wykorzystywać tylko drugą metodę.

Do nasuwania toru początkowo wykorzystywano system namiarowy składający się z dwóch cięciw (rys. 5.26). Dłuższa cięciwa (namiarowa) była rozciągnięta między dwoma wózkami napinającymi A i D, natomiast krótsza (porównawcza) – między wózkami A i C.



Rys. 5.26. Dwucięciowy układ namiarowy:
D – przedni wózek napinający, A – tylny wózek napinający

W miejscu usytuowania wózka pomiarowego B mierzone były wartości strzałek h (dla krótkiej cięciwy) i H (dla długiej cięciwy). Na łuku kołowym o promieniu R wartości strzałek można obliczyć z wzorów (rys. 5.26):

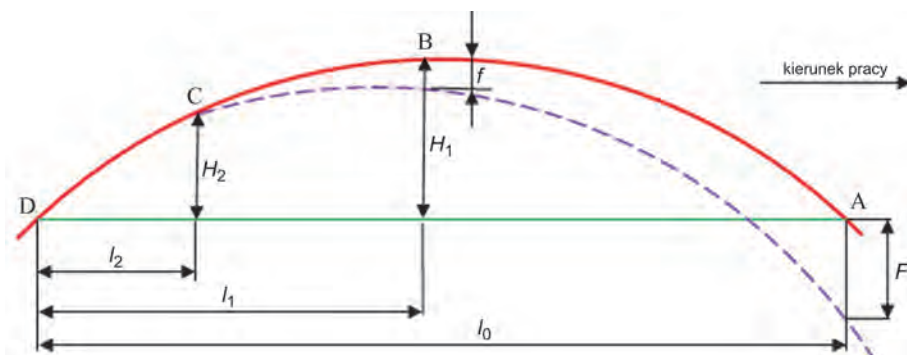
$$h = \frac{a \cdot b}{2R} \quad \text{i} \quad H = \frac{a(L-a)}{2R}$$

a zatem iloraz tych strzałek można zapisać w postaci:

$$i = \frac{h}{H} = \frac{ab}{2R} \cdot \frac{2R}{a(L-a)} = \frac{b}{L-a}$$

Należy więc zauważyć, że otrzymana ostatecznie wartość ilorazu strzałek i zależy wyłącznie od odległości pomiędzy wózkami i jest stała dla określonego typu podbijarki. Zależność tę wykorzystano w metodzie zmniejszania błędu (wyrównania strzałek) przy regulacji położenia osi toru kolejowego w płaszczyźnie poziomej (nasuwanie toru trwa tak długo, aż zostanie uzyskany odpowiedni iloraz strzałek).

Obecnie w automatycznych podbijarkach do nasuwania toru kolejowego stosuje się jednocięciowy układ namiarowy, który może pracować w systemie czteropunktowym (zalecane) lub trzypunktowym (rys. 5.27). Idea pracy tego układu pomiarowego jest podobna do systemu dwóch cięciw, a różnica wynika głównie z miejsca pomiaru wartości strzałek.



Rys. 5.27. Cięciwowy czteropunktowy system nasuwania toru:
 f – obliczona wartość nasunięcia, F – wartość przesunięcia cięciwy;
 kolor czerwony – oś projektowana, fioletowy – oś istniejąca

W tym systemie strzałki są mierzone na wózku pomiarowym C (który znajduje się na torze wyregulowanym) i na wózku nasuwającym B (w miejscu nasuwania toru), a cięciwa jest rozciągnięta pomiędzy wózkami napinającymi A i D.

Wartość strzałek można obliczyć z wzorów (rys. 5.26):

$$H_1 = \frac{l_1(l_0 - l_1)}{2R} \quad \text{i} \quad H_2 = \frac{l_2(l_0 - l_2)}{2R}$$

a wartość ilorazu strzałek i będzie równa:

$$i = \frac{H_1}{H_2} = \frac{l_1(l_0 - l_1)}{l_2(l_0 - l_2)}$$

Wartość ilorazu i jest stała dla określonego typu podbijarki i zależy wyłącznie od odległości pomiędzy wózkami. Zależność tę wykorzystuje się do regulacji toru metodą zmniejszania błędów.

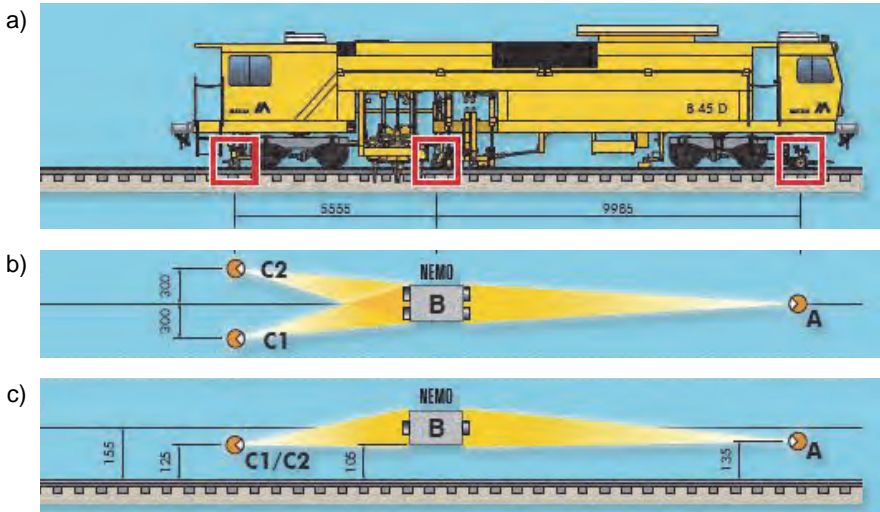
Jeżeli w miejscu ustawienia wózka napinającego A występuje błąd położenia osi toru o wartości F , to w wyniku nasuwania toru w punkcie B błąd zostanie zmniejszony o wartość f . Stopień zmniejszenia błędu n można obliczyć z zależności:

$$n = \frac{F}{f} = \frac{l_0(l_0 - l_2)}{l_1(l_1 - l_2)}$$

Przedstawiona idea cięciwowego układu nasuwania toru w płaszczyźnie poziomej ma zastosowanie wyłącznie na odcinkach prostych i łukach kołowych. W takich miejscach wartość ilorazu strzałek i jest stała i wystarczy wówczas podać wartość F przesunięcia cięciwy na wózku A (rys. 5.27).

W miejscach zmiany krzywizny osi toru kolejowego (np. na krzywych przejściowych, przy przejściu z prostej na łuk kołowy, pomiędzy łukami koszowymi itp.) wartość ilorazu strzałek i nie jest stała i zależy od długości krzywej przejściowej i promienia łuku kołowego. W takich przypadkach operator podbijarki musi wprowadzić korektę przesunięcia cięciwy, która jest podawana przez grupę pomiarową lub wyliczana automatycznie przez komputer pokładowy podbijarki.

W podbijkarkach torowych firmy Matisa od wielu lat stosowany jest optyczny system pomiarowy o nazwie NEMO (ang. *Non rotating Electronic Measuring Optical system*). Jest to bezkontaktowe urządzenie pomiarowe składające się z odbiornika światła (matryca CCD) i źródła światła (lamp) umieszczonych po obu stronach maszyny [67].



Rys. 5.28. System pomiarowy NEMO firmy Matisa [67]: a) rozmieszczenie wózków; b) pomiar w płaszczyźnie poziomej; c) pomiar w płaszczyźnie pionowej

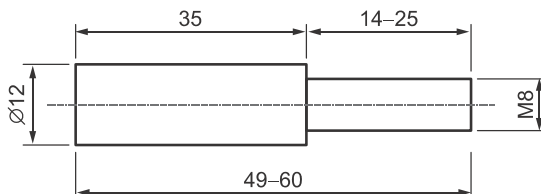
Na rysunku 5.28 przedstawiono trzypunktowy system pomiarowy (wózki pomiarowe A, B i C), w którym źródło światła jest umieszczone na wózkach z przodu maszyny (A), dwie lampy (C1 i C2) z tyłu maszyny, a odbiornik NEMO w środku maszyny (B). Wykonane w ten sposób pomiary są przesyłane w czasie rzeczywistym do komputera. Tu system CATT (ang. *Computer Aided Track Treatment*) oblicza względną geometrię toru (nierówności pionowe i poziome, przechyłkę oraz wichrowatość na wózkach B i C), a następnie wartość nasunięcia i podniesienie toków szynowych są przesyłane do kontrolera zespołu nasuwająco-podnoszącego.

5.4. Metody pomiaru geometrii toru

W praktyce układ pomiarowy podbijkarki może pracować w jednym z trzech systemów [24, 130]:

- dokładnym, który polega na wprowadzaniu do układu namiarowego podbijkarki wartości wymaganych przemieszczeń toru w płaszczyźnie poziomej (nasunięcia) i płaszczyźnie pionowej (podniesienia);
- wyrównania ciągłego, w którym podbijkarka pracuje ze stałym przemieszczeniem toru (zwykle podnoszeniem), bez dodatkowych pomiarów geodezyjnych;
- wyrównania miejscowego, w którym praca podbijkarki polega na automatycznym zmniejszaniu amplitudy nierówności toru kolejowego, bez dodatkowych pomiarów geodezyjnych (usuwanie usterek miejscowych – zmniejszanie błędu).

W metodzie dokładnej (bezwzględnego układu odniesienia) wykorzystuje się znaki regulacji osi toru, które są również znakami kolejowej osnowy geodezyjnej. Obecnie znaki te mają kształt walca (rys. 5.29) i są mocowane na słupach trakcyjnych. Służą do precyzyjnego wyznaczenia położenia osi toru kolejowego w płaszczyźnie poziomej i pionowej.



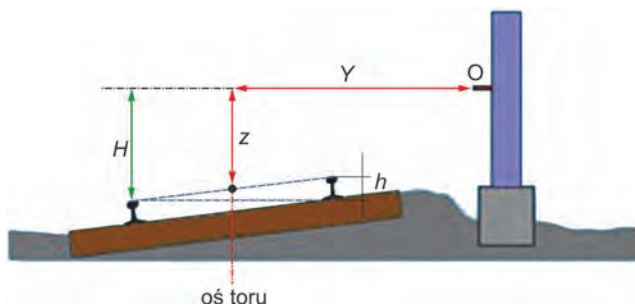
Rys. 5.29. Znak regulacji osi toru (wymiaru w mm) [146]

Na słupie (w sposób trwały) umieszcza się informacje o odległości znaku od osi toru i przewyższeniu względem główki szyny (wartości zgodne z danymi zawartymi w protokole zdawczo-odbiorczym regulacji osi toru). Dla skrajnie zewnętrznego punktu górnej krawędzi znaku regulacji wyznacza się współrzędne osnowy geodezyjnej oraz dane do regulacji osi toru, tj. odległość do osi toru Y i przewyższenie H (rys. 5.30).

Przy pomiarach geodezyjnych przeprowadzanych w miejscach, gdzie została zaprojektowana przechylka (łuki kołowe i rampy przechyłkowe), niwelację toru należy wykonać na toku wewnętrznym. Jeżeli pomiar przewyższenia został wykonany w osi toru, to wartość H można wyliczyć z wyrażenia:

$$H = z + \frac{h}{2}$$

gdzie: h – wartość różnicy wysokości toków szynowych w mierzonym przekroju.



Rys. 5.30. Wyznaczenie odległości znaku od osi toru i przewyższenia

Wartości wymaganych przemieszczeń toru mogą być wprowadzane ręcznie przez operatora maszyny – na podstawie pomiarów wykonanych przez geodetów – lub przy użyciu jednej z metod geodezyjnych, wraz z automatyczną analizą namiarów dla podbijarki.

W przypadku tradycyjnych pomiarów geodezyjnych w pierwszej kolejności wyznacza się położenie osi toru względem znaków regulacji. Pomiaru te należy wykonać przyrządem, który zapewni odpowiednią dokładność, zależną od kategorii linii kolejowej. Na rysunku 5.31 przedstawiono laserowe urządzenie do pomiaru odległości i przewyższenia, stosowane

przez wielu wykonawców robót w krajach europejskich. Opisana metoda może być również wykorzystana do odbioru robót po przeprowadzonej regulacji osi toru.



Rys. 5.31. Laserowy pomiar położenia osi toru przyrzędem firmy Geismar [62]

W praktyce pomiar odległości do znaku regulacji osi toru w płaszczyźnie poziomej jest bardzo często wykonywany przy użyciu taśmy stalowej, linki z pionem i łaty poziomej ułożonej na tokach szynowych (rys. 5.32). Ze względu na małą dokładność tej metody powinna ona być stosowana w ograniczonym zakresie.



Rys. 5.32. Pomiar odległości znaku od osi toru (J. Zariczny)

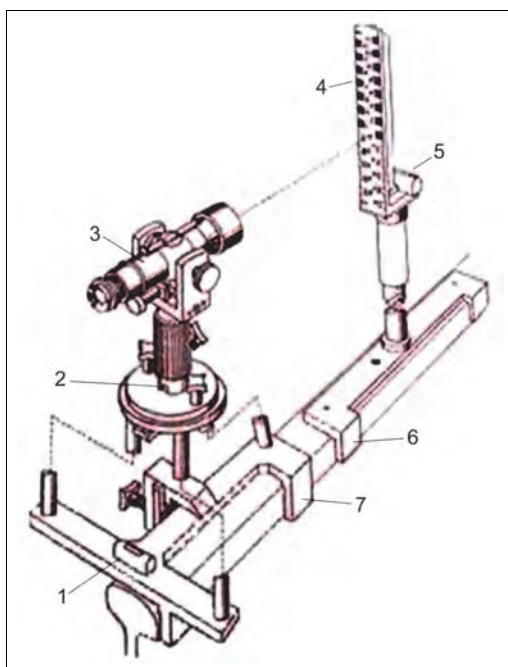
Pomiaru przewyższenia znaku regulacji osi toru względem toku szynowego dokonuje się metodą niwelacji (rys. 5.33), a następnie oblicza się różnicę pomiędzy wartością teoretyczną i zmierzoną (wartość podnoszenia toru).

W dalszej kolejności wyznacza się wartości podnoszenia i nasunięcia toru pomiędzy znakami regulacji. Odległość między kolejnymi punktami pomiarowymi zależy między innymi od typu podbijarki, deformacji toru, typu nawierzchni i oczekiwanej dokładności wykonania robót.



Rys. 5.33. Pomiar przewyższenia znaku względem toku szynowego (J. Zariczny)

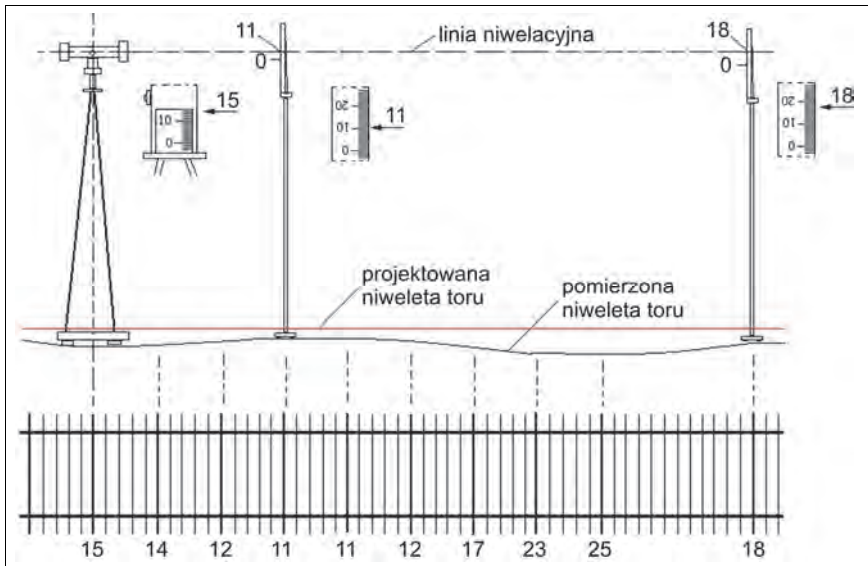
Do pomiaru rzędnych podnoszenia toru pomiędzy znakami regulacji osi toru wykorzystuje się niwelator torowy (rys. 5.34), który znajduje się na wyposażeniu podbijarki torowej.



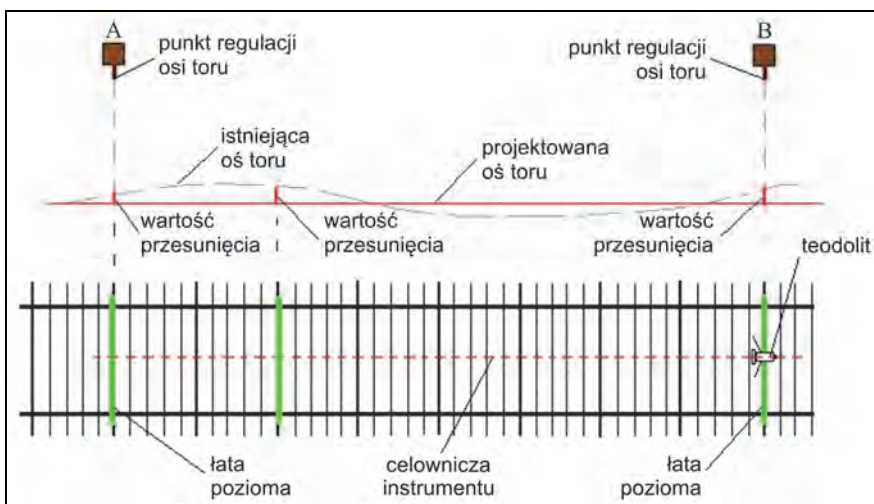
Rys. 5.34. Niwelator torowy [42]: 1 – poziomica podstawy lunety, 2 – skala wysokościowa lunety, 3 – luneta niwelacyjna, 4 – łąta niwelacyjna, 5 – poziomnica łąty, 6 – podstawa łąty, 7 – podstawa statywu lunety

Zasadę niwelacji prostego odcinka toru (bez zmiany pochylenia) przedstawiono na rysunku 5.35. Niwelator torowy ustawia się w miejscu pomiaru przewyższenia toru

(na wysokości znaku regulacji) i przymocowuje go do główki szyny (rys. 5.34), a na skali wysokościowej lunety ustawia się wartość podnoszenia toru w tym miejscu (rys. 5.35 – 15 mm). W następnym punkcie pomiarowym (na wysokości kolejnego znaku), gdzie wcześniej dokonano pomiaru przewyższenia, ustawia się łąkę niwelacyjną. Następnie lunetę kieruje się na łąkę i celuje na wartość rzędnej przewyższenia w tym miejscu (rys. 5.35 – 18 mm), tworząc w ten sposób linię niwelacyjną, równoległą do projektowanej niwelety toru. Przemieszczając łąkę niwelacyjną w kierunku lunety, odczytuje się na niej wartości rzędnych podniesienia toru i zapisuje na główce szyny lub podkładzie.



Rys. 5.35. Niwelacja prostego odcinka toru



Rys. 5.36. Wyznaczenie przesunięć na prostym odcinku toru

Wartości nasunięć pomiędzy znakami regulacji osi toru można wyznaczyć, wykorzystując teodolit i łąty poziome (rys. 5.36). Na wysokości znaków (pkt A i B) układa się łąty poziome, które należy dosunąć do dowolnego toku szynowego na prostej i toku zewnętrznego na krzywej przejściowej i łuku. Statyw teodolitu ustawia się nad łątą i centruje instrument na wartość przesunięcia, które wcześniej zostało zmierzone (rys. 5.36 – pkt B). Następnie lunetę teodolitu kieruje się na łątę (pkt A), ustawia celowniczą instrumentu na zmierzoną wartość przesunięcia osi toru w tym punkcie i blokuje możliwość obrotu w poziomie. Przemieszczając łątę poziomą w kierunku instrumentu i jednocześnie obracając lunetę w płaszczyźnie pionowej, odczytujemy wartości przesunięć w kolejnych punktach pomiarowych, zapisując je na główce szyny.

Na krzywych przejściowych i łukach kołowych w praktyce mierzy się strzałki na długości cięciwie, pomiędzy znakami regulacji. Wartość przesunięcia w kolejnych punktach pomiarowych jest obliczana jako różnica pomiędzy wartością zmierzoną i rzędną projektowaną.

Do pomiaru rzędnych wielkości podnoszenia i nasuwania toru można stosować również inne metody (np. pomiary tachymetryczne, laserowe) lub przyrządy (rys. 5.37) i wózki do pomiaru nierówności toru.



Rys. 5.37. Laserowy pomiar nierówności toru przyrządem firmy Geismar [62]

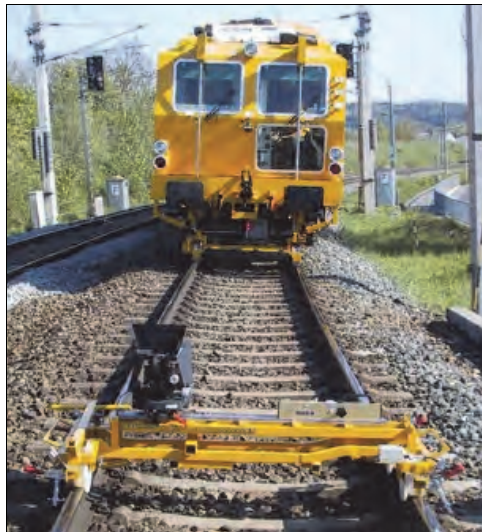
Wymienione metody pomiarowe wymagają ręcznego zapisania wartości podnoszenia i nasunięcia toru na główce szyny lub podkładzie, tak aby podczas pracy podbijarki operator mógł je wprowadzić do systemu maszyny.

Jedną z metod zmniejszającą błędy powstałe przy podawaniu wartości namiarów do podbijarki jest wykorzystanie laserowego systemu prowadzenia maszyny, wykorzystywanego od 1995 roku (rys. 5.38). Początkowo jego zastosowanie ograniczało się do pomiaru wartości nasunięć i podniesienia toru tylko na odcinkach prostych, obecnie może być zaś stosowany również na krzywych przejściowych i łukach [46, 47].

Laserowy system prowadzenia podbijarki firmy Plasser & Theurer (rys. 5.39) składa się z dwóch zasadniczych urządzeń pomiarowych: kamery wykrywającej położenie plamki lasera (zamontowanej w przedniej części maszyny) i wózka z nadajnikiem laserowym (znajdującego się przed maszyną).



Rys. 5.38. Laserowy system prowadzenia podbijarki [6]



Rys. 5.39. System laserowego prowadzenia podbijarki firmy Plasser & Theurer [6]

Laserowy system prowadzenia podbijarki pracuje w odniesieniu do znaków kolejowej osnowy szczegółowej, a zatem musi być znane położenie osi toru względem znaków regulacji.

Kamera odbiorcza jest zainstalowana w przedniej części podbijarki (rys. 5.40) i może być przemieszczana w płaszczyźnie pionowej i poziomej. Zarówno pozycja kamery, jak i położenie plamki lasera na odbiorniku są rejestrowane elektronicznie i przekazywane do systemu maszyny [47].

Nadajnik laserowy znajduje się na wózku (rys. 5.41) i jest obsługiwany przez operatora, który drogą radiową przekazuje do podbijarki dane dotyczące odległości od podbijarki, błędu osi toru względem znaków regulacji oraz wartości przemieszczenia pionowego i poziomego nadajnika laserowego na wózku. Dane te są przechowywane w komputerze podbijarki i wprowadzane do jej systemu [46, 47].



Rys. 5.40. Kamera wykrywająca położenie plamki lasera [46]



Rys. 5.41. Wózek pomiarowy z nadajnikiem laserowym [46]

Dane z podbijarki i wózka pozwalają wyznaczyć przestrzenne położenie wiązki lasera względem znanej geometrii toru. Po wczytaniu danych do systemu obliczana jest docelowa pozycja plamki lasera na odbiorniku kamery. Na podstawie różnicy pomiędzy położeniem pożądanym i rzeczywistym oblicza się namiary do podbijarki i steruje położeniem pierwszego wózka pomiarowego [47].

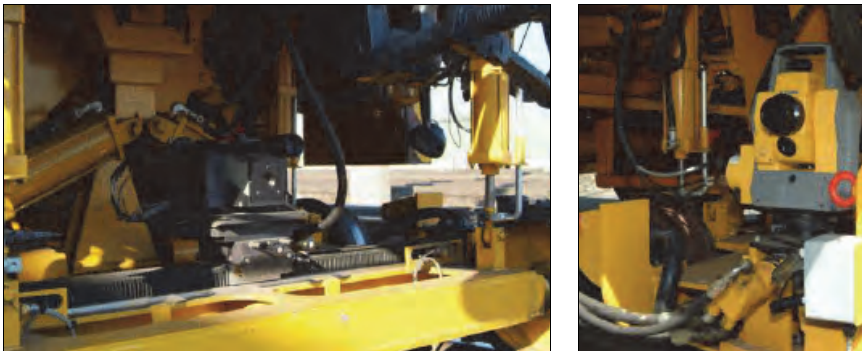


Rys. 5.42. Wagon systemu CAL-SAT [46]

Firma Plasser & Theurer do regulacji osi toru kolejowego stosuje również system CAL-SAT z wagonem o własnym napędzie (rys. 5.42). Łączy on w sobie funkcję dwóch urządzeń: nadajnika laserowego, który współpracuje z kamerą odbiorczą zainstalowaną na podbijarce, oraz urządzenia do pomiaru położenia osi toru względem znaków regulacji (rys. 5.43).



Rys. 5.43. System CAL-SAT współpracujący z podbijką [46]



Rys. 5.44. Urządzenia zainstalowane na wagonie systemu CAL-SAT [46]

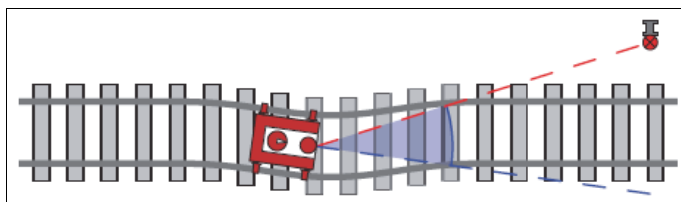
Na rysunku 5.44 przedstawiono nadajnik laserowy (z lewej), którego idea działania jest taka sama jak przy wózku laserowym, oraz urządzenie do pomiaru położenia osi toru względem znaków regulacji (z prawej). System ten eliminuje konieczność przebywania ludzi bezpośrednio na torach, a sterowanie tymi urządzeniami odbywa się z kabiny wagonu.



Rys. 5.45. System PALAS zabudowany na podbijarce firmy Matisa [67]

System PALAS (rys. 5.45), opracowany w Szwajcarii przez J. Mullera, jest stosowany głównie w podbijarkach firmy Matisa. W przedniej części podbijarki są zamontowane główne elementy systemu pomiarowego, zwane sensorami [16, 123]:

- skaner laserowy RALF, który przez uwalnianą wiązkę lasera poszukuje pryzmatów zamocowanych na słupach trakcyjnych (na znakach do regulacji osi toru) oraz mierzy wartość pionowego i poziomego wychylenia kąтового (rys. 5.46) względem pozycji podbijarki;

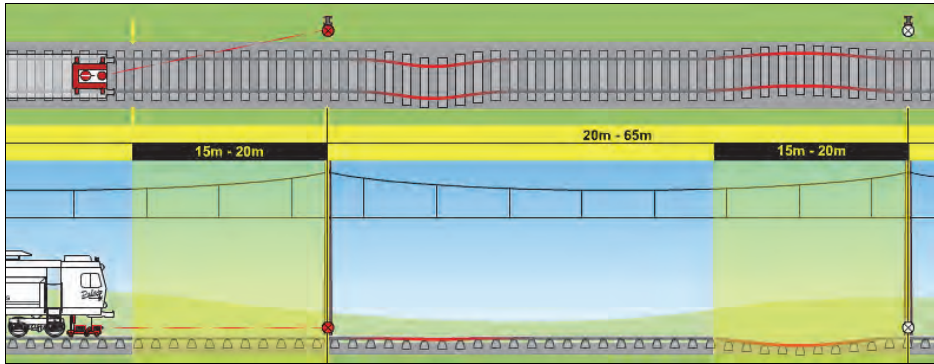


Rys. 5.46 Pomiar wychylenia w płaszczyźnie poziomej [67]

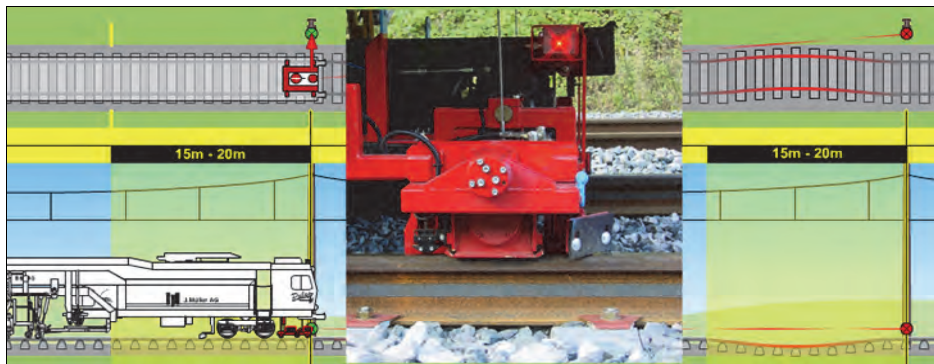
- system DRU (*Dynamic Reference Unit*), który składa się z trzech bezwładnościowych żyroskopów, umożliwiających orientację podbijarki w przestrzeni.

Podbijarka jest dodatkowo wyposażona w odometr, który dokonuje pomiaru odległości do kolejnego znaku regulacji. W ten sposób wyznaczana jest pozycja podbijarki na torze, a jego licznik zostaje wyzerowany po minięciu znaku na słupie trakcyjnym.

System PALAS umożliwia pomiar geometrii toru w istniejącym układzie odniesienia z wykorzystaniem kolejowej osnowy szczegółowej, przy czym odległość pomiędzy punktami osnowy nie może przekraczać 90 m. Skaner laserowy dokonuje pomiaru kątów na najbliższym pryzmacie znajdującym się przed podbijarką. W odległości mniejszej niż 20 m od znaku wiązka lasera automatycznie poszukuje kolejnego pryzmatu, względem którego jest wykonywany pomiar kątów (rys. 5.47).

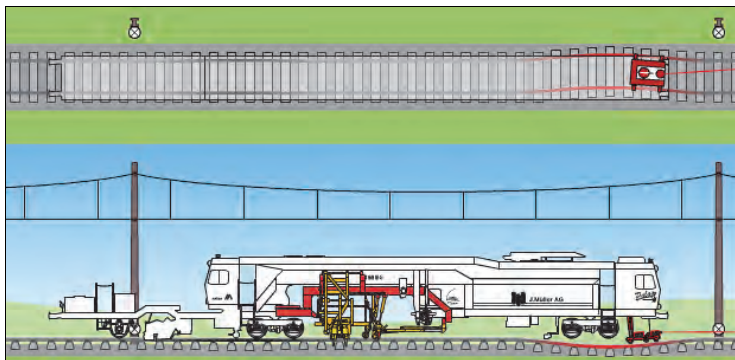


Rys. 5.47. Pomiar kątów skanerem laserowym względem kolejnych znaków [67]



Rys. 5.48. Ustawienie podbijarki na wysokości znaków regulacji [67]

Podbijarka pracuje do kolejnego słupa trakcyjnego, gdzie licznik odometru jest zerowany (rys. 5.48). Na podstawie pomierzonych kątów względem pozycji podbijarki i znaków regulacji oraz położenia maszyny na torze system w czasie rzeczywistym oblicza potrzebne wartości nasunięcia i podnoszenia toru, które pozwalają sterować pracą podbijarki (rys. 5.49).



Rys. 5.49. Regulacja położenia osi toru [67]

Do wyznaczenia położenia osi toru względem znaków regulacji oraz sprawdzenia położenia sieci trakcyjnej wykorzystuje się proste urządzenia laserowe (rys. 5.31). Na podstawie wykonanych pomiarów w układzie lokalnym (za pomocą podbijarki wyposażonej w system NEMO) oraz odległości i przewyższenia w stosunku do znaków regulacji wyznacza się niweletę toru.

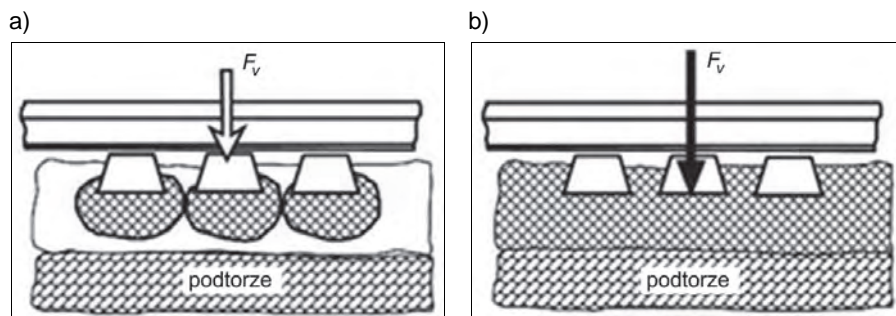
5.5. Dynamiczna stabilizacja toru

Jednym z istotnych problemów przy naprawach naruszających zagęszczoną i już ustabilizowaną podsypkę jest ponowna stabilizacja pionowa geometrii toru po wykonanej regulacji. Obciążenie od przejeżdżającego taboru w pierwszym okresie eksploatacji powoduje nieregularne rozłożenie ziaren tłuczni, co wpływa na powstawanie i rozwój nierówności pionowych.

Jeżeli nie zostanie wykonana dynamiczna stabilizacja toru, to po zakończeniu regulacji toru należy również ograniczyć prędkość pociągów do 100 km/h, do czasu aż zostanie przeniesione obciążenie 0,6 Tg [135].

Prowadzone dotychczas badania w zakresie stosowania wymuszonej stabilizacji toru wskazują, że po wykonaniu dynamicznej stabilizacji [31, 45, 47]:

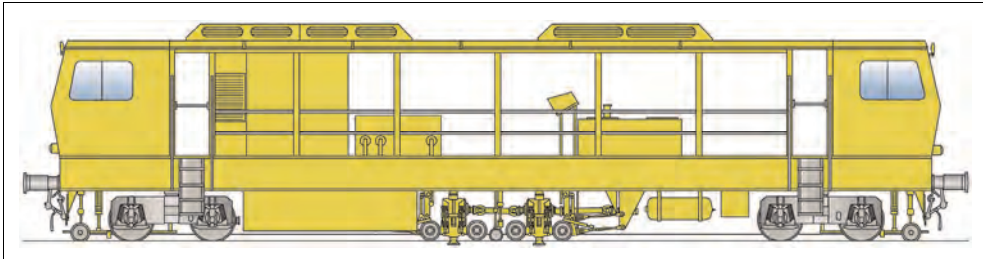
- uzyskuje się efekt równoważny do obciążenia toru pojazdami szynowymi około 0,7÷0,8 Tg;
- eliminuje się konieczność ograniczania prędkości po regulacji toru;
- degradacja geometrii toru przebiega wolniej na odcinkach, gdzie zastosowano maszyny do dynamicznej stabilizacji toru;
- okres pomiędzy kolejnymi naprawami wydłuża się nawet o 30%.



Rys. 5.50. Schemat zagęszczenia podsypki [45]:
a) bez dynamicznej stabilizacji toru, b) z dynamiczną stabilizacją toru

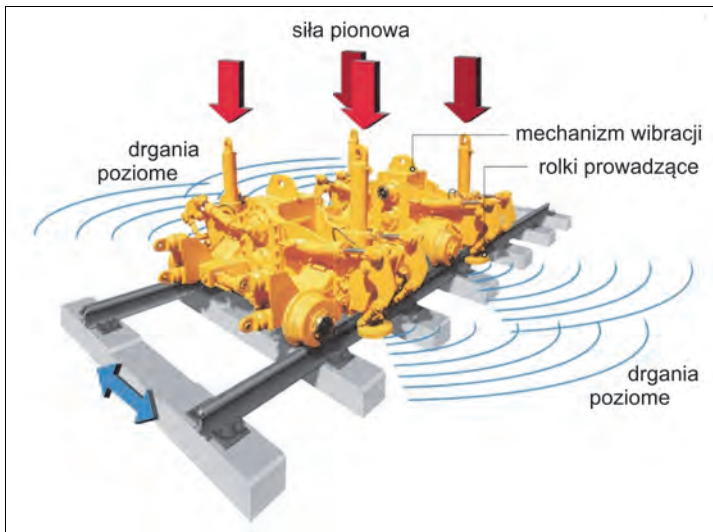
Proces podbijania podkładów powoduje, że podsypka jest zagęszczona lokalnie, w miejscu pracy łap zespołu podbijającego (rys. 5.50a). Natomiast zastosowanie dynamicznej stabilizacji toru pozwala na równomierną i jednorodną konsolidację podsypki w trzech płaszczyznach (rys. 5.50b). W efekcie uzyskuje się częściowe obciążenie, wymagane do pełnej stabilizacji w płaszczyźnie pionowej, oraz zwiększa się poprzeczny opór toru.

Dynamiczna stabilizacja toru jest prowadzona z wykorzystaniem specjalnych maszyn (rys. 5.51), które są wyposażone w dwa zasadnicze zespoły robocze: pomiarowy i dynamicznej stabilizacji toru.



Rys. 5.51. Dynamiczny stabilizator toru DGS 62 [68]

Zespół dynamicznej stabilizacji toru (rys. 5.52) jest wyposażony w dwa mechanizmy wibracyjne z rolkami prowadzącymi, które wymuszają drgania poziome przy jednoczesnym obciążeniu pionowym toru. Prowadzone dotychczas badania pozwoliły na ustalenie optymalnych wartości obciążenia pionowego, częstotliwości drgań i amplitudy oraz czasu pracy [47].



Rys. 5.52. Zespół dynamicznej stabilizacji toru [68]

W czasie budowy nowych torów i podczas prowadzenia napraw głównych podsypkę należy stabilizować warstwami, tzn. po pierwszym podbiciu toru wykonuje się jego stabilizację, a następnie proces jest powtarzany, aż do momentu wykonania ostatecznej regulacji i stabilizacji toru.

OCZYSZCZANIE I UZUPEŁNIANIE PODSYPKI

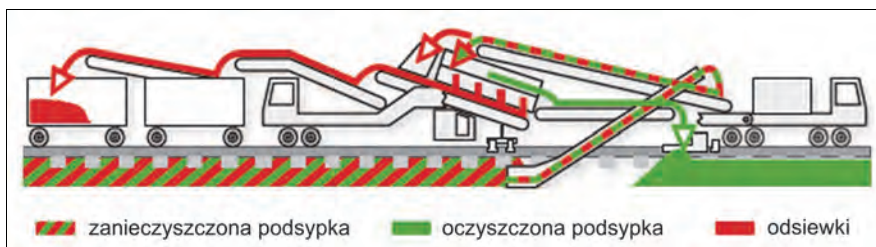
Wyniki badań wskazują, że główną przyczyną powstawania zanieczyszczeń podsypki jest jej kruszenie i ścieranie się podczas eksploatacji i utrzymania torów (ponad 75%). Pozostałe przyczyny zanieczyszczenia podsypki wynikają głównie z usypywania się materiału z wagonów, nanoszenia zanieczyszczeń przez wiatr oraz mieszania się podsypki z warstwą ochronną. Z badań prowadzonych w Polsce w Centralnej Magistrali Kolejowej (CMK) wynika, że – pomijając zanieczyszczenia podsypki spoza toru – główną przyczyną zanieczyszczenia tłucznia (ponad 90%) jest jego kruszenie się w czasie prac utrzymaniowych (podbijanie podkładów i regulacji położenia toru) [116].

Badania prowadzone przez ERRI (*European Rail Research Institute*) pozwoliły wyznaczyć optymalne kryterium zanieczyszczenia podsypki tłuczniowej (około 30%), po przekroczeniu którego wskazane jest jej oczyszczenie. Stopień zanieczyszczenia podsypki wyznacza się na podstawie analizy sitowej i procentowej zawartości masy ziaren przechodzących przez sito o oczkach #22,4 mm. Wyniki tych badań wskazują również, że właściwości mechaniczne podsypki szybko się pogarszają przy zanieczyszczeniu około 50÷70% [22].

Zasady stosowania i metody badania nowej podsypki tłuczniowej w nawierzchni kolejowej oraz oceny przydatności starej podsypki do recyklingu zostały zawarte w warunkach technicznych [131].

Oczyszczanie polega na wybraniu z toru podsypki tłuczniowej i oddzieleniu od niej podziarna (zanieczyszczeń) i nadziarna (zbyt dużych ziaren) poprzez jej przesianie na siatach przesiewacza. Proces ten przeprowadza się obecnie metodą zmechanizowaną za pomocą oczyszczarki tłucznia, która jest maszyną główną, oraz maszyn pomocniczych, takich jak: profilarki ław torowiska, zgarniarki tłucznia, wagony do transportu odsiewek i wagony do transportu nowej podsypki.

Idea oczyszczania tłucznia i przemieszczania materiału w maszynie została przedstawiona na rysunku 6.1.



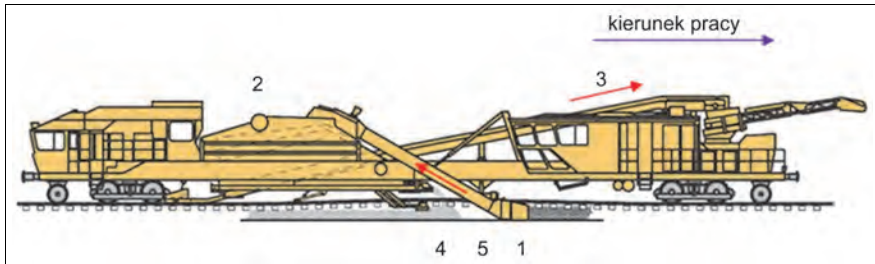
Rys. 6.1. Schemat oczyszczania podsypki tłuczniowej [67]

Zanieczyszczona podsypka tłuczniowa jest wybierana z toru za pomocą belki podtorowej, połączonej z łańcuchem wybierakowym. Następnie jest transportowana do przesiewacza, gdzie następuje oddzielenie podziarna i nadziarna. Za pomocą przenośników taśmowych odsiewki są przemieszczane do wagonów samowyladowczych, a oczyszczoną podsypkę wsypuje się w tor.

6.1. Zespoły robocze oczyszczarki tłucznia

Oczyszczarka tłucznia powinna posiadać pięć podstawowych zespołów roboczych związanych bezpośrednio z technologią robót (rys. 6.2):

- zespół wybierania i transportu zanieczyszczonej podsypki;
- zespół podnosząco-nasuwiający;
- przesiewacz;
- przenośniki odsiewek;
- zespół oczyszczonej podsypki.



Rys. 6.2. Schemat oczyszczarki tłucznia RM 80 firmy Plasser & Theurer [68]:
 1 – zespół wybierania zanieczyszczonej podsypki, 2 – przesiewacz, 3 – zespół przenośników odsiewek na wagony samowyladowcze, 4 – zespół transportu oczyszczonej podsypki, 5 – zespół podnosząco-nasuwiający



Rys. 6.3. Belka podtorowa połączona z łańcuchem wybierakowym [68]

Zadanie zespołu wybierania i transportu zanieczyszczonej podsypki polega na wykopaniu tłucznia z toru za pomocą łańcucha wybierakowego połączonego ze sztywną belką podtorową (rys. 6.3) i przemieszczeniu go korytem bezpośrednio na przesiewacz (rys. 6.4). Zanieczyszczona podsypka może być też transportowana na przesiewacz z wykorzystaniem dodatkowego przenośnika taśmowego (rys. 6.5).



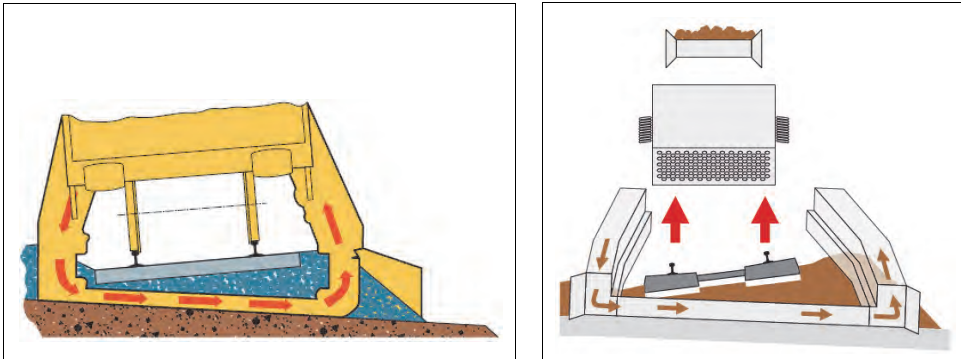
Rys. 6.4. Zespół wybierania i transportu zanieczyszczonej podsypki [68]



Rys. 6.5. Transport zanieczyszczonej podsypki na przesiewacz z wykorzystaniem przenośników taśmowych [67]

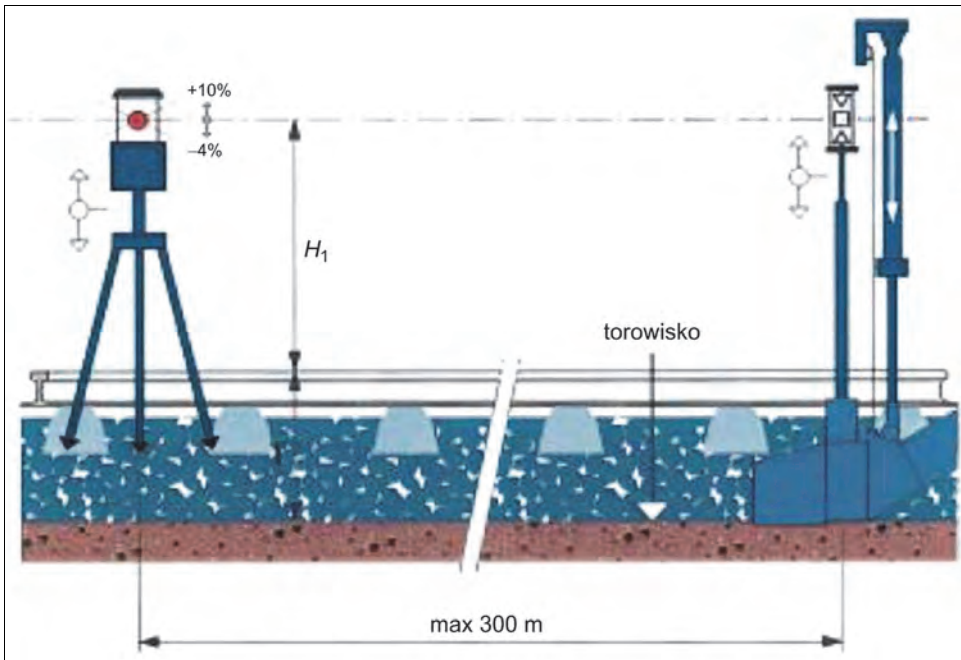
W nowoczesnych oczyszczarkach tłucznia zespół wybierania i transportu zanieczyszczonej podsypki musi spełniać następujące wymagania [41]:

- możliwość wybierania nawet bardzo zanieczyszczonej podsypki i profilowania torowiska w płaszczyźnie poprzecznej z pochyleniem do $4\div 5\%$ (rys. 6.6);



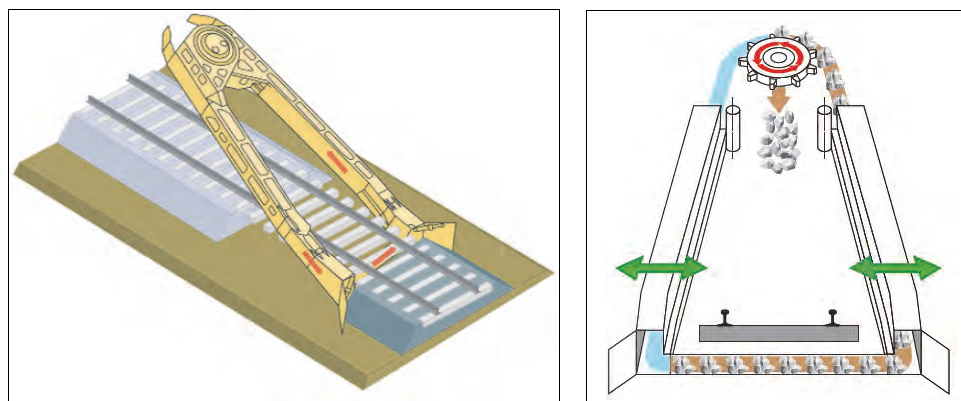
Rys. 6.6. Wybieranie zanieczyszczonego tłucznia i formowanie torowiska z odpowiednim pochyleniem poprzecznym na łuku z przechylką [41, 67]

- wyposażenie w elektroniczny system zagłębienia belki podtorowej w celu profilowania torowiska z odpowiednim pochyleniem w płaszczyźnie podłużnej (rys. 6.7);



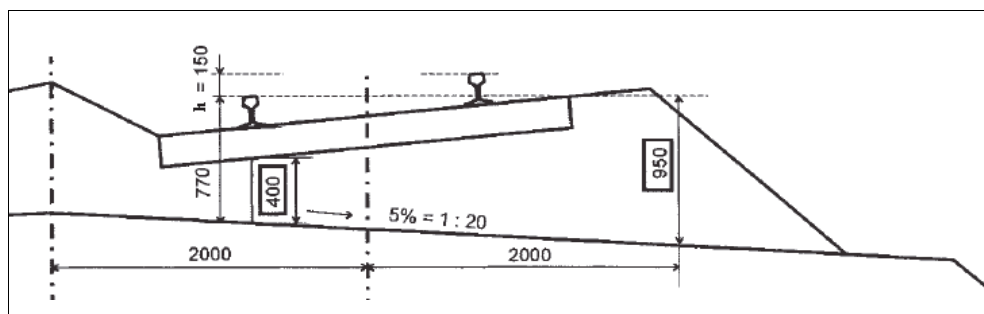
Rys. 6.7. Laserowy system prowadzenia belki podtorowej [41]

- belka podtorowa musi być wydłużana w celu oczyszczenia podsypki na całej szerokości przyny w torach na szlaku (rys. 6.8) oraz pod rozjazdami kolejowymi;



Rys. 6.8. Wybieranie podsypki na całej szerokości pryzmy [67, 87]

— możliwość wybierania podsypki na głębokość do jednego metra od powierzchni tocznej główki szyny toku wewnętrznej, co pozwala na wybranie podsypki w torze na łukach z maksymalną przechyłką (rys. 6.9).



Rys. 6.9. Głębokość wybierania podsypki na linii dwutorowej (szyny 60E1, podkłady strunobetonowe) [41]

Zadaniem zespołu podnosząco-nasuwanego jest uniesienie i utrzymanie rusztu torowego (szyn razem z podkładami) w czasie oczyszczania podsypki. Powinien on być usytuowany jak najbliżej belki podtorowej z łańcuchem wybierakowym. W oczyszczarkach firmy Matisa (rys. 6.10) znajduje się on nad belką podtorową, a w maszynach firmy Plasser & Theurer (rys. 6.11) jest umieszczony bezpośrednio za nią.

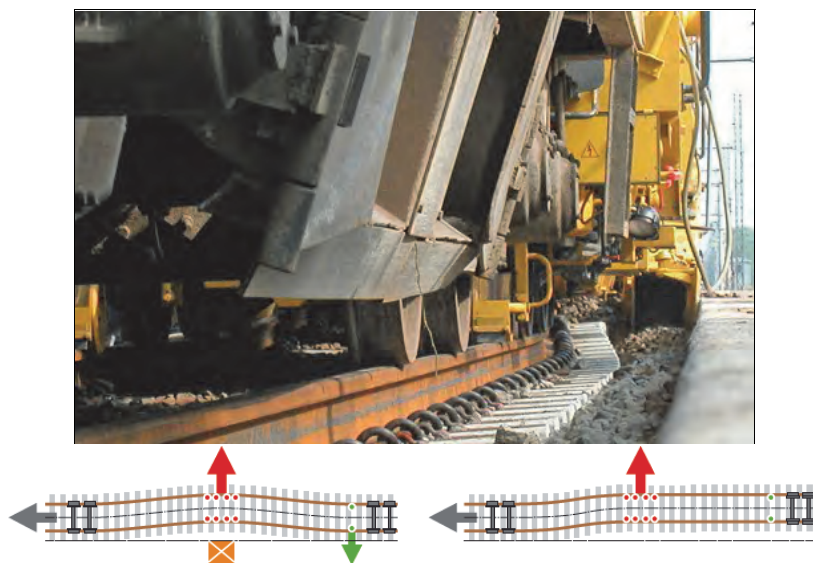


Rys. 6.10. Zespół podnosząco-nasuwający (1) w oczyszczarkach firmy Matisa [67]



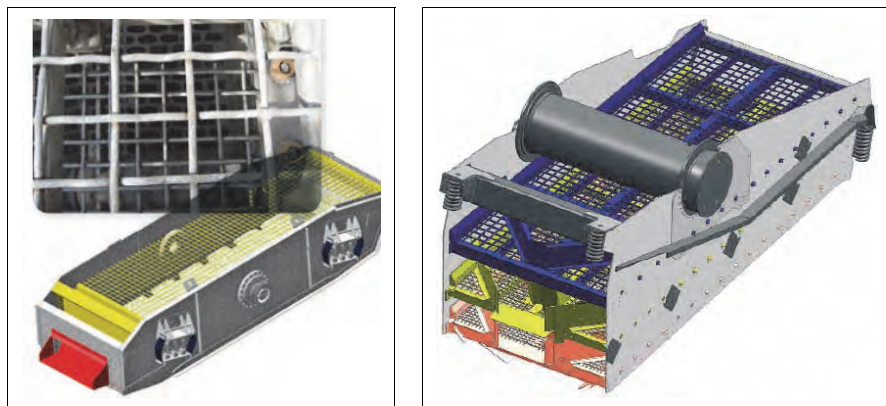
Rys. 6.11. Oczyszczarka tęcznia RM 80 firmy Plasser & Theurer [68]

Oczyszczarka tęcznia powinna również umożliwiać przesunięcie toru w płaszczyźnie poprzecznej i pracę w miejscach trudno dostępnych, np. w rejonie peronów. W miejscach takich zespół podnosząco-nasuwający pozwala na odsunięcie toru od krawędzi peronu podczas przejazdu maszyny (rys. 6.12).



Rys. 6.12. Przesunięcie toru podczas pracy oczyszczarki tłucznia [67]

Głównym zespołem roboczym oczyszczarki tłucznia jest przesiewacz wibracyjny, którego zadanie polega na oddzieleniu od zanieczyszczonej podsiarki podziarna i nadziarna. W tym celu przesiewacz powinien być wyposażony w trzy poziome sita o różnych wymiarach oczek (rys. 6.13): pierwsze oddziela nadziarno (#80 mm), drugie zatrzymuje część oczyszczonego tłucznia (#50 mm), trzecie zaś umożliwia oddzielenie zanieczyszczeń i grysu (#30 mm).



Rys. 6.13. Przesiewacz podsiarki tłuczniowej: z lewej – w oczyszczarkach firmy Matisa [67], z prawej – firmy Plasser & Theurer [86]

Nadziarno z pierwszego sita i odsiewki przesiane przez trzecie sito za pomocą przenośników taśmowych są transportowane na specjalne wagony, które znajdują się przed oczyszczarką tłucznia. Natomiast tłuczeń z drugiego i trzeciego sita za pomocą przenośnika taśmowego jest wsypywany w tor.

Konstrukcja zsypu oczyszczonej podsypki powinna umożliwiać jej równomierne rozłożenie na torowisku pod podkładami (rys. 6.14).



Rys. 6.14. Wsypanie oczyszczonej podsypki w tor [68]

Na rysunku 6.15 przedstawiono zespół zsypowy oczyszczonej podsypki w maszynach firmy Matisa. W oczyszczarkach tych tłuczeń za pomocą transportera jest wysypywany na specjalny pług, którego konstrukcja zabezpiecza toki szynowe przed uszkodzeniem i równomiernie rozprowadza podsypkę.



Rys. 6.15. Wsypanie oczyszczonej podsypki w tor przez oczyszczarkę firmy Matisa [67]

6.2. OCZYSZCZARKI TŁUCZNIA OT400 i OT800

Powszechnie stosowane od lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku oczyszczarki serii OT 400 (rys. 6.16, 6.17) nie spełniają podstawowych wymagań stawianych wysokowydajnym maszynom torowym. Łańcuch wybierakowy nie pozwala na kształtowanie torowiska z odpowiednim pochyleniem poprzecznym, a szerokość i głębokość wybieranej podsypki są zbyt małe.



Rys. 6.16. Oczyszczarka tuczni OT 400C (T. Ciemnoczułowski) [150]



Rys. 6.17. Oczyszczarka tuczni OT 400 CM (D. Krysztofiak) [148]

Przesiewacz tuczni umożliwia tylko częściowe oczyszczanie wybranej podsypki, szczególnie o dużym stopniu zanieczyszczenia. Wyposażony jest w dwa poziomy sit, gdzie pierwsze nie odsiewa nadziarna, drugie zaś – o oczkach #28 lub #20 mm – odsiewa tylko część podziarna.

Zsyp podsypki nie pozwala na równomierne jej rozłożenie na torowisku, a przenośniki taśmowe (z wyjątkiem oczyszczarki OT 400 C) transportują odsiewki za oczyszczarkę tuczni. Oczyszczarki te nie są również wyposażone w elektroniczny system kontrolno-pomiarowy położenia łańcucha wybierakowego ani w zespół podnosząco-nasuwający.

Wymienione wady oczyszczarek OT 400 częściowo usunięto poprzez opracowanie i wprowadzenie w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku specjalnej technologii oczyszczania podsypki tuczniowej [44]:

- w skład zespołu do oczyszczania podsypki wchodzi: maszyna główna OT 400, dwie profilarki ław torowiska PŁT 500 (rys. 6.18) i pociąg do transportu odsiewek PTO 200 (rys. 6.19);

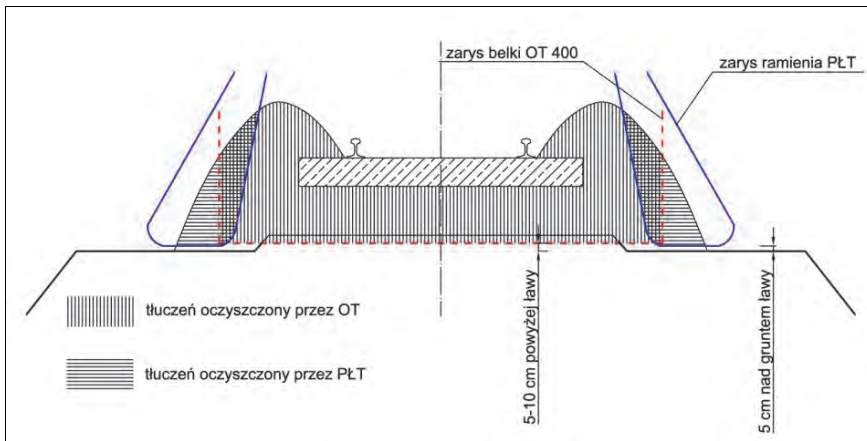


Rys. 6.18. Profilarka ław torowiska PŁT 500 (D. Krysztofiak) [148]



Rys. 6.19. Oczyszczarka OT 400 z pociągiem PTO 200 (D. Krysztofiak) [148]

- w przesiewaczu oczyszczarki dwa poziomy sit zastąpiono jednym, o minimalnym wymiarze #40 mm;
- za pomocą PŁT 500w pierwszej kolejności profiluje się ławy torowiska oraz oczyszcza znajdującą się na nich podsypkę;



Rys. 6.20. Schemat oczyszczania podsypki zespołem OT 400 i PŁT 500

- jeżeli szerokość warstwy podsypki tłuczniowej jest większa od długości belki podtorowej oczyszczarek, to podsypkę od czoł podkładów należy oczyścić profilarką PŁT 500 (rys. 6.20);
- podsypki ze ściętych ław torowiska nie wolno przemieszczać za pomocą zgarnierek tłucznia;

- przed rozpoczęciem pracy oczyszczarki należy wyregulować tor poprzez jego podniesienie do niwelety równoległej lub projektowanej;
- belka podtorowa nie może być zagłębiona poniżej ściętych ław torowiska;
- podsypkę oczyszcza się w dwóch lub trzech przejazdach roboczych maszyny;
- ostatnie oczyszczanie należy wykonać maszyną OT 400C.

Ze względu na małą wydajność oczyszczarek tłucznia OT 400 oraz dużą liczbę wad ich wykorzystanie należy obecnie ograniczyć do torów niższych klas technicznych, o małym zanieczyszczeniu podsypki.

Drugim typem oczyszczarek tłucznia stosowanym w Polsce jest OT 800 (rys. 6.21), która została już wyposażona w wysokowydajny łańcuch wybierakowy.



Rys. 6.21. Oczyszczarka tłucznia OT 800 (J. Zariczny)

Zespół podnosząco-nasuwający w oczyszczarce OT 800 został zamontowany za łańcuchem wybierakowym (rys. 6.22), jednak nie został wyposażony w elektroniczny system kontrolno-pomiarowy jego położenia. Przesiewacz wyposażono w trzy sита, jednak pierwsze (górne) nie odsiewa nadziarna, a trzecie (dolne) o wymiarze oczek #30 mm odsiewa tylko część podziarna.



Rys. 6.22. Zespół podnosząco-nasuwający – za belką podtorową (J. Zariczny)

Oczyszczarka OT 800 składa się z dwóch członów: roboczego i napędowego. Człon roboczy opiera się na dwóch pierwszych wózkach i jest wyposażony w pięć zespołów roboczych [100, 147]:

- łańcuch wybierakowy ze sztywną belką podtorową, który porusza się w korycie i umożliwia wybranie oraz transport podsypki tłuczniowej na przesiewacz (rys. 6.23);



Rys. 6.23. Oczyszczarka OT 800 – łańcuch wybierakowy (J. Zariczny)

- przesiewacz, którego zadaniem jest oczyszczenie podsypki (rys. 6.24);



Rys. 6.24. Oczyszczarka OT 800 (J. Zariczny):

1 – przesiewacz, 2 – boczne przenośniki taśmowe, 3 – pierwszy zgarniacz podsypki

- zsypanie podsypki, który przenosi oczyszczoną podsypkę z przesiewacza na torowisko oraz tylne i boczne przenośniki taśmowe;
- boczne przenośniki taśmowe, które transportują oczyszczoną podsypkę na torowisko za łańcuchem wybierakowym (rys. 6.24);
- pierwszy zgarniacz podsypki, którego zadania obejmują rozgarnięcie i profilowanie tłuczni (rys. 6.25).



Rys. 6.25. Pierwszy zgarniacz podsypki (J. Zariczny)

Część napędowa oczyszczarki OT800 opiera się na dwóch ostatnich wózkach i składa się z dwóch członów [100, 147]:

- zasobnik podsypki, w którym gromadzony jest nadmiar oczyszczonego tłucznia z możliwością jego transportu i wyladunku w miejsca, gdzie go brakuje (rys. 6.26);



Rys. 6.26. Człon napędowy (J. Zariczny):

- 1 – zasobnik podsypki tłuczniowej, 2 – drugi zgarniacz podsypki tłuczniowej

- drugi zgarniacz podsypki, który zgarnia i profiluje oczyszczoną podsypkę (rys. 6.27).



Rys. 6.27. Drugi zgarniacz podsypki (J. Zariczny)

6.3. Oczyszczarki firmy Matisa i Plasser & Theurer

Do oczyszczania podsypki tłuczniowej zarządcy infrastruktury kolejowej najczęściej wykorzystują maszyny torowe dwóch wiodących producentów: firmy Matisa i Plasser & Theurer.

Firma Matisa produkuje obecnie dwa typy oczyszczarek tłucznia C47 (rys. 6.28) i C75 (rys. 6.29).

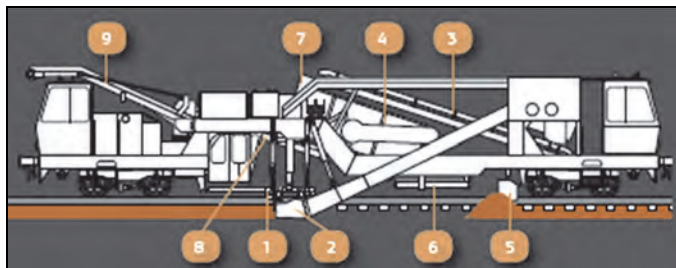


Rys. 6.28. Oczyszczarka tłucznia C47 [67]



Rys. 6.29. Oczyszczarka tłucznia C75 [67]

Oczyszczarka tłucznia C47 jest małą maszyną, przeznaczoną głównie do pracy w trudnych warunkach terenowych (duże pochylenia podłużne, ograniczona skrajnia) oraz na liniach wąskotorowych. Długość oczyszczarki wynosi zaledwie 19,2 m, a wydajność przesiewacza nie przekracza $120 \text{ m}^3/\text{h}$.

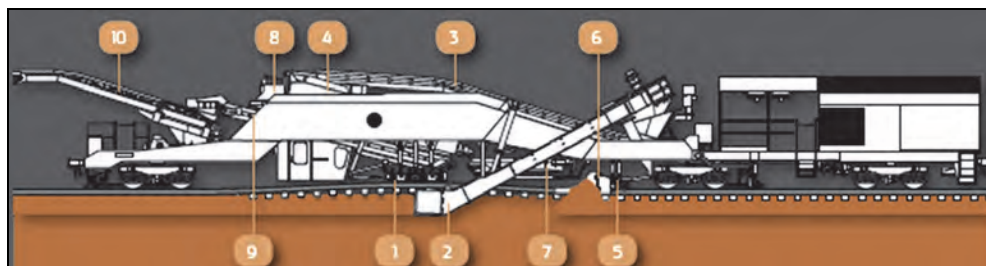


Rys. 6.30. Zespoły robocze oczyszczarki C47 [67]: 1 – zespół podnoszący, 2 – zespół wybierania podsypki, 3 – główny przenośnik taśmowy, 4 – przesiewacz, 5 – zgarniacz posypki, 6 – przenośnik oczyszczonej podsypki, 7 – zsyp odsiewek, 8 i 9 – przenośniki taśmowe odsiewek

Pod względem konstrukcyjnym maszyna składa się z jednego członu posadowionego na dwóch wózkach, który posiada własny napęd i jest wyposażony w dziewięć głównych zespołów roboczych (rys. 6.30).

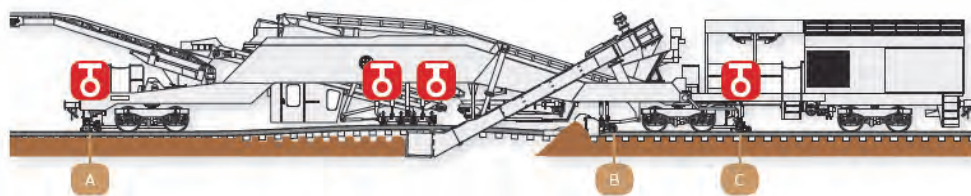
Oczyszczarka tucznia C75 firmy Matisa to wysokowydajna maszyna, wyposażona w system automatycznej pracy zespołów roboczych. Długość całkowita maszyny wynosi 34,6 m, a wydajność przesiewacza dochodzi do 800 m³/h, przy czym maksymalna wydajność łańcucha wybierakowego wynosi 1000 m³/h.

Konstrukcyjnie oczyszczarka składa się z dwóch jednostek – napędowej i roboczej – zamontowanych na trzech wózkach jezdnych. Jednostka robocza składa się z dziesięciu głównych zespołów roboczych (rys. 6.31), które mogą być przystosowane do indywidualnych wymagań zarządcy infrastruktury.



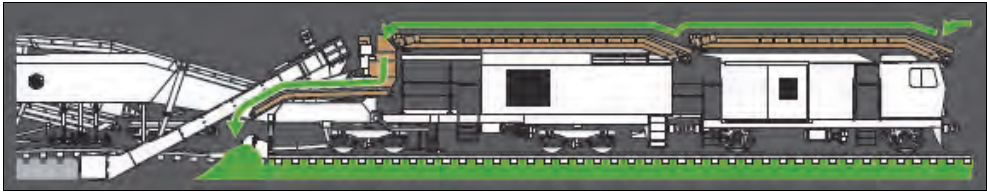
Rys. 6.31. Zespoły robocze oczyszczarki C75 [67]: 1 – zespół podnoszący, 2 – zespół wybierania podsypki, 3 – główny przenośnik taśmowy, 4 – przesiewacz, 5 – zespół kontroli położenia toru, 6 – zgarniacz posypki, 7 – przenośnik oczyszczonej podsypki, 8 – zsypanie odsiewek, 9 i 10 – przenośniki taśmowe odsiewek

Oczyszczarka tucznia C75 jest również wyposażona w system CATT stosowany w maszynach torowych firmy Matisa, który umożliwia automatyzację prowadzenia oczyszczarki i ogranicza obsługę do dwóch osób. System ten (rys. 6.32) składa się z trzypunktowego układu pomiarowego A, B i C oraz czterech wahadeł zainstalowanych na maszynie. Pozwala to precyzyjnie prowadzić maszynę, jak również poszczególne zespoły robocze w procesie oczyszczania podsypki.



Rys. 6.32. System CATT zainstalowany na oczyszczarce tucznia [67]

Oczyszczarka C75 może być również wyposażona w system dostarczania nowego tucznia z tyłu maszyny, poprzez przenośniki taśmowe zainstalowane nad zespołem napędowym i dodatkowym wagonem pomiarowym (rys. 6.33).



Rys. 6.33. System dostarczania nowego tłucznia [67]

Dodatkowo oczyszczarka może być wyposażona w:

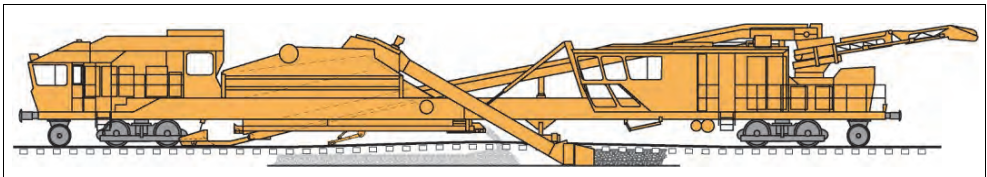
- system zraszania wodą;
- urządzenie do układania geowłókniny;
- urządzenie do pomiaru szerokości międzytorza;
- inne urządzenia i systemy pomiarowe.

Wydajność oczyszczarki tłucznia zależy głównie od wydajności łańcucha wybierakowego i przesiewacza oraz stanu zanieczyszczonej podsypki. Teoretycznie wydajność może być zwiększona poprzez obniżenie jakości oczyszczania. W tym przypadku jednak duża część mniejszych ziaren trafi do odsiewek i zmniejsza się ilość odzyskanego tłucznia. Najlepszym rozwiązaniem jest uzyskanie wysokiej wydajności maszyny i bardzo dobrej jakości oczyszczanego tłucznia.

Wydajność przesiewacza oczyszczarki tłucznia będzie zatem zależała od [48]:

- rozmiaru sit i wielkości ich oczek;
- liczby sit i kątów ich ustawienia;
- czasu, w którym podsypka znajduje się w przesiewaczu;
- częstotliwości i amplitudy drgań przesiewacza;
- ilości i jakości oczyszczanej podsypki (zanieczyszczenie, wilgotność itp.).

Ze względu na skrajnie maszyny pojedynczy przesiewacz ma ograniczoną wydajność, która wynosi około $500 \text{ m}^3/\text{h}$. Wydajność oczyszczanej podsypki tłuczniowej można zatem zwiększyć jedynie poprzez zabudowanie na oczyszczarce kolejnych przesiewaczy. Do około $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ ograniczona jest również wydajność dużego łańcucha wybierakowego. Jeżeli chcemy uzyskać większą wydajność wybierania podsypki, to należy zwiększyć liczbę łańcuchów wybierakowych.



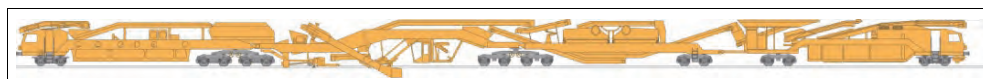
Rys. 6.34. Schemat oczyszczarki tłucznia RM80 [68]

Najbardziej rozpowszechnionymi maszynami na świecie są wysokowydajne oczyszczarki tłucznia firmy Plasser & Theurer typu RM80 (rys. 6.34) i RM90 (również w Polsce pracuje kilka maszyn RM80). Są one wyposażone w pojedynczy łańcuch wybierakowy i jeden przesiewacz, a ich wydajność wynosi $500 \text{ m}^3/\text{h}$ (RM80) i $500\div 700 \text{ m}^3/\text{h}$ (RM90) [68].



Rys. 6.35. Oczyszczarka tucznia RM80 [68]

Firma Plasser & Theurer jest producentem kilku modeli oczyszczarek tucznia, które są budowane i wyposażane indywidualnie na życzenie kupującego. Oprócz podstawowego typu oczyszczarki RM80 (rys. 6.35) dostarcza maszyny serii RM800 i RM900 (rys. 6.36), wyposażone w dwa przesiewacze i duży łańcuch wybierakowy, a ich wydajność wynosi $800 \div 1000 \text{ m}^3/\text{h}$.



Rys. 6.36. Schemat oczyszczarki RM900QR [68]

Oczyszczarki tucznia o największej wydajności to RM800 Super 3S (rys. 6.37), która jest wyposażona w trzy przesiewacze i jeden łańcuch wybierakowy, oraz RMW1500 (rys. 6.38), wyposażona w trzy przesiewacze tucznia i dwa łańcuchy wybierakowe o wydajności do $1500 \text{ m}^3/\text{h}$.



Rys. 6.37. Oczyszczarka tucznia RM800 Super 3S – widoczne trzy przesiewacze [68]



Rys. 6.38. Oczyszczarka RMW 1500 – widoczne dwa łańcuchy wybierakowe [68]

Firma Plasser & Theurer jest producentem oczyszczarki ZRM350 (rys. 6.39), która umożliwia pracę bez rusztu torowego, tj. maszyna przemieszcza się na gąsienicach, bezpośrednio po warstwie tłucznia i torowisku (rys. 6.40).



Rys. 6.39. Oczyszczarka tłucznia ZRM350 [68]



Rys. 6.40. Oczyszczarka ZRM350 – opuszczenie gąsienic [68]

Oczyszczarka ZRM350 jest pchana przez lokomotywę do miejsca pracy, a następnie maszyna jest podnoszona przez dwa zestawy gąsienic, po których dalej porusza się po warstwie podsypki. Łączuch wybiera podsypkę (rys. 6.41) i transportuje ją bezpośrednio na przesiewacz (rys. 6.42).

Oczyszczona podsypka tłuczniowa poprzez pierwszy zsyp (rys. 6.41) trafia na torowisko i za pomocą pługa jest równomiernie rozgarniana. Bezpośrednio za belką wybierakową może być układana warstwa separująca z geowłókniny (rys. 6.43).



Rys. 6.41. Widok łańcucha wybierakowego oczyszczarki ZRM350 [68]



Rys. 6.42. Widok przesiewacza tłuczni oczyszczarki ZRM350 [68]



Rys. 6.43. Układanie warstwy separującej z geowłókniny przez oczyszczarkę ZRM350 [68]

Zanieczyszczenia z przesiewacza transportowane są do przodu, gdzie znajdują się wagony MFS na podwoziu gąsienicowym (rys. 6.44). Z tyłu maszyny (wagonami MFS) może być transportowana do maszyny nowa podsypka, która jest wsypywana w tor drugim zsysem i równomiernie wyrównywana za pomocą przenośnika ślimakowego (rys. 6.45).



Rys. 6.44. Oczyszczarka ZRM350 z wagonami MFS [68]



Rys. 6.45. Zsyep tylny i przenośnik w oczyszczarce ZRM350 [68]

Oczyszczarki tuczni firmy Plasser & Theurer mogą być dodatkowo wyposażone w liczne systemy i zespoły dodatkowe, między innymi:

- system tłumienia pyłu – w miejscach pylenia podsypki instaluje się spryskiwacze wody (np. przy łańcuchu wybierakowym – rys. 6.46);



Rys. 6.46. System tłumienia pyłu zainstalowany na oczyszczarce RM900 HD100 [68]

— system dostarczania nowej podsypki (rys. 6.47);



Rys. 6.47. Przenośniki taśmowe nowej podsypki na oczyszczarce RM80 UHR-N [68]

— system płukania podsypki (rys. 6.48);



Rys. 6.48. System płukania podsypki na oczyszczarce RM96-800W [68]

— system dynamicznej stabilizacji podsypki (rys. 6.49);



Rys. 6.49. System stabilizacji podsypki na oczyszczarce RM900 HD100 [68]

— system elektronicznej kontroli głównych zespołów roboczych;
— inne systemy i zespoły robocze.

Oprócz tradycyjnych oczyszczarek tłucznia, gdzie łańcuch wybierakowy jest połączony z belką podtorową, firma Plasser & Theurer jest producentem maszyny URM700 (rys. 6.50). W tej oczyszczarce zespół wybierania tłucznia i zespół oczyszczania podsypki są oddzielnymi członami maszyny. Tłuczeń z toru lub rozjazdu jest wybierany za pomocą sztywnej belki (tzw. miecza) i przemieszczany do czoła podkładów. Następnie łańcuchem, który porusza się w korycie, wybiera się podsypkę i za pomocą przenośników taśmowych transportuje ją do przesiewacza. Pomiędzy członem wybierania podsypki i przesiewaczem znajduje się wagon MFS. W wagonie tym górą – przenośnikami taśmowymi – zanieczyszczona podsypka jest transportowana do przesiewacza, a dołem – przenośnikami w podłodze wagonu – oczyszczony tłuczeń (rys. 6.51).



Rys. 6.50. Oczyszczarka URM700 [68]

a)



b)



Rys. 6.51. Schemat transportu podsypki w oczyszczarce URM700 [7]:
kolor niebieski – zanieczyszczona, zielony – oczyszczona, czerwony – zanieczyszczenia

W rozjazdach kolejowych oczyszczarka URM700 może pracować w sposób ciągły, gdyż nie wymaga zatrzymania maszyny i wydłużania belki podtorowej. Ze względu na swoją konstrukcję może również wybierać tłuczeń w miejscach, gdzie dostęp jest utrudniony (np. perony) lub nie ma możliwości zabudowania tradycyjnej belki podtorowej z łańcuchem wybierakowym (rys. 6.52).



Rys. 6.52. Oczyszczarka URM700 na rozjeździe kolejowym [68]

Interesującą maszyną do wymiany tucznia jest VM250 JUMBO, która za pomocą dwóch rur zasysa z toru zanieczyszczony tłuczeń, który jest transportowany na wagony MFS. Dodatkowa rama przesuwa się podłużnie pod podkładami, nagarniając podsypkę w okienka (rys. 6.53).



Rys. 6.53. Maszyna VM250 JUMBO – system zasysania tucznia [68]



Rys. 6.54. Maszyna VM250 JUMBO – wyładunek tucznia [68]

Nowy tłuczeń jest transportowany do maszyny wagonami MFS i wbudowywany w tor za pomocą specjalnych zsyków podsypki (rys. 6.54)

6.4. Wagony do transportu odsiewek i tłucznia

Proces oczyszczania tłucznia wymaga odbierania z maszyny odsiewek i opcjonalnie dostarczania nowej podsypki. Odsiewki z przesiewacza są transportowane przenośnikami taśmowymi do przodu maszyny i dalej na specjalne wagony. Jeżeli oczyszczarka wyposażona jest w system dostarczania nowej podsypki, to tłuczeń jest transportowany z tyłu maszyny za pomocą specjalnych wagonów i systemu przenośników taśmowych.

Jednym ze starszych wagonów do transportu odsiewek jest samowyladowczy wagon do przewożenia materiałów sypkich, który został wyposażony w przenośnik taśmowy zabudowany nad wagonem (rys. 6.55).



Rys. 6.55. Wagon do transportu odsiewek

W Polsce skład wagonów samowyladowczych ciągniętych przez lokomotywę został nazwany Pociągiem do Transportu Odsiewek PTO200 (rys. 6.56).



Rys. 6.56. Pociąg do Transportu Odsiewek PTO200 (D. Krysztofiak) [148]

Odsiewki z oczyszczarki są transportowane przenośnikami taśmowymi na kolejne wagony, a rozładunek odbywa się z boku toru poprzez otwarcie burt i wychylenie pudła wagonu (rys. 6.57).

Zakład Pojazdów Szynowych w Stargardzie Szczecińskim (dawne ZNTK) produkuje transporter materiałów sypkich TMS-40. Wagon ten jest przeznaczony do przewozu i rozładunku na pobocze lub na inne środki transportu tłucznia, piasku, żwiru, przede wszystkim odsiewek odbieranych od oczyszczarki tłucznia [84] (rys. 6.58).



Rys. 6.57. Wyładunek odsiewek (D. Krysztofiak) [148]



Rys. 6.58. Transporter Materiałów Sypkich TMS-40 [84]

Wagon TMS-40 o ładowność 40 m^3 jest wyposażony w ruchomą podłogę i przenośnik taśmowy o zasięgu wyładunku do $6,5 \text{ m}$ od osi toru. Każdy z wagonów posiada własny napęd spalinowy i może być zestawiany w pociąg o dowolnej długości. Odsiewki z oczyszczarki są transportowane do pułda wagonu, a następnie przemieszczane ruchomą podłogą do jego końca. Dalej za pomocą przenośnika taśmowego zostają wyładowane na kolejny wagon (rys. 6.59).



Rys. 6.59. Transport odsiewek pomiędzy wagonami TMS-40 [84]

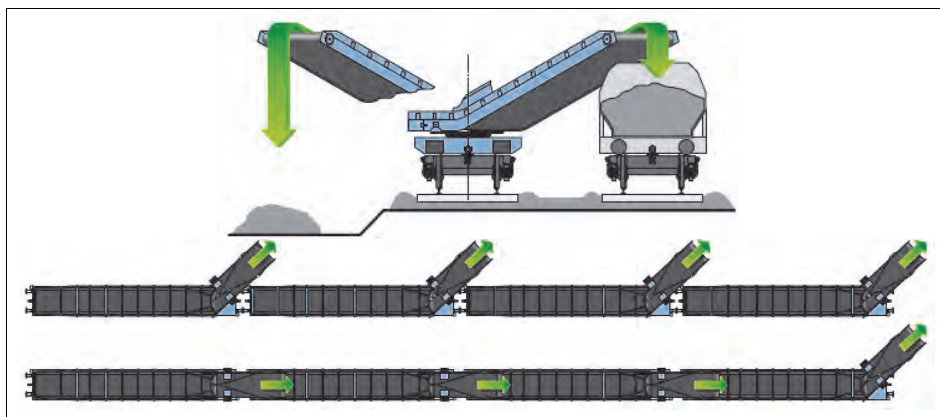
Obecnie do transportu odsiewek najczęściej wykorzystywane są wagony MFS firmy Plasser & Theurer i AVES firmy Matisa.

Wagony do transportu materiałów sypkich AVES (rys. 6.60) o pojemności 40 m^3 są produkowane w dwóch wersjach jezdnych: na wózkach kolejowych, które mogą posiadać własny napęd, oraz na gąsienicach [67].



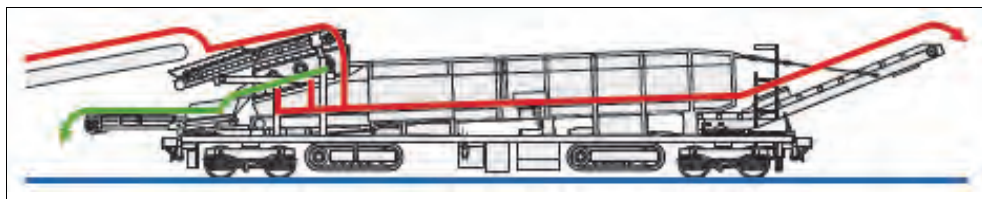
Rys. 6.60. Wagon do transportu tłucznia i odsiewek AVES [67]

Transport odsiewek w wagonie AVES odbywa się na ruchomej podłodze, a następnie za pomocą przenośnika taśmowego do następnego wagonu. Wyładunek materiału poprzez ruchome przenośniki może się odbywać z dowolnego wagonu na grunt lub inne środki transportu (rys. 6.61).



Rys. 6.61. Wyładunek odsiewek z wagonu AVES [67]

Dodatkowo na wagonie AVES może być zainstalowany przesiewacz o wydajności do $200 \text{ m}^3/\text{h}$ (rys. 6.62). Zanieczyszczona podsypka tłuczniowa jest wybierana koparką WRM205 (rys. 6.63) i za pomocą przenośnika taśmowego przemieszczana do przesiewacza zamocowanego na wagonie AVES. Odsiewki są transportowane do wagonu, a oczyszczoną podsypkę za pomocą przenośnika zsypuje się w tor lub na torowiska.



Rys. 6.62. Przesiewacz zainstalowany na wagonie AVES [67]

Technologia ta jest stosowana zazwyczaj, gdy wcześniej rozebrano ruszt torowy (wyjęte zostały szyny i podkłady) i istnieje potrzeba pozostawienia oczyszczonej podsypki na torowisku bez konieczności naprawy podtorza. Wówczas wagony AVES i koparka WRM205 poruszają się po podsypce na podwoziu gąsienicowym. Do wybierania podsypki mogą być wykorzystane również maszyny ogólnobudowlane (np. koparki, ładowarki).



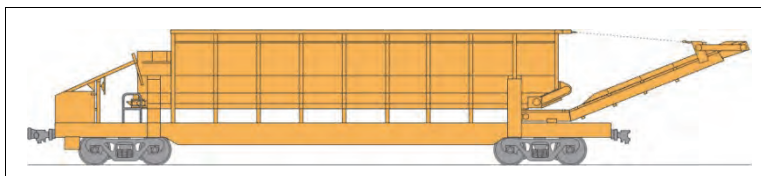
Rys. 6.63. Maszyna do kopania podsypki WRM205 [67]

Do kopania podsypki i jej transportu mogą być wykorzystane specjalne maszyny na podwoziu gąsienicowym, połączone z kołem czerpakowym, zsypem i przenośnikami taśmowymi (rys. 6.64). Podsypka tłuczniowa jest wybierana za pomocą koła czerpakowego i transportowana do przesiewacza. Odsiewki są przemieszczane na wagony AVES, a tłuczeń – przenośnikiem taśmowym – do zsypu.



Rys. 6.64. Maszyna do wybierania podsypki [67]

Obecnie najczęściej wykorzystywane są wagony MFS firmy Plasser & Theurer (rys. 6.65), które składają się ze specjalnego wagonu z ruchomą podłogą i przenośnika taśmowego. Odsiewki są wsypywane z przenośnika oczyszczarki na wagon, a następnie transportowane ruchomą podłogą do końca wagonu i za pomocą przenośnika wsypywane do kolejnego wagonu. W pierwszej kolejności zapełniony zostaje wagon znajdujący się najdalej od oczyszczarki tłucznia. Wagony MFS są również wykorzystywane do transportu nowego tłucznia. Wówczas rozładunek rozpoczyna się od wagonu znajdującego się bezpośrednio za oczyszczarką.



Rys. 6.65. Schemat wagonu MFS40 [68]

Obecnie produkowane są trzy typy wagonów: MFS40, MFS100 (rys. 6.66) i MFS250 (rys. 6.67) o pojemności, odpowiednio, 40, 68 i 100 m³ [109].



Rys. 6.66. Wagony MFS100 [68]



Rys. 6.67. Wagony MFS250 [68]

Wagon MFS40 produkowany jest w odmianie MFS40-4ZW, która może poruszać się na podwoziu gąsienicowym bezpośrednio po podsypce lub torowisku (rys. 6.68).



Rys. 6.68. Wagon MFS40-4ZW na podwoziu gąsienicowym [68]

Pełne wagony MFS transportuje się na plac składowania odsiewek, gdzie następuje ich rozładunek obok toru za pomocą przenośników taśmowych znajdujących się na wagonach lub na dalszą odległość z wykorzystaniem platformy rozładunkowej ULS3000 (rys. 6.69). Odsiewki mogą być również przeladowywane na inne środki transportu, np. samochody, wagony samowyladowcze itp.



Rys. 6.69. Platforma rozładunkowa ULS3000 [68]



Rys. 6.70. Platforma do załadunku materiałów sypkich BLS2000 [68]

Nowa podsypka z placu składowania jest załadowywana za pomocą maszyn ogólnobudowlanych (ładowarki, koparki) bezpośrednio na wagony MFS lub pośrednio, z wykorzystaniem platformy do załadunku materiałów sypkich BLS2000 (rys. 6.70).



Rys. 6.71. Platforma załadunkowa z nadwoziem koparki [68]

Jeżeli ruszt torowy został zdemontowany, to załadunek podsypki tłuczniowej może się odbywać na specjalny wagon MFS40-4ZW z dodatkową platformą ładowniczą, na której zamontowano nadwozie koparki (rys. 6.71). Następnie podsypka jest transportowana do wagonu MFS40-4ZW, który po napełnieniu przemieszcza się na gąsienicach w kierunku wagonów MFS stojących na torze. Tłuczeń z pełnego wagonu MFS40-4ZW jest transportowany przenośnikiem taśmowym na zwykłe wagony MFS40 lub MFS100 (rys. 6.72).



Rys. 6.72. Załadunek wagonu MFS40 z MFS40-4ZW [68]

W Polsce uzupełnianie podsypki tłuczniowej odbywa się za pomocą specjalnych wagonów samowyładowczych przeznaczonych do przewozu i samoczynnego wyładunku materiałów sypkich. Pudło wagonu w dolnej części jest zakończone zsytem z wewnętrznymi i zewnętrznymi klapami wyładowczymi. Podsypka jest wysypywana w tor pomiędzy tokami szynowymi i/lub na zewnątrz toków za pomocą klap wyładowczych, a jej ilość jest regulowana dozatorem (rys. 6.73).



Rys. 6.73. Wagon samowyładowczy do przewozu podsypki (J. Zariczny)

6.5. Profilarki i oczyszczarki ław torowiska

W wyniku długotrwałej eksploatacji drogi kolejowej ławy torowiska zarastają roślinnością, a obsuwający się tłuczeń zmniejsza ich szerokość. Często też brak jest odpowiedniego pochylenia w kierunku rowów lub skarp nasypów. Zanieczyszczenie i zły stan ław torowiska oraz podsypki od czół podkładów mogą prowadzić do zmniejszenia przepuszczalności wody opadowej, co w konsekwencji skutkuje zmniejszeniem wytrzymałości podtorza (szczególnie gruntów spoistych). W takich przypadkach należy obniżyć (ściąć) i wyprofilować ławę torowiska oraz oczyścić tłuczeń od czoła podkładów.

Do obniżania ław torowiska i oczyszczania podsypki od czół podkładów w Polsce wykorzystuje się profilarkę ław torowiska PLT500 (rys. 6.74).



Rys. 6.74. Profilarka ław torowisk PLT500 (D. Kryzstofiak) [148]

PLT500 jest samojezdną maszyną, która umożliwi obniżenie ławy torowiska na głębokość do 1 m poniżej główki szyny i szerokość do 1,5 m, a jej maksymalny zasięg pracy wynosi 2,9 m od osi toru.

Materiał z ławy torowiska (grunt i zanieczyszczony tłuczeń) jest wybierany za pomocą łańcucha wybierakowego poruszającego się w korycie, a następnie przemieszczany przenośnikiem taśmowym do przesiewacza. Oczyszczona podsypka poprzez zsypanie trafia w tor, a zanieczyszczenia są transportowane na wagony samowyładowcze.



Rys. 6.75. Profilarka ław torowiska PŁT500 (D. Krysztofiak) [148]

Dość często zdarza się, że odsiewki są wysypywane na skarpy nasypu lub przekopu (rys. 6.75). Jest to dopuszczalne wyjątkowo i wyłącznie wówczas, gdy materiał ten będzie przeznaczony do wzmocnienia budowli ziemnej lub poszerzenia torowiska.

Oczyszczanie tuczni od czół podkładów może być również wykonane za pomocą specjalnych oczyszczarek, które są wyposażone w koło czerpakowe służące do wybierania podsypki (rys. 6.76). Następnie zanieczyszczony tłuczeń jest transportowany przenośnikami do przesiewacza, a po przesianiu trafia poprzez zsyp w tor.



Rys. 6.76. Oczyszczarka tuczni od czół podkładów SBC18 [66]

Firma LORAM jest producentem dwóch typów takich oczyszczarek: SBC18 (rys. 6.76) i SBC23 (rys. 6.77). Maszyny te różnią się od klasycznej oczyszczarki pod względem metody i miejscem wybierania tuczni z toru, natomiast ich pozostałe zespoły i systemy są bardzo podobne.



Rys. 6.77. Oczyszczarka tuczni od czół podkładów SBC23 [66]

Firma Plasser & Theurer jest producentem dwóch maszyn, które oczyszczają podsypkę tłuczniową od czół podkładów: FRM85 (rys. 6.78) i FRM802 (rys. 6.79). Ich budowa jest podobna do oczyszczarek serii URM, lecz nie posiadają belki, która wybiera tłuczeń spod podkładów.



Rys. 6.78. Oczyszczarka tłucznia od czół podkładów FRM85 [68]



Rys. 6.79. Oczyszczarka tłucznia od czół podkładów FRM802 [68]



Rys. 6.80. Łańcuch wybierakowy i zsypanie podsypki oczyszczarki FRM802 [68]

Maszyny serii FRM wybierają zanieczyszczoną podsypkę tłuczniową wyłącznie od czół podkładów za pomocą specjalnego łańcucha wybierakowego. Po oczyszczeniu tłuczeń za pomocą przenośnika taśmowego jest wysypywany w tor (rys. 6.80).

6.5. Zgarniarki i profilarki tęcznia

Zgarniarki i profilarki tęcznia są najczęściej samojezdnymi maszynami przeznaczonymi do przemieszczania podsypki tęczniowej z miejsca, gdzie występuje jej nadmiar, do miejsca, gdzie jej brakuje. Umożliwiają nagarnianie, zbieranie, przechowywanie, równomierne rozprowadzanie, kształtowanie i profilowanie przyzmy tęcznia.

Podstawowymi zespołami roboczymi maszyn są:

- pługi robocze (centralne, czołowe, boczne);
- urządzenia zbierające z obrotową szczotk;
- przenośniki taśmowe;
- zasobnik tęcznia;
- zsypy podsypki.

W Polsce najczęściej użytkuje się maszyny produkowane przez Zakłd Pojazdów Szynowych w Stargardzie Szczecińskim; są to dwa typy zgarniarek tęcznia: ZT-250 BM i ZTU-300.

Zgarniarka tęcznia ZT-250 BM (rys. 6.81) jest samojezdną maszyn przeznaczoną do nagarniania podsypki tęczniowej od strony ławy torowiska do osi toru oraz zbierania nadmiaru podsypki z podkłdów i przemieszczania jej na zewnątrz toru. Umożliwia równomierne rozprowadzanie, kształtowanie i profilowanie przyzmy tęcznia z prędkośc do 15 km/h. Do zespołów roboczych maszyny należą: pługi czołowe, pługi boczne oraz urządzenie zbierające z obrotową szczotk i dwoma poprzecznymi przenośnikami [84].



Rys. 6.81. Zgarniarka tęcznia ZT-250 BM [84]

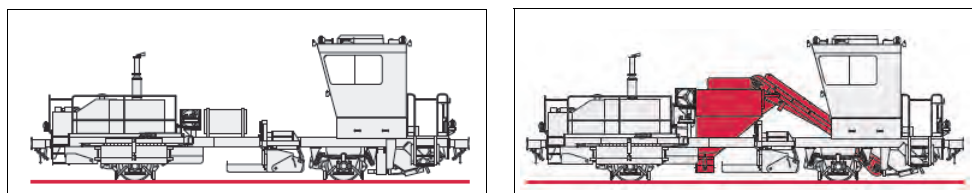
Zgarniarka ZTU-300 (rys. 6.82) jest samojezdną maszyn przeznaczoną do kształtowania przyzmy podsypki, wygarniania tęcznia z podkłdów na zewnątrz toru lub zasobnika, przemieszczania tęcznia z jednej strony na drugą, z prędkośc roboczą 1÷10 km/h. Jest również wykorzystywana jako maszyna pomocnicza przy zmechanizowanym utrzymaniu toru za pomocą zespołu DPUS [24].

Głównymi zespołami roboczymi zgarniarki są: pług centralny, pługi boczne, urządzenie zbierające z obrotową szczotk, dwa poprzeczne przenośniki, przenośnik stromonośny oraz zasobnik tęcznia [84].

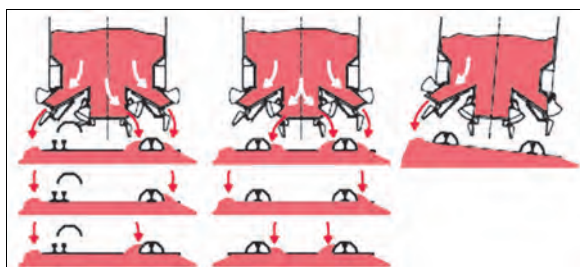


Rys. 6.82. Zgarniarka tucznia ZTU300 [84]

Profilarki tucznia R20, R21 i R24 firmy Matisa są mniej popularne w Europie i bardzo rzadko wykorzystywane przez zarządców infrastruktury kolejowej oraz wykonawców robót. Najmniejsza z maszyn R20 jest przeznaczona głównie dla linii wąskotorowych lub o mniejszym obciążeniu. Profilarka ta może być wyposażona w zasobnik tucznia o pojemności 5 m^3 (rys. 6.83), który umożliwia przechowywanie nadmiaru podsypki i jej wyładunek w dowolne miejsce toru lub rozjazdu (rys. 6.84). Prosta konstrukcja maszyny oraz możliwość wyposażenia profilarki w system załadunku na przyczepę sprawiają, że może ona być swobodnie dowożona w dowolne miejsce robót.



Rys. 6.83. Profilarka R20 [67]: z lewej bez zasobnika; z prawej z zasobnikiem



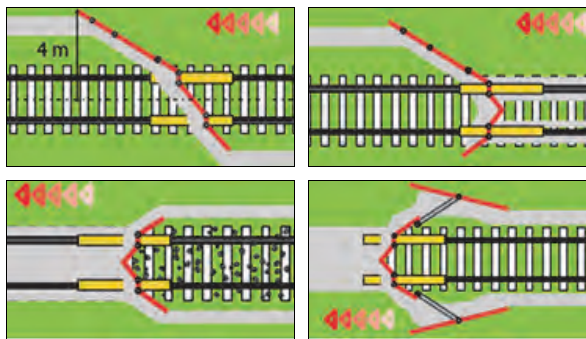
Rys. 6.84. Dystrybucja tucznia z zasobnika profilarki R20 [67]

Profilarka tucznia R21 (rys. 6.85) ma większą wydajność i jest przystosowana do pracy na rozjazdach kolejowych. Może być wyposażona w zasobnik tucznia o pojemności 5 m^3 i zsypanie, który umożliwia wyładunek podsypki (rys. 6.84).

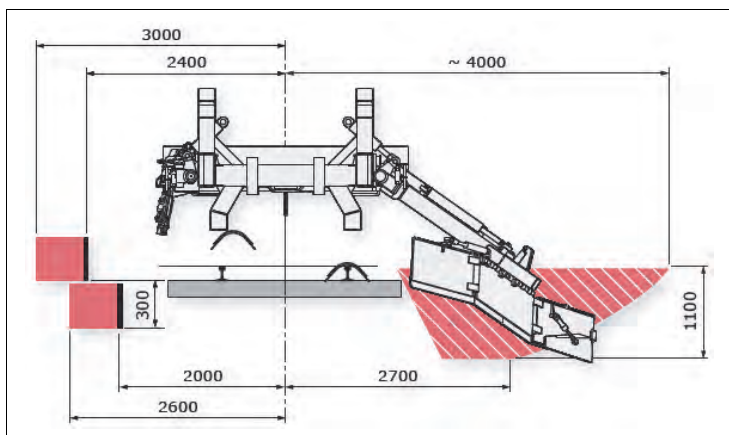


Rys. 6.85. Profilarka tucznia R21 [67]

Profilarki R21 i R24 pozwalają na zgarnianie i przemieszczanie tucznia z jednej strony toru na drugą oraz ze środka toru na zewnątrz i odwrotnie (rys. 6.86). Pług boczny może wybierać i profilować podsypkę na maksymalną głębokość do 1,1 m poniżej powierzchni tocznej główki szyny i do 4,0 m od osi toru (rys. 6.87).



Rys. 6.86. Sposoby transportu tucznia za pomocą profilarki [67]

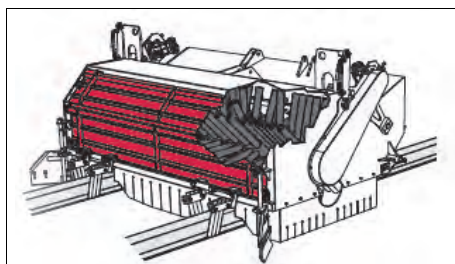


Rys. 6.87. Zakres pracy profilarki tucznia [67]

Profilarka R24 (rys. 6.88) jest wyposażona w zasobnik tłucznia o pojemności 10 lub 13 m³ wraz ze zsypem, system czyszczący (rys. 6.89) oraz inne zespoły.

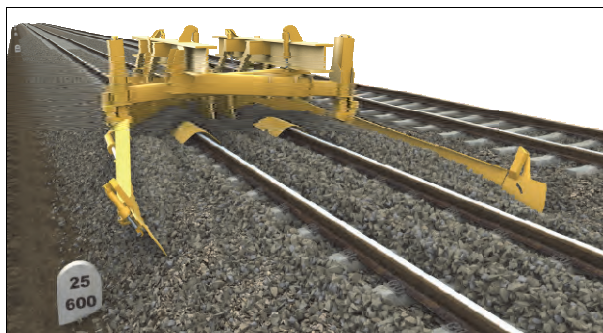


Rys. 6.88. Profilarka tłucznia R24 [67]



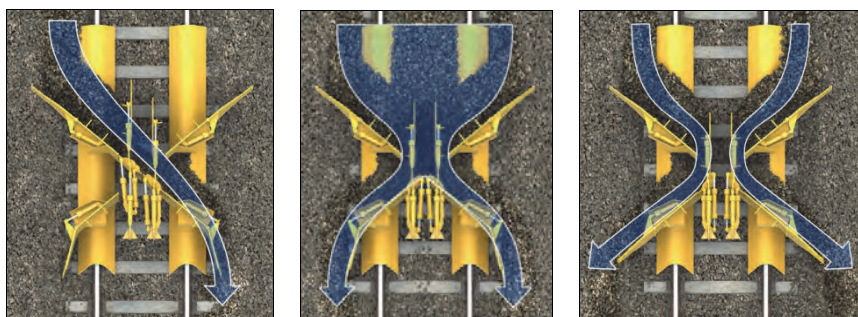
Rys. 6.89. Zespół szczotek czyszczących [67]

W robotach torowych bardzo często stosowane są profilarki tłucznia firmy Plasser & Theurer, wyposażone w pługi boczne i centralne, zamiatarkę tłucznia, zasobnik podsypki ze zsypem oraz przenośniki poprzeczne, podłużne i stromonośne.



Rys. 6.90. Pługi boczne profilarki tłucznia [68]

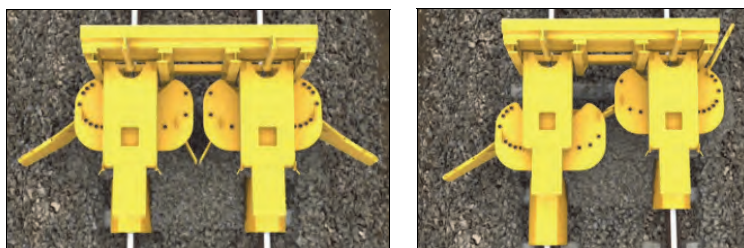
Zadanie zespołu pługów bocznych (rys. 6.90) polega na zgarnięciu nadmiaru tłucznia pomiędzy tory szynowe i oprofilowaniu podsypki od czoł podkładów. Następnie zespół pługów centralnych (rys. 6.91) rozprowadza tłuczeń w poprzek toru. W zależności od położenia lemieszki podsypka może być przegarniana z jednej strony na drugą, ze środka na zewnątrz i odwrotnie.



Rys. 6.91. Zespół pługów centralnych profilarki SSP110 SW [68]

Zamiatarka czyści i zbiera podsypkę z powierzchni podkładów, której nadmiar jest wyładowywany na zewnątrz toru lub poprzez przenośnik stronomośny transportowany do zasobnika. Przechowywany tłuczeń wysypuje się za pomocą dozatorów w miejscu, gdzie go brak.

W zależności od typu profilarki podstawowe zespoły robocze mogą mieć inną budowę, np. zespół pługów centralnych w profilarce PBR500 (rys. 6.92).



Rys. 6.92. Zespół pługów centralnych w profilarce PBR500 [68]

Najczęściej stosowane profilarki podsypki to maszyny serii SSP, które w wielu krajach są maszynami pomocniczymi pociągu zmechanizowanego utrzymania nawierzchni MDZ (*Mechanised Maintenance Train*); główną maszyną spośród nich jest podbijarka torowa serii 09-32 [109, 110].



Rys. 6.93. Profilarka tłucznia SSP 203-2K Belgia [68]

Profilarka SSP203 (rys. 6.93) może pracować w torach szlakowych i stacyjnych, a wyposażona jest w zespół pługów bocznych i czołowych oraz zamiatarkę. Nie posiada zasobnika tłucznia, którego nadmiar jest przenoszony przenośnikiem poprzecznym na zewnątrz toru.

Wysokowydajna profilarka podsypki SSP110 SW (rys. 6.94) może pracować w torze i rozjazdach. Jest wyposażona we wszystkie zespoły robocze i zasobnik tłucznia o pojemności 4,5 m³.



Rys. 6.94. Profilarka tłucznia SSP110 SW [68]



Rys. 6.95. Profilarka tłucznia PBR400 [68]

Firma Plasser & Theurer jest producentem jeszcze kilku innych profilarek podsypki, między innymi PBR400 (rys. 6.95) i PBR500V, które nie posiadają zasobnika na podsypkę, oraz wysokowydajnych profilarek USP403 ZW (rys. 6.96) o pojemności zasobnika 5 m³ i USP2010 SWS o pojemności zasobnika 10 m³.

System rozprowadzania podsypki w torze BDS (*Ballast Distribution System*) pozwala na optymalne wykorzystanie istniejącego materiału i dostarczenie tłucznia w miejsca, gdzie go brakuje. Maszyna BDS2000 (rys. 6.97) została wyprodukowana dla Rhomberg Sersa Rail Group w Austrii i składa się z dwóch jednostek: wysokowydajnej profilarki z zasobnikiem o pojemności 15 m³ oraz zespołu zbierającego nadmiar podsypki z dwoma zamiatarkami. Dodatkowo maszyna może być wyposażona w wagon MFS, co zwiększa pojemność składowanego tłucznia.

Maszyna BDS4000-4 jest przystosowana do pracy z podbijarkami w systemie ciągłym, w przypadku której ilość dostarczanego tłucznia zależy od wielkości podnoszenia toru.



Rys. 6.96. Profilarka tłucznia USP 403 SW Niemcy [68]



Rys. 6.97. System dystrybucji podsypki BDS2000 [68]

SPAWANIE I ZGRZEWANIE SZYN

Łączenie szyn kolejowych metodami spawalniczymi stwarza wiele trudności technicznych i z tego względu liczba metod spajania możliwych do seryjnego zastosowania jest znacznie ograniczona. Trudności techniczne i technologiczne spajania szyn metodami spawalniczymi są uwarunkowane głównie następującymi parametrami [143]:

- skład chemiczny stali szynowej;
- wielkość przekroju poprzecznego i profilu;
- wysokie wymagania dla połączeń szyn;
- wymagania dużej powtarzalności parametrów spajania.

Łączenie szyn kolejowych ogranicza się do trzech metod [91, 121]:

- elektrycznego zgrzewania doczołowego iskrowego;
- spawania termitowego;
- spawania łukiem elektrycznym.

Również warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie [107], uwzględniają trzy metody spajania: „szyny łączone są ze sobą trwale za pomocą zgrzewania elektrooporowego, spawania termitowego lub łukowego”.

W praktyce metoda spawania łukiem elektrycznym jest wykorzystywana sporadycznie, najczęściej w celu wykonania złącza tymczasowego lub w miejscach trudno dostępnych [143].

Według polskich standardów technicznych [119] „łączenie szyn w torze należy wykonać metodą zgrzewania zgrzewarkami torowymi zgodnie z warunkami technicznymi Id-1 [135] oraz normą PN-EN 14587-2 [97]”. Jednak „dopuszcza się stosowanie spawania termitowego szyn w miejscach niedostępnych dla elektrod zgrzewarek”, zgodnie z instrukcją Id-5 [34].

Takie podejście zarządcy krajowego do stosowania preferowanej metody spajania szyn kolejowych w torach wynika z faktu, że w przeszłości bardzo często dochodziło do pęknięć w spoinach termitowych. Połączenia te jednak były wykonane 20÷30 lat temu i stosowane wówczas materiały, sprzęt i technologia mogły prowadzić do błędów w tym zakresie.

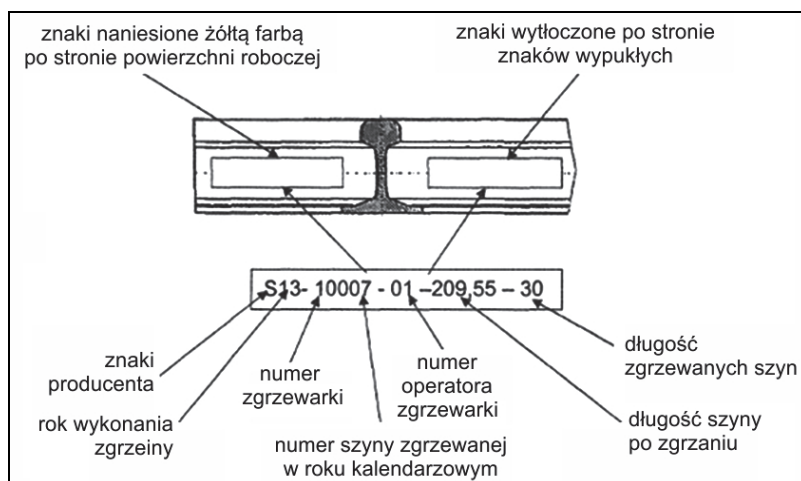
Stosowane obecnie metody spawania termitowego z krótkim czasem podgrzania spełniają wszystkie wymagania i nie odbiegają jakościowo od połączeń wykonanych przy użyciu zgrzewania elektrooporowego. Są one powszechnie stosowane na całym świecie, nawet na kolejach dużych prędkości. W Niemczech metody z krótkim czasem podgrzania (SkV i SkV Elite) mogą być stosowane na liniach kolejowych do prędkości $V < 230$ km/h, a ograniczenie to ma charakter raczej ekonomiczny [128].

Tor bezстыkowy jest budowany z szyn długich, które są zgrzewane w zgrzewalniach stacjonarnych. Na budowę specjalnymi wagonami są przywożone szyny nowe, najczęściej o długości około 210 m, które zostały połączone w zgrzewalniach stacjonarnych zgodnie z normą PN-EN 14587-1 [98] i warunkami technicznymi [138]. Do budowy toru bezсты-

kowego mogą być również wykorzystane szyny staroużyteczne, które są regenerowane i zgrzewane zgodnie z warunkami technicznymi [137].

Szyny spajane w zgrzewalnicach stacjonarnych są znakowane zgodnie z warunkami technicznymi [138], tj. na powierzchni szyjki w odległości około 1,5 m z każdego końca zgrzanej szyny nanosi się żółtą farbą lub wytłacza następujące informacje (rys. 7.1):

- miejsce zgrzewania szyn: S – Skarżysko-Kamienna, K – Kędzierzyn-Koźle, B – Bydgoszcz, C – Chorzów;
- dwie ostatnie cyfry roku, w którym szyny zostały zgrzane;
- pięć kolejnych cyfr: pierwsza – numer zgrzewarki (1 lub 2); cztery ostatnie – numer szyny zgrzanej w danym roku kalendarzowym;
- numer operatora zgrzewarki;
- długość zgrzanej szyny – po uwzględnieniu skrócenia w procesie spajania i odcinków szyny wyciętych do badania lub wadliwych;
- długość szyn zgrzewanych.



Rys. 7.1. Oznaczenie szyn zgrzanych stacjonarnie [138]

Oznaczenie na rys. 7.1 informuje, że szyna została zgrzana w Skarżysku-Kamiennej w 2013 r. Była to siódma szyna spajana na zgrzewarce nr 1 przez operatora nr 1 z szyn o długości 30 m o łącznej długości 209,55 m.

7.1. Zgrzewanie szyn

Zgrzewanie doczołowe oporowe iskrowe szyn jest procesem, w którym trwałe połączenie uzyskuje się przez nagrzanie oporowe obszaru styku zgrzewanych szyn poprzez wyiskrzanie ciekłego metalu z obszaru styku w wyniku przepływu prądu, a następnie wywarcie docisku spęczania [28].

W praktyce kolejowej nazwa tej metody spajania jest w różny sposób odmieniana lub bardzo często skracana do pierwszego słowa i określana jako zgrzewanie.

Zgrzewane szyny zostają zamocowane w szczękach i dociśnięte do siebie powierzchniami czołowymi. Przepływający prąd powoduje stopienie metalu obszarów stykowych,

utworzenie ciekłych mostków prądowych, a następnie ich gwałtowne rozerwanie i usunięcie zanieczyszczeń. Gdy nagrzewanie w procesie wyiskrzania sprawi, że na powierzchniach stykowych zostanie utworzona warstwa ciekłego metalu, a przyległe obszary nagrzane zostaną na odpowiedniej głębokości do stanu plastycznego, rozpoczyna się proces spęczania ze znacznie zwiększonym dociskiem i większą prędkością przesuwu szczęk zgrzewarki. Prowadzi to do wyciśnięcia ciekłego metalu wraz z ewentualnymi zanieczyszczeniami na zewnątrz zgrzeiny do wypłytki. W przypadku zgrzewania stali wymagającej obróbki cieplnej po zgrzewaniu przez wykonane złącze przepuszcza się jeden lub kilka impulsów prądu. Zabieg ten zapewnia – poprzez nagrzanie oporowe – regulację tempa chłodzenia złącza lub odpowiednich zabiegów obróbki cieplnej [40].

Zgrzewanie szyn w torze wykonuje się z użyciem mobilnych maszyn, które poruszają się wyłącznie po szynach, lub pojazdów dwudrogowych. Proces spajania powinien być prowadzony urządzeniami automatycznymi z programowanym ciągiem technologicznym, zgodnie z normą PN-EN 14587-2 [99].

Zgrzewarka powinna wyświetlać i umożliwiać zapisanie informacji dotyczących programu spajania i identyfikacji złącza szynowego oraz szczegółów ustawień, takich jak: natężenie prądu, siła lub nacisk spęczniania, przemieszczenie (skrócenie) szyny i czas zgrzewania [122].

Proces zgrzewania obejmuje poszczególne fazy, zwane także krokami [28]:

- przygotowanie szyn do zgrzewania (odpowiednie zbliżenie do siebie płaszczyzn czołowych szyn);
- wyiskrzanie wstępne mające na celu wyrównanie powierzchni czołowych;
- nagrzewanie wstępne;
- wyiskrzanie właściwe;
- wyiskrzanie z rosnącą prędkością;
- spęczanie pod prądem charakteryzujące się wysoką prędkością skrócenia;
- spęczanie;
- obcięcie wypłytki;
- obróbka cieplna.

Program zgrzewania nie musi zawierać wszystkich faz, a zgrzewanie szyn może przebiegać przy różnych parametrach natężenia prądu, czasu i siły docisku spęczniania.

Obróbka złącz wykonywana przez zgrzewarkę powinna spełniać następujące wymagania [122]:

- nadmiar wypłytki powinien być automatycznie przycięty (rys. 7.2);
- zgrzeina powinna być ścisana podczas usuwania nadmiaru wypłytki, a zwolnienie nacisku musi się odbywać jednostronnie;
- obcinanie wypłytki nie może powodować mechanicznych ani termicznych uszkodzeń na powierzchni szyny;
- powierzchnia cięcia powinna być wolna od wad;
- wykańczanie zgrzeiny po wycięciu wypłytki nie może spowodować uszkodzeń szyny i zmiany jej profilu;
- maksymalna grubość wypłytki po jej obcięciu (rys. 7.2) nie powinna przekraczać 2–3 mm, w zależności od miejsca na przekroju poprzecznym.

Końcowa obróbka złącza poprzez szlifowanie powinna się odbywać w torze z szyną przytwierdzoną przynajmniej do trzech podkładów po obu stronach zgrzeiny. Jeśli jest wymagana korekta prostoliniowości zgrzeiny, może być ona dokonana w temperaturze nie wyższej niż 200°C. Prostoliniowość zgrzeiny mierzy się po ostatecznej obróbce, zarówno

w płaszczyźnie pionowej, jak i poziomej, na bazie 1 m. Prostoliniowość mierzona w płaszczyźnie poziomej dotyczy wyłącznie powierzchni tocznej. Odchyłki prostoliniowości mierzone w temperaturze otoczenia powinny być zgodne z wymogami normy PN-EN 14587-2 [99].



Rys. 7.2. Wyplywka obcięta przez noże zgrzewarki [76]

W Polsce do łączenia szyn w torze bezстыkowym najczęściej wykorzystuje się samojazdne zgrzewarki PRSM (rys. 7.3) i ZS.



Rys. 7.3. Zgrzewarka PRSM-4 z głowicą zgrzewającą

Proces zgrzewania jest sterowany i kontrolowany przez komputer pokładowy. Układ pomiarowy mierzy trzy parametry zgrzewania: drogę, ciśnienie robocze oraz natężenie prądu w funkcji czasu. W przypadku przekroczenia dopuszczalnych wartości parametrów na ekranie monitora wyświetla się sygnał alarmowy, a na wykresie pojawia się napis „stan zgrzewania niewłaściwy” (*NON CORRETTO*). W takiej sytuacji operator decyduje o wycięciu wadliwego złącza [28].

Firma Schlatter jest producentem stacjonarnych i mobilnych zgrzewarek szyn z automatycznymi głowicami zgrzewającymi AMS60 (rys. 7.4) i AMS100 (rys. 7.5).



Rys. 7.4. Głowica AMS60 firmy Schlatter [76]



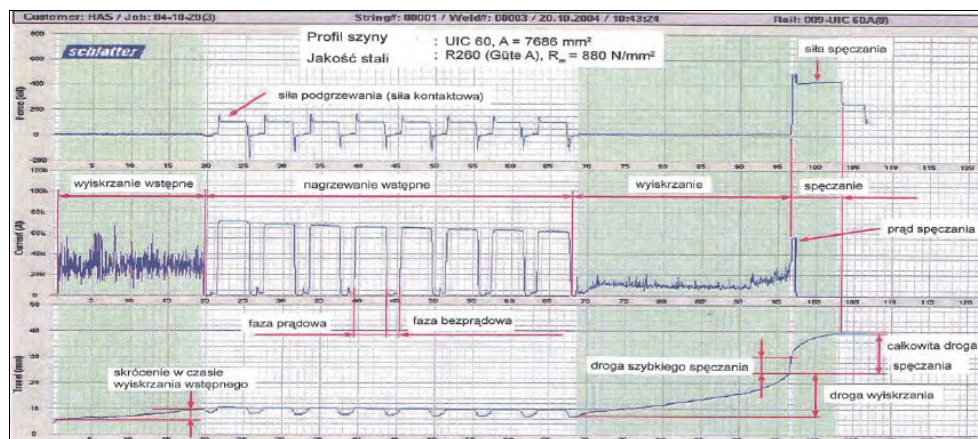
Rys. 7.5. Pojazd dwudrogowy z głowicą zgrzewającą AMS100 [76]

Głowica zgrzewająca AMS100 może być również zabudowana w kontenerze (rys. 7.6), ustawianym na platformie kolejowej.



Rys. 7.6. System kontenerowy z głowicą zgrzewającą AMS100 [76]

Korpus głowicy zgrzewającej umożliwia uchwycenie szyny szczękami z miedzianymi elektrodami, a następnie automatyczne ustawienie w odpowiednim położeniu w płaszczyźnie pionowej i poziomej. Proces zgrzewania może być indywidualnie programowany, a sam program może obejmować dziesięć kroków [28]. Cały proces jest monitorowany przez układ sterowania, który rejestruje trzy parametry: drogę, siłę i wartość natężenia prądu w funkcji czasu (rys. 7.7).



Rys. 7.7. Zgrzewanie doczołowe z wyskrzaniem ciągłym z podgrzewaniem wstępnym: siła, natężenie prądu i droga w funkcji czasu [28]

Każdy z tych parametrów może się zmieniać w określonym polu tolerancji. Jeżeli dowolny parametr podczas procesu zgrzewania przekroczy pole tolerancji, to operator otrzymuje dźwiękowy sygnał o błędzie. Zgrzewanie zostaje zakończone, a operator decyduje, czy złącze należy wyciąć [28].

W ostatnich latach na rynku kolejowym można odnotować dużą liczbę zgrzewarek szyn różnych producentów, szczególnie na podwoziu dwudrogowym (rys. 7.8). Spełniają one najczęściej wymagania normy PN-EN 14587-2 [99], jednak wykonawca robót musi dysponować potwierdzonym systemem zarządzania jakością procesu zgrzewania szyn kolejowych [122].



Rys. 7.8. Zgrzewarka dwudrogowa firmy Vossloh [82]

Firma Plasser & Theurer jest producentem kilku typów zgrzewarek torowych, między innymi APT500 (rys. 7.9), APT600 (rys. 7.10) czy też APT1500.



Rys. 7.9. Zgrzewarka dwudrogowa APT500 [68]



Rys. 7.10. Zgrzewarka dwudrogowa APT600 [68]



Rys. 7.11. Zgrzewarka szyn APT1500 RA [68]

Najnowsza zgrzewarka mobilna APT1500 jest w pełni zautomatyzowaną maszyną przystosowaną do zgrzewania szyn w torze kolejowym i rozjazdach. Zgrzewarka jest produkowana na podwoziu kolejowym APT1500 RA (rys. 7.11) lub APT1500 RL dwudrogowym (rys. 7.12).

Głównym zespołem roboczym maszyny APT1500R (rys. 7.13) jest głowica zgrzewająca, która bez manualnej interwencji człowieka wykonuje wszystkie sekwencje spajania szyn, co pozwala uzyskać wysoką powtarzalność procesu zgrzewania szyn w torze kolejowym.

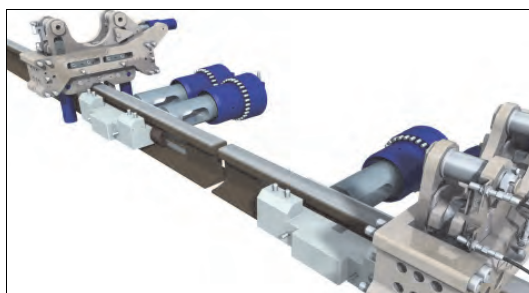


Rys. 7.12. Zgrzewarka szyn APT1500 RL [68]



Rys. 7.13. Głowica zgrzewająca maszyny APT1500 [68]

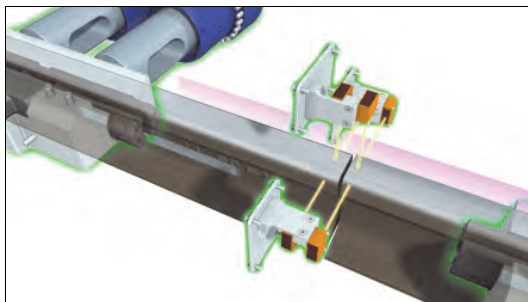
Końce szyny są automatycznie podnoszone w głowicy zgrzewającej i ustawiane (centrowane) w płaszczyźnie pionowej (rys. 7.14), a konstrukcja szczęk zaciskowych eliminuje konieczność szlifowania znaków wypukłych na szynie.



Rys. 7.14. Ustawienie szyn w płaszczyźnie pionowej [68]

Specjalny układ pomiarowy monitoruje proces ustawienia szyn w płaszczyźnie pionowej i poziomej, dopasowując automatycznie ich krawędzie do siebie. Podobnie,

w automatyczny sposób monitorowany jest luz pomiędzy płaszczyznami czołowymi szyn. Jeżeli to konieczne, szyna może być dociągnięta za pomocą siłowników (z siłą do N), które są zintegrowane z głowicą zgrzewającą (rys. 7.15).



Rys. 7.15. Pozycjonowanie szyny w płaszczyźnie poziomej i dosunięcie szyn powierzchniami czołowymi [68]

W dalszej kolejności automatycznie następuje etap wyiskrzania i spęczniania, a cały proces zgrzewania jest rejestrowany i przechowywany w systemie maszyny (rys. 7.16).



Rys. 7.16. Etap wyiskrzania i spęczniania [68]

Kolejny etap procesu zgrzewania stanowi obcięcie wypłytki za pomocą specjalnych noży, które są integralną częścią głowicy zgrzewającej (rys. 7.17).



Rys. 7.17. Obcięcie wypłytki [68]

Zakończeniem procesu zgrzewania jest uzyskanie połączenia dwóch szyn z obciążoną wypływką (rys. 7.18), którą należy jeszcze oszlifować.



Rys. 7.18. Zgrzana szyna kolejowa z obciążoną wypływką [68]

7.2. Spawanie termitowe

Spawanie termitowe szyn obejmuje ciąg czynności technologicznych polegających na wyborze metody spawania, materiału dodatkowego i podstawowego oraz fizycznym wykonaniu złącza spawanego, łącznie z jego wykończeniem i oznakowaniem. Złącze spawane powstaje w procesie spalania mieszanki termitowej, sproszkowanego glinu i tlenków żelaza oraz innych metali. Termit ulega silnej reakcji egzotermicznej, w wyniku której glin redukuje tlenki metali, czemu towarzyszy bardzo wysoka temperatura (około 3000°C, a w obecności materiałów zwiększających temperaturę nawet 3800°C) i intensywne świecenie. Produkty reakcji to tlenek glinu i płynna stal (spoiwo spawalnicze), która spływa do formy, wypełnia spoinę, miejscowo stapia czoła szyn i ulega zestaleniu [40, 143].

Szyny kolejowe mogą być spawane termitowo następującymi metodami: SoWoS [15], PLA [118], SkV [13], SkV-Elite [14] czy też najnowszą HPW (*High Performance Weld*). Metody te, ze względu na odległość pomiędzy powierzchniami czołowymi łączonych szyn, można też podzielić na standardowe z normalnym luzem spawalniczym o szerokości 25 mm i naprawcze – z szerokim luzem o wielkościach: 50, 68 i 75 mm [57, 71].

Wśród metod spawania termitowego można jeszcze wyróżnić metody spawania szyn tramwajowych (SRZ) i podsuwnicowych (SKS), łączenia szyn o różnych przekrojach (SRE) czy też naprawy uszkodzeń powierzchni tocznej szyn kolejowych (HWR i THR) [57, 71].

Metody spawania termitowego szyn muszą spełniać wymagania normy [96] i być dopuszczone do stosowania przez zarządcę infrastruktury kolejowej. Zasady odbioru robót spawalniczych oraz kwalifikacje spawaczy i wykonawców robót są określone w normie [97] i instrukcji [34].

Obowiązująca w Polsce instrukcja Id-5 [34] dopuszcza do stosowania w torach zarządzanych przez PKP PLK SA następujące metody spawania szyn termitem: SoWoS, SoW-L75, SoW-HC, SoWoS-P, PLA, AP 25, PLA 68, SkV, SKV-L75. Przy tym podstawową metodą spawania szyn w torach jest SoWoS bez nadlewu, z górnym wstępnym podgrzaniem końców łączonych szyn.

Metoda spawania termitowego SoWoS charakteryzuje się koniecznością podgrzania końców szyn do temperatury 1000°C, a ocena stopnia nagrzania odbywa się wzrokowo na podstawie barwy żarzenia. Subiektywna ocena stopnia nagrzania może prowadzić do niedogrzenia, przegrzania lub nadtopienia końców szyn i formy, a wady powstałe w wyniku tych nieprawidłowości często kwalifikują złącze do wycięcia [26, 27, 36, 121].

W wielu krajach stosowanie metody SoWoS do łączenia szyn nowych zostało w znaczny sposób ograniczone lub wycofano ją z użycia. W to miejsce wdrożono metodę SkV z krótkim czasem podgrzania, która eliminuje do minimum błędy popełniane przez spawacza, np. subiektywną ocenę stopnia nagrzania szyn [39, 128].

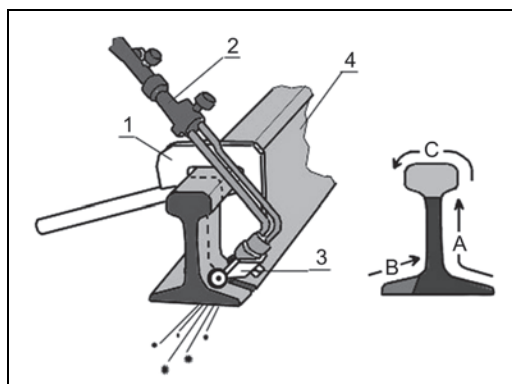
Proces technologiczny spawania szyn termitem z użyciem prefabrykowanych suchych form obejmuje następujące operacje [13, 15, 34, 118]:

- przygotowanie i ustawienie styku szyn do spawania;
- założenie i uszczelnienie formy;
- napełnienie i ustawienie tygla;
- podgrzewanie końców szyn;
- spawanie (reakcja i spust);
- zdjęcie formy i obróbka złącza.

Pierwszy etap procesu spawania termitowego polega na przygotowaniu końców łączonych szyn i luzu spawalniczego. Jeżeli szyny są przytwierdzone do podkładów, to należy poluzować śruby stopowe lub zdjąć łapki sprężyste na trzech kolejnych podkładach po obu stronach styku (czterech podkładach przy luzach większych od standardowego). Powierzchnie czołowe i boczne końców szyn należy oczyścić i sprawdzić ich równość oraz prostopadłość do osi podłużnej szyny, a następnie wykonać luz spawalniczy.

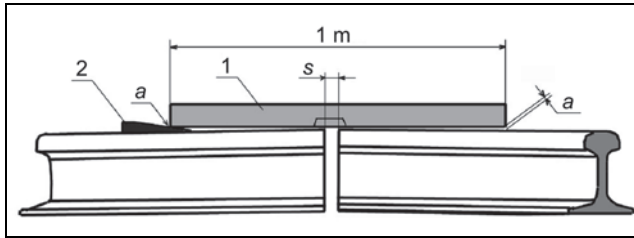
Preferowaną metodą wykonania luzu spawalniczego jest cięcie mechaniczne, jego szerokość zaś musi być zgodna ze specyfikacją stosowanej metody spawania termitowego. Luz może być również wykonany innymi metodami, np. przez cięcie palnikiem.

Przed cięciem palnikiem gazowym powierzchnie końca szyny należy oczyścić drucianą szczotką w celu usunięcia smaru, rdzy i zabrudzeń. Końce szyn należy wstępnie wyosiować, a do cięcia używać wzornika (rys. 7.19).



Rys. 7.19. Kolejność cięcia szyny palnikiem gazowym [14]:
1 – wzorniki, 2 – palnik do cięcia, 3 – prowadnica palnika, 4 – szyna

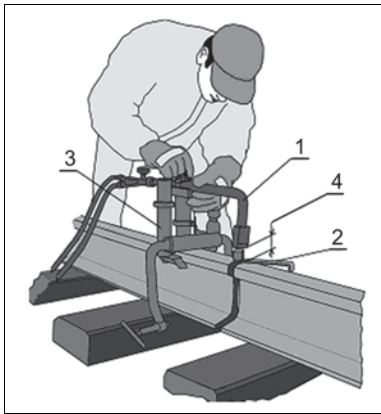
Następnie należy unieść czoła szyn, tj. ustawić wznios, zależny od typu szyny, luzu i metody spawania (rys. 7.20), oraz wyosiować szyny do spawania. Za pomocą liniału trzeba sprawdzić prostoliniowość szyn w płaszczyźnie pionowej i poziomej.



Rys. 7.20. Ustawienie wzniosu szyn [13]:

1 – liniał o długości 1 metra, 2 – kliny pomiarowe, a – wniesienie szyn, s – luz spawalniczy

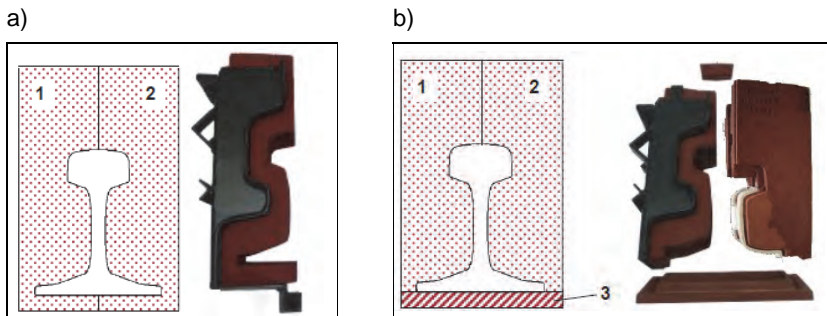
Palnik do podgrzania szyn mocuje się w uniwersalnej obejmie przed ustawieniem formy i przy użyciu pierścienia nastawczego reguluje jego wysokość (tj. odległość pomiędzy głowicą palnika i powierzchnią toczną szyny) (rys. 7.21).



Rys. 7.21. Regulacja wysokości palnika [15, 118]:

1 – palnik podgrzewający, 2 – przyrząd nastawczy, 3 – uniwersalne urządzenie mocujące, 4 – wysokość palnika

W kolejnym etapie należy zdjąć palnik oraz dopasować, założyć i uszczelnić formy spawalnicze. W zależności od zastosowanej metody formy mogą się składać z dwóch lub trzech części (rys. 7.22).



Rys. 7.22. Formy spawalnicze [71]: a) dwuczęściowa; b) trzyczęściowa



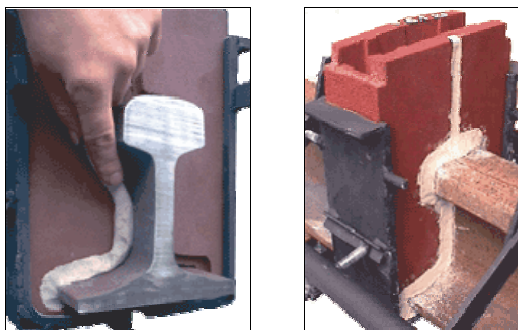
Rys. 7.23. Dopasowanie formy do szyny [142]

W przypadku form dwuczęściowych pierwszą połówkę należy ustawić centralnie do luzu spawalniczego (rys. 7.23), a drugą dopasować do pierwszej. Obie połówki form muszą być szczelnie dopasowane do siebie i ustawione prostopadle do osi podłużnej szyny. Następnie należy założyć z obu stron obejmy mocujące formy i dokręcić równomiernie śruby (rys. 7.24).



Rys. 7.24. Założenie form wraz z mocowaniem obejmami [142]

Półwki form muszą być uszczelnione względem siebie i szyny specjalną pastą lub piaskiem uszczelniającym (rys. 7.25).



Rys. 7.25. Uszczelnienie form pastą uszczelniającą [57]



Rys. 7.26. System tygli firmy Elektro-Thermit [38]



Rys. 7.27. System tygli firmy Railtech-Plötz [71]

W kolejnym etapie należy napelnić tygiel wielokrotnego użytku lub zastosować tygiel jednorazowy (rys. 7.26, 7.27). Tygle wielokrotnego użytku są odporne na uszkodzenia i tańsze w eksploatacji, wymagają jednak wykonania większej liczby czynności podczas spawania. Natomiast tygle jednorazowe są proste w użyciu i wystarczy je ustawić na przygotowanej wcześniej formie (rys. 7.28).



Rys. 7.28. Ustawienie tygla jednorazowego na formie [38]

Przed ustawieniem tygla nad formą do spawania termitowego do obejm formy należy wstawić tacki żuźlowe (rys. 7.29); wilgotne tacki trzeba wysuszyć płomieniem palnika. Palnik podgrzewający wraz z uchwytem należy umieścić centralnie nad formą na uniwersalnym urządzeniu mocującym i dokręcić śruby mocujące (rys. 7.30). Czas podgrzewania, wysokość płomienia i ciśnienie gazów technicznych zależą od metody spawania i muszą być ściśle kontrolowane.



Rys. 7.29. Formy z założonymi tackami żuźlowymi [57, 71]



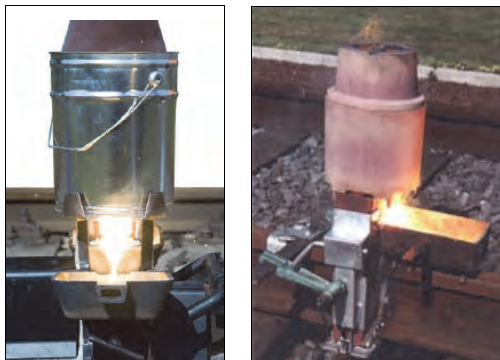
Rys. 7.30. Podgrzewanie końców szyn [57]

Po zakończeniu podgrzewania wstępnego należy zdemontować palnik wraz z uchwytem. W gnieździe w górnej części formy za pomocą szczypiec trzeba umieścić i docisnąć zatyczkę (rys. 7.31).



Rys. 7.31. Wkładanie zatyczki w formę w metodzie PLA [102]

Po ustawieniu tygla wielokrotnego użytku lub jednorazowego nad formą należy zapalić zapal i włożyć do porcji termitu w celu rozpoczęcia reakcji. Spust zawartości tygla następuje automatycznie (rys. 7.32); następnie należy zdjąć i odstawić pusty pojemnik oraz usunąć tacki żużłowe.



Rys. 7.32. Spust zawartości tygla do formy [25, 57]

Obejmy mocujące formy zdejmuje się po upływie określonego czasu od momentu wlewu, który zależy od metody spawania (rys. 7.33).



Rys. 7.33. Zdjęcie obejm mocujących formy [1]

Nadmiar materiału spawalniczego na główce szyny należy ścinać za pomocą obcinarki hydraulicznej wyposażonej w odpowiednie noże tnące (rys. 7.34). Nadlew na stopce trzeba pozostawić do ostygnięcia i dopiero później usunąć poprzez opukiwanie młotkiem.



Rys. 7.34. Obcięcie wypływki [74]

Szlifowanie spoiny należy wykonać za pomocą szlifierki torowej (rys. 7.35) po całkowitym jej schłodzeniu, gdy tor zostanie przywrócony do stanu eksploatacyjnego (wyjęte kliny i założone przytwierdzenia).



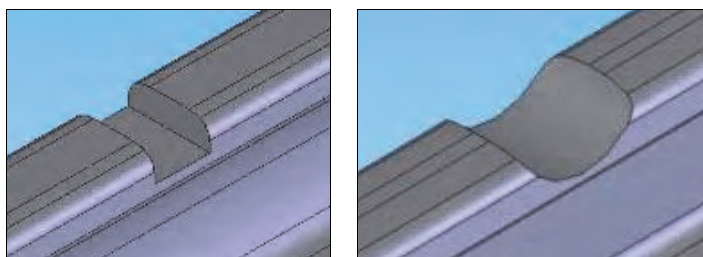
Rys. 7.35. Szlifowanie szyny [74]

Po oszlifowaniu spoiny należy sprawdzić prostoliniowość złącza, zgodnie z instrukcją [34] lub normą [97], oraz oznakować złącze szynowe. Na zewnętrznej powierzchni główki szyny należy wybić numer spawacza, miesiąc i dwie ostatnie cyfry roku wykonania złącza (np. S546 05 14).

Uszkodzenia powierzchni tocznej główki szyny (np. typu *squat*) naprawia się najczęściej za pomocą napawania łukiem elektrycznym. Defekty te mogą być również usunięte metodą spawania termitowego THR (*THERMIT*[®] – *Head Repair*) [25, 57] lub HWR (*Head Wash Repair*) [71].

Proces spawania przebiega w obu przypadkach bardzo podobnie, a różnica wynika ze sposobu przygotowania szyny do naprawy. Wymiary uszkodzenia nie mogą przekraczać następujących wartości (w odniesieniu do nowej szyny 60E1): głębokość – 25 mm, długość – 75 mm i szerokość – cała główka.

Uszkodzenie powierzchni tocznej główki szyny może być wycięte mechanicznie, np. za pomocą szlifierki lub palnikiem. W ten sposób powstaje tzw. fuga (rys. 7.36), na którą zakłada się specjalną formę spawalniczą.



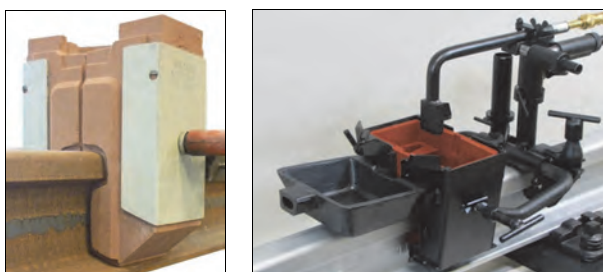
Rys. 7.36. Przygotowanie szyny do spawania [71]

Jeżeli uszkodzenie jest wycinane palnikiem, to na szynę należy założyć specjalny szablon tnący, do którego mocuje się palnik (rys. 7.37). W ten sposób formowana jest żądana geometria fugi [25, 57].



Rys. 7.37. Wycięcie fugi palnikiem gazowym [57]

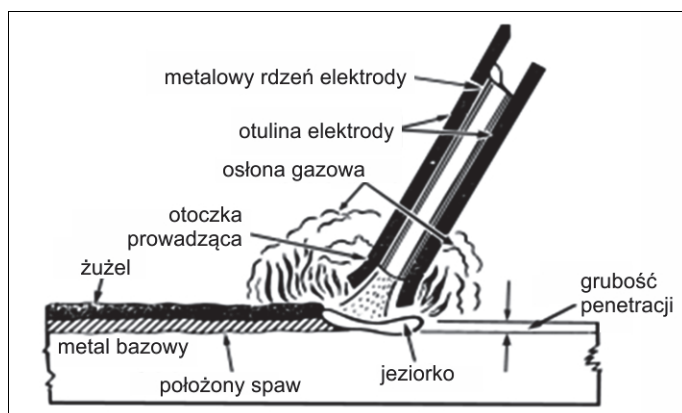
Po wycięciu uszkodzenia fugę należy oczyścić, założyć formy (rys. 7.38) i wykonać spawanie termitowe.



Rys. 7.38. Założone formy [57, 71]: z lewej – metoda HWR; z prawej – THR

7.3. Spawanie łukiem elektrycznym

Spawanie łukowe elektrodą otuloną (ang. *Manual Metal Arc Welding* – MMA) jest procesem, w którym trwałe połączenie uzyskuje się przez stopienie ciepłem łuku elektrycznego topliwiej elektrody otulonej i materiału spawanego [12].



Rys. 7.39. Schemat spawania łukiem elektrycznym [12]

Łuk elektryczny jarzy się między końcem pokrytej otuliną metalowej elektrody a spawanym materiałem. Krople stopionego metalu elektrody, przenoszone poprzez łuk do płynnego jeziora spawanego metalu, są chronione przed wpływem atmosfery przez gazy wydzielające się wskutek rozkładu otuliny elektrody. Topiąca się otulina tworzy na powierzchni jeziora żużel, który chroni krzepnący metal spoiny przed wpływem atmosfery (rys. 7.39) [12].



Rys. 7.40. Spina wykonana elektrycznie półautomatem [144]

Spawanie szyn kolejowych łukiem elektrycznym (rys. 7.40) to technika, gdzie główną rolę odgrywa spawacz, który musi posiadać aktualne zaświadczenie uprawniające do wykonywania określonych prac spawalniczych w torach PKP PLK SA oraz numer identyfikacyjny. W procesie spawania wymagane są: rzetelne przestrzeganie parametrów procesu spajania szyn, precyzyjne prowadzenie elektrody oraz dokładne usuwanie żużlu z powierzchni zakończonych ściegów, tak by wykonane połączenie stanowiło jednolitą ciągłość z łączonymi szynami [43].

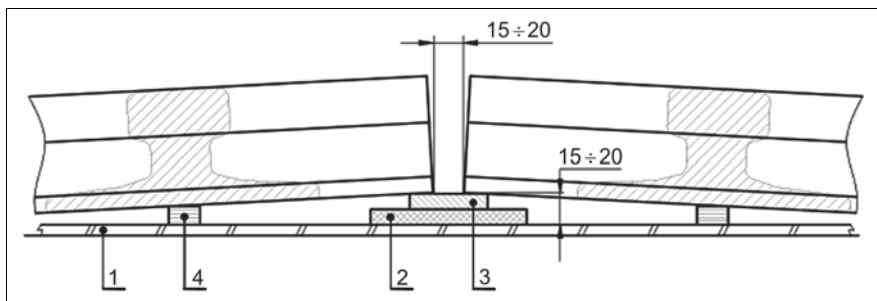
Złącza szynowe spawane łukiem elektrycznym elektrodą zasadową się mogą być wykonywane w szynach nowych i staroużytecznych typu 60E1 i 49E1 ze stali gatunków R260 i R350HT według normy [95].

Technologia spawania szyn łukiem elektrycznym elektrodami obejmuje następujące etapy prac [43]:

- przygotowanie powierzchni szyn do spawania;
- ustawienie styku szyn do spawania;
- przygotowanie dodatkowych materiałów spawalniczych;
- podgrzewanie końców szyn i utrzymywanie temperatury przez cały proces spawania;
- spawanie szyn;
- wyżarzanie odprężające;
- szlifowanie zgrubne;
- szlifowanie ostateczne;
- końcowy odbiór spoiny.

Na długości co najmniej trzech kolejnych podkładów należy poluzować śruby stopowe lub zdjąć łapki sprężyste. Powierzchnie czołowe i boczne szyn oczyścić z rdzy, farby, smarów i brudu na długości 10÷20 cm z każdej strony styku i sprawdzić prostopadłość powierzchni czołowych do osi podłużnej szyny. Końce szyn unieść w celu uniknięcia skutków skurczu, przy czym wartość wzniosu zależy od typu szyny ($2\Delta f = 3,4\div 4,0$ mm dla szyn 60E1 i 49E1). Luz spawalniczy dla szyn kolejowych należy przyjmować w zakresie 15÷18 mm [95].

W przypadku spawania innych typów szyn należy postępować zgodnie z zaleceniami producenta, np. na rysunku 7.41 zilustrowano ustawienie szyn podsuwnicowych A65 przygotowanych do spawania.



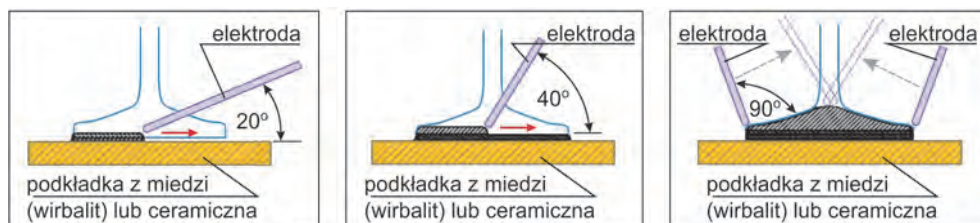
Rys. 7.41. Ustawienie szyn podsuwnicowych A65 do spawania [17]:
1 – podkładka, 2 – płytką miedzianą, 3 – płytką izolacyjną, 4 – kliny

Następnie końce szyn są wstępnie podgrzewane na długości 10 cm po obu stronach spoiny na całym przekroju szyny do temperatury: $350 \div 380^{\circ}\text{C}$ (szyny R260 i R350HT) oraz $300 \div 350^{\circ}\text{C}$ (szyny R220) [43, 144].

Proces spawania realizuje się, kładąc ściegi w określonej kolejności. Przy spawaniu stosuje się specjalne nakładki (miedziane lub ceramiczne – rys. 7.42) do formowania spoin. Spawanie zaczyna się od stopki szyny, kładąc trzy ściegi (rys. 7.43).

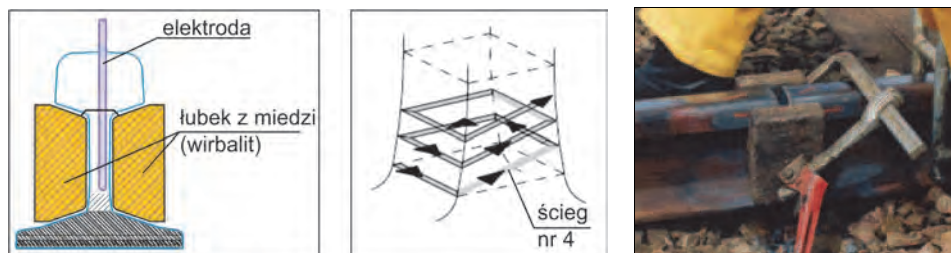


Rys. 7.42. Podkładka miedziana pod stopką szyny [17]



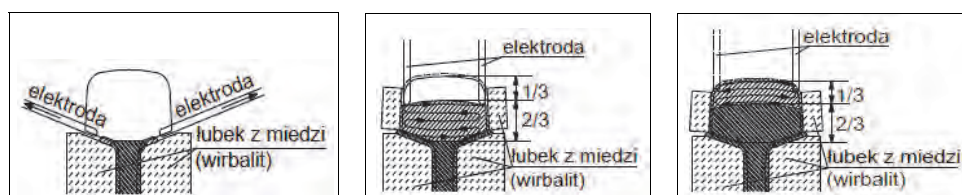
Rys. 7.43. Spawanie stopki szyny [43]; od lewej: położony ścieg numer 1, 2 i 3

Spawanie szyjki szyny wykonuje się, prowadząc elektrodę pionowo ruchem okrężnym w szczelinie między czołami szyn, formując spoinę przy użyciu specjalnych lubków miedzianych lub ceramicznych (rys. 7.44).



Rys. 7.44. Spawanie szyjki szyny [17, 43]

Spawania główki szyny dokonuje się za pomocą trzech ściegów. W $\frac{1}{3}$ wysokości główki należy na kilka minut przerwać spawanie, tak aby nie dopuścić do wyżarzania się spawu. Od $\frac{2}{3}$ wysokości główki należy ułożyć warstwę powierzchniową spoiny z twardszego materiału (rys. 7.45). Nałożone warstwy powinny o około 2 mm przewyższać wymiary na główce szyny; nadatek zostanie zeszlifowany [43].



Rys. 7.45. Spawanie główki szyny [43]

Po wykonaniu spoiny wykonuje się wyżarzanie odprężające poprzez podgrzanie szyny do temperatury 100°C , na długości 1 m z obu stron szyny w całym jej przekroju. Następnie przeprowadza się szlifowanie zgrubne, pozostawiając warstwę grubości $0,5 \div 1$ mm i nie naruszając powierzchni szyny. Po przytwierdzeniu szyny do podkładów i ostygnięciu spoiny wykonuje się szlifowanie ostateczne [43, 144].

Wszystkie złącza spawane łukiem elektrycznym zostają trwale oznakowane poprzez wybite na zewnętrznej powierzchni bocznej główki szyny numeru spawacza i daty wykonania spoiny (np. E 023 05 14 – spawacz numer 23, spoinę wykonano w maju 2014 r.) [43].

REPROFILACJA SZYN

Reprofilacja to proces zmechanizowanej obróbki główki szyny kolejowej, polegającej na usunięciu warstwy metalu o grubości niezbędnej do nadania powierzchni tocznej szyny wymaganego przekroju poprzecznego i profilu podłużnego [133]. Grubość zbieranej warstwy zależy od strategii utrzymania szyn, głębokości występujących wad kontaktowo-zmęczeniowych oraz zużycia główki szyny (falistego, pionowego i bocznego). W szczególnych przypadkach podczas reprofilacji dochodzi do przesunięcia strefy styku koła z szyną względem strefy występowania wad na krawędzi tocznej główki szyny (np. profil *anty-headcheck*) [114, 134].

Reprofilacja obejmuje określony obszar powierzchni tocznej główki szyny (tzw. zakres kątowy reprofilacji) i może być wykonana przy użyciu maszyn do:

- szlifowania;
- frezowania;
- strugania.

Polskie *Warunki techniczne* [133] wyróżniają cztery rodzaje reprofilacji główki szyny kolejowej: początkową, prewencyjną, naprawczą i regeneracyjną. Natomiast w literaturze bardzo często typy te są określane jako strategie szlifowania szyn, które mogą obejmować: szlifowanie nowych szyn, korekcyjne, naprawcze w zależności od uszkodzeń, prewencyjne i cykliczne [113].

Badania nad trwałością szyn kolejowych prowadzone w ostatnich latach w ramach projektu INNOTRACK pozwoliły na sprecyzowanie nowych zaleceń dotyczących procesu reprofilacji szyn, między innymi w zakresie [114]:

- szlifowania nowych szyn ułożonych w torze;
- strategii prewencyjnego szlifowania szyn;
- aktualizacji istniejących norm i specyfikacji kolejowych;
- organizacji procesu szlifowania;
- wdrożenia strategii cyklicznego i prewencyjnego szlifowania szyn.

Główne cele szlifowania szyn nowych obejmują usunięcie wad hutniczych i spawalniczych oraz optymalizację docelowego profilu szyny (np. *anty-headcheck*). Zaleca się, aby proces ten został wykonany jak najszybciej, nie później jednak niż w okresie sześciu miesięcy od ułożenia nowych szyn [114].

Zgodnie z przepisami z obowiązującymi w Polsce [119] „Szlifowanie należy przeprowadzać w torach szlakowych oraz głównych zasadniczych i dodatkowych, przeznaczonych do prowadzenia ruchu z prędkością $V \geq 80$ km/h, a także leżących w tych torach rozjazdach. Szlifowanie powinno być przeprowadzone po przeniesieniu obciążenia $3 \div 10$ Tg, ale nie później niż w ciągu 24 miesięcy po oddaniu torów i rozjazdów do eksploatacji”.

Prewencyjne szlifowanie szyn wykonuje się w celu niedopuszczenia do rozwoju wad kontaktowo-zmęczeniowych i falistego zużycia szyn oraz nadania szynie optymalnego

profilu. Przeprowadza się je w określonym odstępie czasowym, który zależy od przeniesionego obciążenia i promienia łuku (co 15÷45 Tg). Zaleca się, aby minimalna grubość usuwanej warstwy materiału na górnej powierzchni główki szyny wynosiła 0,15 mm (0,3 mm [140]), a na wyokrągleniu główki nie przekraczała 0,6 mm (wielkości te zależą od głębokości rzeczywistych uszkodzeń). W przypadku falistego zużycia szyn dodatkowo wymagane jest zebranie minimum 0,10 mm grubości materiału poniżej dna fal krótkich [3, 114].

Obowiązujące obecnie normy [93, 94] dotyczą wyłącznie odbioru robót po reprofilacji szyn w torach i rozjazdach. Brak jest natomiast ujednoczonych specyfikacji dotyczących wartości granicznych i/lub cykli szlifowania oraz organizacji i realizacji procesu reprofilacji szyn. Nie istnieją również wytyczne w zakresie optymalnego doboru maszyn pod względem technicznym i ekonomicznym.

Planując strategię utrzymania szyn kolejowych, należy również uwzględnić kwestie logistyczne, a w szczególności dostęp do maszyn i torów. Bardzo często prace są prowadzone w różnych lokalizacjach i na krótkich odcinkach, a maszyny znajdują się w znacznych odległościach od miejsca robót. W rezultacie traci się czas na przemieszczanie maszyn, co prowadzi do wysokiej ceny za kilometr szlifowanego toru. Zaleca się spełnienie następujących warunków [114]:

- szlifowanie powinno być planowane strategicznie, tj. cykliczne szlifowanie prewencyjne powinno obejmować całą sieć linii kolejowych;
- miejsca postoju maszyn powinny być dostosowane do wymogów konserwacji maszyn i położone w strategicznych lokalizacjach;
- maszyny powinny umożliwiać usunięcie wymaganej ilości materiału w jednym przejściu;
- prędkość pracy, w zależności od ilości usuwanego metalu, powinna się mieścić w zakresie od 3 km/h (poważne usterki) do pożądanego maksimum 20 km/h (obecnie 10 km/h);
- należy maksymalizować faktyczny czas pracy maszyny w torach;
- odbiór robót powinien się odbywać za pomocą urzędzeń rejestrujących na maszynie.

W zakresie prawidłowego utrzymania szyn kolejowych zaleca się przejście ze strategii szlifowania zapobiegawczego (naprawczego) do cyklicznego szlifowania prewencyjnego. Wcześniej jednak należy [114]:

- wykonać pomiary i inwentaryzację stanu istniejącego szyn;
- podzielić tory na odcinki, na których szyny wymagają:
 - cyklicznego szlifowania prewencyjnego,
 - szlifowania naprawczego,
 - wymiany;
- tory, w przypadku których jest wymagane szlifowanie naprawcze, podzielić na:
 - szlifowane w jednym przejściu maszyny (preferowane),
 - szlifowane w kilku przejściach ze względu na ograniczenia budżetu lub możliwości wykonania naprawy;
- utrzymywać stan istniejący poprzez cykliczne szlifowanie prewencyjne.

Reprofilacja szyn bardzo często jest utożsamiana wyłącznie ze szlifowaniem, co wynika głównie z faktu, że maszyny tego typu były stosowane najwcześniej, są bardzo rozpowszechnione i wykorzystywane w wielu krajach. Naprawa uszkodzeń na powierzchni toczonej główki szyny może być wykonana również innymi metodami, a dobierając maszynę, należy wziąć pod uwagę następujące czynniki: rodzaj i zakres wady, techniczno-technologiczne możliwości i koszty wykonania naprawy, warunki eksploatacyjne, oddziaływanie na środowisko, miejsce naprawy. W tabeli 8.1 przedstawiono przykładowe zadania i preferowane metody ich wykonania [126].

Tabela 8.1

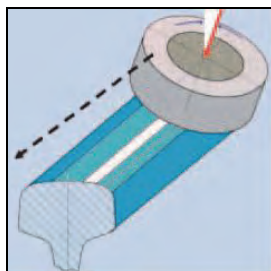
Preferowane metody usuwania uszkodzeń szyn [133]

Metoda	Szlifowanie rotacyjne	Szlifowanie oscylacyjne	Frezowanie	Struganie
Reprofilacja nowych szyn	***	**	*	*
Reprofilacja naprawcza	***	*	***	**
Uszkodzenia <i>headcheck</i>	***	—	***	***
Zużycie faliste	*	***	*	**
Reprofilacja prewencyjna	***	*	**	—
Splywy zwężenie toru	**	—	**	***

*** zalecana; ** alternatywna; * dopuszczalna; — nie stosuje się

8.1. Szlifowanie szyn

Metody szlifowania szyn, ze względu na wykorzystanie w robotach torowych można podzielić na rotacyjne, oscylacyjne, obwodowe i taśmowe. Najczęściej stosowaną metodą reprofilacji szyn jest szlifowanie rotacyjne z użyciem specjalnych tarcz szlifierskich (kamieni szlifierskich), które obracają się wokół własnej osi, prostopadle do powierzchni główki szyny (rys. 8.1).

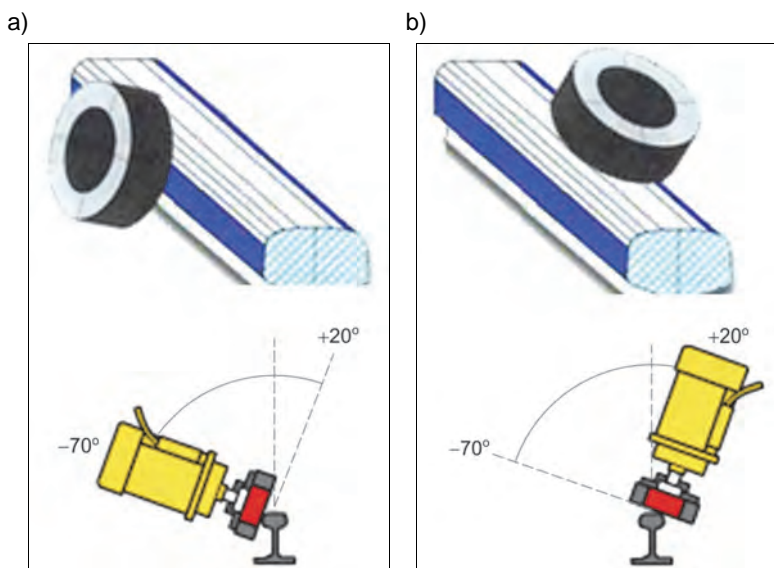


Rys. 8.1. Tarcza szlifierska [112]

W procesie szlifowania rotacyjnego istotne są trzy podstawowe parametry robocze: kąt szlifowania, siła docisku i prędkość robocza. Ich wartości powinny być regulowane w sposób automatyczny, w zależności od grubości usuwanego materiału i docelowego profilu szyny.

Zespoły szlifujące mają możliwość ruchu w kierunku poprzecznym nad główką szyny w zakresie kątowym od -70° przy krawędzi wewnętrznej toku szynowego do $+20^\circ$ na zewnątrz szyny (rys. 8.2). W czasie pracy zespoły szlifujące przyjmują odpowiednie nachylenie (kąt szlifowania), a silniki szlifujące dociskają tarcze szlifierskie do główki szyny. Obracający się z odpowiednią prędkością kamień szlifierski usuwa materiał, tworząc tzw. szlif. Docelowy profil główki szyny uzyskuje się w postaci wielokąta składającego się z pojedynczych szlifów wykonanych przez kolejne zespoły szlifujące.

Cały proces szlifowania jest sterowany przez system komputerowy, który reguluje prędkość roboczą, docisk i kąt pochylenia kamieni szlifierskich oraz kontroluje sekwencyjne podnoszenie i opuszczanie zespołów szlifujących przy omijaniu przeszkód w torze.

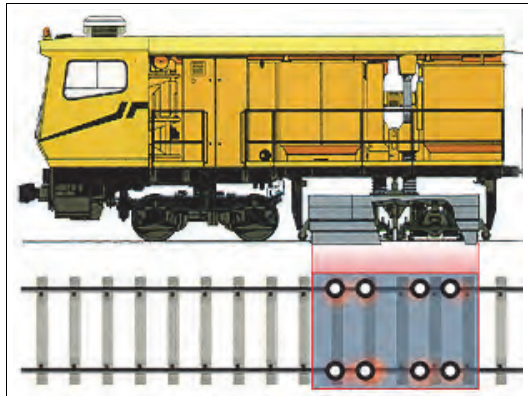


Rys. 8.2. Kąt szlifowania [79]: a) krawędź wewnętrzna szyny; b) krawędź zewnętrzna

Największym w Europie producentem pociągów do szlifowania rotacyjnego szyn i rozjazdów (rys. 8.3) jest firma SPENO International SA ze Szwajcarii.



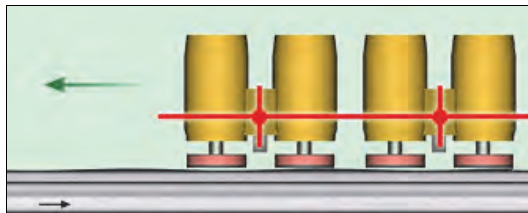
Rys. 8.3. Pociągi do szlifowania szyn firmy SPENO [79]:
a) RR16 – do szlifowania rozjazdów; b) RR48 – do szlifowania torów



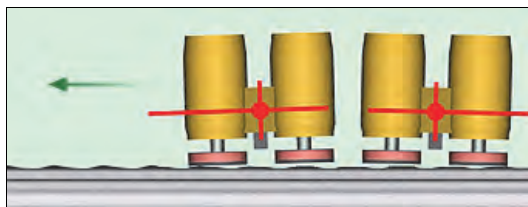
Rys. 8.4. Podstawowy moduł szlifujący maszyny [79]

Każdy pociąg do szlifowania szyn składa się z określonej liczby modułów szlifujących, a podstawowy moduł maszyny jest wyposażony w osiem zespołów szlifujących, po cztery na każdą szynę (rys. 8.4). Na przykład pociąg RR32 składa się z czterech modułów i trzydziestu dwóch zespołów szlifujących, a RR48, odpowiednio, z sześciu modułów i czterdziestu ośmiu zespołów szlifujących.

W celu usunięcia fal długich zużycia falistego główki szyny zespoły szlifujące mogą być zablokowane w kierunku podłużnym (rys. 8.5) lub nieblokowane w przypadku usuwania fal krótkich (rys. 8.6).

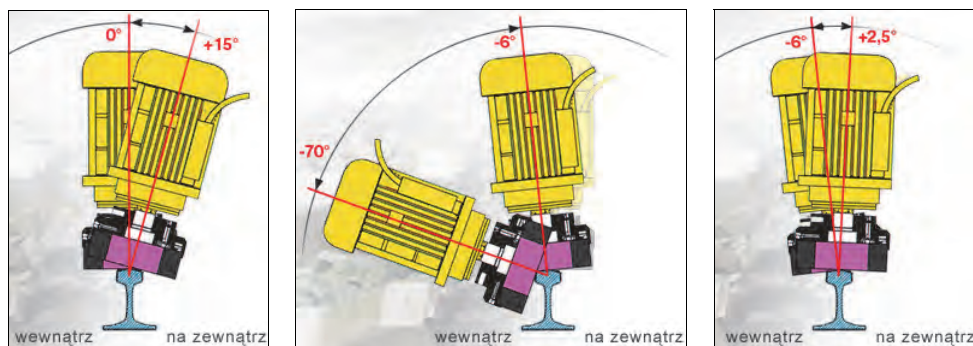


Rys. 8.5. Zablokowane zespoły szlifujące przy usuwaniu fal długich [79]



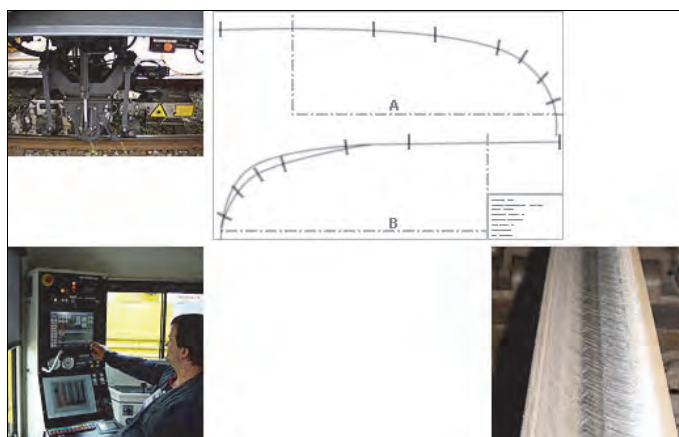
Rys. 8.6. Zespoły szlifujące przy usuwaniu fal krótkich zużycia falistego [79]

Wszystkimi czynnościami związanymi z procesem szlifowania steruje komputer, w którym zainstalowane są odpowiednie programy do reprofilacji szyn, uruchamiane podczas pracy, w zależności od potrzeb. W przypadku zdeformowanego przekroju poprzecznego w pierwszej fazie szlifowana jest krawędź zewnętrzna, następnie toczna, a na końcu górna powierzchnia główki szyny (rys. 8.7).



Rys. 8.7. Kolejność szlifowania główki szyny [79]

Wszystkie pociągi firmy SPENO są wyposażone w system odsysania pyłu i moduł pomiarowy (rys. 8.8), który pozwala na ciągłą kontrolę procesu szlifowania szyn. Wykonuje się pomiar profilu podłużnego i poprzecznego szyny, którego wynik jest wyświetlany na monitorach i zapisywany w celu odbioru wykonanych robót.



Rys. 8.8. System pomiarowy [79]

Firma SPENO jest producentem maszyny dwudrogowej HRR12 M (rys. 8.9) przeznaczonej do szlifowania szyn tramwajowych. Szlifierka umożliwia pracę w łukach o małych promieniach, a dzięki niskiej emisji hałasu może pracować bez ograniczeń również w nocy.



Rys. 8.9. Szlifierka dwudrogowa HRR12 M [79]

Najnowszy pociąg do szlifowania szyn RG400 firmy LORAM umożliwia pracę z prędkością roboczą do 20 mph (32 km/h). Każdy moduł maszyny jest wyposażony w osiem zespołów szlifujących, po cztery na każdą szynę (rys. 8.11), łącznie zaś pociąg może być wyposażony w 96 takich zespołów. Proces szlifowania jest zarządzany przez system komputerowy, który kontroluje wszystkie parametry szlifowania.



Rys. 8.10. Pociąg do szlifowania szyn RG400 firmy LORAM [66]



Rys. 8.11. Zespoły szlifujące firmy LORAM [66]

Firma AUTECH ze Szwajcarii jest producentem maszyn dwudrogowych do szlifowania szyn AT VM 8000-12 Extended (rys. 8.12) i AT 2200-12 E (rys. 8.13) z zespołem szlifującym typu IAT 2212 [66].

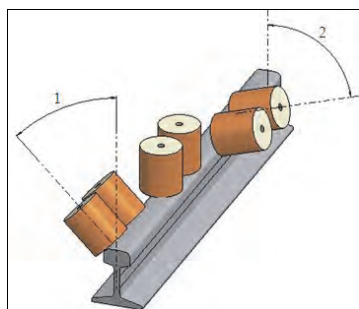


Rys. 8.12. Maszyna dwudrogowa AT VM 8000-12 Extended firmy AUTECH [55]



Rys. 8.13. Maszyna dwudrogowa AT 2200-12 E firmy AUTECH [55]

Szlifowanie główki szyny przeprowadza się za pomocą sześciu obrotowych kamieni ściernych, rozmieszczonych w trzech podwójnych zespołach nad każdą szyną (rys. 8.14). Kąt nachylenia kamieni szlifierskich jest regulowany w zakresie do 55° na krawędzi zewnętrznej szyny i do -72° na krawędzi tocznej.



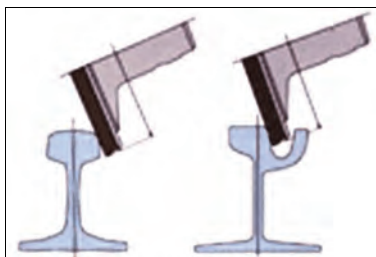
Rys. 8.14. Zespół sześciu kamieni szlifierskich [55]:

1 – do 55° na zewnętrznej krawędzi główki szyny; 2 – do 72° na krawędzi tocznej

Prędkość robocza maszyny wynosi $2\div 5$ km/h, a podczas jednego przejazdu szlifierki mogą być wykonane trzy szlify w różnych przekrojach główki szyny. Szerokość pojedynczego szlif zależy od siły docisku kamieni szlifierskich i wynosi $3\div 12$ mm na górnej powierzchni główki szyny oraz $2\div 8$ mm na krawędzi tocznej. W jednym przejściu maszyny szyna może być szlifowana na głębokość około 0,2 mm na górnej powierzchni i do 1 mm na krawędzi tocznej, przy węższym szlifie.

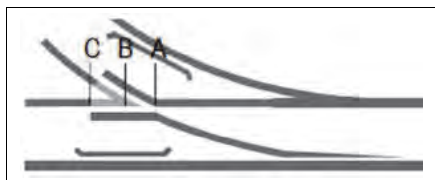
Szlifowanie szyny za pomocą maszyn dwudrogowych odbywa się w kilku przejazdach. W przypadku usuwania zużycia falistego liczba przejazdów maszyny zależy od głębokości fal i wynosi zwykle do trzech przejazdów. Natomiast przy reprofilacji główki szyny liczba przejazdów zależy od kształtu i dokładności wykonania profilu.

Reprofilacja szyn w rozjazdach kolejowych odbywa się w podobny sposób, jednak ze względu na konstrukcję niektórych elementów (pochylenie szyn, obniżenie dzioba krzyżownicy, obniżenie iglic w stosunku do opornic, kształt iglic itp.) jest znacznie ograniczona. W maszynach do szlifowania rozjazdów, ze względu na ograniczenie obszaru roboczego, stosuje się specjalnie ukształtowane tarcze szlifierskie (rys. 8.15), które umożliwiają wykonanie prac w pełnym lub ograniczonym zakresie kątowym.



Rys. 8.15. Specjalna tarcza szlifierska do obróbki szyn [79]

W rozjazdach kolejowych, ze względu na nieciągłość toków szynowych w obszarze dzioba i szyn skrzydłowych, miejsce to jest szlifowane zazwyczaj ręcznie. W przypadku szlifowania maszyną tarcze szlifierskie są unoszone na wysokości gardzieli (rys. 8.16 – pkt A). Bezpośrednio za ostrzem dzioba krzyżownicy (B) należy rozpocząć szlifowanie powierzchni bocznej, a powierzchnię toczną należy szlifować po minięciu szyny skrzydłowej (C) lub w przypadku, gdy odległość między szynami wynosi więcej niż 120 mm [113].



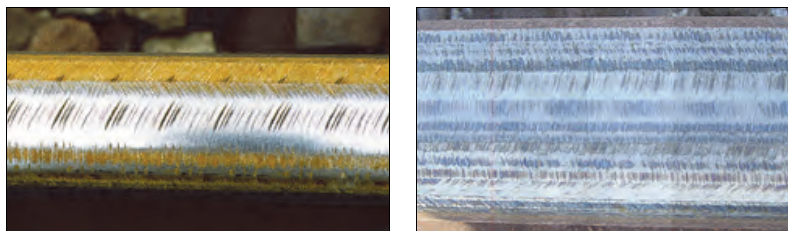
Rys. 8.16. Zakres szlifowania dzioba krzyżownicy [111]

W obszarze zwrotnic zakres szlifowania zależy od położenia iglicy względem opornicy. Jeżeli iglica przylega do opornicy, to może ona być szlifowana [79]:

- na całej długości w zakresie kątowym od -1° do -70° ;
- na całej długości w zakresie kątowym od -1° do -20° ;
- od miejsca, gdzie szerokość iglicy wynosi co najmniej 30 mm.

W przypadku iglicy odlegającej opornica może być szlifowana w pełnym zakresie kątowym lub do 20° .

Po szlifowaniu rotacyjnym powierzchnia główki szyny musi spełniać określone właściwości zawarte w specyfikacji robót i normach [93, 94]. Ślady pozostawione przez wirujące tarcze ściernie nie mogą przekraczać określonej szerokości (rys. 8.17), nie może też występować ciągle zabarwienie na niebiesko.



Rys. 8.17. Ślady od tarczy szlifierskiej i zabarwienie szyn na niebiesko [79]

Szlifowanie oscylacyjne polega na zebraniu warstwy materiału z powierzchni główki szyny za pomocą kamieni szlifierskich, które są dociskane do szyny i poruszają się ruchem posuwisto-zwrotnym w kierunku podłużnym. Maszyny do szlifowania oscylacyjnego mogą pracować samodzielnie podczas obróbki szyn nowych bez zmiany profilu poprzecznego i usuwaniu zużycia falistego. Są wykorzystywane również do doszlifowania powierzchni tocznej szyny po frezowaniu, struganiu i szlifowaniu rotacyjnym [29].

Firma Plasser & Theurer jest producentem kilku szlifierek oscylacyjnych, między innymi: GWM250 (rys. 8.18) wyposażonej w dwa moduły szlifujące i GWM550 (rys. 8.19), która posiada pięć modułów szlifujących.



Rys. 8.18. Szlifierka oscylacyjna GWM250 [68]



Rys. 8.19. Szlifierka oscylacyjna GWM550 [68]



Rys. 8.20. Moduł szlifujący maszyny GWM250 [68]

Moduł szlifujący (rys. 8.20) składa się z zespołu kamieni szlifierskich o długości około 2 m i silników umieszczonych w jego centralnej części. Po jego opuszczeniu jest on

dociskany do szyny z odpowiednią siłą za pomocą siłowników. Ruch obrotowy silników jest zamieniany na posuwisto-zwrotny, co powoduje ścieranie materiału.

Kształt kamieni szlifierskich (rys. 8.21) jest dopasowany do profilu poprzecznego główki szyny, a dzięki stałemu natryskiwaniu ściernic wodą szlifowanie odbywa się bez powstawania iskier i pyłu.

W procesie szlifowania oscylacyjnego na powierzchni główki szyny powstają rysy podłużne (rys. 8.22), w przeciwieństwie do poprzecznych, charakterystycznych przy szlifowaniu rotacyjnym (rys. 8.17).



Rys. 8.21. Kamień szlifierski [29]



Rys. 8.22. Szyna po szlifowaniu [29]

Metoda szlifowania taśmowego jest stosowana w celu usunięcia wad w postaci krótkich nierówności profilu podłużnego powstających po frezowaniu. Po przejściu maszyny SM04 (rys. 8.23) amplituda tych nierówności jest mniejsza od 0,01 mm, a chropowatość wynosi mniej niż 2 μm [126].



Rys. 8.23. Szlifierka taśmowa SM04 [126]

Maszyna SM04 jest skonstruowana na podbudowie dwuosowego pojazdu szynowego i pracuje pomiędzy dwiema frezarkami. Podstawowy zespół roboczy stanowi agregat szlifujący napędzany silnikiem elektrycznym. Pas ścierny jest naciągnięty na rolkach napinających i dociskany do szyny (rys. 8.24). Prędkość szlifowania jest uzależniona od grubości zbieranego materiału i skoordynowana z prędkością modułów frezujących.



Rys. 8.24. Agregat szlifujący maszyny SM04 [126]

Szlifowanie obwodowe stosuje się zwykle w trudno dostępnych miejscach, np. zwrotnicach, lub w celu doszlifowania szyny po jej frezowaniu. Ściernica (rys. 8.25) wykonuje ruch obrotowy wokół własnej osi, a mała powierzchnia styku z szyną ogranicza niekorzystny wpływ temperatury na proces szlifowania.



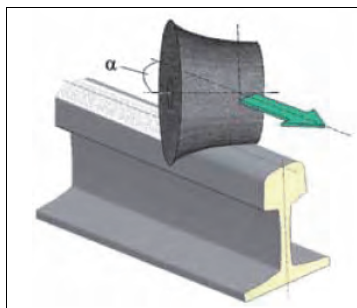
Rys. 8.25. Koło szlifierskie stosowane we frezarkach [65]

Szlifowanie obwodowe zastosowano w nowych frezarkach firmy LINSINGER, gdzie koło szlifierskie jest zabudowane w jednym z modułów. Technologia ta pozwala na uzyskanie niskiej chropowatości powierzchni główki szyny ($1 \div 2 \mu\text{m}$) i likwiduje wady powstałe w procesie frezowania.

Szlifowanie obwodowe jest również wykorzystywane w maszynach torowych HSG (rys. 8.26) firmy Vossloh Rail Services GmbH. Jest to metoda szlifowania szyn z dużą prędkością (ang. *High Speed Grinding* – HSG), w której kamienie szlifierskie są ustawione pod pewnym kątem (rys. 8.27). Stosuje się ją głównie do szlifowania przewencyjnego i nowych szyn z prędkością roboczą $60 \div 100 \text{ km/h}$ [82].

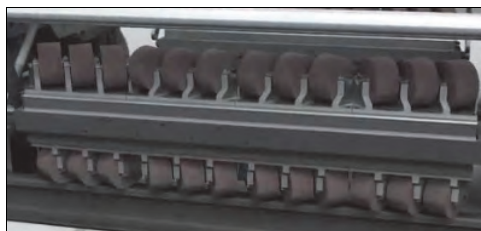


Rys. 8.26. Maszyna HSG firmy Vossloh [82]

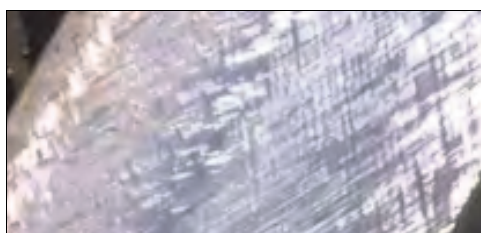


Rys. 8.27. Schemat szlifowania obwodowego [82]

Maszyna HSG jest wyposażona w osiem modułów szlifujących, po cztery na każdą szynę (rys.8.26). Pojedynczy moduł składa się z czterech zespołów szlifujących, z których każdy jest wyposażony w dwanaście kamieni szlifierskich (rys. 8.28). W jednym przejściu maszyny usuwa się materiał o grubości około 0,1 mm i uzyskuje się chropowatość powierzchni tocznej szyny poniżej 10 μm (rys. 8.29).



Rys. 8.28. Moduł szlifujący maszyny HSG – widoczne dwa zespoły szlifujące [82]



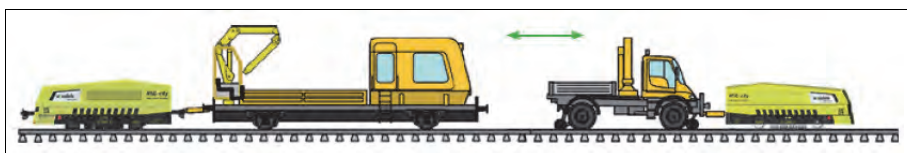
Rys. 8.29. Powierzchnia szyny po szlifowaniu maszyną HSG [82]

Firma produkuje również małe szlifierki kompaktowe HSG-city (rys. 8.30), przeznaczone do pracy w torach tramwajowych i na liniach metra, wyposażone w pojedyncze moduły szlifujące nad każdą szyną.

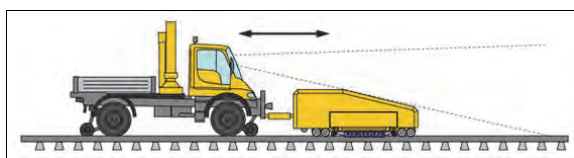
Maszyna może być pchana lub ciągnięta przez drezyny i pojazdy dwudrogowe (rys. 8.31), a jej małe wymiary zapewniają bardzo dobrą widoczność (rys. 8.32). W jednym przejściu maszyna usuwa materiał o grubości do 50 μm , co pozwala uzyskać chropowatość powierzchni tocznej szyny mniejszą od 8 μm [82].



Rys. 8.30. Kompaktowa maszyna HSG-city [82]



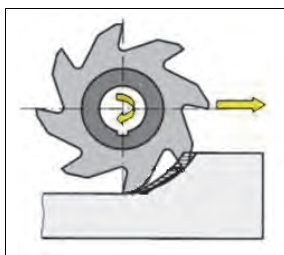
Rys. 8.31. Szlifierka doczepiona do drezyny lub pojazdu dwudrogowego [82]



Rys. 8.32. Widoczność z pojazdu doczepionego do maszyny HSG-city [82]

8.2. Frezowanie szyn

Frezowanie to rodzaj obróbki skrawaniem, w którym ruch obrotowy wykonuje narzędzie, a posuwowy jest wykonywany przez obrabiany przedmiot lub narzędzie. Cechą charakterystyczną procesu frezowania stanowi nierównoczesna praca ostrzy narzędzia, tzn. krawędzie skrawające nie pracują jednocześnie, lecz kolejno jedna po drugiej.



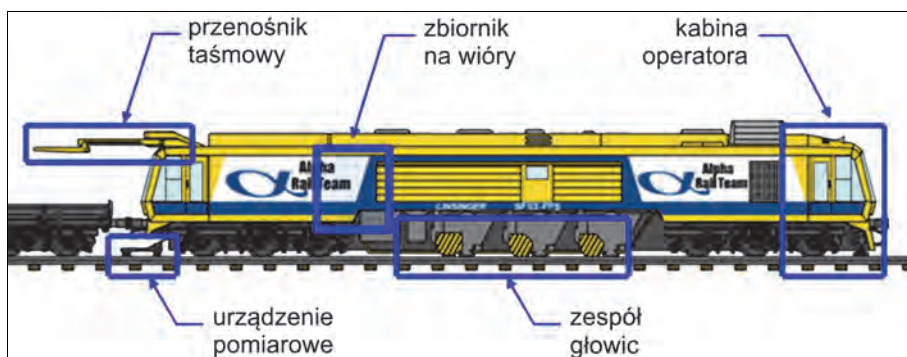
Rys. 8.33. Schemat frezowania obwodowego współbieżnego

Do reprofilacji powierzchni główki szyny wykorzystuje się frezowanie obwodowe współbieżne, w przypadku którego frezy są rozmieszczone na powierzchni walca obracającego-

go się i przesuwającego w kierunku skrawania (rys. 8.33). Kolejne frezy, skrawając powierzchnię szyny, odcinają wióry i wyrzucają je za narzędzie, co ułatwia ich usunięcie z toru.

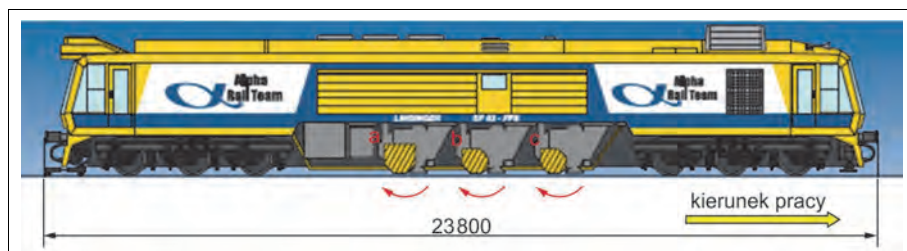
Jednym z producentów maszyn torowych i dwudrogowych do frezowania szyn jest firma LINSINGER Maschinenbau Gesellschaft m.b.H. ze Szwajcarii. Każda frezarka torowa składa się z następujących zespołów roboczych (rys. 8.34):

- systemy pomiarowe i kontroli procesu frezowania, które znajdują się w kabinie operatora;
- system głowic do frezowania i szlifowania szyn;
- system zbierania wiórów i pyłu;
- system pomiarowy.



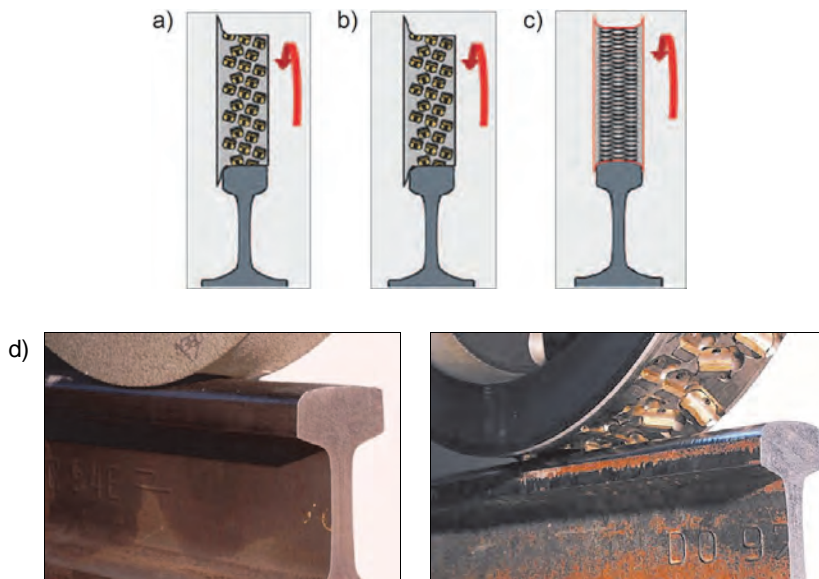
Rys. 8.34. Główne zespoły frezarki torowej [51]

W zależności od rodzaju i typu maszyny do frezowania szyn może ona być wyposażona w różną liczbę modułów frezujących i dodatkowo w moduł szlifujący. Najmniejsze z nich posiadają wyłącznie głowicę frezującą, najnowsze zaś są wyposażone w trzy moduły do frezowania i jeden do szlifowania na każdą szynę.



Rys. 8.35. Frezarka torowa SF03-FFS [51]

Frezarka torowa serii SF03-FFS (rys. 8.35) firmy LINSINGER jest wyposażona w dwa koła frezerskie i jedno szlifierskie (rys. 8.36).



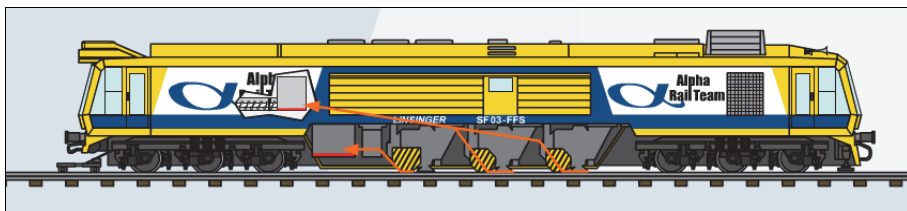
Rys. 8.36. Koła frezerskie (a, b) i szlifierskie (c) frezarki SF03-FFS (d) [51, 65]

System pomiarowy na bieżąco przekazuje do komputera informacje o profilu poprzecznym i podłużnym szyn. W zależności od rodzaju uszkodzeń i profilu docelowego system oblicza niezbędną głębokość frezowania główki szyny. Dane są przekazywane do modułów frezerskich i szlifującego, a cały proces jest sterowany komputerowo. W jednym przejściu maszyny uzyskuje się pożądany profil poprzeczny i podłużny główki szyny [65].

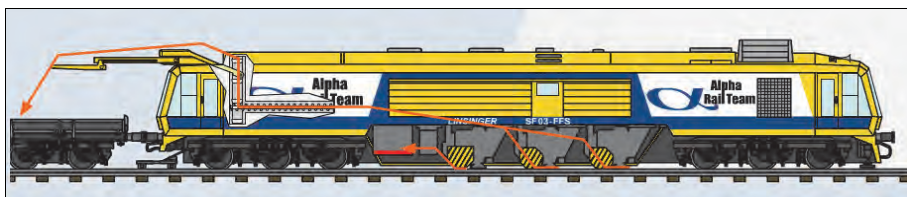


Rys. 8.37. System zasysania wiórów i zanieczyszczeń frezarki SF03-FFS [51, 65]

W procesie frezowania powstają wióry stalowe, które zostają zassane przez końcówkę ssącą znajdującą się bezpośrednio za kołem frezującym (rys. 8.37). Poprzez system rur wióry trafiają do pojemnika zbiorczego (rys. 8.38) lub są wydmuchiwane na taśmociąg, transportujący je na wagon doczepiony do pociągu (rys. 8.39). Zanieczyszczenia powstałe przy szlifowaniu są zasysane i transportowane do oddzielnego pojemnika zlokalizowanego zaraz za modulem szlifierskim [51].



Rys. 8.38. Transport wiórów i zanieczyszczeń do zbiorników we frezarce SF03-FFS [51]



Rys. 8.39. Transport wiórów na wagon z frezarki SF03-FFS [51]

Po przejściu maszyny bez modułu szlifującego na głowce szyny są widoczne podłużne równoległe pasma (rys. 8.40), które powstają przy frezowaniu szyny; ich liczba zależy od rozmieszczenia frezów na kole.



Rys. 8.40. Powierzchnia szyny po przejściu modułu frezującego [51]

Ostateczny efekt frezowania jest uzależniony od wielkości i rodzaju wad występujących w profilu poprzecznym i podłużnym, a głębokość skrawania maszyny wynosi do 1,8 mm na powierzchni jezdnej i maksymalnie do 5 mm na krawędzi tocznej szyny [126]. Ubocznym efektem obwodowego frezowania szyn są powstające na powierzchni główki podłużne mikrozagłębienia, co wpływa na dokładność skrawania. Wadę tę można częściowo wyeliminować przez zwiększenie liczby kół frezujących lub zwiększenie średnicy koła, co spowoduje zmniejszenie kąta zetknięcia się frezu z szyną.

W frezarce SFU04 (rys. 8.41) zastosowano koła frezujące o średnicy 1320 mm zamiast wcześniej stosowanych 600 mm. Zabieg ten umożliwił 2,2-krotne zmniejszenie szczytkowej falistości szyn po frezowaniu [126] i pozwolił spełnić bardzo surowe kryteria odbioru robót w zakresie fal krótkich, bez konieczności szlifowania szyn.



Rys. 8.41. Frezarka SFU04 [77]



Rys. 8.42. Frezarka torowa MG31 [65]

Najnowsza frezarka torowa firmy LINSINGER to maszyna MG31 (rys. 8.42), zalecana szczególnie do pracy na liniach dużych prędkości i wyposażona w trzy moduły frezujące i jeden szlifujący na każdą szynę.



Rys. 8.43. Frezarka dwudrogowa SF02-FS Track firmy LINSINGER [65]

Do reprofiliacji szyn linii tramwajowych i metra stosuje się małe frezarki, jak np. dwudrogowa maszyna serii SF02-FS Track (rys. 8.43), wyposażona w jeden moduł frezujący i dodatkowy moduł szlifujący (rys. 8.44).

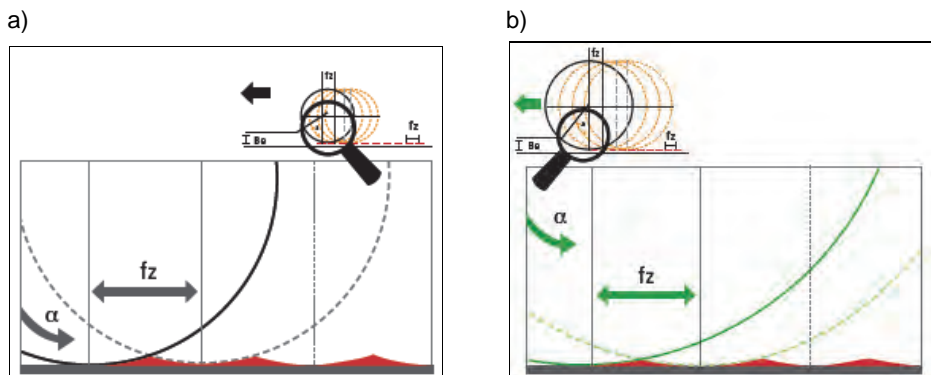


Rys. 8.44. Moduł frezujący i szlifujący maszyny SF02-FS Track [65]



Rys. 8.45. Frezarka VMRM (Vossloh MFL Rail Milling) [82]

Nowa frezarka VMRM (rys. 8.45) powstała we współpracy dwóch firm: Vossloh Rail Services (VRS) i Maschinenfabrik Liezen und Gießerei Ges.m.b.H (MFL). Maszyna ma budowę modułową, a w module skrawającym zastosowano koło frezujące o średnicy 1400 mm, co – podobnie jak w przypadku maszyny SFU04 – zmniejszyło kąt pracy frezów i resztkową falistość (rys. 8.46).



Rys. 8.46. Resztkowa falistość po przejściu maszyny [82]:
a) przy małej średnicy; b) przy dużej średnicy koła frezującego

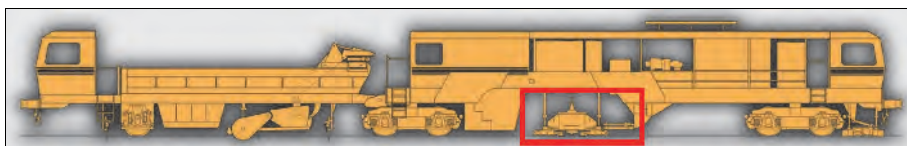
8.3. Struganie szyn

Struganie jest rodzajem obróbki skrawaniem, który polega na usuwaniu materiału przez obróbkę ruchem prostoliniowym, równoległym do obrabianej powierzchni za pomocą jednoostrzowego narzędzia. W robotach torowych materiał z powierzchni główki szyny jest usuwany za pomocą specjalnych noży zainstalowanych w zespole roboczym strugarki. Proces ten pozwala na zmianę profilu poprzecznego główki szyny w torze kolejowym i umożliwia zbieranie dużej ilości materiału. Przykładem takiej maszyny jest strugarka SBM250 (rys. 8.47), produkowana przez firmę Plasser & Theurer.



Rys. 8.47. Strugarka SBM250 firmy Plasser & Theurer [68]

Główny zespół roboczy maszyny SBM250 stanowi moduł strugający, znajdujący się w jej środkowej części (rys. 8.48). Za pomocą siłowników hydraulicznych zespół jest opuszczany na tok szynowy i dociskany do główek szyn, a struganie odbywa się zgodnie z kierunkiem jazdy maszyny.



Rys. 8.48. Moduł strugający maszyny SBM250 [68]

Założony profil poprzeczny główki szyny uzyskuje się poprzez zastosowanie noży o różnych kształtach i kątach nachylenia, a proces strugania odbywa się w trakcie kilku przejazdów z wymianą narzędzi skrawających.

Krawędź toczna główki szyny, w zależności od profilu końcowego, może być skrawana kolejno za pomocą noży o kątach nachylenia: 45° (rys. 8.49), $22,5^\circ$ i $67,5^\circ$ (rys. 8.50), a obróbkę końcową przeprowadza się za pomocą noża w kształcie łuku o określonym promieniu (rys. 8.51) [68].



Rys. 8.49. Obróbka krawędzi tocznej główki szyny – kąt 45° [68]



Rys. 8.50. Obróbka krawędzi tocznej główki szyny – kąt $22,5^\circ$ i $67,5^\circ$ [68]



Rys. 8.51. Obróbka krawędzi tocznej główki szyny – promień wyokrąglenia [68]

Powierzchnia toczna główki szyny jest strugana minimum dwoma zestawami noży o kątach nachylenia 5° (rys. 8.52) i $0,5^\circ$ (rys. 8.53) [68].



Rys. 8.52. Obróbka krawędzi tocznej główki szyny – kąt 5° [68]



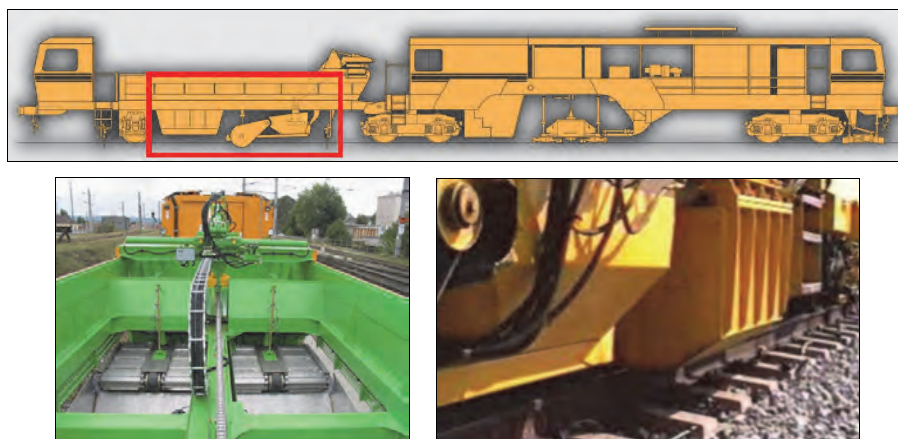
Rys. 8.53. Obróbka krawędzi toczonej główki szyny – kąt $0,5^\circ$ [68]

Z przodu maszyny znajduje się dodatkowy zespół strugający, którego zadaniem jest usunięcie spływów i zadziorów znajdujących się na krawędzi toczonej (rys. 8.54).



Rys. 8.54. Zespół usuwania spływów i zadziorów z główki szyny strugarki SBM250 [68]

Skrawany materiał z obróbki główki szyny spada w tor kolejowy, skąd jest zbierany przez specjalny wagon znajdujący się z tyłu maszyny. Za pomocą przenośnika wyposażonego w elektromagnesy wióry są zbierane i transportowane do środka wagonu.



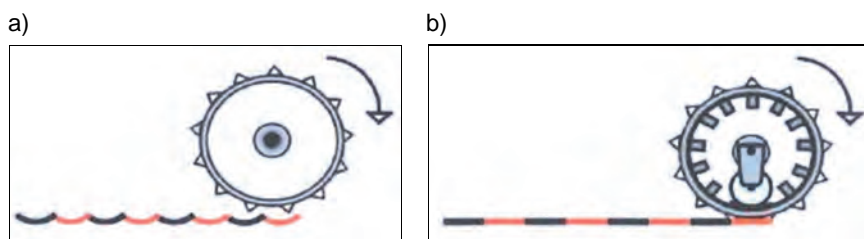
Rys. 8.55. Moduł zbierający wióry z toru strugarki SBM250 [68]

W roku 2012 na targach InnoTrans firma Schweerbau GmbH & Co. KG zaprezentowała nową maszynę do reprofilacji szyn D-HOB 2500 (rys. 8.56), która wykorzystuje metodę strugania obrotowego (ang. *rotational planing*). Struganie obrotowe stanowi połączenie specyficznych cech dwóch metod obróbki skrawaniem: frezowania i strugania. Metodą frezowania uzyskuje się dokładny profil poprzeczny główki szyny i usuwa dużą ilość materiału. Wymaga ona jednak stosowania kół frezujących o dużej średnicy, a pożądaný efekt uzyskuje się w jednym lub dwóch przejściach maszyny. Do zalet strugania należą zebranie bardzo dużej warstwy materiału z główki szyny i uzyskanie dokładnego profilu poprzecznego i podłużnego, nawet bez dalszej obróbki [30].



Rys. 8.56. Maszyna D-HOB 2500 do strugania obrotowego [30]

Struganie obrotowe łączy w sobie zalety tych dwóch metod, jednocześnie eliminując wady i ograniczenia, takie jak: z góry określony profil docelowy i resztkowe nierówności podłużne. Reprofilacji główki szyny dokonuje się synchronicznie, to znaczy, że każdy z noży wykonuje ruch obrotowy, na który przez krótki czas nakładany jest ruch jednostajny, równoległy do powierzchni toczonej szyny (rys. 8.57). W trakcie ślizgu obrotowego w sposób ciągły można zmieniać profil reprofilacji, który może być różny dla każdej szyny [30].

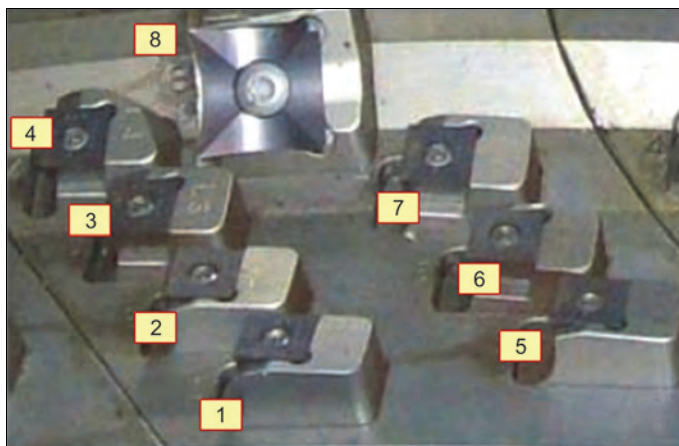


Rys. 8.57. Schemat pracy maszyny D-HOB 2500 [30]: a) frezowanie; b) struganie obrotowe

Koło zespołu roboczego (rys. 8.58) ma średnicę 1400 mm i jest wyposażone w 32 kasety z zamocowanymi nożami skrawającymi (rys. 8.59). Maszyna może pracować tylko w jednym kierunku z prędkością od 300 do 1500 m/h. Głębokość skrawania jest regulowana w zakresie $0,2 \div 1,0$ mm na powierzchni toczonej i w przedziale $0,2 \div 2,0$ mm na krawędzi główki szyny. Po przejściu maszyny na powierzchni toczonej uzyskuje się niską chropowatość – w zakresie $3 \div 5 \mu\text{m}$ [30].



Rys. 8.58. Główny zespół roboczy maszyny D-HOB 2500 [30]



Rys. 8.59. Kasetka z nożami skrawającymi w maszynie D-HOB 2500 [30]:
1-7 – noże proste do obróbki powierzchni tocznej; 8 – nóż zakrzywiony do krawędzi tocznej

NAPRAWA GŁÓWNA NAWIERZCHNI

Naprawa główna (remont) nawierzchni kolejowej obejmuje roboty budowlane mające na celu przywrócenie sprawności technicznej drogi szynowej i polega na odtworzeniu stanu pierwotnego, z możliwością zastosowania innych materiałów niż użyte wcześniej [101, 135].

Naprawa główna nawierzchni sprowadza się zatem do ciągłej wymiany szyn, podkładów oraz stałego oczyszczania podsypki z jej uzupełnieniem i zagęszczeniem. Ze względu na zakres prowadzonych robót naprawy główne można podzielić na [5]:

- kompleksowe – polegające na ciągłej i kompletnej wymianie wszystkich głównych elementów nawierzchni (szyn, podkładów i podsypki);
- niekompleksowe – polegające na ciągłej wymianie jednego lub dwóch elementów nawierzchni (np. tylko szyn lub szyn i podkładów).

Ze względu na stopień zmechanizowania i zakres robót torowych możemy wyróżnić metody:

- małej mechanizacji;
- pełnej mechanizacji.

W zależności od konstrukcji nawierzchni kolejowej i zastosowanych maszyn można wyróżnić trzy podstawowe technologie:

- przęsłową;
- bezpręsłową;
- potokową.

Wybór technologii naprawy głównej zależy w dużym stopniu od posiadanych maszyn torowych i sprzętu oraz od czasu zamknięcia torów. Zaleca się, aby remont nawierzchni na szlaku był wykonywany metodą potokową z wykorzystaniem kombajnów torowych.

Naprawa główna prowadzona metodą małej mechanizacji jest przeprowadzana podobnie jak naprawa bieżąca związana z pojedynczą wymianą elementów nawierzchni kolejowej (omówiona w pkt 4.4).

Obecnie stosowane technologie budowy i wymiany nawierzchni kolejowej wymagają dostarczenia na miejsce budowy gotowych półfabrykatów i zorganizowania ich transportu. Głównymi elementami przewożonymi na miejsce budowy są szyny długie, podkłady z przytwierdzeniami, podsypka (omówiona w pkt 6.4) oraz przęsła torowe w przypadku toru klasycznego.

Metody oraz systemy transportu i wyładunku materiałów do budowy nawierzchni kolejowej zależą w dużym stopniu od technologii naprawy głównej i stosowanych maszyn torowych.

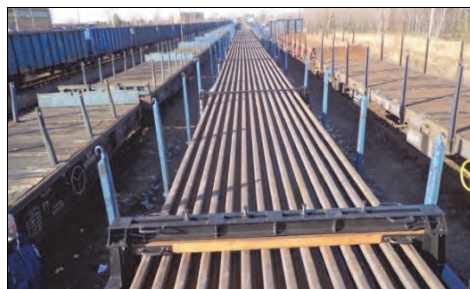
9.1. Transport i wyładunek szyn długich

Szyny długie do torów bezстыkowych są łączone w zgrzewalniach lub walcowane w hutach, a następnie transportowane na miejsce budowy wagonami. Na wagonach platformach szyny są układane na stopkach, w dwóch warstwach po 12–16 sztuk. Każdą warstwę szyn układa się na drewnianych przekładkach, które chronią podłogę wagonu i główkę przed uszkodzeniem (rys. 9.1) [1].



Rys. 9.1. Transport szyn na wagonach platformach

Do transportu szyn są również wykorzystywane przystosowane platformy (rys. 9.2) lub specjalnie wagony przeznaczone do załadunku i wyładunku szyn. Na kłonicie wagonów zakłada się poprzeczne belki stalowe, zabezpieczające szyny podczas transportu i ułatwiające ich rozładunek (rys. 9.3).



Rys. 9.2. Transport szyn długich na wagonach [52]



Rys. 9.3. Zabezpieczenie szyn belką poprzeczną [52]



Rys. 9.4. Wagony z automatycznym systemem mocowania szyn [62]

Firma Herzog Railroad Services produkuje specjalne wagony do przewozu i wyładunku szyn długich, wyposażone w automatyczny system mocowania szyn na wagonach (rys. 9.4). Zwiększa to bezpieczeństwo pracy i wydajność, znacznie skracając czas wyładunku i zamknięcia torów. Wagony umożliwiają transport do 40 szyn – pięć warstw po osiem sztuk. Nowe wagony GEN II Rail Train (rys. 9.5) nie posiadają podłogi, co znacznie zmniejszyło ich masę i pozwala na załadunek do 50 szyn o ciężarze do 65 kg/m – pięć warstw po dziesięć sztuk [62].



Rys. 9.5. Nowy wagon GEN II Rail Train firmy Herzog Railroad Services [62]

Wyładunek długich szyn odbywa się przez ściągnięcie ich parami, począwszy od szyn w środku górnej warstwy. Pierwszą parę szyn łączy się z torem za pomocą lin stalowych, zakończonych uchwytami zakleszczającymi się na szynach. Na ostojnicę ostatniego wagonu zakłada się pochylnię, która łagodzi uderzenia spadającej szyny. Pociąg jedzie z prędkością do 5 km/h, a szyny są ściągane z wagonu. Każda następna para szyn jest łączona z poprzednią i ściągana z wagonu [5].

Wyładunek szyn długich w tor lub na przygotowane torowisko ułatwiają różnego rodzaju urządzenia i systemy rozładunku. W zależności od ich typu mogą one współpracować ze zwykłymi wagonami lub są przystosowane do specjalnych wagonów do przewozu szyn. Szyny mogą być rozładowywane pomiędzy tuki szynowe lub na ich zewnątrz z pociągu, który jedzie po tym samym torze, oraz na torowisko przyległe do toru, po którym poruszają się wagony.

Urządzenie do wyładunku szyn długich firmy Robel (rys. 9.6) może być zamontowane na typowych wagonach platformach. Składa się z dwóch pochylni montowanych na wagonie i wózka ciągniętego po szynach. Po zamocowaniu szyn do toru za pomocą specjalnych lin lokomotywa jedzie z małą prędkością, a szyny są wysuwane z wagonu po pochylniach. Następnie szyny zostają nakierowane na prowadnice zainstalowane na wózku, które w zależności od miejsca wyładunku mogą być ustawione na zewnątrz lub wewnątrz toków szynowych.



Rys. 9.6. Urządzenie do rozładunku szyn firmy Robel [74]



Rys. 9.7. System załadunku i wyładunku szyn firmy Robel [74]

Kolejny system wyładunku i załadunku szyn firmy Robel umożliwia pracę z szynami o maksymalnej długości do 500 m. Składa się z suwnicy bramowej z chwytakami do szyn i dwóch pochylni instalowanych od czoła wagonu (rys. 9.7). Suwnica bramowa porusza się po wagonach na szynach podsuwnicowych, które są zamontowane z boku wagonów. Wyładunek szyn następuje poprzez zaciśnięcie chwytaków na szynach i ich przemieszczenie za pomocą suwnicy wzdłuż wagonu. Czynność ta jest powtarzana do momentu, aż para szyn zostanie rozładowana lub załadowana na wagon (rys. 9.8).



Rys. 9.8. Rozładunek i załadunek szyn w systemie firmy Robel [74]

System rozładunku szyn SRPR13M firmy NEW SOREMA FERROVIARIA (rys. 9.9) jest zainstalowany na wagonie doczepianym do pociągu z szynami. Wyładunek szyn może się odbywać w torze, po którym poruszają się wagony, lub z boku na ułożoną warstwę

podsyпки. Główny zespół roboczy składa się z dwóch belek w kształcie litery T z czterema gniazdami na szyny, których wysokość i szerokość reguluje się za pomocą siłowników hydraulicznych. Do tylnej części wagonu mogą zostać doczepione dwa regulowane ramiona z obejmami, przez które przechodzą rozładowywane szyny [78].



Rys. 9.9. Rozładunek szyn za pomocą SRPR 13M [78]

Za pomocą dwóch lin polipropylenowych o długości 50 m i wciągarek hydraulicznych szyny są wciągane z wagonów do przewozu szyn. Przechodzą przez ramę zainstalowaną na wagonie (rys. 9.10) i trafiają do głównego zespołu roboczego, gdzie za pomocą dwóch pochylni są rozładowywane w tor (rys. 9.11).



Rys. 9.10. Widok zamocowania na wagonie w systemie SRPR 13M [78]



Rys. 9.11. Pochylnie do rozładunku szyn w systemie SRPR 13M [78]

Firma NEW SOREMA FERROVIARIA jest producentem systemu do rozładunku szyn z boku toru na wcześniej przygotowane torowisko z subwarstwą tłucznia. Na wagonach są zamocowane specjalne gniazda oraz wózki z kołami (rys. 9.12), które poruszają się po torowisku. Szyna jest transportowana przez kolejne obejmy, a następnie przechodzi przez wózki i jest układana na torowisku (rys. 9.13).



Rys. 9.12. Gniazda, przez które przesuwane są szyny w systemie firmy NEW SOREMA FERROVIARIA [78]



Rys. 9.13. Wózki do wyładunku szyn w systemie firmy NEW SOREMA FERROVIARIA [78]

Do rozładunku szyn z wagonów firma Herzog Railroad Services stosuje specjalną maszynę dwudrogową RUM (*Rail Unloading Machine*), która zapewnia bardzo duże bezpieczeństwo pracy (rys. 9.14).



Rys. 9.14. Maszyna dwudrogowa RUM firmy Herzog Railroad Services [63]

Za pomocą specjalnych chwytaków szyny są przeciągane z wagonów do maszyny rozładującej RUM. Następnie przechodzą przez trzy obejmy, które są kolejno zamykane, a szyny układa się na zewnątrz toków szynowych (rys. 9.15).



Rys. 9.15. Przeciąganie i mocowanie szyn w obejmach w maszynie RUM [63]

Stosowany w wielu krajach system ciągłego rozładunku szyn kolejowych EMD firmy Geismar może się przemieszczać po drodze kołowej i wjeżdżać na toru na przejeździe kolejowym. Urządzenie składa się z wózka dwudrogowego, lekkiego wózka kolejowego i sztywnych łączników (rys. 9.16).



Rys. 9.16. System rozładunku szyn EMD [62]

Ostatni wagon z szynami jest łączony z wózkiem dwudrogowym za pomocą sztywnego ściągu i w taki sam sposób doczepia się do niego lekki wózek kolejowy. Na szyny zakładane są zaciski z linami, które mocuje się do toków szynowych toru kolejowego. Pociąg porusza się z prędkością do 5 km/h, a szyny przesuwają się w kierunku pierwszego wózka i przechodzą przez obejmy, które są zamykane. Następnie szyny przechodzą przez obejmy drugiego wózka i są rozkładane wewnątrz lub na zewnątrz toków szynowych (rys. 9.17).



Rys. 9.17. Wyładunek szyn przy użyciu urządzenia EMD [62]

Firma Vossloh-Rail-Services jest producentem kilku systemów i urządzeń do wyładunku i załadunku szyn długich, np. AAW, SLW, SAS czy też SHG dla szyn o długości do 60 m (rys. 9.18).



Rys. 9.18. System SHG do rozładunku szyn krótkich [82]

System AAW wykorzystuje dobrze znaną technologię stosowaną w maszynach do naprawy nawierzchni. Szyny są wyciągane z wagonów i prowadzone za pomocą specjalnych rolek, a następnie układane na zewnątrz lub wewnątrz toków szynowych (rys. 9.19). System umożliwia załadunek i rozładunek szyn o długości do 180 m z prędkością do 1000 m/h [82].



Rys. 9.19. System rolek prowadzących AAW [82]

Pociąg do rozładunku i załadunku szyn długich SLW współpracuje z zespołami transportowymi firmy Robel. Suwnica w podobny sposób przemieszcza się po torze podsuwnicowym wzdłuż wagonów, przenosząc szyny przy ich wyładunku i załadunku (rys. 9.20).



Rys. 9.20. Pociąg SLW do wyładunku i załadunku szyn [82]



Rys. 9.21. System wyładunku szyn SAS [82]

System wyładunku szyn długich SAS składa się z trzech zespołów, które są sprzężone z wagonem do transportu szyn. Elementy urządzenia mogą zostać dostarczone w miejsce robót samochodem i szybko zamontowane na wagonie (rys. 9.21).

9.2. Metoda przesłowa

Technologia przesłowa naprawy głównej nawierzchni kolejowej w pełnym zakresie jest stosowana głównie w torach klasycznych, a jej nazwa wiąże się z wymianą (wyjęcie i ułożenie) całych przęseł torowych (szyny połączone z podkładami).

Na proces technologiczny metody przesłowej składają się następujące roboty [5]:

- montaż przęseł torowych w bazach nawierzchniowych;
- transport przęseł na miejsce wbudowania;
- wyjęcie przęseł starego toru;
- ułożenie przęseł nowego toru;
- oczyszczenie podsypki;
- regulacja toru w planie i profilu;

- transport starych przęseł do bazy montażowej;
- demontaż odzyskanych przęseł w bazie;
- ewentualnie wymiana szyn klasycznych na bezстыkowe.

Przęsła torowe są montowane w bazach nawierzchniowych i przewożone na miejsce budowy wagonami platformami, na których układane są w pakiety po trzy do pięciu warstw (rys. 9.22). W zależności od stosowanych maszyn do wymiany przęsła mogą być układane bezpośrednio na podłodze platformy lub na szynach ułożonych na rolkach przymocowanych do podłogi wagonu.



Rys. 9.22. Transport przęseł torowych [81]

Wymiany nawierzchni metodą przęsłową można dokonać przy użyciu:

- samojezdnych suwnic bramowych, które poruszają się po torze podsuwnicowym (SBT-5);
- żurawi do układania przęseł torowych, które poruszają się po istniejącym torze (UK-25);
- maszyn do układania nawierzchni, które poruszają się po torowisku, wykorzystując własny układ jezdny, np. gąsienicowy (DESEC TL).

Zespół suwnic bramowych SBT-5 składa się z suwnicy napędowej i czterech suwnic nośnych o udźwigu 5 t (rys. 9.23). Umożliwia to wymianę przęseł torowych o długości 30 m z podkładami strunobetonowymi o ciężarze do 18 t. W przypadku podkładów drewnianych zespół może się składać z trzech suwnic nośnych i zespołu prądotwórczego [5].



Rys. 9.23. Zespół suwnic bramowych SBT-5 [69]

W zależności od potrzeb pociąg do wyjmowania lub układania przęseł torowych może się składać z: lokomotywy, wagonu krytego, wagonów platform, wagonu motorowego

MPD, wagonów platform z podwieszonym torem podsuwnicowym, toru podsuwnicowego ułożonego na torowisku o długości około 70 m i zestawu suwnic SBT-5 [5].

Przed wymianą nawierzchni należy rozebrać przejazdy kolejowe i zdjąć urządzenia przytorowe (SHP, SRK itp.) oraz zabezpieczyć miejsce robót. Po przyjeździe pociągu na miejsce robót układa się tor podsuwnicowy i łączy go z torem podsuwnicowym na wagonach. Szerokość toru podsuwnicowego wynosi $3020 \text{ mm} \pm 40 \text{ mm}$ [5].



Rys. 9.24. Przejazd SBT-5 po torze podsuwnicowym na wagonach [69]

Zespół suwnic SBT-5 przemieszcza się po torze podsuwnicowym na wagonach (rys. 9.24) i torowisku w miejsce wyjęcia pierwszego przęsła. Z suwnic na linach nośnych opuszczane są belki poprzeczne, które za pomocą zacisków zostają zamocowane do toków szynowych (rys. 9.25). Zespół połączonych suwnic bramowych podnosi przęsło i przewozi je na wagony platformy (rys. 9.26).



Rys. 9.25. Mocowanie przęseł torowych do suwnic SBT-5 [70]

Po wyjęciu kilku przęseł na torowisko wjeżdża spycharka, która rozgarnia i wyrównuje podsypkę. Następnie drugi zespół suwnic SBT-5 zabiera nowe przęsło z wagonu i układa je na wyrównanej podsypce.

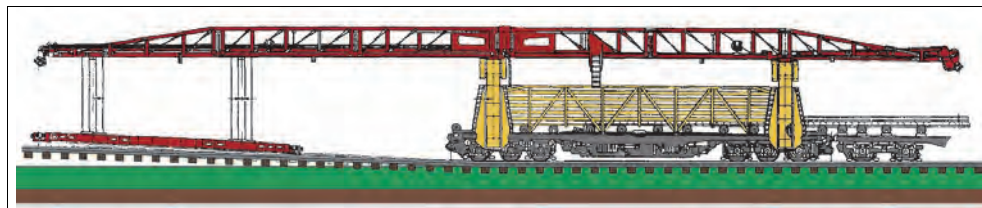
Po wymianie przęseł torowych należy podnieść tor do wymaganej niwelety i oczyścić podsypkę tłuczniovą oraz ściąć ławy torowiska. W kolejnym etapie robót uzupełnia się podsypkę w torze z wagonów samowyladowczych. Następnie reguluje się położenie osi

toru w płaszczyźnie pionowej i poziomej oraz zagęszcza i profiluje pryzmę podsypki. W pracach tych zaleca się stosować wysokowydajne maszyny torowe.



Rys. 9.26. Transport wyjętego przęsła na wagony platformy suwnicami SBT-5 [70]

Naprawa główna nawierzchni kolejowej może być wykonana również za pomocą żurawia UK-25 (rys. 9.27) poruszającego się po istniejącym lub nowym torze kolejowym. W zależności od warunków terenowych i czasu zamknięcia torów wymianę przęseł torowych można przeprowadzić przy użyciu jednego lub dwóch żurawi UK-25 (jeden do wyjmowania, drugi – do układania przęseł).

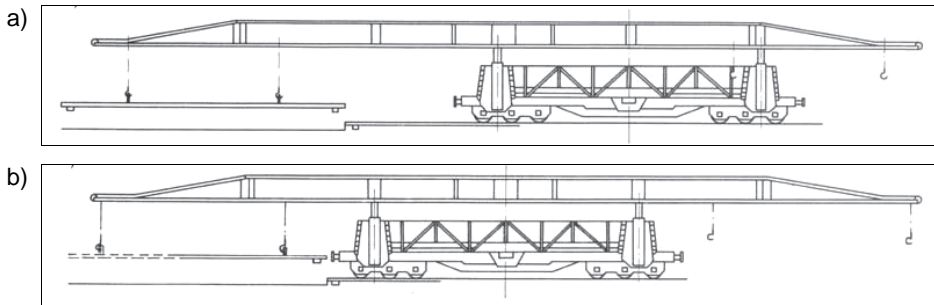


Rys. 9.27. Żuraw UK-25/18 [72]

Obecnie do wymiany przęseł torowych wykorzystuje się najczęściej żurawie typu UK 25/18, przy czym pierwsza cyfra oznacza maksymalną długość wymienianego przęsła (25 m), a druga dopuszczalny udźwieg żurawia (18 t). Starsze konstrukcje żurawi UK 25/9 i UK 25/10,5 miały ograniczoną nośność, odpowiednio, do 9 i 10,5 t, co pozwalało na wymianę przęseł na podkładach drewnianych o długości 25 m i strunobetonowych o długości 15 m.

Całkowita długość dźwigara kratownicy żurawia UK-25/18 wynosi 43,33 m i może on być przesunięty lub położony symetrycznie względem platformy roboczej, na której są składowane przęsła (rys. 9.28).

Pociąg do demontażu lub montażu przęseł torowych składa się z lokomotywy, żurawia UK-25, dwóch platform samojezdnych MPD i od pięciu do dziesięciu wagonów platform wyposażonych w rolki. Na kratownicy żurawia są zainstalowane wyciągarki, które za pomocą systemu lin i belki poprzecznej (rys. 9.29) unoszą przęsło do góry.



Rys. 9.28. Położenie kratownicy żurawia UK-25 względem platformy [149]:
a) przesunięte; b) w pozycji środkowej



Rys. 9.29. Belka poprzeczna do mocowania przęseł za główkę szyny żurawia UK-25 [81]

Przęsła o długości 25 m należy wyjmować z toru z zastosowaniem trawersu, który jest mocowany do belek poprzecznych (rys. 9.30).



Rys. 9.30. Wyjęcie przęsła torowego z wykorzystaniem trawersu żurawia UK-25 [69]

Po wyjęciu przęsło jest przemieszczane wzdłuż dźwigara kratownicy i opuszczane na platformę wstępnego składowania (rys. 9.31). Przęsła torowe są układane na platformie w pakiety po cztery lub pięć sztuk, które są przeciągane na kolejne wagony.



Rys. 9.31. Ułożenie przęsła na platformie żurawia UK-25 [81]



Rys. 9.32. Transport i układanie nowego przęsła żurawiem UK-25 [81]

Układanie nowych przęseł torowych odbywa się w odwrotnej kolejności, najczęściej z wykorzystaniem drugiego pociągu (rys. 9.32). Pozostałe czynności przy wymianie są takie same jak z wykorzystaniem suwnic bramowych.



Rys. 9.33. Suwnica pomostowa PKP 25/20 [81]

Najnowszą konstrukcją czeskiej firmy Traťová strojní společnost, a.s. jest żuraw do układania torów (czes. *Pokladač Kolejových Polí*) PKP 25/20.1i (rys. 9.33). Jest to specjalna suwnica pomostowa, zaprojektowana do układania i demontowania przęseł torowych o maksymalnej długości 25 m i masie 20 t. Suwnica jest połączona z pojazdem dwudrogowym TATRA, który może się poruszać po torach lub torowisku.



Rys. 9.34. Układanie przęseł na wózkach suwnicą PKP 25/20 [81]

Przęsła torowe są wyjmowane z toru za pomocą wyciągarek i układane na dwóch wózkach w pakiety (rys. 9.34), a następnie transportowane w miejsce rozładunku. Nowe przęsła, również na wózkach, są dowożone do suwnicy PKP 25/20.

Przykładem maszyn do wymiany przęseł torowych poruszających się po torowisku na podwoziu gąsienicowym są układarki DESEC TL 50 i 70 (rys. 9.35). Są to wielofunkcyjne urządzenia przeznaczone do transportu, zdejmowania i układania bardzo długich i ciężkich elementów torowych i rozjazdowych.



Rys. 9.35. Układarka DESEC TL [56]



Rys. 9.36. Transport nowego przęsła torowego układarką DESEC TL [56]

Układarki poruszają się na czterech gąsienicach napędzanych silnikami hydraulicznymi, a połączone z nimi teleskopowe łapy mogą być wysuwane w pionie i poziomie oraz obracane. Umożliwia to przemieszczanie przęseł zarówno wzdłuż, jak i w poprzek toru kolejowego (rys. 9.36).



Rys. 9.37. Transport układarki DESEC TL na wagonie [56]



Rys. 9.38. Transport układarki DESEC TL na przyczepie niskopodłogowej [64]

Układarka może być transportowana na wagonie (rys. 9.37) lub przyczepie niskopodwoziowej (rys. 9.38), a załadunku i rozładunku dokonuje sama maszyna za pomocą rozsuwanych łap teleskopowych i gąsienic.



Rys. 9.39. Zdjęcie przęśla z wagonu układarką DESEC TL [64]

Układarki DESEC TL umożliwiają przemieszczanie konstrukcji torowych (rys. 9.39) o maksymalnej długości 32 m i ciężarze 36 t, co pozwala na wymianę przęseł torowych o długości 30 m [64].

9.3. Metoda bezprzęsłowa

Naprawa główna toru bezстыkowego z zastosowaniem metody przęsłowej wymaga dodatkowego etapu prac związanego z wymianą szyn klasycznych na szyny długie. W przypadku metody bezpręsłowej cykl wymiany nawierzchni kolejowej jest jednoetapowy i polega na wyjęciu starych przęseł z toru, rozłożeniu nowych podkładów oraz ułożeniu i połączeniu szyn długich w tor bezстыkowy.

Przed wymianą nawierzchni kolejowej na szlaku (w czasie zamknięcia toru) należy wykonać następujące roboty przygotowawcze:

- przy użyciu zgarniarki lub profilarki tłucznia wyrównać podsypkę poza czołami podkładów pod nowe szyny toru bezстыkowego;
- wyładować szyny i ułożyć je na zewnątrz toru (na podsypce poza czołami podkładów);
- ustawić szyny w rozstawie 3 200 mm jako tor podsuwnicowy.

Roboty zasadnicze naprawy głównej są wykonywane podczas zamknięcia toru dla ruchu i obejmują następujące prace [5]:

- rozebranie przejazdów oraz zdjęcie urządzeń przytorowych;
- rozłączenie toru klasycznego (rozkręcenie i wyjęcie łubków) lub przecięcie szyn toru bezстыkowego (na odcinki długości około 25 lub 30 m);
- wyjęcie przęseł torowych jedną z metod klasycznych (pręsłowych);
- wyrównanie podsypki za pomocą spycharki pod układane podkłady;
- ułożenie podkładów za pomocą suwnic bramowych lub portalowych;
- ułożenie przekładek podszynowych i nasunięcie podkładów;
- ustawienie szyn na podkłady;
- przytwierdzenie szyn do podkładów;
- zgrzewanie lub spawanie termitowe szyn.

W następnej kolejności, w zależności od potrzeb, wykonuje się roboty związane z oczyszczaniem i uzupełnianiem podsypki, regulacją toru w planie i profilu, zagęszczeniem i oprofilowaniem podsypki oraz regulacją sił podłużnych w torze.

Technologia bezpręsłowa wymiany nawierzchni może być stosowana również do ciągłej wymiany podkładów. Wówczas stare szyny są wyjmowane i układane na zewnątrz toru, tworząc tor podsuwnicowy, po którym poruszają się suwnice bramowe z trawersem.

W zależności od rodzaju wyjmowanych przęseł i układanych podkładów w metodzie bezpręsłowej mogą być wykorzystane różnego typu maszyny. Najczęściej są to samojezdne suwnice bramowe lub portalowe z podwieszonym trawersem, do którego mocuje się przęsło lub podkłady (np. SBT-5, PTH-350, PA 1-20).

W Polsce w metodzie bezpręsłowej powszechnie wykorzystywane są suwnice bramowe SBT-5, które poruszają się po torze podsuwnicowym zamontowanym na wagonach platformach (rys. 9.40) oraz ułożonym na podsypce poza czołami podkładów istniejącego toru.

Do zespołu wyciągarek suwnic SBT-5 podwiesza się trawers z zawieszami łańcuchowymi, do których mocowane są podkłady kolejowe (za żebro podkładki lub kotwę). Po doczepieniu podkładów suwnica SBT-5 jedzie po torze podsuwnicowym do miejsca ułożenia

nia podkładów. Po opuszczeniu trawersu odczepia się co drugi podkład, następnie suwnica się przemieszcza i odczepiane są pozostałe podkłady (rys. 9.41).



Rys. 9.40. Suwnice SBT-5 poruszające się po wagonach platformach [70]



Rys. 9.41. Układanie podkładów za pomocą suwnic SBT-5 [60]



Rys. 9.42. Transport suwnic PTH-350/500 na wagonie [62]

Do wyjmowania i transportu przęseł torowych oraz układania nowych podkładów w torze wykorzystuje się coraz częściej suwnice portalowe PTH firmy Geismar (np. PTH-350, PTH-500

lub PTH-900). Suwnice portalowe PTH na miejsce budowy transportuje się na wagonach platformach (rys. 9.42), gdzie następuje ich rozładunek.



Rys. 9.43. Przemieszczanie się suwnicy PTH-350 po torze podsunicowym [62]

Zaletą suwnic portalowych PTH jest możliwość poruszania się wyłącznie po ułożonym torze podsunicowym za czołami podkładów, bez konieczności stosowania specjalnych wagonów (rys. 9.43). Suwnica PTH-350 umożliwia transport 60 podkładów drewnianych i 40 podkładów strunobetonowych, a PTH-500 – do 60 podkładów strunobetonowych (tj. do 36 m toru).



Rys. 9.44. Załadunek podkładów z wagonu platformy suwnicą PTH-350 [62]

Suwnica PTH-350 przemieszcza się po torze podsunicowym i dojeżdża do wagonu platformy z nowymi podkładami. Po opuszczeniu trawersu zawiesia łańcuchowe zaczepia się do podkładów, unosi trawers i transportuje podkłady w miejsce wbudowania (rys. 9.44).

Po opuszczeniu trawersu odczepia się co drugi podkład, a następnie suwnica przemieszcza się dalej i odczepiane są pozostałe podkłady (rys. 9.45).



Rys. 9.45. Układanie podkładów suwnicą PTH-350 [62]

Firma Robel jest producentem suwnic portalowych PA 1-20 ES (rys. 9.46) i PA 250 (rys. 9.47), które umożliwiają transport i układanie podkładów na przygotowanej warstwie podsypki. Suwnica PA 1-20 pozwala na transport 20 podkładów strunobetonowych i 24 drewnianych. Natomiast suwnica PA 250 składa się z dwóch portali jezdnych połączonych sztywną belką i służy do układania podkładów na długości od 11 do 20 m toru o maksymalnym ciężarze 11 ton [74].



Rys. 9.46. Suwnica portalowa PA 1-20 ES firmy ROBEL [74]



Rys. 9.47. Suwnica portalowa PA 250 firmy ROBEL [74]

Po ułożeniu podkładów na wyrównanej warstwie tłucznia należy sprawdzić ich rozstaw i ewentualnie nasunąć w kierunku podłużnym oraz ułożyć przekładki podszynowe. Następnie za pomocą urządzenia do wkładania szyn (np. MPR firmy Geismar) trzeba ułożyć je na podkładach (rys. 9.48) i przytwierdzić.



Rys. 9.48. Urządzenie do wkładania szyn MPR firmy Geismar [62]

Pierwsze nasunięcie toru w płaszczyźnie poziomej może być wykonane za pomocą małych nasuwarek hydraulicznych (np. NH, RV100). Na rysunku 9.49 przedstawiono przykładową nasuwarę RV100 firmy Geismar, która na łapach hydraulicznych unosi szyny z przytwierdzonymi podkładami i przesuwa je w kierunku poprzecznym do osi toru.

Po połączeniu szyn długich w tor bezстыkowy (poprzez zgrzanie lub spawanie szyn) wykonuje się roboty podsypkowe (oczyszczanie i uzupełnienie podsypki), dokonuje się regulacji toru w płaszczyźnie pionowej i poziomej oraz zagęszczenia i oprofilowania podsypki.



Rys. 9.49. Nasuwarła hydrauliczna RV 100 firmy Geismar [62]

9.4. Metoda potokowa

Metoda pracy równomiernej (zwana też potokową) to przemysłowa metoda produkcji taśmowej, która została zaadaptowana na potrzeby budownictwa. Polega na podziale toru

kolejowego na równe działki robocze, na których za pomocą zespołów o zbliżonej produktywności (wydajności) wykonywane są kolejne prace. Metoda ta może być stosowana przy wymianie nawierzchni kolejowej w technologii przęsłowej i bezprzęsłowej, wówczas działka robocza jest wielokrotnością długości przęsła lub szyny długiej.

Jednak najlepsze efekty uzyskuje się przy wykorzystaniu specjalnych maszyn do ciąglej i kompleksowej naprawy głównej, zwanych kombajnami torowymi. W takim przypadku nie ma potrzeby dzielenia toru na działki robocze, bo wymiana elementów nawierzchni kolejowej odbywa się przy ciągłym ruchu maszyny.

W zależności od potrzeb i zastosowanego kombajnu torowego naprawa główna może obejmować wymianę wszystkich składników nawierzchni, tj. podkładów i szyn, oraz oczyszczenie podsypki (naprawa kompleksowa) lub wymianę tylko wybranych elementów (np. wyłącznie podkładów).

Metoda potokowa charakteryzuje się dużą wydajnością, przy jednoczesnym ograniczeniu zatrudnienia i wysiłku fizycznego pracowników. W Polsce technologia ta jest stosowana od 1995 r., kiedy zakupiono pierwszą maszynę P93 UMP szwajcarskiej firmy Matisa. Średnia wydajność wymiany nawierzchni w ciągu ośmiogodzinnego dnia pracy w latach 2000–2002 wynosiła 930 m [11, 35, 90].

Maszyny P93 i P95 firmy Matisa są w Polsce głównymi zespołami w składzie pociągu do potokowej wymiany (układki) nawierzchni PUN. W skład zespołu PUN wchodzi jeszcze wagony platformy do przewozu podkładów i złączek, oczyszczarka tłucznia z wagonami do transportu odsiewek oraz wagony zaplecza techniczno-socjalnego [32].



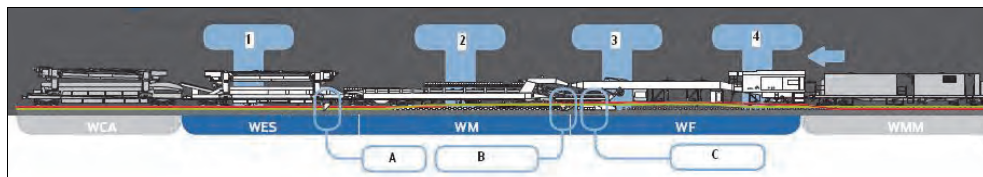
Rys. 9.50. Wagon platformy i suwnica bramowa zespołu PUN (J. Zariczny)

Nowe podkłady transportuje się na wagonach platformach (rys. 9.50), które na miejscu budowy są doczepiane z przodu maszyny. Na wagonach typu 401 Za podkłady są układane poprzecznie w czterech warstwach po 30 sztuk, tj. w sumie 120 podkładów strunobetonowych. Warstwy są oddzielone drewnianymi krawędziakami o wymiarach 60×60 mm, które ułatwiają transport podkładów suwnicą oraz zabezpieczają je przed uszkodzeniami.

Maszyna P93 wraz z platformą podsuwnicową ma długość całkowitą 108,63 m i waży 157,8 ton. W czasie transportu jest doczepiana do lokomotywy i może być przemieszczana z prędkością do 100 km/h. W czasie manewrów maszyna porusza się o własnym napędzie z prędkością do 4,5 km/h, a w trybie roboczym – do 1,15 km/h. Maszyna może pracować przy niskich peronach, jeżeli minimalna odległość od osi toru do krawędzi peronu wynosi

1980 mm, oraz w miejscach, w których odległość do fundamentów słupów trakcyjnych lub urządzeń SRK jest większa od 1750 mm [100].

Maszyny P93 i P95 są wyposażone w trzy główne człony robocze: WES, WM i WF oraz człony dodatkowe: PKW (WCA – P95) i WMM (rys. 9.51).



Rys. 9.51. Schemat maszyny P95 firmy Matisa [32, 67]: 1 – zdejmowanie przytwierdzeń, 2 – wyjmowanie starych szyn, 3 – układanie nowych podkładów, 4 – układanie nowych szyn, A – pługi boczne, B – urządzenie do wyjmowania starych podkładów, C – pług wibracyjny

Człon PKW (WCA) maszyny P93 (P95) jest połączony ze składem wagonów platform do przewozu podkładów i wyposażony w suwnicę bramową P30TR. Wzdłuż składu wagonów platform i maszyny ułożony jest tor podsuwnicowy (rys. 9.52), po którym poruszają się suwnice z podkładami.



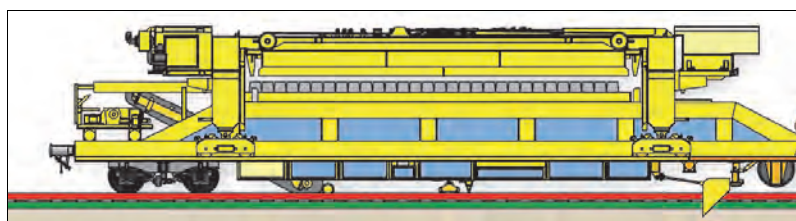
Rys. 9.52. Tor podsuwnicowy na wagonach platformach zespołu PUN (J. Zariczny)

Maszyna może współpracować z jedną suwnicą (bez członu PKW), co powoduje jednak zakłócenia ciągłości pracy i skutkuje mniejszą wydajnością. W praktyce maszyna jest wyposażona w dwa człony (PKW i WES) z suwnicami bramowymi, które ze sobą współpracują (rys. 9.53). Suwnica członu PKW (WCA) transportuje nowe i stare (wyjęte z toru) podkłady wzdłuż składu wagonów platform oraz członów PKW i WES.

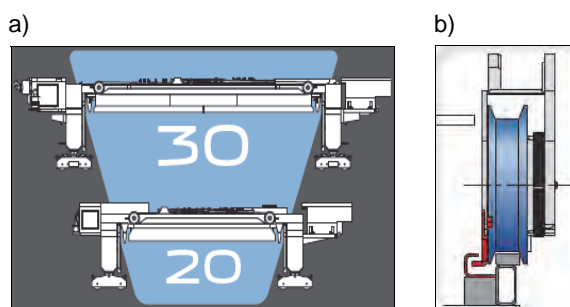


Rys. 9.53. Człony PKW (z lewej) i WES z suwnicami bramowymi zespołu PUN (J. Zariczny)

Człon WES (rys. 9.54) to dodatkowy wagon napędowy, oparty na wózku dwuosio-
wym i członie WM. Jest wyposażony w suwnicę bramową P30TR, która transportuje do 30
podkładów strunobetonowych (P20TR – do 20 podkładów) i porusza się po specjalnym
torze podsuwnicowym (rys. 9.55).



Rys. 9.54 Schemat członu WES z suwnicą bramową maszyny P95 [67]



Rys. 9.55. Schemat suwnic P30 TR i P20 TR (a);
zabezpieczenie kół na torze podsuwnicowym maszyny P95 (b) [67]

Zadania suwnicy członu WES obejmują przemieszczanie nowych podkładów z wago-
nu platformy na zespół przenośników łańcuchowych członu WM oraz transport wyjętych
podkładów z platformy pośredniego składowania (człon WM) na koniec składu wagonów
platform. Jest on wyposażony w urządzenia do demontażu pozostałych przytwierdzeń

(dwie zakrętkarki – rys. 9.56), które są zbierane za pomocą magnetycznego przenośnika i transportowane na wózek z wychylnym pojemnikiem (rys. 9.57). Po napełnieniu wózka przemieszcza się on po specjalnym torze zamontowanym na członie PKW, gdzie złączki są wysypywane na platformę.

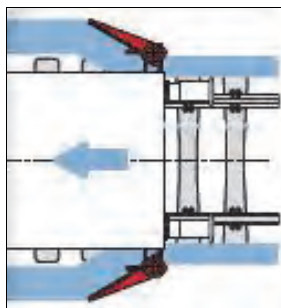


Rys. 9.56. Zakrętkarki obsługiwane przez dwóch operatorów w zespole PUN.
W głębi separator magnetyczny (J. Zariczny)



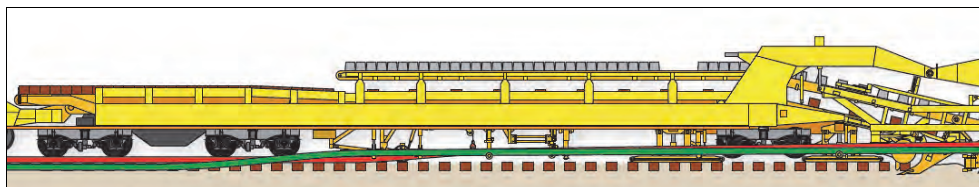
Rys. 9.57. Transporter magnetyczny i wózek z wychylnym pojemnikiem zespołu PUN
(J. Zariczny)

Człon WES może być również wyposażony w dodatkowe boczne pługi, których zadaniem jest nagarnięcie tłucznia do czół podkładów (rys. 9.58).



Rys. 9.58. Pługi boczne członu WES maszyny P95 [67]

Zasadniczym modulem maszyny P95 jest człon WM (rys. 9.59), który w czasie pracy opiera się na dwóch wózkach dwuosiowych (w przedniej części) i na dwóch parach sań gąsienicowych (rys. 9.60).



Rys. 9.59. Schemat członu WM maszyny P95 [67]



Rys. 9.60. Przednie sanie gąsienicowe zespołu PUN (J. Zariczny)

Człon WM jest wyposażony w zespoły robocze do wymiany szyn i podkładów oraz profilowania i zagęszczenia podsypki tłuczniowej. Cykl pracy rozpoczyna się od podniesienia starych szyn, z których usunięto wcześniej przytwierdzenia (w członie WES). Za pomocą pary kleszczy wyposażonych w specjalne rolki stare szyny są podnoszone i prowadzone wzdłuż maszyny zespołami rolek prowadzących (rys. 9.61). W podobny sposób podnosi się i prowadzi szyny nowe (rys. 9.62).



Rys. 9.61. Zespół rolek do podnoszenia szyn w zespole PUN
(J. Zariczny)



Rys. 9.62. Rolki do prowadzenia starych i nowych szyn w zespole PUN
(J. Zariczny)

Za drugimi saniami gaśnicowymi zamontowany jest zespół roboczy do wybierania starych podkładów z toru (rys. 9.63), które następnie za pomocą przenośników łańcuchowych (rys. 9.64) są transportowane na platformę pośredniego składowania (rys. 9.65).



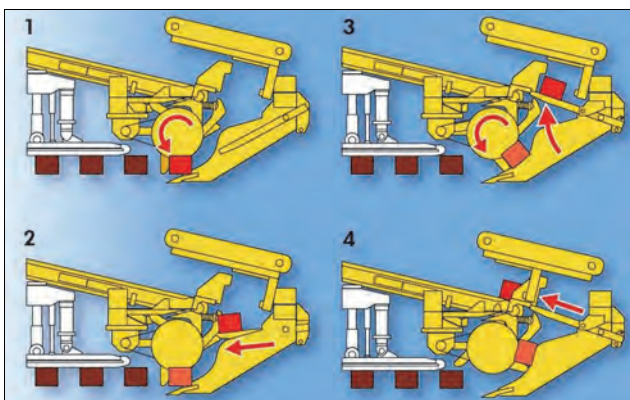
Rys. 9.63. Urządzenie do wyjmowania podkładów z toru w zespole PUN
(J. Zariczny)



Rys. 9.64. Przenośniki łańcuchowe do podkładów starych (na dole) i nowych w zespole PUN (J. Zariczny)



Rys. 9.65. Platforma pośredniego składowania podkładów starych (z lewej) i nowych w zespole PUN (J. Zariczny)



Rys. 9.66. Schemat pracy zespołu wyjmowania starych podkładów w maszynie P95 [67]

Zespół do wyjmowania podkładów z toru kolejowego jest wyposażony w dwa lemiesz i koła z palcami, które wybierają podkłady z podsypki i przesuwają je do góry. Następnie podkład jest unoszony i przesuwany na zespół przenośników łańcuchowych (rys. 9.66).

Podkłady są zbierane na platformie pośredniego składowania, po czym platforma zostaje uniesiona, a suwnica bramowa transportuje je na wagon platformę.

W kolejnym etapie wymiany dwa zgarniacze podsypki po wyjęciu podkładów z toru rozgarniają tłużeń (rys. 9.67), a pług wibracyjny go wyrównuje i zagęszcza (rys. 9.68).



Rys. 9.67. Dwa zgarniacze podsypki w zespole PUN
(J. Zariczny)

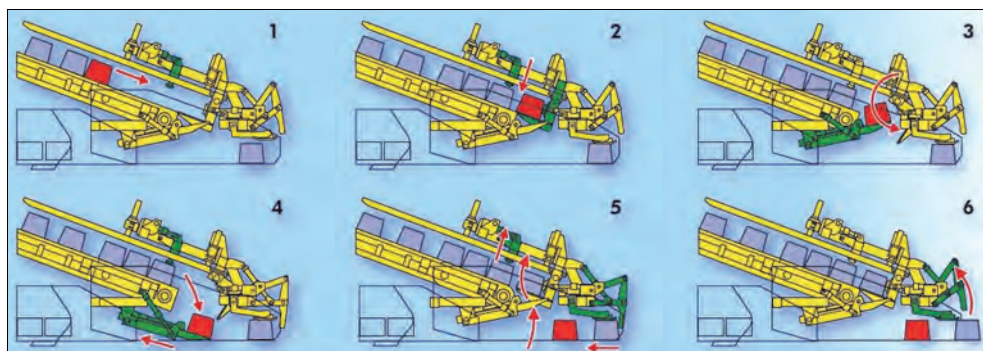


Rys. 9.68. Pług wibracyjny w zespole PUN
(J. Zariczny)

Po wyrównaniu i zagęszczeniu podsypki kolejny zespół podaje i układa nowe podkłady (rys. 9.69). Z platformy pośredniego składowania podkłady są transportowane przenośnikami łańcuchowymi do urządzenia układającego, gdzie zatrzymują się na zderzaku hamującym. Po uniesieniu zderzaka podkład jest przemieszczany na belkę przekazującą i za pomocą palców układających opuszczany i układany na podsypce, a następnie przesuwany po podsypce do wymaganego rozstawu (rys. 9.70).

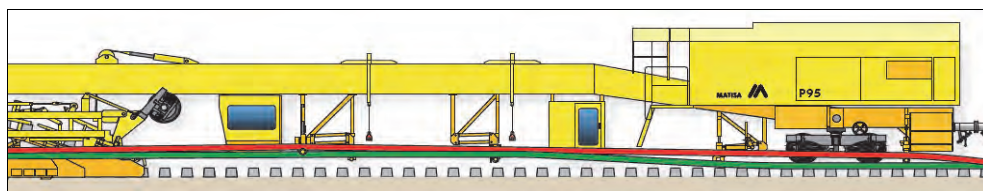


Rys. 9.69. Zespół układania podkładów w zespole PUN (J. Zariczny)



Rys. 9.70. Schemat układania nowych podkładów w maszynie P95 [67]

Sterowanie i nadzorowanie pracy zespołów do wyjmowania i układania podkładów oraz transportu starych i nowych podkładów odbywa się ze specjalnej kabiny podwieszanej do ramy roboczej.



Rys. 9.71. Schemat członu WF w maszynie P95 [67]

Ostatnim członem roboczym maszyny P93 (P95) jest człon WF (rys. 9.71), wyposażony w stanowisko uzupełniania brakujących przekładek podszynowych (rys. 9.72). Zainstalowane są tu również zespoły rolek prowadzenia szyn wyjętych z toru i szyn nowych oraz urządzenie do układania nowych szyn na podkładach (rys. 9.73). Sterowanie tymi zespołami odbywa się z kabiny operatora podwieszanej do ramy roboczej maszyny.



Rys. 9.72. Stanowisko do uzupełniania przekładek podszynowych w zespole PUN (J. Zariczny)



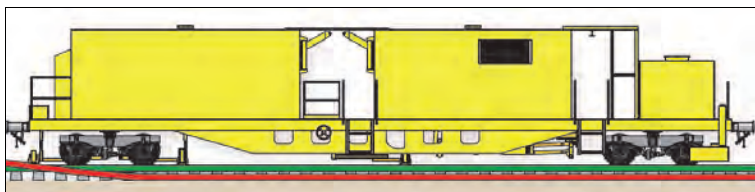
Rys. 9.73. Zespół układania nowych szyn na podkładach w zespole PUN (J. Zariczny)

Człon WF jest również jednostką napędową maszyny (rys. 9.74). Na jego końcu znajduje się kabina składająca się z dwóch pomieszczeń. W pierwszym znajduje się silnik wysokoprężny i agregaty napędowe, drugie mieści zaś szafę sterowniczą oraz mały warsztat podręczny.



Rys. 9.74. Kabina z pomieszczeniem silnikowym członu WF w zespole PUN (J. Zariczny)

Ostatni człon WMM (rys. 9.75) maszyny jest wyposażony w zespół rolek prowadzących wyjęte z toru szyny oraz dwa dodatkowe pługi, które zgarniają i profilują podsypkę (rys. 9.76).



Rys. 9.75. Schemat członu WMM w maszynie P95 [67]



Rys. 9.76. Człon WMM w zespole PUN – z lewej zgarniacze podsypki (J. Zariczny)

Przed rozpoczęciem robót zasadniczych przy użyciu maszyny P93 (P95) należy wykonać roboty przygotowawcze, między innymi [100]:

- ściąć ławy torowiska;
- zdemontować lub zabezpieczyć wszystkie urządzenia techniczne oraz instalacje znajdujące się w podsypce tłuczniowej (urządzenia SRK, pędnie, kable, łączniki, linki);
- zdemontować nawierzchnię przejazdów kolejowych w poziomie szyn;
- oczyścić podsypkę tłuczniową oczyszczarką tłucznia;
- wyregulować położenie toru w płaszczyźnie pionowej i poziomej (doprowadzić tor do niwelety roboczej);
- oprofilować oczyszczoną podsypkę tłuczniową;
- przywieźć z placu składowego i rozładować na zewnątrz toków szynowych nowe szyny;
- połączyć końce nowych szyn łubkami czterootworowymi skręconymi w drugim otworze skróconą śrubą łubkową;
- obrócić śruby łubkowe nakrętkami na zewnątrz toków szynowych, jeżeli jest naprawiany tor klasyczny;
- zeszlifować spoiny termitowe i zgrzeiny na stopkach starych szyn, jeżeli jest naprawiany tor bezстыkowy;
- obciąć śruby łubkowe sprężające przy nakrętkach w złączach szynowych izolowanych (klejono-sprężonych);
- zdemontować opórki przeciwpelzne;
- zdemontować odbojnice;
- nanieść na sąsiednim toku szynowym wielkości i wartości niezbędne dla obsługi pomiarowej zespołu PUN (początki i końce krzywych przejściowych, długości krzywych przejściowych i łuków, wartości przechyłek i promieni łuków);
- zdemontować 90% przytwierdzeń, a pozostałe 10% zakonserwować.

Po wymianie szyn i podkładów należy wykonać roboty wykończeniowe, które swoim zakresem obejmują [100]:

- wykonanie prac odwrotnych w stosunku do większości robót przygotowawczych;
- montaż przytwierdzeń;
- łączenie końców ułożonych szyn;
- cięcie wyjętych szyn, ich załadunek i transport na plac składowy;
- zgarnianie podsypki tłuczniowej z ław torowiska do czół podkładów;
- uzupełnianie podsypki tłuczniowej;
- regulacja położenia toru w płaszczyźnie pionowej i poziomej;
- zagęszczanie podsypki tłuczniowej;
- oprofilowanie podsypki tłuczniowej.

Maszyny P95 mogą być wyposażone w wiele urządzeń dodatkowych, w zależności od wymagań nabywcy, np. zespoły do zakręcania lub zapinania przytwierdzeń typu Pandrol Fastclip i Vossloh Rapid W-System, zespół przemieszczania (przeciągania) szyn w torze czy też system wybierania podsypki z toru.

Maszyna P95T jest dodatkowo wyposażona w łańcuch wybierakowy (rys. 9.77), którego zadanie polega na zebraniu podsypki tłuczniowej w celu ułożenia nowego toru na tej samej wysokości. Rozwiązanie to ma szczególne zastosowanie w miejscach, gdzie podsypka nie może być przesunięta na boki toru za pomocą zgarniaczy (np. na mostach i przy peronach).



Rys. 9.77. Wybieranie podsypki z toru maszyną P95T [67]

Wybrana podsypka tłuczniowa jest przemieszczana wzdłuż maszyny na przenośnikach taśmowych i może być usunięta z toru lub ponownie wsypana między podkłady w końcowej części maszyny (rys. 9.78).

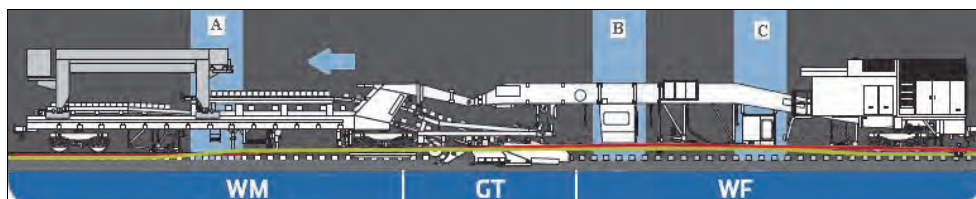


Rys. 9.78. Schemat transportu podsypki maszyną P95T [67]

Maszyna P190 firmy Matisa składa się z dwóch członów (WM i WF) i zespołów roboczych GT do wymiany podkładów (rys. 9.79). Jest przeznaczona do ciągłej wymiany podkła-

dów i szyn na krótkich odcinkach toru; zwykle do maszyny doczepia się od trzech do siedmiu wagonów z nowymi podkładami. Wyposażona jest w pięć par rolek do prowadzenia starych szyn i trzy pary do szyn nowych oraz suwnicę, która może transportować do 20 podkładów.

Główne zespoły robocze maszyny P190 do wymiany szyn i podkładów są identyczne jak w przypadku maszyny P95. W członie WM pracownik kontroluje ułożenie podkładów wyjętych z toru (rys. 9.80), a operator suwnicy transportuje je na wagony platformy oraz dowozi nowe podkłady. Operator zespołów roboczych GT monitoruje usuwanie starych podkładów z toru i układanie nowych podkładów oraz reguluje prędkość jazdy maszyny. Operator w członie WF kontroluje układanie nowych szyn na podkładach (rys. 9.79).



Rys. 9.79. Schemat maszyny P190 firmy Matisa [67]:

A – kontrola ułożenia starych podkładów, B – kontrola usuwania starych i układania nowych podkładów, C – kontrola układania nowych szyn



Rys. 9.80. Maszyna P 190 firmy Matisa – kontrola ułożenia podkładów [67]

Drugim liczącym się producentem maszyn do potokowej wymiany nawierzchni jest austriacka firma Plasser & Theurer. Technologia robót i ogólna zasada działania są w obu przypadkach bardzo podobne, a różnice dotyczą szczegółów budowy i rozwiązań technicznych poszczególnych zespołów roboczych.

Maszyna SUZ500 (rys. 9.81) firmy Plasser & Theurer pod względem zakresu robót i zainstalowanych zespołów roboczych jest podobna do maszyny P95T. Wyposażona jest w urządzenia do wymiany szyn, wyjmowania i układania podkładów oraz wybierania i wsypywania podsypki tłuczniowej.

Po wyjęciu szyn z toru są one transportowane na zewnątrz maszyny systemem rolek prowadzących. W podobny sposób są unoszone i prowadzone szyny nowe. Urządzenie do wyjmowania podkładów (rys. 9.82) wybiera je z podsypki i przemieszcza w górę maszyny, gdzie za pomocą przenośników łańcuchowych są transportowane na platformę maszyny. Po zebraniu odpowiedniej liczby wyjętych podkładów suwnica transportuje je na wagony platformy.



Rys. 9.81. Maszyna SUZ 500 UVR firmy Plasser & Thuerer [68]



Rys. 9.82. Zespół wyjmowania starych podkładów w maszynie SUZ 500 UVR [68]

Za urządzeniem do wyjmowania podkładów zabudowany jest zespół wybierania podsypki tłuczniowej (łańcuch wybierakowy), który wybiera z toru podsypkę i transportuje ją przenośnikami. Następnie za pomocą zsyków, zainstalowanych w końcowej części maszyny, podsypka jest wsypywana w tor (rys. 9.83).



Rys. 9.83. Wsypywanie wybranej podsypki w tor maszyną SUZ 500 UVR [68]

Bezpośrednio za łańcuchem wybierakowym znajduje się płóg wibracyjny, który wyrównuje i zagęszcza podsypkę pozostałą w torze. Nowe podkłady za pomocą suwnicy bramowej są transportowane na platformę maszyny, gdzie przenośnikami łańcuchowymi są podawane do zespołu układania nowych podkładów (rys. 9.84). Urządzenie zabiera z przenośnika po dwa podkłady i układa je na podsypce, a następnie specjalne łapy (rys. 9.85) przesuwają podkład, ustawiając go z odpowiednim rozstawem (prostopadle do osi toru).



Rys. 9.84. Zespół układania nowych podkładów w maszynie SUZ 500 UVR [68]



Rys. 9.85. Urządzenie do przesuwania podkładów w torze w maszynie SUZ 500 UVR [68]

Maszyna SUM-Q3 firmy Plasser & Theurer (rys. 9.86) jest kombajnem torowym do wymiany szyn i podkładów oraz wybierania podsypki, która może być wsypana w tor lub transportowana na wagony MFS.

Maszyna SUM-Q3 jest wyposażona w inny zespół do wyjmowania podkładów z toru (rys. 9.87), który wybiera i przemieszcza podkłady na transportery łańcuchowe. Podsypka tłuczniowa jest wybierana z toru łańcuchem wybierakowym i transportowana przenośnikami taśmowymi (rys. 9.87) do zsyków, gdzie zostaje wsypana w tor lub na wagony samowładownicze MFS. Następnie płóg wibracyjny wyrównuje pozostałą w torze podsypkę, na której układane są nowe podkłady.



Rys. 9.86. Maszyna SUM-Q3 firmy Plasser & Theurer [68]



Rys. 9.87. Zespół wybierania podkładów (a);
transport wybranej podsypki i nowych podkładów w maszynie SUM-Q3 (b) [68]

Operator urządzenia do układania szyn (rys. 9.88) układa je na podkładach, a stare szyny systemem rolek są przemieszczane na zewnątrz toru.



Rys. 9.88. Urządzenie do układania nowych szyn w maszynie SUM-Q3 [68]



Rys. 9.89. Kombajn torowy RU800 firmy Plasser & Theurer [68]

Kombajn torowy RU800 (rys. 9.89) firmy Plasser & Theurer to największa i najbardziej skomplikowana spośród dotychczas wyprodukowanych maszyn torowych. Umożliwia kompleksową wymianę nawierzchni kolejowej (szyn, podkładów i podsypki) oraz profilowanie łąw torowiska.

Stare podkłady wyjmują się z toru i transportuje przenośnikami łańcuchowymi na platformę pośredniego składowania, skąd są odbierane suwnicą bramową i przenoszone na wagony platformy. Następnie za pomocą belki podtorowej z łańcuchem wybierakowym podsypka jest wydobywana z toru (rys. 9.90) i transportowana przenośnikami do przesiewaczy.



Rys. 9.90. Wybieranie podsypki tłuczniowej przez maszynę RU800 [140]

Pozostałą warstwę podsypki (torowisko) wyrównuje się pługiem wibracyjnym i układa na niej nowe podkłady. Zespół układania nowych podkładów (rys. 9.91) został wyposażony w mechanizm do układania podkładów pojedynczych. Dodatkowo maszyna może być wyposażona w urządzenia do montażu przytwierdzeń (rys. 9.92).



Rys. 9.91. Zespół układania podkładów maszyny RU800 [68]



Rys. 9.92. Urządzenia do montażu przytwierdzeń maszyny RU800 [68]

Maszyna RU800 (rys. 9.93) jest również wyposażona w system oczyszczania podsypki od czół podkładów (jak w FRM800). Szerokość wybierania podsypki może być regulowana w zakresie 600÷1250 mm. Wybrany tłuczeń jest transportowany przenośnikami taśmowymi do zespołu dwóch przesiewaczy (rys. 9.94), a następnie wsypywany w tor.



Rys. 9.93. Profilowanie i oczyszczanie podsypki od czół podkładów maszyną RU800 [68]



Rys. 9.94. Zespół przesiewaczy podsypki tłuczniowej maszyny RU800 [68]

Jeżeli w czasie naprawy głównej została zdemontowana nawierzchnia kolejowa, to jedną z metod ułożenia podsypki stanowi jej uformowanie i zagęszczenie maszynami ogólnobudowlanymi lub układarkami podsypki.

Po ułożeniu i zagęszczeniu subwarstwy podsypki układa się na niej podkłady kolejowe i szyny, a roboty te mogą być wykonane metodą małej mechanizacji lub przy użyciu specjalnych maszyn do układania nawierzchni (szyn i podkładów). Przykładami takich maszyn są układarki nawierzchni TCM60 (rys. 9.95) i TCM80 firmy Matisa oraz SMD80 (rys. 9.96) i SVM1000 (rys. 9.97) firmy Plasser & Theurer.



Rys. 9.95. Układarka TCM 60 z członem WCA firmy Matisa [67]



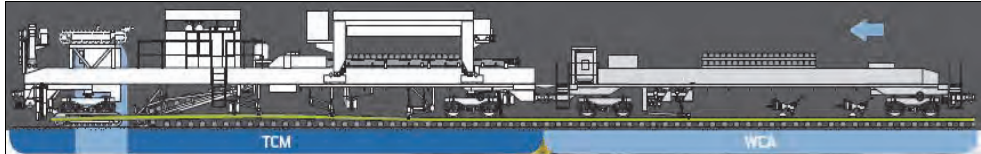
Rys. 9.96. Maszyna SMD80 firmy Plasser & Theurer [68]



Rys. 9.97. Maszyna SVM1000 firmy Plasser & Theurer [68]

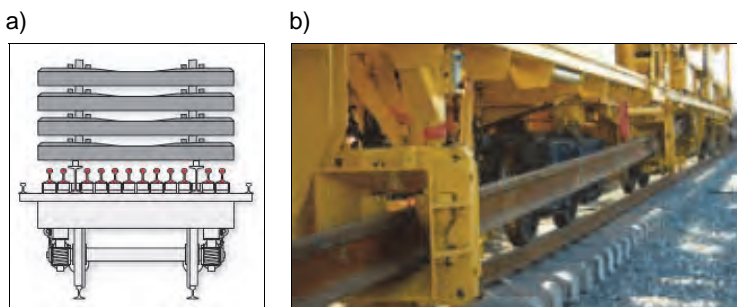
Zasadniczą cechą układarek nawierzchni kolejowej jest ich sposób poruszania się po warstwie podsypki, gdzie przednia część maszyny jest posadowiona na podwoziu gąsienicowym. Ponadto, przed przystąpieniem do robót należy na warstwie podsypki rozładować szyny na zewnątrz układanego toru lub dostarczać je specjalnymi wagonami i systemem rolek.

Firma Matisa jest producentem układarek TCM60, TCM80 i TCM60R. Układarka TCM60 jest wyposażona w suwnice P20TR i umożliwia ciągnięcie wagonów z podkładami o długości 300 m, a TCM80 – w suwnice P30TR i może ciągnąć wagony o długości 500 m. Maszyny TCM są wyposażone w jedną suwnicę bramową, która współpracuje z drugą suwnicą znajdującą się na członie WCA (rys. 9.98).



Rys. 9.98. Schemat maszyny TCM z członem WCA [67]

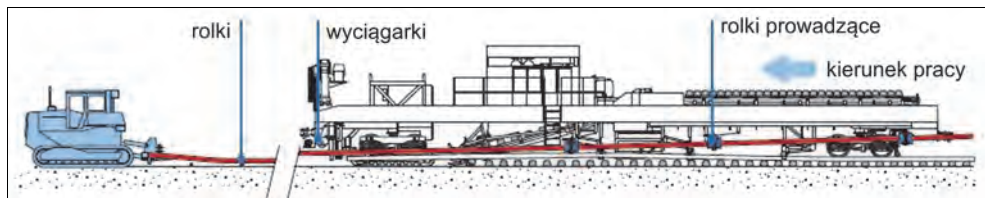
Do maszyn TCM mogą być doczepiane specjalne wagony do przewozu szyn i podkładów (rys. 9.99), które eliminują potrzebę wcześniejszego wyładunku szyn na przygotowaną warstwę podsypki. Wymaga to zamontowania wzdłuż maszyny i członu WCA specjalnych rolek prowadzących (rys. 9.99) oraz wyciągarki szyn.



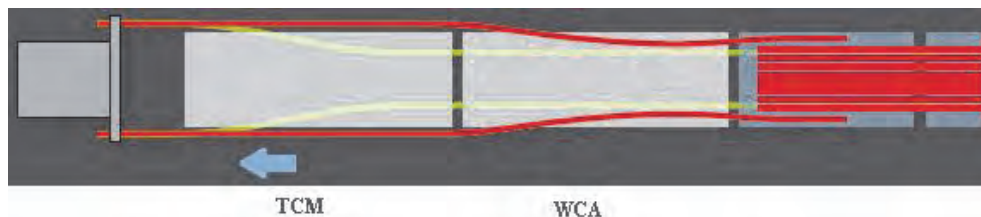
Rys. 9.99. Rozmieszczenie szyn i podkładów na platformie (a); rolki prowadzące szynę na członie TCM i WCA (b) [67]

Szyny z wagonów są przeciągane przez rolki prowadzące wyciągarkami zamontowanymi z przodu maszyny TCM (rys. 9.100). Szyny mogą być prowadzone na zewnątrz lub wewnątrz maszyny, a rolki prowadzące są wymienne i dostosowane do typu układanych szyn (rys. 9.101).

Po przemieszczeniu szyn do przodu maszyny doczepia się je do pojazdu, który wyciąga szyny dalej. Aby uniknąć uszkodzenia warstwy podsypki, w odstępach 10÷15 m rozstawia się na niej rolki, po których ciągnięta jest szyna (rys. 9.100).

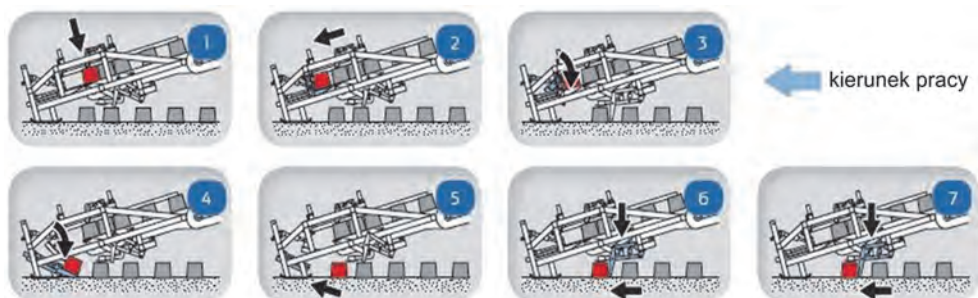


Rys. 9.100. Schemat wyciągania szyn z wagonów platform maszyną TCM [67]



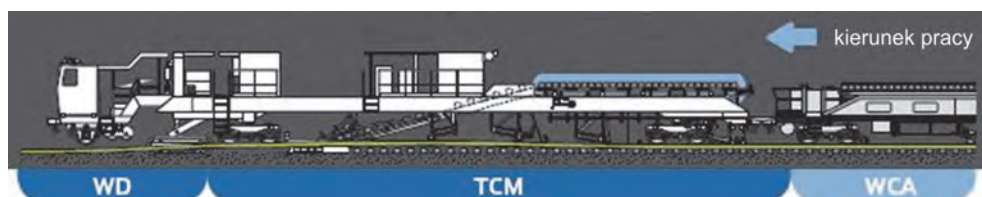
Rys. 9.101. Schemat prowadzenia szyn z wagonów platform maszyną TCM [67]

Podkłady są transportowane z wagonów platform do członu WCA jedną suwnicą bramową, druga zaś przemieszcza je pomiędzy członami WCA i TCM. Z platformy pośredniego składowania podkłady są przemieszczane przenośnikami taśmowymi do urządzenia układania i rozkładane na warstwie podsypki (rys. 9.102). Następnie szyny układa się na podkładach i przytwierdza do nich.



Rys. 9.102. Schemat układania podkładów na warstwie podsypki maszyną TCM [67]

Maszyna TCM60R (rys. 9.103) jest przeznaczona do robót w miejscach, gdzie szyny i podkłady zostały usunięte z toru typowymi maszynami. Ma to miejsce wówczas, gdy stan podkładów jest bardzo zły (są spróchniałe, połamane) i nie jest możliwe ich wyjęcie za pomocą maszyn do wymiany nawierzchni. Maszyna ta jest dodatkowo wyposażona w pług wibracyjny (człon WD), który umożliwia wyprofilowanie i zagęszczenie podsypki przed ułożeniem podkładów.



Rys. 9.103. Schemat maszyny TCM60R [67]

Zasada pracy układek nawierzchni SMD80 i SVM1000 firmy Plasser & Theurer jest identyczna, a różnice dotyczą budowy poszczególnych zespołów roboczych.

NAPRAWA GŁÓWNA ROZJAZDÓW

Naprawa główna rozjazdu kolejowego lub skrzyżowania torów może obejmować następujące prace [135]:

- wymianę kompletu podrozjazdnic;
- wymianę kompletu części stalowych rozjazdu;
- wymianę lub oczyszczenie i uzupełnienie podsypki;
- wymianę rozjazdu z podrozjazdnicami wraz z wymianą lub oczyszczeniem i uzupełnieniem podsypki.

Naprawę główną rozjazdów i skrzyżowań wykonuje się przy zamknięciu toru dla ruchu, na podstawie projektu budowlanego opracowanego zgodnie z wymogami prawa budowlanego oraz opracowanej technologii prowadzenia robót [135].

W procesie wymiany rozjazdu kolejowego lub skrzyżowania torów można wyróżnić trzy główne etapy: montaż rozjazdu, jego transport oraz właściwą wymianę, które mają wpływ na czas zamknięcia torów, koszty naprawy i jakość wykonanych robót.

Zaleca się, aby rozjazdy były montowane przez producenta w bazach montażowych, a następnie transportowane na plac budowy w blokach specjalnymi wagonami. Zasadniczej wymiany rozjazdów powinno się dokonywać w sposób zmechanizowany, z wykorzystaniem specjalistycznego sprzętu i maszyn.

10.1. Montaż rozjazdów

Montaż rozjazdu kolejowego i skrzyżowania torów należy wykonać zgodnie z *Warunkami technicznymi wykonania i odbioru*, dostarczonymi przez producenta dla każdego typu konstrukcji.

W praktyce możemy wyróżnić trzy rodzaje montażu rozjazdów kolejowych [4]:

- terenowy;
- bazowy;
- bazowo-terenowy.

Montaż terenowy polega na wykonaniu zasadniczych czynności w miejscu wbudowania rozjazdu lub w pobliżu tego miejsca. Części stalowe rozjazdu i podrozjazdnice dostarcza się oddzielnie na miejsce budowy, gdzie są montowane. Podrozjazdnice drewniane mogą być dostarczone bez lub z wywierconymi otworami na wkręty, jak również z podkładkami rozjazdowymi.

Montaż bazowy polega na zmontowaniu rozjazdu przez producenta lub w bazie nawierzchniowej łącznie z urządzeniami napędowymi; następnie jest on wysyłany na miejsce wbudowania w trzech blokach na specjalnych wagonach.

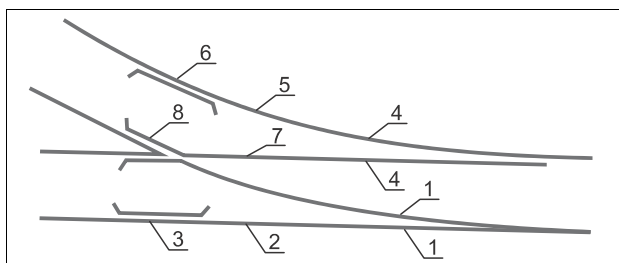
Montaż bazowo-terenowy polega na wykonaniu zasadniczych czynności w bazie, a następnie, po odpowiednim oznaczeniu i opisaniu, części rozjazdowe rozmontowuje się i przesyła na miejsce wbudowania. W terenie (na miejscu budowy) rozjazd jest ponownie składany i układany w torze.

Obecnie należy dążyć do całkowitego montażu rozjazdu przez producenta, łącznie z urządzeniami napędowymi, a następnie za pomocą specjalnych wagonów transportować bloki rozjazdu na teren budowy.

Bez względu na rodzaj montażu kolejność następujących po sobie czynności przy montowaniu rozjazdów tego samego rodzaju jest jednakowa. W ramach robót przygotowawczych należy skompletować na składowisku materiałowym elementy stalowe, podrozjazdnice i złączki.

Kolejność robót zasadniczych przy montażu rozjazdu zwyczajnego jest następująca [4]:

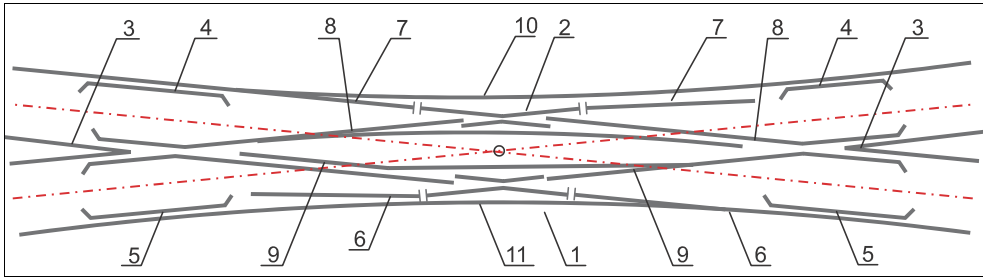
- rozłożenie na stanowisku montażowym podrozjazdnic ściśle według schematu danego typu rozjazdu, rozpoczynając od styku przediglicowego;
- rozłożenie odpowiednich podkładek stalowych na podrozjazdnicach (gdy podrozjazdnice nie są uzbrojone w podkładki);
- ułożenie na podrozjazdnicach półzwrotnicy (1) i toku zewnętrznego toru prostego (2 i 3) wraz z kierownicą, po założeniu łubków przytwierdzenie szyn do podrozjazdnic, najpierw podłączowych, a następnie pośrednich (rys. 10.1);
- ułożenie półzwrotnicy (4), szyn łączących (5) i szyn tocznych toru zwrotnego (6) wraz z kierownicą oraz lekkie przymocowanie ich do podrozjazdnic;
- ułożenie i przytwierdzenie szyny łączącej toku prostego wewnętrznego (7), krzyżownicy (8) oraz szyn łączących toku zewnętrznego toru zwrotnego, po przeprowadzeniu korekty krzywizny.



Rys. 10.1. Kolejność montażu rozjazdu zwyczajnego [4]

Przy montażu rozjazdu krzyżowego czynności zasadnicze obejmują [4]:

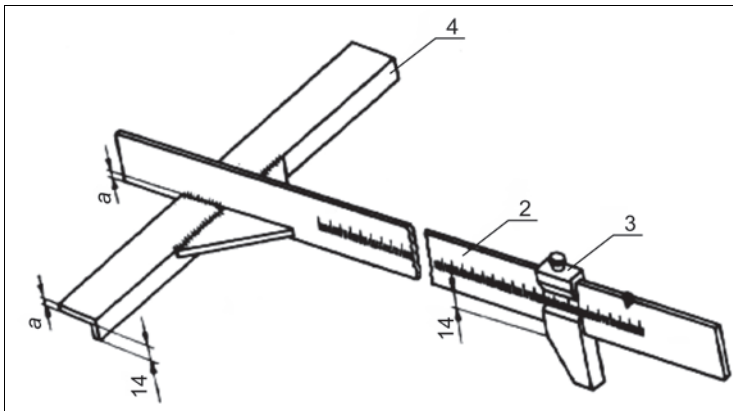
- rozłożenie na stanowisku montażowym podrozjazdnic ściśle według schematu danego typu rozjazdu, przy czym układanie rozpoczyna się od środka rozjazdu;
- ułożenie na podrozjazdnicach dwóch krzyżownic podwójnych (1 i 2), ze zwróceniem uwagi, aby były symetryczne do przecinających się torów (rys. 10.2);
- ułożenie na podrozjazdnicach krzyżownic zwyczajnych, zwrotnic i szyn łączących w kolejności wskazanej jak na rysunku 10.2;
- wstępne przytwierdzenie części stalowych rozjazdu do podrozjazdnic;
- sprawdzenie geometrii rozjazdu i szerokości toru;
- ostateczne przytwierdzenie rozjazdu do podrozjazdnic.



Rys. 10.2. Kolejność montażu rozjazdu krzyżowego [4]

Dokładne ukształtowanie krzywizny toru zwrotnego jest jednym z najważniejszych warunków dobrego montażu rozjazdów, od niego bowiem zależy szybkość bocznego zużycia szyn, zmian szerokości toru zwrotnego, zużycie podrozdajnic i spokojność jazdy. Podczas montażu należy sprawdzić krzywiznę toru zwrotnego, posługując się dwiema metodami [4]:

- współrzędnych prostokątnych;
- strzałek odmierzanych od nieruchomej cięciwy.

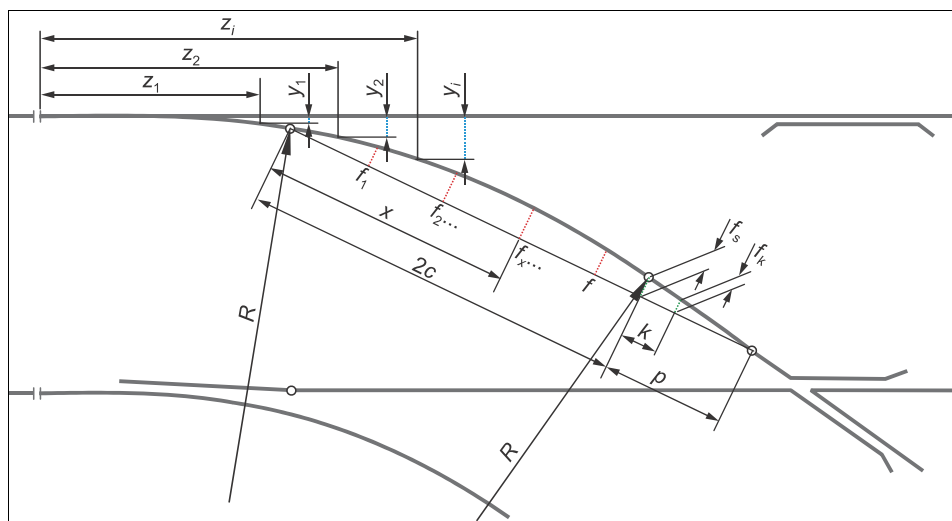


Rys.10.3. Węgielnica z przesuwką do montażu rozjazdów [4]:
1 – oparcie na tok prosty, 2 – listwa z podziałką milimetrową, 3 – suwak

Sposób pierwszy polega na tym, że od początku łuku toru zwrotnego odmierza się za pomocą taśmy lub łąty ustalone odcinki, znacząc je na zewnętrznym toku toru zasadniczego po jego dokładnym wyprostowaniu i przytwierdzeniu. W wyznaczonych miejscach wykonuje się pomiary rzędnych y_i przy użyciu węgielnicy z podziałką milimetrową i suwakiem (rys. 10.3).

Pomiar strzałek na cięciwie wspartej o tok łukowy jest pomiarem sprawdzającym. Jego zaletę stanowi uniezależnienie się od toku toru zasadniczego. Dzięki temu niedokładność pomiaru toku w torze zasadniczym nie może się odnosić do toku łukowego [4].

Na rysunku 10.4 przedstawiono schemat pomiaru krzywizny toru zwrotnego metodą współrzędnych prostokątnych (z_i, y_i) i strzałek odmierzanych na nieruchomej cięciwie (x, f_x).



Rys. 10.4. Schemat pomiaru rzędnych i strzałek [4]

Wartość strzałki f_x w dowolnym punkcie odległym o x od początku cięciwy jest równa:

$$f_x = x \left[\frac{c}{R} \left(1 + \frac{p}{2c+p} \right) \right] - \frac{x^2}{2R}$$

gdzie: x – odległość pomiaru,

R – promień łuku kołowego,

$2c+p$ – długość całej cięciwy obejmującej łuk i odcinek prosty,

P – długość odcinka prostego.

Strzałkę f_s w punkcie styku łuku kołowego z odcinkiem prostym oblicza się według wzoru:

$$f_s = \frac{2pc^2}{R(2c+p)}$$

Strzałkę f_k w obrębie odcinka prostego można wyznaczyć z zależności:

$$f_k = \frac{f_s(p-k)}{p}$$

Jeżeli tor zwrotny jest wyłukowany na całej swojej długości, to długość odcinka prostego p wynosi zero. Dotyczy to rozjazdów o promieniu $R \geq 300$ m; wówczas wartość strzałek oblicza się z prostego wyrażenia:

$$f_x = \frac{x}{R} \left(c - \frac{x}{2} \right)$$

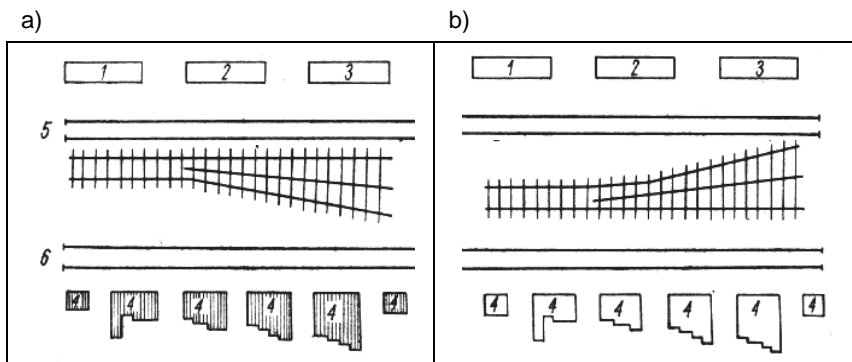
Wartości rzędnych y_i można obliczyć z wzoru:

$$y_i = R\sqrt{R^2 + z_i^2}$$

gdzie: z_i – odległość od początku rozjazdu.

Odchyłki strzałek nieprzekraczające 2 mm nie powodują zmiany przyspieszenia o więcej niż $0,05 \text{ m/s}^2$. Tak więc różnicę strzałek przy montażu rozjazdów w granicach $\pm 1 \text{ mm}$ (licząc od wielkości nominalnej) można uznać za dużą dokładność. Przy ostatecznym odbiorze robót można dopuścić różnicę $\pm 2 \text{ mm}$ [4].

Należy dążyć, aby rozjazdy były montowane tylko w bazach montażowych, co pozwala na uzyskanie dużej dokładności wykonanych robót. Baza montażowa musi mieć takie wymiary, aby można było w niej wyładowywać części rozjazdowe przychodzące do montażu, montować rozjazdy na stanowiskach montażowych i składać gotowe bloki rozjazdowe w odpowiedniej kolejności. Najprostszy wariant bazy montażowej rozjazdów przedstawiono na rysunku 10.5.



Rys. 10.5. Schemat bazy nawierzchniowej montażu rozjazdów [4]:

- a) stanowisko montażowe rozjazdów prawych, b) stanowisko montażowe rozjazdów lewych,
 1 – opornice z iglicami, 2 – szyny na tory łączące, 3 – krzyżownice z kierownicami,
 4 – podkłady i podrozjazdnice, 5 i 6 – tory

10.2. Transport rozjazdów

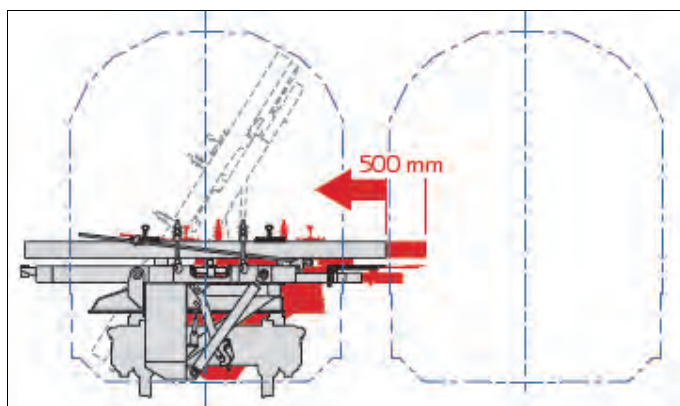
W celu przewiezienia rozjazdów z bazy montażowej na miejsce wbudowania należy je podzielić na bloki. Rozjazd zwyczajny dzieli się na blok zwrotnicy, blok szyn łączących i blok krzyżownicy, a rozjazd krzyżowy – na dwa bloki krzyżownic (końcowe) oraz blok zwrotnic i szyn łączących.

Rozjazdy kolejowe należy przewozić na specjalnych wagonach, których konstrukcja umożliwia załadunek i transport całego rozjazdu bez konieczności demontażu urządzeń napędowych oraz podrozjazdnic o długości nawet do 4,8 m. Budowa wagonów pozwala na obrócenie i ustawienie rozjazdu w skrajni oraz zapewnia położenie środka ciężkości w osi wagonu, co eliminuje konieczność stosowania na wagonie przeciwwag. W zależności od typu wagonu platforma ładunkowa z zamocowanym rozjazdem może być przesunięta w płaszczyźnie poziomej w granicach $0,5 \div 1,27 \text{ m}$. Rozjazdy kolejowe są transportowane najczęściej w trzech blokach (zwrotnica, szyny łączące i krzyżownica), ułożonych i zabezpieczonych na trzech wagonach (rys. 10.6).

Wagony WTM firmy Matisa umożliwiają transport bloków rozjazdów kolejowych o maksymalnej długości 24,45 m i szerokości 4,8 m, a przesuw poziomy platformy wynosi 500 mm (rys. 10.7).

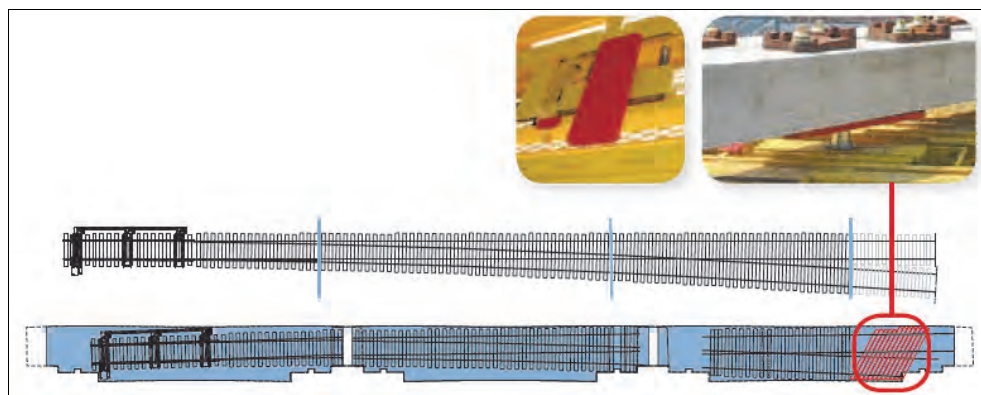


Rys. 10.6. Rozjazd zwyczajny w położeniu transportowym na wagonie WTM firmy Matisa [67]



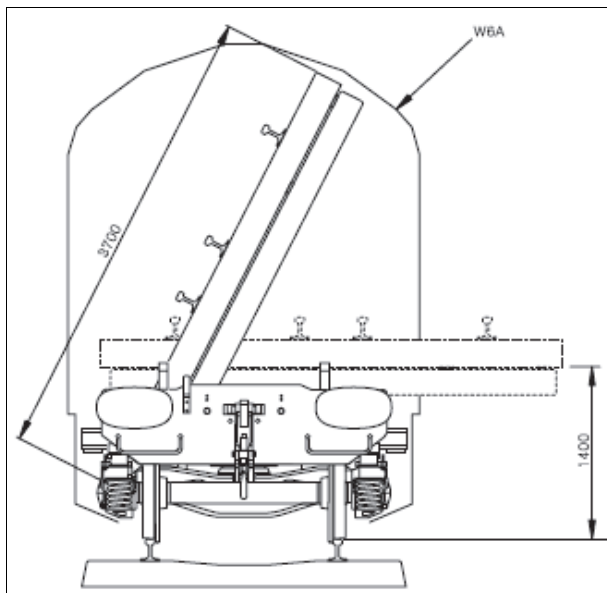
Rys. 10.7. Przesunięcie i obrócenie rozjazdu na wagonie WTM [67]

W wagonach WTM podrozjazdnicze przekraczające długość 4,8 m są demontowane i układane skośnie za pomocą specjalnych wózków hydraulicznych, zamontowanych na platformie wagonu (rys. 10.8).



Rys. 10.8. Transport rozjazdu z podrozjazdnicami o długości ponad 4,8 m wagonem WTM [67]

Firma Kirow Ardelit GmbH jest producentem dwóch typów wagonów do transportu rozjazdów: UK-W6A (rys. 10.9) i TSI-UIC (rys. 10.10). Wagon UK-W6A umożliwia transport części rozjazdu o ciężarze do 15 t, długości 22,5 m i szerokości 3,7 m (na wózkach 3,1 m), przy czym maksymalny przesuw platformy wynosi 1270 mm (rys. 10.9).

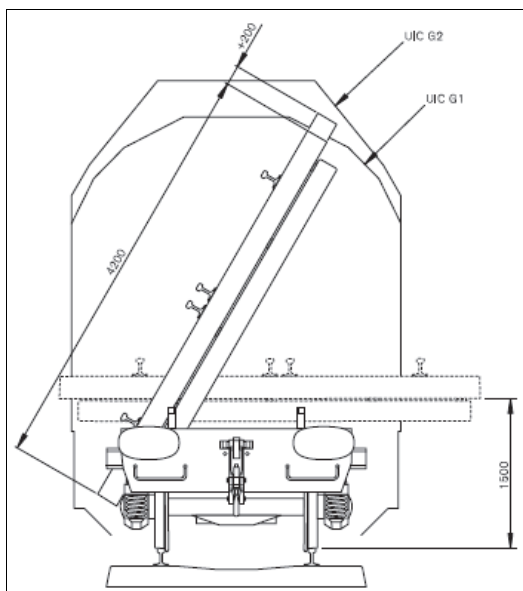


Rys. 10.9. Ustawienie rozjazdu na wagonie ze skrajnią UK-W6A z zachowaniem skrajni taboru [64]



Rys. 10.10. Wagon do transportu rozjazdów typu TSI-UIC [64]

Dopuszczalne obciążenie wagonu typu TSI-UIC wynosi 18 t. Umożliwia on przewóz bloków rozjazdu o długości do 24 m i szerokości do 4,4 m (3,5 m nad wózkami); maksymalny przesuw platformy wagonu wynosi w tym przypadku 1000 mm (rys. 10.11).

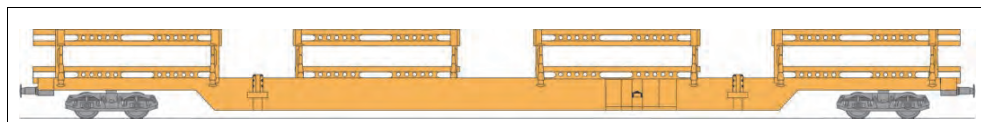


Rys. 10.11. Ustawienie rozjazdu na wagonie TSI-UIC z zachowaniem skrajni taboru [64]



Rys. 10.12. Blok szyn łączących na wagonie WTW [68]

Firma Plasser & Theurer jest producentem wagonów WTW (rys. 10.12) do przewozu zmontowanych bloków rozjazdowych. Na wagonie znajdują się cztery platformy ładunkowe (rys. 10.13), do których mocuje się blok rozjazdu. Po zabezpieczeniu rozjazdu platformy są obracane siłownikami hydraulicznymi do pozycji transportowej.



Rys. 10.13. Schemat wagonu WTW [68]

10.3. Wymiana rozjazdów

Podczas wymiany i układania rozjazdów kolejowych (szczególnie w torach głównych) należy minimalizować ilość robót wykonywanych bezpośrednio na miejscu budowy. W tym celu należy stosować metody przesłowe, w których wykorzystuje się żurawie, zestawy dźwignic kroczących z wózkami szynowymi, suwnice samojezdne lub inne urządzenia przeznaczone do wymiany rozjazdów.

Wymiana rozjazdów jest prowadzona zasadniczo w trzech fazach, jako roboty przygotowawcze, zasadnicze i wykończeniowe. Każda z nich może być wykonywana w jednym lub kilku etapach, przy czym tylko roboty zasadnicze wymagają zamknięcia toru.

Roboty przygotowawcze mają na celu sprawne i szybkie rozłączenie starego rozjazdu na bloki oraz wyjęcie go z toru podczas wymiany. W tym celu należy nasmarować śruby, które trzeba będzie rozkręcić, oraz ustalić długość i przygotować nowe wstawki.

Przed zamknięciem toru trzeba wyjąć po dwie śruby ze styków łączących ze sobą zwrotnicę, tory łączące i krzyżownicę w rozjeździe starym oraz oznaczyć miejsca, w których powinno się zakładać haki żurawia. W razie potrzeby należy również wyjąć tłuczeń z okienek między podrozjazdnicami i złożyć go za czołami podrozjazdnic wzdłuż toru prostego.

Roboty zasadnicze przy pełnej mechanizacji wszystkich podstawowych czynności mają następujący przebieg [4]:

- całkowite rozłączenie na trzy bloki starego rozjazdu w torze;
- wyjęcie za pomocą żurawia kolejno poszczególnych bloków starego rozjazdu;
- wymiana lub oczyszczenie podsypki tłuczniowej z rozgarnięciem i zagęszczeniem warstwy czystego tłucznia oraz załadowanie w sposób mechaniczny odsiewek;
- układanie blokami nowego rozjazdu z użyciem żurawia lub urządzeń do wymiany;
- połączenie łubkami styków poszczególnych bloków rozjazdu na wszystkich tokach szynowych (lub ich zespawanie po podbiciu);
- uzupełnienie podsypki tłuczniowej do pełnego przekroju;
- podniesienie rozjazdu do niwelety i podbicie;
- uzupełnienie podsypki;
- zasadnicze podbicie rozjazdu z wyregulowaniem w planie.

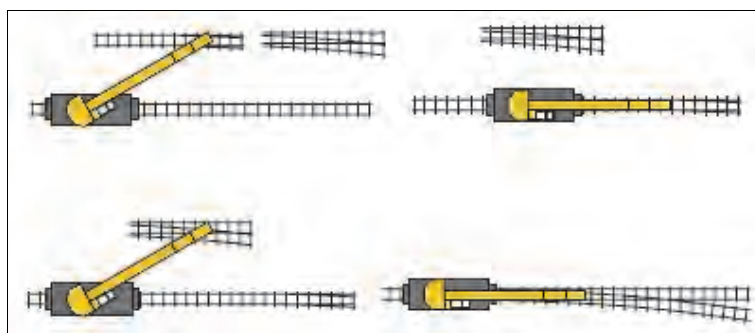
Roboty wykończeniowe wykonuje się po otwarciu toru dla ruchu. Polegają one na ostatecznym wyregulowaniu ułożonego rozjazdu, oprofilowaniu podsypki oraz usuwaniu przez kilka dni po wymianie rozjazdów zauważalnych usterek, pojawiających się w planie i profilu pod wpływem ruchu pociągów.

Układanie rozjazdu kolejowego za pomocą żurawia (np. EDK 300, EDK 750) może się odbywać po jego zmontowaniu obok miejsca wbudowania (rys. 10.14) lub bezpośrednio ze specjalnych wagonów.

W pierwszym przypadku montaż rozjazdu wykonuje się metodą bazowo-terenową w pobliżu miejsca jego ułożenia. Żurawiem wyjmuje się kolejne bloki rozjazdu, a następnie wymienia podsypkę tłuczniową. Na przygotowanej i zagęszczonej subwarstwie podsypki układa się kolejne bloki rozjazdu kolejowego (rys. 10.15).



Rys. 10.14. Montaż rozjazdu w pobliżu miejsca jego wbudowania (J. Zariczny)



Rys. 10.15. Schemat układania nowego rozjazdu żurawiem [64]



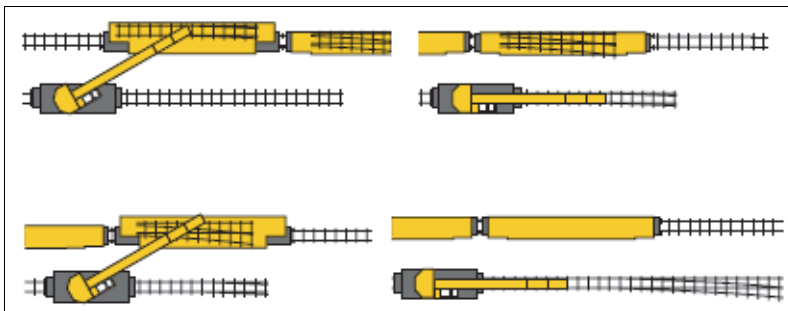
Rys. 10.16. Transport bloku rozjazdu żurawiem EDK 300 (J. Zariczny)

Podczas wymiany rozjazdu żuraw może się przemieszczać po torze będącym przedłużeniem toru zasadniczego lub równoległym do niego (rys. 10.16). Przy układaniu rozjazdów o dużych promieniach łuku toru zwrotnego zleca się, aby podczas wymiany do zawiesia żurawia był podczepiony trawers podłużny (rys. 10.17).



Rys. 10.17. Żuraw firmy Kirow z podwieszonym trawersem [64]

Jeżeli rozjazd został zmontowany u producenta i przywieziony na miejsce wbudowania (wymiany) specjalnymi wagonami, to układanie kolejnych bloków rozjazdu odbywa się bezpośrednio z wagonów (rys. 10.18). Przęsła rozjazdu są układane na przygotowanej warstwie podsypki za pomocą żurawia poruszającego się po torze równoległym do toru, na którym stoją wagony (rys. 10.19).



Rys. 10.18. Schemat układania nowego rozjazdu żurawiem z wagonów [64]



Rys. 10.19. Wymowanie przęsla rozjazdu z wagonu TSI-UIC [64]

Od lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku w Polsce powszechnie stosuje się urządzenia do wymiany rozjazdów UWR 10 (rys. 10.20), produkowane przez ZNTK w Stargardzie Szczecińskim. Urządzenie UWR 10 składa się z [96]:

- sześciu podnośników bramowych wyposażonych w układ napędowy;
- sześciu wózków jezdnych;
- toru pomocniczego;
- pięciu sprzęgów międzywózkowych;
- sprzęgu rozjazdu z wózkiem motorowym.



Rys. 10.20. Urządzenie do wymiany rozjazdów UWR 10 (J. Zariczny)

Wymiana rozjazdów kolejowych urządzeniem UWR może się odbywać przy zastosowaniu jednej z dwóch metod:

- podłużnej – z wykorzystaniem toru pomocniczego, po którym przemieszczają się wózki jezdne z rozjazdem (rys. 10.21);
- poprzecznej – bez toru pomocniczego, z wykorzystaniem tylko podnośników torowych.



Rys. 10.21. Tor pomocniczy urządzenia UWR (J. Zariczny)

Kolejność robót przy wymianie rozjazdu kolejowego metodą podłużną z użyciem urządzenia UWR jest następująca [96]:

- podniesienie starego rozjazdu kolejowego za pomocą podnośników bramowych;
- montaż toru pomocniczego pod podniesionym rozjazdem;
- wepchnięcie na tor pomocniczy wózków jezdnych;
- opuszczenie rozjazdu podnośnikami bramowymi na wózki jezdne;
- połączenie sprzęgiem rozjazdu z wózkiem motorowym WM15 (rys. 10.22);



Rys. 10.22. Połączenie sprzęgiem rozjazdu z wózkiem motorowym przy zastosowaniu urządzenia UWR (J. Zariczny)

- transport rozjazdu na miejsce demontażu;
- rozebranie toru pomocniczego;
- wymiana podsypki (lub jej oczyszczenie i uzupełnienie);
- montaż toru pomocniczego;
- transport nowego rozjazdu na miejsce wbudowania (rys. 10.23);



Rys. 10.23. Transport nowego rozjazdu na wózkach jezdnych urządzenia UWR (J. Zariczny)

- podniesienie nowego rozjazdu podnośnikami bramowymi;
- wyciągnięcie wózków jezdnych;
- rozebranie toru pomocniczego;
- ułożenie rozjazdu na przygotowanej warstwie podsypki (rys. 10.24).



Rys. 10.24. Ułożenie nowego rozjazdu za pomocą podnośników torowych urządzenia UWR (J. Zariczny)

Przy wymianie rozjazdów metodą poprzeczną z wykorzystaniem urządzenia UWR10 kolejność robót jest następująca [90]:

- wyjęcie (podniesienie) starego rozjazdu za pomocą podnośników bramowych;
- przemieszczenie rozjazdu w kierunku poprzecznym do osi toru o maksymalną wielkość przesuwu podnośników bramowych;
- opuszczenie i ułożenie rozjazdu na gruncie;
- przesunięcie suportów podnośników bramowych i podniesienie rozjazdu;
- powtarzanie powyższych czynności do momentu, aż rozjazd zostanie przemieszczony na miejsce demontażu;
- wymiana podsypki (lub jej oczyszczenie i uzupełnienie);
- ułożenie wstawek międzyrozjazdowych;
- przemieszczenie poprzeczne nowego rozjazdu;
- ułożenie rozjazdu na przygotowanej warstwie podsypki.

Firma GEISMAR jest producentem wózków LEM460 i dźwignic PEM807, które służą do wymiany rozjazdów kolejowych. Ich ogólna zasada pracy jest podobna do technologii wymiany rozjazdów za pomocą urządzeń UWR.

Samojezdne wózki LEM460 (rys. 10.25) umożliwiają transport bloków rozjazdowych o ciężarze do 20 t. Są wyposażone w układ hydrauliczny, który umożliwia podnoszenie przemieszczanych elementów i omińnięcie niskich przeszkód znajdujących się przy torze. Wózki służą do przemieszczania rozjazdu wzdłuż torów i są sterowane drogą radiową. Mogą się poruszać po istniejącym torze lub zbudowanym torze pomocniczym.

Do transportu poprzecznego oraz podnoszenia i opuszczania rozjazdów służą dźwignice PEM807 (rys. 10.26) o maksymalnym udźwigu do 20 t. Są one sterowane drogą radiową i umożliwiają przemieszczanie całego rozjazdu w miejsce jego ułożenia. Jeden operator może kontrolować pracę do ośmiu dźwignic, które mogą pracować samodzielnie (metoda poprzeczna) lub razem z wózkami LEM 460 (metoda podłużna).



Rys. 10.25. Wózek LEM460 do transportu przęseł torowych i rozjazdowych [62]



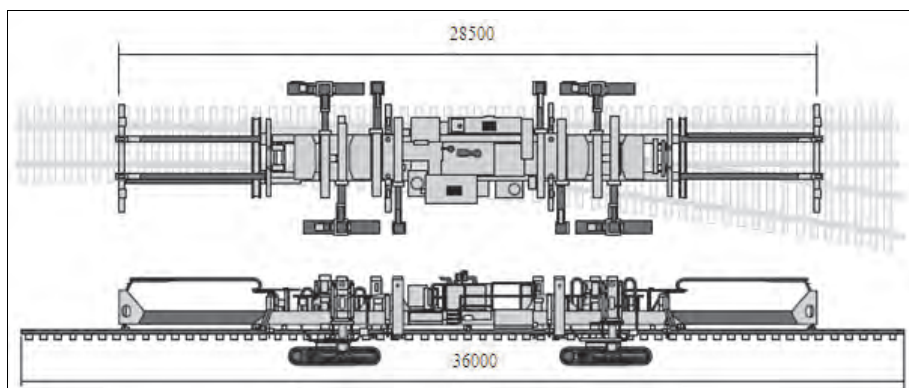
Rys. 10.26. Dźwignica PEM807 firmy GEISMAR [62]

Do wymiany i układania rozjazdów kolejowych oraz skrzyżowań torów bardzo często wykorzystuje się samobieźne suwnice gąsienicowe (np. DESEC, WM).



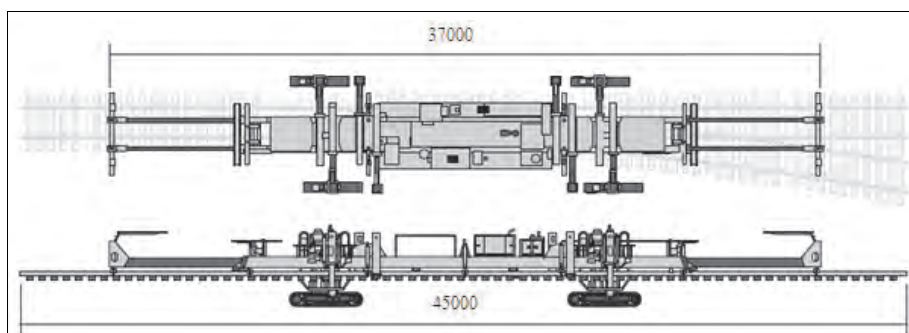
Rys. 10.27. Suwnica gąsienicowa DESEC TL1200 [64]

Suwnica DESEC TRACKLAYER TL1200 firmy KIROW ARDELTA GMBH (rys. 10.27) umożliwia układanie prześel rozjazdowych o długości 36-40 m, w zależności od zainstalowanych wysięgników (rys. 10.28). Na miejsce budowy urządzenie może być transportowane na wagonie czteroosiowym lub na przyczepie niskopodwoziowej. Ciężar urządzenia wynosi 52÷55 t, a długość transportowa 18,5 m. Maksymalna długość robocza urządzenia to 28,5 m, co umożliwia przemieszczanie prześel o ciężarze 36÷40 t i szerokości 4,7÷5,5 m [64].



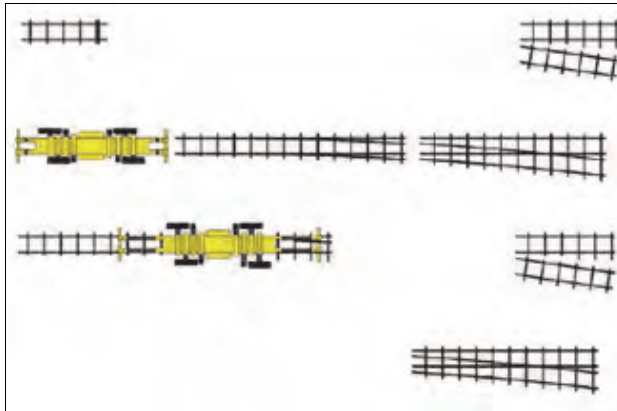
Rys. 10.28. Schemat suwnicy TL1200 [64]

Suwnica DESEC TRACKLAYER TL2000 (rys. 10.29) o długości roboczej 37 m umożliwia transport prześel rozjazdowych o długości do 45 m, ciężarze 55 t i szerokości 5,5 m. W położeniu transportowym urządzenie ma długość 25 m i waży 70 t. Jest to jedna z największych suwnic do układania rozjazdów kolejowych.



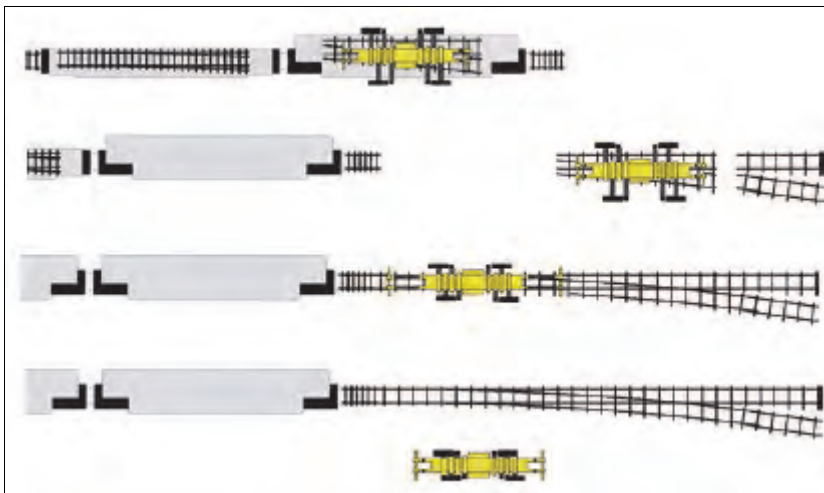
Rys. 10.29. Schemat suwnicy TL2000 [64]

Jeżeli rozjazd kolejowy został zmontowany metodą bazowo-terenową, to w pierwszej kolejności suwnica wyjmuje kolejne bloki rozjazdu i przemieszcza je w miejsce ich demontażu. Następnie wykonuje się roboty podsypkowe, które w zależności od stanu zanieczyszczenia mogą obejmować wymianę lub oczyszczenie tłucznia. Na przygotowanej i zagęszczonej warstwie podsyпки układa się kolejne bloki rozjazdu z wykorzystaniem suwnicy (rys. 10.30).



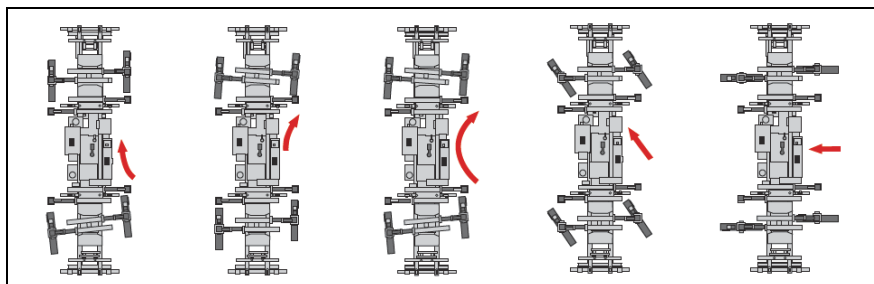
Rys. 10.30. Schemat transportu i ułożenia pierwszego bloku rozjazdu suwnicą TL2000 [64]

W przypadku montażu rozjazdów przez producenta i ich transportu na miejsce budowy specjalnymi wagonami zakres robót jest podobny. Jedynie przy układaniu bloków rozjazdu bezpośrednio z wagonów stosuje się metodę podłużną, gdzie suwnica porusza się wzdłuż tego samego toru, na którym stoją wagony. Bloki rozjazdu są zdejmowane suwnicą z wagonu i układane na przygotowanej warstwie podsypki (rys. 10.31).



Rys. 10.31. Schemat transportu i układania rozjazdu z platformy suwnicą TL2000 [64]

Suwnice DESEC TRACKLAYER są wyposażone w obracane gąsienice, co umożliwia jazdę i przemieszczanie rozjazdu kolejowego w dowolnym kierunku (rys. 10.32).



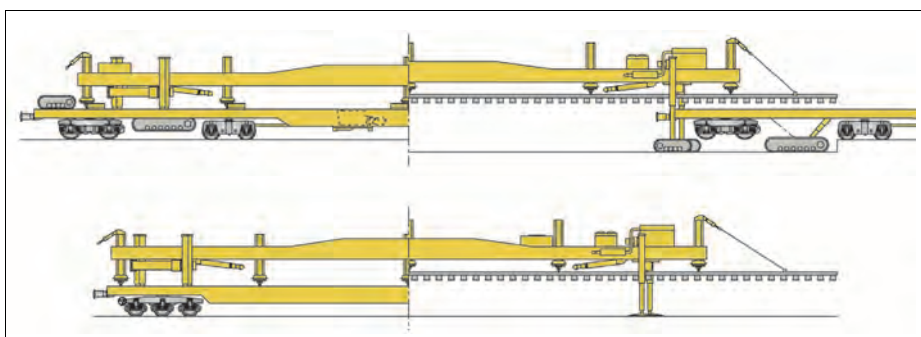
Rys. 10.32. Kierunki jazdy suwnicy DESEC TRACKLAYER [64]

Gąsienice są wyposażone w gumowe nakładki, które nie powodują uszkodzenia toków szynowych, a przejazd przez tor wymaga jedynie ułożenia drewnianych belek (rys. 10.33).



Rys. 10.33. Przejazd suwnicy DESEC TRACKLAYER przez tor [64]

System WM-40/PK (rys. 10.34) do układania rozjazdów kolejowych firmy Plasser & Theurer składa się z samojezdnego wagonu nośnego WRW i jednostki podnoszącej PK oraz wagonów do transportu rozjazdów WTW. Wagon samojezdny WRW do transportu podnośników i bloków rozjazdu jest wyposażony w hydrauliczny układ napędowy. Po torach wagon przemieszcza się na dwóch wózkach dwuosiowych, a na miejscu budowy (po torowisku) – na dwóch wózkach gąsienicowych (rys. 10.35).



Rys. 10.34. Schemat maszyny WM-40/PK [68]



Rys. 10.35. Maszyna WM-40/PK – jazda na podwoziu gąsienicowym [68]

Zespół podnośników PK umożliwia podnoszenie i opuszczanie rozjazdu kolejowego oraz przemieszczanie uniesionego rozjazdu do 2030 mm w kierunku prostopadłym do osi toru i do 1830 mm wzdłuż osi. Pozwala to na dokładne ułożenie rozjazdu na warstwie podsypki, w miejscu jego wbudowania.

Technologia układania rozjazdów maszyną WM-40/PK jest zbliżona do pracy urządzeń UWR10 metodą podłużną, przy czym maszyna jest obsługiwana zdalnie przez jednego operatora.

Blok rozjazdu razem z podnośnikami PK jest przemieszczany po torach kolejowych na samojezdnym wagonie WRW, a następnie, w miejscu wbudowania, po podsypce tłuczniowej na podwoziu gąsienicowym (rys. 10.36). Za pomocą podnośników PK blok jest podnoszony (rys. 10.37), a wagon sam wyjeżdża spod rozjazdu.



Rys. 10.36. Maszyna WM-40/PK do wymiany rozjazdów [68]



Rys. 10.37. Uniesienie rozjazdu na podnośnikach maszyną WM-40/PK [68]

W kolejnym etapie robót rozjazd jest opuszczany na warstwę przygotowanej podsypki (rys. 10.38), po czym na rozjazd wjeżdża wagon WRW, na który zostają opuszczone podnośniki. Wagon z podnośnikami przemieszcza się po kolejny blok rozjazdu i czynności te są powtarzane.



Rys. 10.38. Układanie rozjazdu na warstwie podsypki maszyną WM-40/PK [68]

Podnośniki RPK-40 zostały wyposażone w gąsienice (rys. 10.39), co pozwala na samodzielną ich pracę przy wymianie rozjazdów, mogą one również dzięki temu współpracować z samojezdnymi wagonami WRW.

Najnowszym rozwiązaniem firmy Plasser & Theurer jest system układania rozjazdów WM500U (rys. 10.40, 10.41), który współpracuje z samojezdnym wagonem WRW i wagonami do transportu rozjazdów WTW. Technologia robót przy układaniu rozjazdów kolejowych jest taka sama jak opisano wcześniej, przy czym suwnica WM500 może się samodzielnie przemieszczać po torowisku i torach.



Rys. 10.39. Podnośniki RPK-40 firmy Plasser & Theurer [68]



Rys. 10.40. System układania rozjazdów WM500U firmy Plasser & Theurer [68]



Rys. 10.41. Suwnica systemu WM500U firmy Plasser & Theurer [68]

NAPRAWA GŁÓWNA PODTORZA

Remont podtorza (naprawa główna) ma na celu przywrócenie w całości lub w pewnym stopniu pierwotnej zdolności użytkowej budowli ziemnej przy zachowaniu dotychczasowych parametrów eksploatacyjnych (prędkości, nacisków osi i natężenia przejazdów).

Naprawa główna podtorza obejmuje między innymi [136]:

- wzmocnienie i odwodnienie skarp i torowiska;
- wymianę gruntu podtorza i podłoża;
- zabudowę w podtorzu pokryć ochronnych;
- obudowanie rowów i koryt;
- uszczelnienie skarp i torowisk pokryciami szczelnymi oraz zabudowanie na nich pokryć filtracyjnych;
- remont drenaży;
- podwyższenie lub obniżenie torowiska;
- inne roboty wymienione w *Warunkach technicznych utrzymania podtorza kolejowego*.

11.1. Budowa warstwy ochronnej

Warstwy ochronne torowiska stosuje się w przypadku gdy nie są spełnione wymagania określone w *Warunkach technicznych utrzymania podtorza kolejowego* [136] oraz w celu poprawy stanu elementów podtorza.

Na liniach istniejących konstrukcja warstw ochronnych zależy głównie od miejscowych warunków wodno-gruntowych oraz eksploatacyjnych i może spełniać następujące zadania [117, 136]:

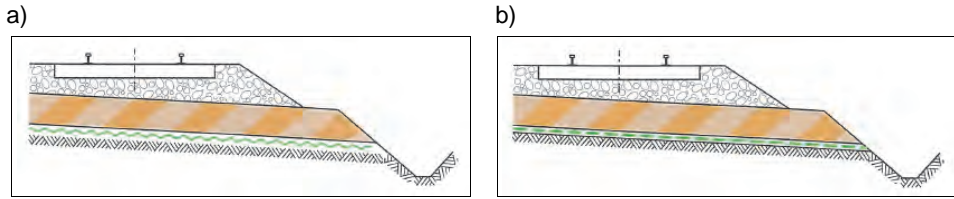
- zwiększenie nośności podtorza, poprawa rozkładu sił i zmiana jego sztywności;
- polepszenie dynamicznych parametrów podtorza;
- poprawa warunków filtracji na styku podtorza z podsypką;
- zabezpieczenie gruntu podtorza przed wodą, erozją lub mrozem;
- odprowadzanie wód opadowych.

Pokrycia ochronne są wykonywane z gruntów mineralnych (pospółki, żwir, piasek) oraz kruszyw (niesort kamienny, kliniec, grys). W przypadku dużej grubości warstw gruntowych lub braku odpowiednich materiałów jako elementy wzmocnień i zabezpieczeń wielowarstwowych można stosować grunty stabilizowane różnymi spoiwami (cement, wapno, bitum, żywice) lub cienkie pokrycia przepuszczalne (geowłókniny i geosiatki) i nieprzepuszczalne (folie, powłoki bitumiczne) [136].

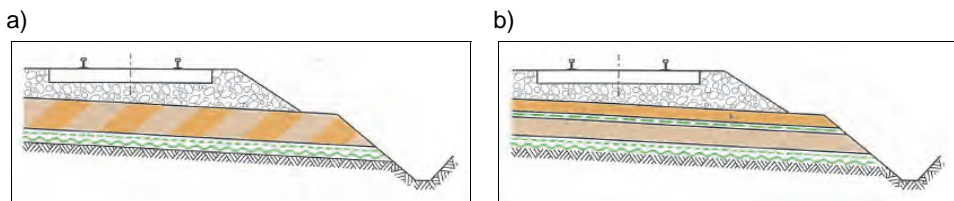
Wykonanie warstwy ochronnej w istniejącym torze obejmuje [50]:

- wykopanie podsypki wymieszanej z gruntem podtorza oraz warstwy gruntu;
- wyprofilowanie warstwy gruntu na całej szerokości z odpowiednim pochyleniem;

- ułożenie i zagęszczenie warstwy ochronnej;
- ewentualne ułożenie jednej lub kilku warstw geosyntetyków (rys. 11.1, 11.2).



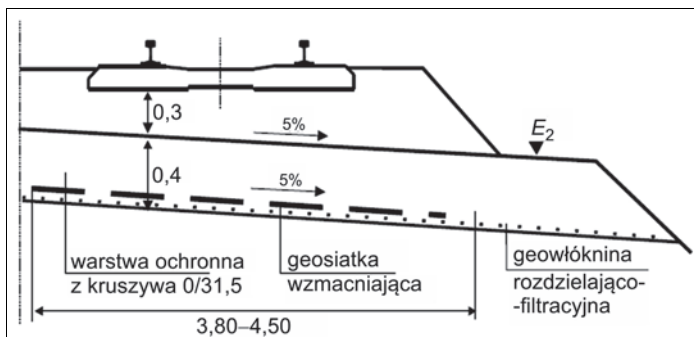
Rys. 11.1. Rozmieszczenie geosyntetyków w warstwie ochronnej [50]:
a) jedna warstwa filtracyjna/ separacyjna, b) jedna warstwa geosiatki



Rys. 11.2. Rozmieszczenie geosyntetyków w warstwie ochronnej [50]:
a) warstwa kompozytu; b) kilka warstw kompozytu

Przy stosowaniu geowłóknin i geotkanin należy stosować następujące zasady [136]:

- geosyntetyki rozdzielające układa się pod warstwami ochronnymi wówczas, gdy materiał tych warstw nie spełnia wymagań na styku z gruntem podtorza;
- jeżeli przekopy są zawilgocone, zaleca się stosowanie geowłókniny rozdzielająco-filtracyjnej na całej szerokości torowiska (rys. 11.3);
- przy wymiarowaniu wzmocnienia torowiska nie zaleca się uwzględniania wzmacniającego działania geowłóknin i geotkanin;
- geowłókniny i geotkaniny powinny być możliwie mało ściśliwe, ze względu na trudności dotyczące zagęszczenia warstwy ochronnej i uzyskania dostatecznej nośności torowiska bezpośrednio po robotach.



Rys. 11.3. Przykład wzmocnienia torowiska [136]

Geosiatki zbrojące (wzmacniające) stosuje się uwzględniając następujące wymagania [136]:

- są układane, jeżeli grubość potrzebnej warstwy ochronnej przekracza $0,40 \div 0,45$ m, konieczne jest zmniejszenie łącznej grubości podbudowy (np. ze względu na lokalne warunki wodno-gruntowe) lub celowe jest zastosowanie warstwy o jednakowej grubości na dłuższym odcinku;
- układa się je w strefie obciążeń eksploatacyjnych, to jest na szerokości $3,80 \div 4,20$ m (rys. 11.3);
- grubość warstwy kruszywa układanego na geosiatce nie powinna być mniejsza od $0,20$ m ani większa niż $0,30$ m (żwiru i pospółki) oraz $0,50$ m (kruszywo łamane). Jeżeli grubość potrzebnej podbudowy jest większa, to należy ułożyć drugą geosiatkę i kolejną warstwę kruszywa;
- jeżeli przewiduje się osiadanie torowiska, to nie należy stosować wypukłych załomów geosiatki;
- wymiary oczek geosiatki muszą zapewnić klinowanie się ziaren kruszywa, wskazane jest też układanie geosiatki w warstwie kruszywa ($0,05 \div 0,10$ m powyżej spodu warstwy);
- zakładki na łączeniu nie powinny być mniejsze niż $0,50 \div 0,80$ m przy słabym podłożu i $0,40$ m przy wytrzymałym.

Budowa warstwy ochronnej może być wykonana metodą klasyczną z wykorzystaniem maszyn ogólnobudowlanych lub metodą potokową specjalnymi maszynami torowymi. Metoda klasyczna budowy warstwy ochronnej wymaga zdjęcia nawierzchni kolejowej (szyn, podkładów i podsypki), a następnie wykonania remontu podtorza. W metodzie potokowej zasadnicze roboty są wykonywane przy użyciu maszyn torowych, bez konieczności demontażu toru.

11.2. Metoda klasyczna

Metoda klasyczna budowy warstwy ochronnej obejmuje następujące roboty torowo-podtorzowe [9, 10]:

- zdjęcie starej nawierzchni kolejowej (szyny, podkłady i podsypka);
- wykopanie słabej warstwy podtorza;
- wyrównanie i zagęszczenie podłoża;
- ułożenie warstwy ochronnej i jej zagęszczenie;
- ułożenie subwarstwy podsypki;
- ułożenie podkładów i szyn;
- wsypanie tłucznia na ułożony tor;
- regulacja położenia toru i profilowanie podsypki.

Ze względu na długi czas zamknięcia torów metoda ta jest stosowana głównie na stacjach kolejowych i krótkich odcinkach na szlaku.

Przed przystąpieniem do robót zasadniczych należy przygotować miejsce do składowania elementów nawierzchni kolejowej, wybranego gruntu oraz kruszywa na warstwę ochronną i innych materiałów. Zlokalizować wszystkie urządzenia techniczne i instalacje (SRK, kable, sączki, dreny) znajdujące się w torze, które zostaną zdemontowane lub przełożone w czasie prowadzenia robót. Należy również wytyczyć i przygotować tymczasowe drogi dojazdowe dla środków transportu i sprzętu ogólnobudowlanego.

Istniejącą nawierzchnię kolejową można zdemontować, wykorzystując technologie przęsłowe i bezpręsłowe (pkt 9.2 i 9.3) lub stosując maszyny ogólnobudowlane i urządzenia torowe.

W przypadku metody małej mechanizacji w pierwszej kolejności należy zdjąć łapki sprężyste lub odkręcić i wyjąć śruby stopowe (rys. 11.4), a zdemontowane elementy przytwierdzeń zebrać ręcznie i składować w wyznaczonym miejscu.



Rys. 11.4. Zdjęcie przytwierdzeń i połączeń szyn (J. Zariczny)

W torze klasycznym należy zdemontować połączenia szyn i zebrać łubki, śruby łubkowe, nakrętki i pierścienie sprężyste. W torze bezстыkowym szyny długie muszą zostać pocięte piłą na odcinki o długości zależnej od możliwości sprzętu do ich transportu i miejsca składowania.

W praktyce bardzo często szyny są przeciągane w miejsce ich składowania za pomocą lokomotywy lub sprzętu ogólnobudowlanego (np. koparki dwudrogowej). Wówczas na końcu szyny mocuje się linę lub specjalny pas, który łączy się z zaczepem maszyny (rys. 11.5).

Zaleca się, aby szyny były wyjmowane z toru i transportowane na wagonach ze specjalnym systemem do ich załadunku i wyładunku.



Rys. 11.5. Przeciągnięcie szyn kolejowych (J. Zariczny)

Po wyjęciu szyn z toru (rys. 11.6) należy zebrać pozostałe elementy przytwierdzeń i połączeń (np. przekładki podszynowe).



Rys. 11.6. Wyjęte szyny na długości remontowanego podtorza (J. Zariczny)

W kolejnym etapie robót należy wyjąć z toru podkłady. W tym celu wykorzystuje się maszyny ogólnobudowlane (koparki, ładowarki) z podwieszonym do chwytaka trawersem (rys. 11.7). Łańcuszki zamocowane do trawersu zaczepia się za żebra podkładek (przytwierdzenie K) lub kotwy (przytwierdzenie SB) i wyciąga podkłady z podsypki.



Rys. 11.7. Wyjęcie podkładów z podsypki (J. Zariczny)

W zależności od odległości do placu składowania elementów nawierzchni, wyjęte z toru podkłady mogą być bezpośrednio transportowane maszyną ogólnobudowlaną lub układane na środki transportu (wagony – rys. 11.8 – lub samochody) i wywożone.

Warstwa podsypki tłuczniowej może być wybrana przed demontażem ramy toru (szyn i podkładów) z wykorzystaniem oczyszczarki tłucznia i wagonów do transportu materiałów sypkich (np. MFS).



Rys. 11.8. Układanie podkładów na wagonie (J. Zariczny)

Do wybrania warstwy podsypki tłuczniowej (po wyjęciu szyn i podkładów) najczęściej wykorzystywane są maszyny ogólnobudowlane. Za pomocą koparki podsiębiernej wykonuje się odspajanie podsypki (rys. 11.9), a następnie tłuczeń jest zgarniany, wybierany i ładowany na środki transportu (rys. 11.10).



Rys. 11.9. Odspajanie warstwy podsypki (J. Zariczny)



Rys. 11.10. Wybieranie warstwy podsypki (J. Zariczny)

Do transportu podsypki na plac jej składowania wykorzystywane są pojazdy samochodowe lub specjalne wagony do przewozu materiałów sypkich. Załadunek tłucznia na wagony samowyładowcze odbywa się za pomocą specjalnych platform załadowniczych (np. PZ-01 – rys. 11.11, 11.12).

Podsypka może być również wybierana i transportowana specjalnymi wagonami, które poruszają się na gąsienicach (przykłady maszyn omówiono w rozdziale 6).



Rys. 11.11. Załadunek podsypki na wagony (J. Zariczny)



Rys. 11.12. Wybrana warstwa podsypki tłuczniowej (J. Zariczny)

W podobny sposób jest wybierana pozostała warstwa tłucznia wymieszanego z górną warstwą torowiska (rys. 11.13) oraz górna warstwa podtorza (rys. 11.14).



Rys. 11.13. Wybrana warstwa gruntu zmieszanego z podsypką (J. Zariczny)



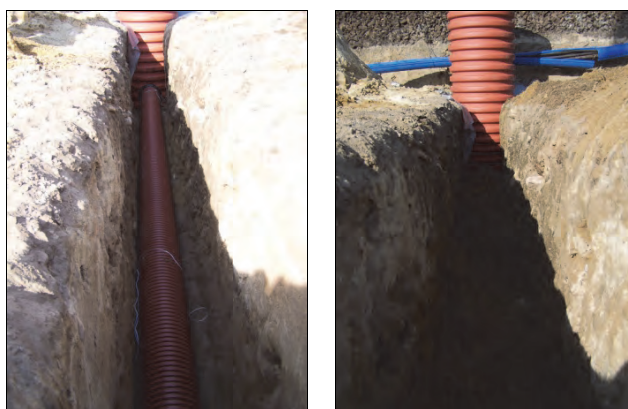
Rys. 11.14. Wstępne wyprofilowanie podłoża pod warstwą ochroną (J. Zariczny)

Jeżeli projekt przewiduje stabilizację gruntu torowiska spoiwem hydraulicznym, to prace te są wykonywane metodą małej mechanizacji. Spoiwo jest rozsypywane i mieszane ze spoistym gruntem za pomocą sprzętu rolniczego (rozsiewacz, kultywator, brony), a następnie zagęszczane.

Na etapie profilowania podłoża pod warstwę ochronną należy rozpocząć prace związane z odwodnieniem. Za pomocą koparek lub ręcznie (zgodnie z projektem) wykonuje się wykopy pod ciągi drenarskie, studzienki i zbieracze. W przygotowanych wykopach ustawia się studzienki oraz układa geowłókninę i rury perforowane, które są zasypywane płukanym żwirem. Tak przygotowany sączek zamyka się geowłókniną i zasypuje kliniec (rys. 11.15). W wykopach pod zbieracze układa się rury i łączy je ze studzienkami. Tak przygotowane zbieracze zasypuje się wybranym wcześniej gruntem, który należy zagęścić (rys. 11.16).



Rys. 11.15. Etapy ułożenia ciągu drenarskiego (J. Zariczny)



Rys. 11.16. Układanie zbieraczy i połączenie ich ze studzienką (J. Zariczny)

Po wykonaniu odwodnienia profiluje się i zagęszcza podłoże pod warstwę ochronną. W zależności od zakresu robót i możliwości zastosowania maszyn, do profilowania warstwy gruntu wykorzystuje się równiarki i spycharki (rys. 11.17), a do jego zagęszczania – walce i płyty wibracyjne (rys. 11.18).



Rys. 11.17. Profilowanie warstwy podłoża (J. Zariczny)



Rys. 11.18. Zagęszczanie warstwy podłoża (J. Zariczny)

Warstwa podtorza jest profilowana z odpowiednim spadkiem poprzecznym, a grunt należy doprowadzić do wilgotności optymalnej (poprzez polewanie wodą – rys. 11.18) w celu jego dobrego zagęszczenia. Po każdorazowym zagęszczeniu płytą wibracyjną warstwę gruntu profiluje się ręcznie (rys. 11.19) i grabi, co ułatwia pracę operatorowi (widoczna jest powierzchnia już zagęszczona). Czynności te są powtarzane do momentu uzyskania pożądanego stopnia zagęszczenia.

W kolejnym etapie robót na przygotowanej warstwie podłoża rozkłada się – zgodnie z projektem – geosintetyki (np. geowłókninę, geotkaninę i geosiatkę). Przy układaniu tych materiałów należy przestrzegać zasad omówionych w punkcie 11.1.



Rys. 11.19. Ręczne profilowanie torowiska pod warstwę ochronną (J. Zariczny)

Następnie układa się warstwę ochronną, która w zależności od zastosowanych materiałów, grubości i metody jej zagęszczania może być podzielona na subwarstwy. Kruszywo jest przywożone z placu składowego na miejsce wbudowania samochodami lub wagonami samowyladowczymi, gdzie jest przemieszczane i profilowane oraz zagęszczane za pomocą walców lub płyt wibracyjnych (rys. 11.20). Zagęszczane kruszywo na warstwę ochronną należy polewać wodą w celu uzyskania optymalnej wilgotności.



Rys. 11.20. Przemieszczanie, profilowanie i zagęszczanie warstwy ochronnej z kłińca (J. Zariczny)

W zależności od przyjętej technologii [130] w kolejnym etapie robót układa się subwarstwę podsypki tłuczniowej lub ruszt toru kolejowego (podkłady i szyny).

W pierwszym przypadku układana jest warstwa podsypki o grubości do $\frac{2}{3}$ wartości projektowanej, która jest profilowana i zagęszczana. Na tak przygotowanej warstwie układa się podkłady i szyny lub gotowe przęsła, pozostała podsypka jest zaś uzupełniana z wagonów samowyładowczych.

Druga metoda polega na ułożeniu toru na przygotowanej warstwie ochronnej i kilkukrotnym rozładunku podsypki z wagonów samowyładowczych, z jednoczesnym podniesieniem, podbiciem i stabilizacją toru.

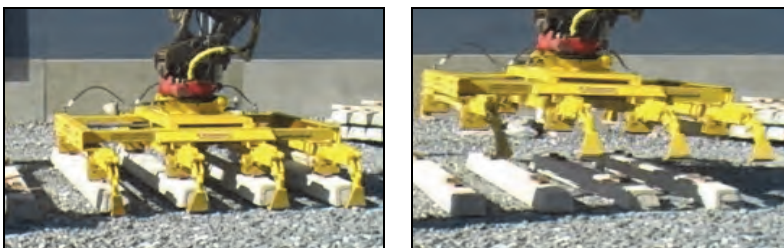
W zależności od posiadanych maszyn szyny i podkłady mogą zostać ułożone w torze metodą przęsłową, bezprzęsłową, potokową lub metodą małej mechanizacji.

Bardzo często, szczególnie przy niewielkim zakresie robót, wykorzystuje się metodę małej mechanizacji. Roboty są wówczas wykonywane za pomocą koparek dwudrogowych z wykorzystaniem osprzętu do układania podkładów.

Przykładem takiego osprzętu jest układacz podkładów SL 400 TRAWERS firmy Rosenqvist & Pandrol, wykorzystywany do załadunku, wyładunku i przeładunku podkładów kolejowych (rys. 11.21).



Rys. 11.21. Układacz podkładów SL 400 TRAWERS firmy Rosenqvist & Pandrol podczas załadunku i wyładunku podkładów kolejowych [75]



Rys. 11.22. Układanie podkładów na warstwie podsypki [75]

Układacz podkładów jest wyposażony w urządzenie hydrauliczne, które umożliwia rozsuniecie ramy na żądaną odległość (1,0÷2,5 m), co w praktyce pozwala na rozłożenie podkładów na podsypce z maksymalnym rozstawem 750 mm (rys. 11.22).

Firma Rosenqvist & Pandrol jest producentem układacza SL 600, dzięki któremu możliwe jest przemieszczanie do ośmiu podkładów kolejowych i ich układanie na podsypce tłuczniowej z maksymalnym rozstawem 762 mm (rys. 11.23).



Rys. 11.23. Układacz podkładów SL600 firmy Rosenqvist & Pandrol [75]

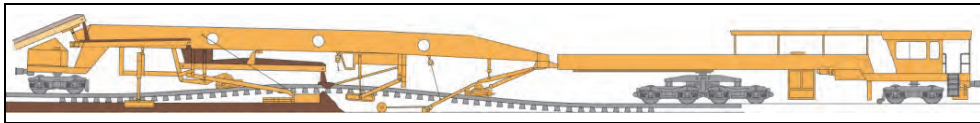
Po ułożeniu szyn na podkładach i ich przytwierdzeniu uzupełnia się podsypkę z wagonów samowyladowczych oraz podnosi i podbija tor z jednoczesną jego stabilizacją. W ostatnim etapie robót dokonuje się ostatecznej regulacji położenia toru w płaszczyźnie pionowej i poziomej oraz profiluje podsypkę.

11.3. Metoda potokowa

Pierwsza maszyna do potokowej naprawy podtorza PM 200-1 powstała w roku 1983 i była wyposażona w tylko jeden łańcuch wybierakowy. W roku 2005 została przebudowana i obecnie pracuje jako PM 200-1 BR/C. W 1991 roku wyprodukowano maszynę PM 200-2, która w roku 2002 została zmodernizowana do wersji PM 200-2R. W 1993 roku skonstruowano maszynę SVV 100, której zadaniem jest układanie warstwy kruszywa i geosyntetyków. Od roku 1994 jest produkowana maszyna AHM 800 R, która została wyposażona po raz pierwszy w dwa łańcuchy wybierakowe i zespół recyklingu podsypki [49, 105].

W 2000 roku powstała maszyna RPM 2002, wyposażona dodatkowo w przesiewacz, a dwa lata później – RMPW 2002-2, wyposażona w zespół mycia wybranej podsypki. W roku 2006 powstała maszyna RPM RS-900, wyposażona w dwa przesiewacze, natomiast trzy lata później PM 1000 URM z trzema łańcuchami wybierakowymi i możliwością wbudowania do pięciu warstw w jednym przejściu maszyny (geosyntetyk, warstwa z odzyskanego materiału, geosyntetyk, warstwa ochronna i warstwa podsypki) [105].

Układanie warstwy ochronnej i podsypki może być zrealizowane metodą potokową przy użyciu maszyny SVV100 firmy Plasser & Theurer, bez konieczności demontażu ramy torowej (rys. 11.24). Przed przystąpieniem do układania warstwy kruszywa należy wybrać podsypkę i górną warstwę podtorza za pomocą oczyszczarek i wagonów MFS.



Rys. 11.24. Schemat maszyny SVV 100 firmy Plasser & Theurer [68]

Maszyna SVV100 jest wyposażona w następujące zespoły robocze [125]:

- trzy urządzenia do podnoszenia toru;
- dwie zagęszczarki gruntu podtorza;
- urządzenie do rozkładania geosyntetyków;
- przenośnik taśmowy i urządzenie dozujące kruszywo;
- pług profilujący warstwę kruszywa;
- zagęszczarki układanej warstwy kruszywa;
- urządzenie profilujące i zagęszczające krawędź torowiska;
- system pomiarowy sterujący pługiem profilującym.

W ramach robót przygotowawczych należy przygotować odpowiednią ilość kruszywa przeznaczonego do ułożenia warstwy ochronnej. Na placu składowane kruszywo doprowadza się do wilgotności optymalnej i ładuje na wagony MFS, które są doczepiane do końca maszyny. Na miejsce budowy maszyna SVV100 wraz z wagonami MFS jest ciągnięta lokomotywą manewrową.



Rys. 11.25. Układanie i zagęszczanie warstwy kruszywa maszyną SVV100 [68]

Przy użyciu koparki dwudrogowej na początku i na końcu modernizowanego odcinka wykonuje się rampy przejściowe. W zależności od wielkości obniżenia toru w stosunku do położenia pierwotnego długość rampy wynosi od 12 m (obniżenie o 300 mm) do 32 m (obniżenie o 800 mm). Dodatkowo, w miejscu instalacji maszyny należy przeciąć toki szynowe i przesunąć trzy lub cztery podkłady, a wzdłuż toru zamontować podpory z linką sterującą (co 10 m na prostej i 8 m na łuku) [125].

Podczas pracy maszyny tor jest uniesiony na długości około 30 metrów, a kolejne zespoły robocze układają i zagęszczają warstwę kruszywa (rys. 11.25). W pierwszej kolejności dwie płyty wibracyjne profilują i zagęszczają górną warstwę podtorza. Kruszywo jest transportowane przenośnikami taśmowymi z wagonów MFS do leja zsykowego, skąd wsy-

puje się na uformowane podłoże (rys. 11.26). Ostatni przenośnik się obraca, co umożliwia równomierne rozproszanie materiału na całą szerokość warstwy do 6 m. Hydraulicznie sterowana belka rozścielająca profiluje kruszywo do żądanej grubości ($0,20 \pm 0,50$ m) i szerokości ($4 \div 6$ m) warstwy, a zespół sześciu płyt wibracyjnych zagęszcza wbudowaną warstwę kruszywa [125].



Rys. 11.26. Zagęszczanie podłoża i wsypywanie kruszywa maszyną SVV100 [68]

Przed wbudowaniem warstwy kruszywa istnieje możliwość ułożenia geosiatki lub geowłókniny o szerokości do 5,2 m.

Ławę torowiska zagęszcza się specjalnymi płytami wibracyjnymi, które umożliwiają formowanie krawędzi warstwy kruszywa (rys. 11.27). Pochylenie ławy torowiska może być inne niż pochycenie części środkowej torowiska. Po przejściu maszyny tor jest opuszczany na zagęszczoną warstwę kruszywa.



Rys. 11.27. Zagęszczanie warstwy kruszywa i ławy torowiska maszyną SVV100 [68]

Wydajność maszyny SVV100 wynosi do 100 m/h i zależy od grubości układanej warstwy. Przy układaniu subwarstwy podsypki wydajność może być zwiększona poprzez wcześniejszy wyładunek podsypki z wagonów samowyladowczych. Można przyjąć, że w ten sposób wyładuje się do 55% podsypki, a maszyna SVV100 uzupełnia i zagęszcza brakującą część tłucznia (rys. 11.28). Przy takiej technologii wydajność przy układaniu subwarstwy podsypki może wzrosnąć do 350 m/h [125].



Rys. 11.28. Układanie subwarstwy tłucznia maszyną SVV100 [125]

W latach 90. XX wieku wiele zarządów kolejowych wprowadziło do eksploatacji maszynę AHM 800 R firmy Plasser & Theurer (w Polsce nastąpiło to w roku 1999), która umożliwia układanie warstwy ochronnej torowiska i recykling starego tłucznia [2, 8–10, 108].

Do głównych zalet układania warstwy ochronnej maszyną AHM 800 R zaliczają się [10, 108]:

- budowa warstwy ochronnej bez konieczności demontażu toru;
- recykling starej podsypki i wykorzystanie jej do warstwy ochronnej;
- brak obciążenia podłoża gruntowego;
- zagęszczenie i profilowanie podłoża przed ułożeniem warstwy ochronnej;
- kontrola wilgotności układanej warstwy ochronnej;
- możliwość zabudowy geosyntetyków i warstwy ochronnej;
- wydajność 40÷80 m/h, w zależności od grubości układanej warstwy;
- możliwość prowadzenia ruchu po sąsiednim torze;
- możliwość układania warstwy ochronnej grubości do 50 cm w jednym przejściu maszyny;
- możliwość budowy warstwy ochronnej na szerokości do 6 m;
- oszczędność do 50% nowego kruszywa poprzez wykorzystanie materiału z recyklingu;
- skrócenie zamknięcia torów o 50%;
- brak konieczności budowy tymczasowych dróg dojazdowych.

W wyniku recyklingu podsypki tłuczniowej uzyskuje się znaczne efekty ekonomiczne, między innymi [48]:

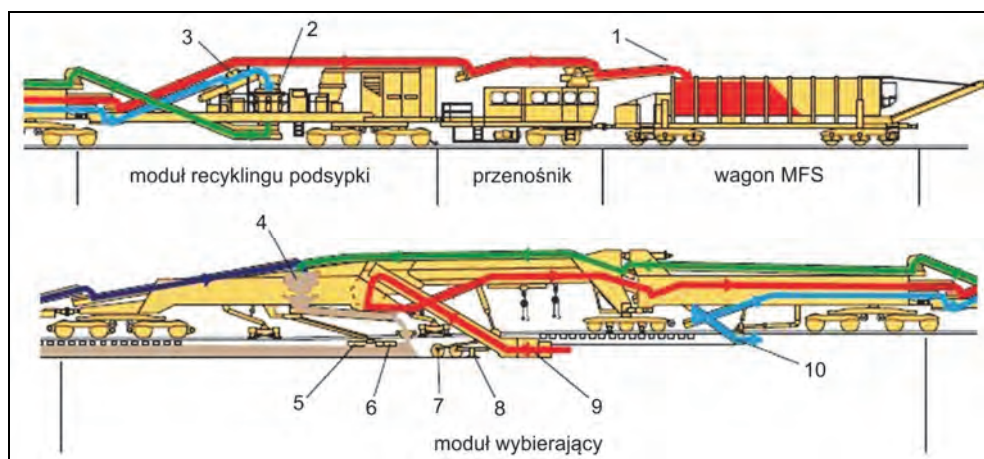
- mniejsze koszty materiału – potrzebna jest mniejsza ilość nowej podsypki lub materiału na warstwę ochronną;
- mniejsze koszty transportu – większa ilość podsypki jest wykorzystywana na miejscu;
- mniejsze koszty utylizacji starej podsypki.

W Polsce naprawę potokową podtorza kolejowego realizuje się pociągiem do naprawy podtorza (PNP), w którego skład wchodzi następujące maszyny i urządzenia techniczne [104]:

- maszyna AHM 800R-PL;
- transportery samowyładowcze MFS;
- platforma załadownicza BLS2000;
- ładowarka Volvo L180C;
- wagony cysterny o pojemności 5000 litrów;
- wagony techniczno-socjalne.

Podsypka tłuczniowa jest wybierana pierwszym łańcuchem (rys. 11.30) i za pomocą trzech przenośników taśmowych transportowana do kruszarki (rys. 11.29 – kolor niebieski). Łańcuch wybierakowy umożliwia wybranie podsypki na szerokości maksymalnie 4 m i głębokości do 30 cm. Nad ostatnim przenośnikiem znajduje się separator magnetyczny, którego zadaniem jest usunięcie części metalowych znajdujących się w podsypce. W kruszarce następuje recykling podsypki tłuczniowej (rys. 11.30) poprzez kruszenie jej do frakcji 0÷32 mm lub łamanie ziaren tłucznia przy maksymalnym rozwarciu (32 mm).

Skruszona podsypka jest transportowana kolejnymi przenośnikami taśmowymi do mieszalnika (rys. 11.29 – kolor zielony), gdzie zostaje wymieszana z kruszywem dostarczanym z wagonów MFS, które znajdują się na końcu maszyny (kolor granatowy). W maszynie AHM 800R-PL podsypka po przejściu przez kruszarkę może być transportowana przenośnikami do zsypu bocznego, gdzie ponownie jest wsypywana w tor (technologia zmodyfikowana) [104].



Rys. 11.29. Schemat maszyny AHM 800R [23]:

1 – przenośnik taśmowy, 2 – separator magnetyczny, 3 – kruszarka, 4 – zsypl kruszywa, 5 – zespół sześciu płyt wibracyjnych, 6 – pług profilujący, 7 – rolka z geosyntetykiem, 8 – zespół dwóch płyt wibracyjnych, 9 – drugi łańcuch wybierakowy, 10 – pierwszy łańcuch wybierakowy

a)



b)



Rys. 11.30. Budowa AHM 800R:

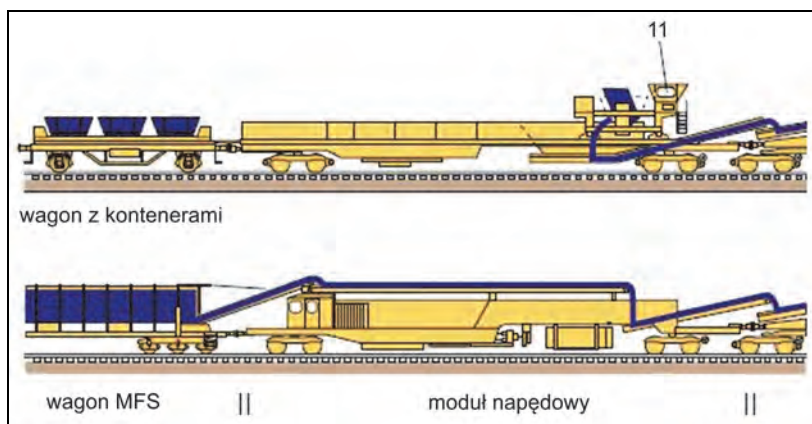
a) pierwszy łańcuch wybierakowy; b) kruszarka i separator magnetyczny (J. Zariczny)

Drugi łańcuch (rys. 11.31) wybiera pozostałą podsypkę i górną warstwę podtorza na szerokości do 6 m i głębokości do 70 cm, co pozwala na wybranie dwoma łańcuchami łącznie kruszywa i gruntu do głębokości 1 m. Wybrany materiał jest transportowany przenośnikami taśmowymi do przodu maszyny i wyładowywany na wagony MFS (rys. 11.29 – kolor czerwony).

Z wagonów MFS (z tyłu maszyny), przy użyciu przenośników taśmowych, na układaną warstwę ochronną transportuje się kruszywo, które trafia do mieszalnika znajdującego się w członie wybierającym (rys. 11.29 – kolor granatowy). W oryginalnej wersji maszyny AHM 800R kruszywo jest przewożone w kontenerach ustawionych na wagonie platformie. Za pomocą suwnicy kontenery są przenoszone nad zsypl i tam obracane (rys. 11.32), kruszywo zaś zostaje przetransportowane do mieszalnika.



Rys. 11.31. Budowa AHM 800R: drugi łańcuch wybierakowy (J. Zariczny)



Rys. 11.32. Schemat maszyny AHM 800R – człon napędowy [23]:
11 – zsypl kruszywa z kontenerów; AHM 800R-PL z wagonami MFS – na dole

Za drugim łańcuchem wybierakowym zespół dwóch płyt wibracyjnych wyrównuje i zagęszcza torowisko pod układaną warstwę ochronną (rys. 11.29 – kolor beżowy). Na tak przygotowanej warstwie gruntu podtorza rozkładane są geosyntetyki (rys. 11.33).



Rys. 11.33. Budowa maszyny AHM 800 R:
zespół dwóch płyt wibracyjnych (z lewej); rolka geowłókniny (z prawej) (J. Zariczny)

Dostarczone do mieszalnika kruszywo jest łączone z wodą, doprowadzoną do zraszaczy z wagonów cystern rozmieszczonych za transporterami MFS. Doprowadzone do optymalnej wilgotności kruszywo jest transportowane przenośnikiem rozścielającym na wózek zsypano-zgarniający i układane na wcześniej rozłożonej geowłókninie (rys. 11.34). Pług formuje i wyrównuje wysypane kruszywo, a zespół sześciu płyt wibracyjnych je zagęszcza (rys. 11.35).



Rys. 11.34. Budowa maszyny AHM 800R:
1 – transporter rozścielający, 2 – wózek zasypowo-zgarniający, 3 – pług,
4 – zespół sześciu płyt wibracyjnych (J. Zariczny)



Rys. 11.35. Zespół sześciu płyt wibracyjnych w maszynie AHM 800R (J. Zariczny)

Maszyna AHM 800R umożliwia ułożenie warstwy ochronnej o grubości do 40 cm i szerokości 6 m, przy czym minimalna szerokość układanej warstwy wynosi 4 m.

W technologii zmodyfikowanej wybrana podsypka trafia do kruszarki, która pracuje w opcji maksymalnego rozwarcia (32 mm). Tłuczeń jest łamany, co przywraca mu właściwości kruszywa łamanego (ostre krawędzie), a następnie transportowany do zspów bocznych i wsypywany w tor (rys. 11.36).



Rys. 11.36. Wysypywanie tłucznia w tor zspem bocznym w maszynie AHM 800R (J. Zariczny)

Maszyna AHM 800R-PL jest również wyposażona w dwie dodatkowe płyty wibracyjne, których zadanie polega na formowaniu i zagęszczeniu krawędzi układanej warstwy ochronnej (rys. 11.37).



Rys. 11.37. Dwie dodatkowe płyty wibracyjne w maszynie AHM 800R (J. Zariczny)

W tabeli 11.1 przedstawiono przykładowe technologie pracy pociągu PNP w zależności od stanu podsypki tłuczniowej. Należy jednak zaznaczyć, że zasadniczym przeznaczeniem maszyny AHM 800R jest układanie warstwy ochronnej z możliwością recyklingu podsypki i jej wykorzystania do budowy tej warstwy. Wynika to z konieczności oczyszczenia tłucznia po przejściu przez kruszarkę, a przed jej wsypaniem w tor.

Tabela 11.1

Przykładowe technologie naprawy w zależności od stanu podsypki [154]

Stan podsypki	Oczyszczarka RM	Maszyna AHM
dobry	nie pracuje	technologia zmodyfikowana
	wybiera podsypkę	technologia zmodyfikowana
przeciętny	nie pracuje	technologia podstawowa
	oczyszcza podsypkę	technologia zmodyfikowana
		technologia podstawowa
zły	oczyszcza podsypkę	technologia podstawowa

Jedną z nowszych maszyn do modernizacji podtorza z wykorzystaniem kruszywa z recyklingu podsypki tłuczniowej jest kombajn podtorzowy RPM RS 900 (ang. *Recycling Planumsverbesseruns und Reinigungsmachine*) o wydajności do 900 m³/h. Maszyna składa się z następujących zespołów [127, 145]:

- wagon napędowy;
- przesiewacz wstępny wraz z kruszarką tłucznia;
- przesiewacz zasadniczy;
- moduł wybierający;
- moduł uzupełniania podsypki i podbijania toru;
- wagon MFS 40-D (zawierający zapas nowego tłucznia);
- wagon przesypowy, pod którym zamontowana jest szczotka do wymiatania tłucznia z rusztu torowego.



Rys. 11.38. Maszyna RPM RS 900 firmy Plasser & Theurer [68]:
moduł wybierający (widoczny pierwszy i drugi łańcuch wybierakowy)

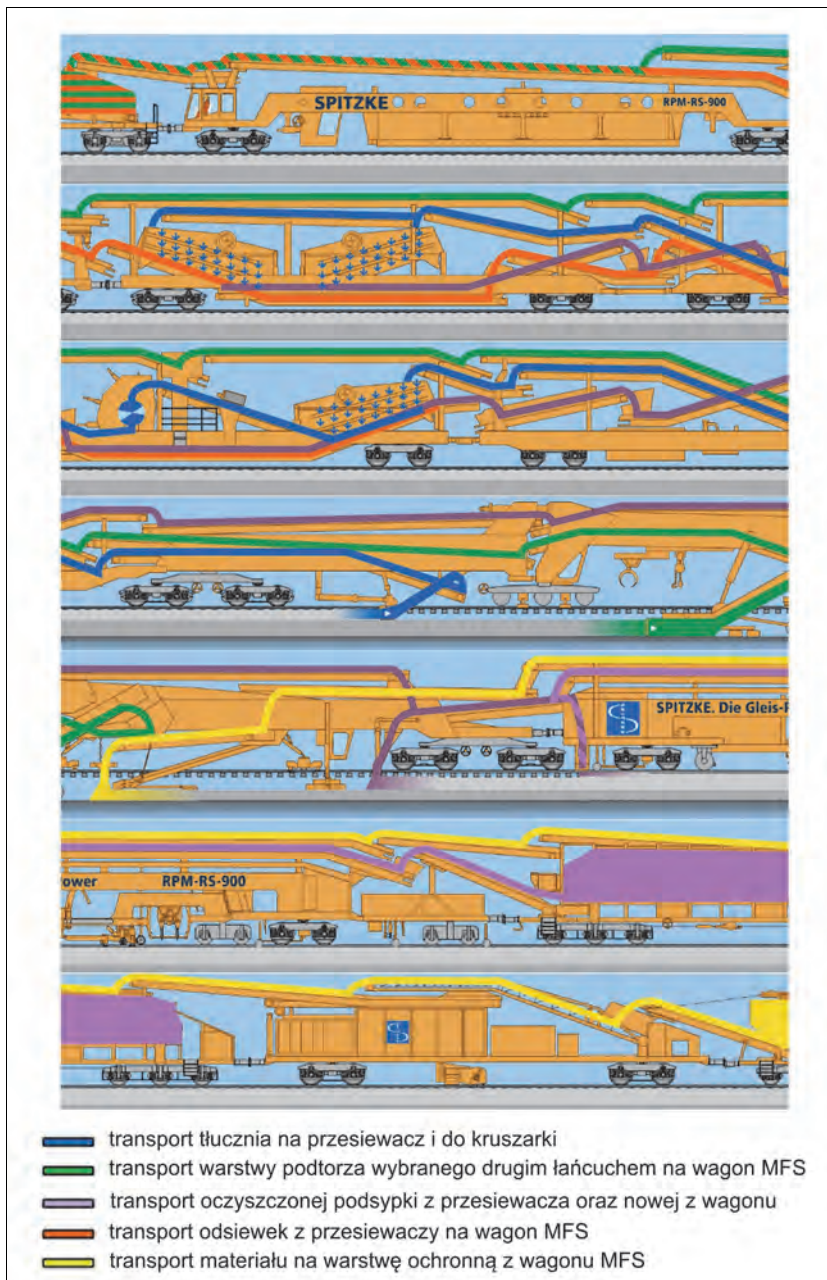
Maszyna RPM RS 900 (rys. 11.38) wymaga również zastosowania dwóch zespołów wagonów przesypowych typu MFS (jeden z przodu, drugi z tyłu maszyny). W przypadku wzmocnienia podtorza i pełnego recyklingu podsypki tłuczniowej zespoły te powinny mieć minimum po dwanaście wagonów typu MFS 100 [127].

Po przejściu maszyny tor może być oddany do ruchu z prędkością 70 km/h bez konieczności przeprowadzenia dodatkowych robót; wprowadzenie wyższej prędkości wymaga zaś oprofilowania podsypki i ostatecznego podbicia toru [145].

Maszyna RPM RS 900 może pracować w następujących technologiach [127]:

1. Naprawa podtorza wraz z recyklingiem tłucznia:
 - wybranie podsypki tłuczniowej wraz z jej recyklingiem (przesianie, kruszenie do żądanej frakcji oraz ponowne przesianie);
 - wybranie warstw podtorza oraz ich transport na wagony samowyladowcze;
 - układanie materiałów geosyntetycznych;
 - wbudowanie nowej warstwy ochronnej wraz z jej zagęszczeniem;
 - wbudowanie podsypki po recyklingu z możliwością uzupełnienia nowym tłuczniem;
 - podbicie toru.
2. Naprawa podtorza z wykorzystaniem starej podsypki tłuczniowej do budowy warstwy ochronnej:
 - wybranie podsypki tłuczniowej wraz z jej recyklingiem (przesianie oraz kruszenie do żądanej frakcji);
 - wybranie warstw podtorza oraz ich transport na wagony samowyladowcze;
 - rozłożenie materiałów geosyntetycznych;
 - wbudowanie warstwy ochronnej z kruszywa uzyskanego po skruszeniu tłucznia uzupełnionego nowym materiałem wraz z jej zagęszczeniem.
3. Oczyszczanie podsypki tłuczniowej z możliwością uzupełnienia nowym tłuczniem:
 - wybieranie podsypki tłuczniowej;
 - oczyszczenie podsypki tłuczniowej (jednokrotne przesianie lub recykling – dwukrotne przesianie i kruszenie do żądanej frakcji);
 - wbudowanie oczyszczonego tłucznia z możliwością uzupełnienia podsypki nowym materiałem;
 - podbicie toru.

4. Całkowite wybranie podsypki tłuczniowej z wbudowaniem nowego tłucznia:
- wybranie podsypki tłuczniowej z transportem na wagony samowyladowcze;
 - wbudowanie nowego tłucznia;
 - podbicie toru.



Rys. 11.39. Schemat pracy maszyny RPM RS 900 firmy Plasser & Theurer [80]

Podsypka tłuczniowa (rys. 11.39 – kolor niebieski) jest wybierana z toru za pomocą pierwszego (małego) łańcucha wybierakowego i transportowana systemem przenośników na pierwszy przesiewacz, gdzie wstępnie tłuczeń zostaje oczyszczony z drobnych frakcji. Następnie tłuczeń transportuje się do kruszarki, a odsiewki przemieszcza się na wagony MFS (rys. 11.40) znajdujące się z przodu maszyny (rys. 11.39 – kolor czerwony). Przed kruszarką znajduje się separator magnetyczny, który wybiera metalowe elementy znajdujące się w podsypce (np. elementy przytwierdzeń). W kruszarce tłuczeń jest łamany w celu uzyskania ostrych krawędzi, które pozwalają na lepsze zażębianie się ziaren i stabilizację podsypki (rys. 11.41). Następnie podsypkę transportuje się do przesiewacza zasadniczego, gdzie zostaje ona oczyszczona z podziarna i nadziarna. Odsiewki są przemieszczane na wagony MFS (rys. 11.39 – kolor czerwony), a tłuczeń jest transportowany do zsypu (rys. 11.39 – kolor fioletowy), gdzie ponownie zostaje wsypany w tor.

Z wagonu MFS40-D (znajdującego się z tyłu maszyny RPM RS 900) nowa podsypka jest transportowana systemem przenośników taśmowych do dwóch zsyków (rys. 11.39 – kolor fioletowy), a następnie podbijana i zagęszczana od czoła podkładów pojedynczym zespołem podbijającym oraz płytą wibracyjną.



Rys. 11.40. Wagony MFS do transportu odsiewek i wybranej warstwy podtorza [68]



Rys. 11.41. Przesiewacz do wstępnego oczyszczania podsypki i kruszarka w maszynie RPM RS 900 [68]

Drugi (duży) łańcuch (rys. 11.42) wybiera grunt podtorza do żądanej niwelety, po czym systemem przenośników grunt jest transportowany na wagony MFS znajdujące się z przodu maszyny (rys. 11.39 – kolor zielony).



Rys. 11.42. Drugi łańcuch wybierakowy w maszynie RPM RS 900 [145]

Systemem przenośników (z wagonów MFS z tyłu maszyny) transportowane jest kruszywo na warstwę ochronną (rys. 11.39 – kolor żółty). W przypadku, gdy do budowy warstwy ochronnej wykorzystuje się starą podsypkę, po skruszeniu jest ona mieszana z podanym kruszywem i układana na przygotowanym torowisku. Technologia układania i zagęszczania warstwy ochronnej jest identyczna jak w maszynie AHM 800R (rys. 11.43).



Rys. 11.43. Układanie warstwy ochronnej maszyną RPM RS 900 [68]

Maszyna umożliwia ułożenie do dwóch warstw geosyntetyków. Pierwszą warstwę stanowi geowłóknina, na której układa się geosiatkę z wykorzystaniem specjalnej ramy, co pozwala na zazębienie się kruszywa w oczkach (rys. 11.44).

Maszyna RPM RS 900 umożliwia wbudowanie i zagęszczenie warstwy ochronnej na szerokości 4÷6,5 metra. Komputer pokładowy rejestruje następujące parametry pracy maszyny: szerokość i głębokość wybierania, grubość, nośność i stopień zagęszczenia wbudowanych warstw kruszyw, nachylenie warstw podtorza oraz parametry podbitego toru i szybkość pracy maszyny [127].



Rys. 11.44. Układanie geowłókniny i geosiatki maszyną RPM RS 900 [132]

Na rysunku 11.45 pokazano tor po przejściu maszyny, która wykonała naprawę podtorza w pełnym zakresie, wraz z recyklingiem podsypki tłuczniowej.



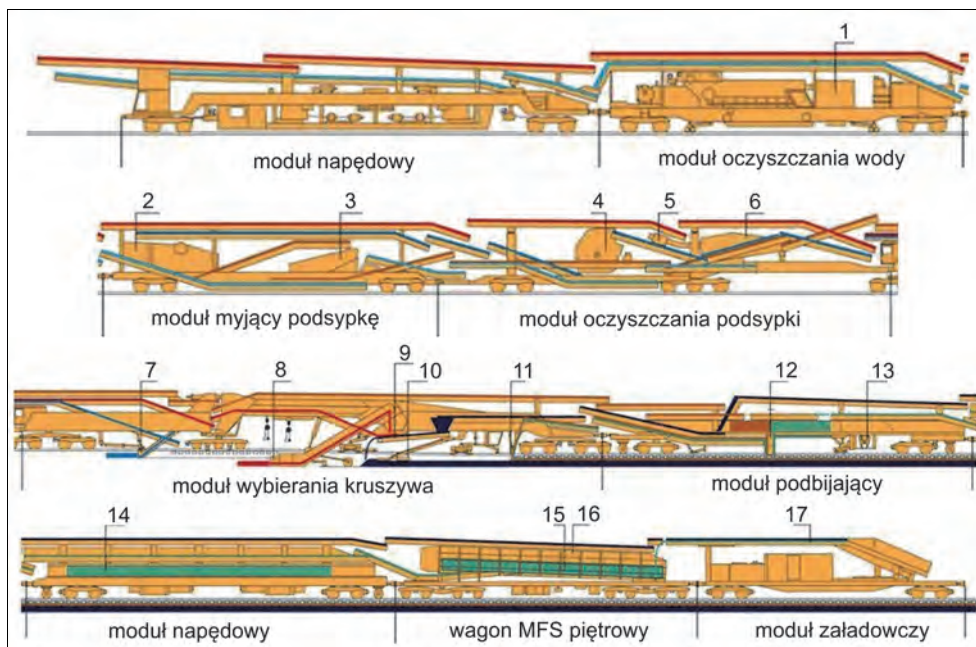
Rys. 11.45. Tor po wykonanej naprawie maszyną RPM RS 900 [145]

Jedną ze zmodernizowanych maszyn do naprawy podtorza i pełnego recyklingu podsypki jest kombajn PM200-2R firmy Plasser & Theurer (rys. 11.46). Maszyna ta została dodatkowo wyposażona w moduł myjący podsypkę tłuczniową i moduł oczyszczania wody. Technologia układania warstwy ochronnej jest identyczna jak w przypadku wcześniej omawianych maszyn, a różnice są związane głównie z pełnym recyklingiem tłucznia [23].



Rys. 11.46. Maszyna PM200-2R firmy Plasser & Theurer [68]

Pierwszy łańcuch wybiera podsypkę, a system przenośników taśmowych transportuje ją do modułu jej oczyszczania (rys. 11.47 – kolor niebieski). Tam zostaje wstępnie oczyszczona na przesiewawcu, a w kruszarce tłuczeń uzyskuje właściwości kruszywa łamanego. Następnie tłuczeń jest transportowany do modułu myjącego, gdzie podsypkę płucze się wodą pod wysokim ciśnieniem (rys. 11.48).



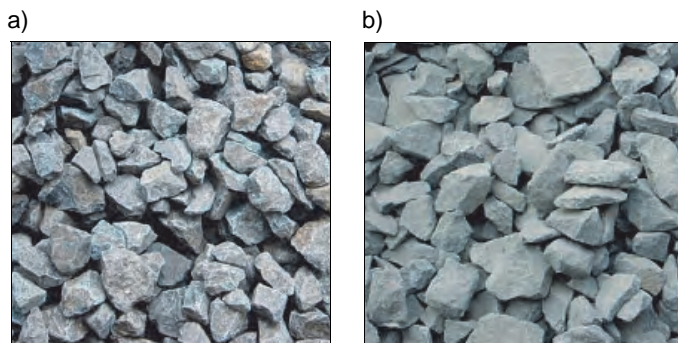
Rys. 11.47. Schemat maszyny PM200-2R [23]:

- 1 – zespół oczyszczający wodę, 2 – przesiewacz podsypki, 3 – przesiewacz myjący podsypkę, 4 – kruszarka, 5 – separator magnetyczny, 6 – przesiewacz palcowy, 7 – mały łańcuch wybierakowy, 8 – duży łańcuch wybierakowy, 9 – lej zsykowy kruszywa, 10 – belka profilująca, 11 – lej zsykowy tłucznia, 12 – zsyk tłucznia, 13 – zespół podbijający, 14, 15 – nowy tłuczeń, 16 – MFS100 piętrowy, 17 – przenośniki załadunkowe



Rys. 11.48. System mycia podsypki tłuczniowej w maszynie PM200-2R [48]

Woda do mycia podsypki tłuczniowej krąży w obiegu zamkniętym, gdzie w kolejnym module jest oczyszczana. Umytą podsypkę przemieszcza się na kolejny przesiewacz, a następnie (po pełnym recyklingu – rys. 11.49) systemem przenośników taśmowych transportuje do zsyków. W ostatnim etapie podsypka po recyklingu może zostać uzupełniona nowym tłuczniem z wagonu MFS.



Rys. 11.49. Porównanie podsypki tłuczniowej [105]:
a) po pełnym recyklingu; b) przed recyklingiem

Najnowszą maszyną do potokowej naprawy podtorza i recyklingu podsypki tłuczniowej w pełnym zakresie jest kombajn PM1000 URM firmy Plasser & Theurer (rys. 11.50). Został on wyposażony w dodatkowy łańcuch wybierakowy (posiada zatem trzy łańcuchy), co zwiększa wydajność i umożliwia ułożenie do pięciu warstw, o łącznej grubości jednego metra od górnej powierzchni podkładu [105].

Technologia recyklingu podsypki obejmuje jej wstępne oczyszczenie, kruszenie, mycie i ponowne oczyszczenie.



Rys. 11.50. Maszyna PM1000 URM firmy Plasser & Theurer [105]

W przypadku wykorzystania maszyn PM i RPM podsypka tłuczniowa (po recyklingu i nowa) jest transportowana systemem przenośników taśmowych i wsypywana w tor za pomocą dwóch zsyków (rys. 11.51). Następnie poprzez zespół nasuwająco-podnoszący tor kolejowy jest regulowany w dwóch płaszczyznach, a zespół podbijający zagęszcza podsyp-

kę pod podkładem (rys. 11.52). Umożliwia to jazdę pociągów z prędkością 70 km/h zaraz po przejściu maszyny, a po dokonaniu ostatecznej regulacji toru i jego stabilizacji można jeździć z prędkością projektowaną.



Rys. 11.51. Wsypanie tłucznia w tor maszynami PM i RPM [68]



Rys. 11.52. Zespół podnosząco-nasuwiający i podbijający w maszynach PM i RPM [68]

BIBLIOGRAFIA

- [1] Aluminothermic Welding Manual. Engineering Practices Manual Civil Engineering. RTS 3602, Australian Rail Track Corporation 2013.
- [2] Auer F., Breymann H., Schilder R.: 13 years of experience with rail-mounted formation rehabilitation on the Austrian network. RTR 1/2008, s. 29–36.
- [3] Bałuch M.: Metoda określania cykli zapobiegawczego profilowania szyn. Nowoczesne Technologie i Systemy Zarządzania w Transporcie Szynowym. Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK RP w Krakowie, 158/2011, s. 23–30.
- [4] Bałuch H., Czubaczyński J., Pelc S.: Montaż i wymiana rozjazdów. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1975.
- [5] Batko M.: Budowa i utrzymanie dróg kolejowych. T. 2. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1985.
- [6] Becker R.: How can the tamping effects be assured, measured, and what future developments are planned? Track Geometry Maintenance Durability Seminar, Athens, 11 October 2007, s. 1–62.
- [7] Becker B.: Innovations and proven equipment at the if 2013. RTR 2/2013, s. 8–14.
- [8] Becker R., Vierlinger P.: Nachhaltiges Wirtschaften durch gleisgebundenes Schotterrecycling. EI – Der Eisenbahningenieur 6/2004, s. 18–22.
- [9] Beczkowski H.: Track substructure renewal on Polish State Railways. Rail Engineering International (CD-ROM from Rail Engineering International), 2/2002, s. 4–6.
- [10] Beczkowski H.: Zustandsverbesserung von Streckengleisen der PKP durch Einsatz der AHM 800-R PL. ETR, 4/2002, s. 194–198.
- [11] Brodacki K., Janik A: Pociąg P-95 Matisa do potokowej wymiany nawierzchni w wersji samodzielnej układki toru kolejowego, pociąg SUM 314 Plasser Theurer przy wymianie nawierzchni z podkładami typu Y. Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK RP w Krakowie. Seria: Materiały Konferencyjne, 117/2004, s. 41–52.
- [12] Cary H., Helzer S.: Modern Welding Technology. Upper Saddle River, New Jersey, Pearson Education, 2005.
- [13] Code of Practice for the THERMIT[®] – Quick Welding Procedure SkV. Elektro-Thermit GmbH & Co KG, 2010.
- [14] Code of Practice for the THERMIT[®] – Quick Welding Procedure SkV-Elite. Elektro-Thermit GmbH & Co KG, 2010.
- [15] Code of Practice for the THERMIT[®] – Quick Welding Procedure SoWoS. Elektro-Thermit GmbH & Co KG, 2010.
- [16] Cornell T.: UK trials of the PALAS system. Rail Infrastructure, 52/2006, s. 41–42.
- [17] Dahl B., Mogard B., Grefott B., Ulander U.: Repair of rails on-site by welding. Swedish National Rail and ESAB AB, Svetsaren, 2/1995, s. 10–14.
- [18] Decyzja Komisji z dnia 26 kwietnia 2011 r. dotycząca technicznej specyfikacji interoperacyjności podsystemu „infrastruktura” transeuropejskiego systemu kolei konwencjonalnych, 2011/275/UE.

- [19] Dudziński J., Jarzyna J., Mossor A.: Organizacja wojskowych prac inżynierskich. Podstawy i elementy projektowania działań inżynierskich. Warszawa, skrypt Wojskowej Akademii Technicznej 1982.
- [20] Dyżewski A.: Technologia i organizacja budowy. T. 1. Arkady, Warszawa 1989.
- [21] Esveld C.: Modern Railway Track. MRT-Productions, Zaltbommel 2001.
- [22] Esveld C.: Uniform ballast quality assessment criteria. Rail Engineering International, 2/1993, s. 11–13.
- [23] Foege T.: Neuester Stand der gleisgebundenen Unterbausanierung. Eurailpool GmbH; www-docs.tu-cottbus.de/verkehrswesen/public/Lehre/LV/Kolloquium/2008_2009/Vortrag_foege_120109.pdf (dostęp: 13.12.2014).
- [24] Frączek R., Malara H.: Wybrane kierunki rozwoju technologii utrzymania dróg szynowych ze szczególnym uwzględnieniem robót interwencyjnych. Problemy Kolejnictwa, 137–138/2003, s. 59–72.
- [25] Gehrman R., Keichel J.: A simple approach to rail head repairs. Railway Gazette International, 8/2011, s. 42–43.
- [26] Grzechowiak W., Wróblewski P.: Metody spawania termitowego „ze skróconym czasem podgrzewania” do łączenia szyn w torach szybkich kolei. III Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna Spawalnictwo Dróg Szynowych, Warszawa – Bochnia 21–23.03.2007 r., SITK RP w Warszawie, s. 29–33; http://spawalnictwoszyn.pl/download/pobieranie/o-konferencji/bochnia-2007/p_wroblewski.pdf (dostęp: 12.03.2013).
- [27] Grzechowiak W.: Spawanie termitowe metodą SkV. Postęp w spawalnictwie nawierzchniowym PKP PLK SA. V Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna „Spawalnictwo Dróg Szynowych”, Kraków 15–17.05.2013 r., SITK RP w Warszawie, s. 12; http://spawalnictwoszyn.pl/download/pobieranie/o-konferencji/krakow-2013-referaty/grzechowiak_2013.pdf (dostęp: 15.12.2013).
- [28] Grzechowiak W., Wróblewski P.: Zgrzewanie szyn zgrzewarkami dwudrogowymi. IV Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna „Spawalnictwo Dróg Szynowych”, Bochnia 12–14.05.2011 r., SITK RP w Warszawie, s. 14; http://spawalnictwoszyn.pl/wp-content/uploads/2014/08/w_grzechowiak.pdf (dostęp: 20.03.2013).
- [29] Hartleben D.: Grinding of Rails – Acoustic Benefits. Railway noise in urban areas: possible source noise reduction measures. Pisa 9–10.11.2006, Associazione Italiana di Acustica, s. 1–24.
- [30] Hartleben D.: Mobile rail machining in tracks and switches by means of rotational planing. EI – Der Eisenbahningenieur, 09/2013, s. 1–6.
- [31] Hauke R., Sautner M.: Oberbau-Stopmaschinen für spezielle Aufgaben ETR, 5/2011, s. 22–28.
- [32] Instrukcja obsługi P 95 UMP. Matisa, Crissier 1999.
- [33] Instrukcja o oględzinach badaniach technicznych i utrzymaniu rozjazdów Id-4 (D6). Zarządzenie nr 15 Zarządu PKP PLK SA z dnia 18.05.2005 r. Biuletyn PKP PLK SA, załącznik B nr 02 z dnia 10.06.2005 r., poz. 16.
- [34] Instrukcja spawania szyn termitem Id-5 (D-7). Załącznik do zarządzenia nr 4 Zarządu PKP PLK SA z dnia 10 marca 2005 r.
- [35] Janik A., Kaczmarek J.: Porównanie pracy pociągów do potokowej wymiany szyn przy robotach w Polsce i w Niemczech. Materiały z XII Konferencji Naukowej „Drogi Kolejowe 2003”, Sobieszewo, 15–17 października 2003 r. Politechnika Gdańska, Gdańsk 2003, s. 123–129.
- [36] Jasiński I.: Wybrane aspekty dziedziny spawalnictwa. IV Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna. Spawalnictwo Dróg Szynowych, Bochnia 12–14.05.2011 r., SITK RP w Warszawie s. 1–9; http://spawalnictwoszyn.pl/download/pobieranie/o-konferencji/bochnia-2010/j_jasinski.pdf (dostęp: 15.06.2013).

- [37] Jaworski K.: Metodologia projektowania realizacji budowy. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2009.
- [38] Junghähnel W.: Technologie spawania THERMIT®. Prezentacja elektroniczna. V Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna „Spawalnictwo Dróg Szynowych”, Kraków, 15–17.05.2013 r.
- [39] Keichel J., Gehrman R.: Neues Thermit-Schweißverfahren SkV-Elite. EI – Der Eisenbahningenieur 9/2008, s. 50–53.
- [40] Klimpel A.: Technologia zgrzewania. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1995 r.
- [41] Klotzinger E.: Further Development of Mechanised Ballast Cleaning. Railway Technical Review, 2–3/2002, s. 21–28.
- [42] Koktysz B.: Podbijarki torowe. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1976.
- [43] Kuźniak M.: Tymczasowe warunki techniczne wykonania i odbioru złączy szynowych spawanych łukiem elektrycznym elektrodami zasadowymi – projekt. IV Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna „Spawalnictwo Dróg Szynowych”, Bochnia 12–14.05.2011 r., SITK RP w Warszawie, s. 1–9; http://spawalnictwoszyn.pl/download/pobieranie/o-konferencji/bochnia-2010/m_kuniak.pdf (dostęp: 20.04.2013).
- [44] Lewiński L.: Naprawy główne torów oraz kompleksowe naprawy bieżące torów ciągów podstawowych – spostrzeżenia na podstawie prac wykonywanych na terenie Oddziału Drogowego w Gdyni w latach 1989–1993. Maszynopis powielany. Wejherowo 1993.
- [45] Lichtberger B.: Dynamic stabilisation keeps geometry in shape. Railway Gazette International, July 2002, s. 374–377.
- [46] Lichtberger B.: EM-SAT – von der Vormessung zur kompletten ingenieurmäßigen Vorbereitung der Gleisinstandhaltung. Eisenbahn Ingenieur Kalender 2009, s. 185–194.
- [47] Lichtberger B.: Moderne Vier-Schwellen-Stopftechnologie. Eisenbahn Ingenieur Kalender 2011, s. 31–52.
- [48] Lichtberger B.: Railway track optimisation by efficient track maintenance machinery and strategies. Rail Engineering International, 4/2007, s. 3–6 (CD-ROM from Rail Engineering International).
- [49] Lichtberger B.: Track Compendium. Formation, Permanent Way, Maintenance, Ecoms. Eurail press 2005.
- [50] Lieberenz K., Piereder F.: Track formation improvement – problems, development and implementation. Part 2. RAIL INFRASTRUCTURE, Permanent Way, 86/2011.
- [51] Materiały informacyjne firmy Alpha Rail Team GmbH (www.alpha-rail.com).
- [52] Materiały informacyjne firmy ArcelorMittal (<http://poland.arcelormittal.com>).
- [53] Materiały informacyjne firmy ASAB (www.ekod.com.pl).
- [54] Materiały informacyjne firmy ASMO (asmo.com.pl).
- [55] Materiały informacyjne firmy AUTECH (www.autech.ch).
- [56] Materiały informacyjne firmy DESEC GmbH (www.desec.com).
- [57] Materiały informacyjne firmy Elektro-Thermit (www.elektro-thermit.de).
- [58] Materiały informacyjne firmy ESAB (www.jwr.opole.pl).
- [59] Materiały informacyjne firmy FCS (www.fcsrail.com).
- [60] Materiały informacyjne firmy FEROCO (www.feroco.pl).
- [61] Materiały informacyjne firmy Gantrex (www.gantry.com).
- [62] Materiały informacyjne firmy Geismar (www.geismar.com).
- [63] Materiały informacyjne firmy Herzog Railroad Services, Inc. (www.hrsi.com).

-
- [64] Materiały informacyjne firmy KIROW ARDEL T GMBH (www.kirow.de).
- [65] Materiały informacyjne firmy LINSINGER Maschinenbau Gesellschaft m.b.H. (www.linsinger.com).
- [66] Materiały informacyjne firmy LORAM (www.loram.com).
- [67] Materiały informacyjne firmy Matisa (www.matisa.ch).
- [68] Materiały informacyjne firmy Plasser & Theurer (www.plassertheurer.com).
- [69] Materiały informacyjne firmy Pomorskie Przedsiębiorstwo Mechaniczno-Torowe Spółka z o.o. w Gdańsku (www.ppmt.com.pl).
- [70] Materiały informacyjne firmy Przedsiębiorstwo Napraw Infrastruktury sp. z o.o. (www.pni.net.pl).
- [71] Materiały informacyjne firmy Railtech-Plötz (www.railtech-plotz.com).
- [72] Materiały informacyjne firmy REMTECH (www.remtech.info).
- [73] Materiały informacyjne firmy RF-System AB (www.rf-system.se).
- [74] Materiały informacyjne firmy Robel (www.robel.info).
- [75] Materiały informacyjne firmy Rosenqvist & Pandrol (www.rosenqvistrail.se).
- [76] Materiały informacyjne firmy Schlatter Industries AG (www.schlattergroup.com).
- [77] Materiały informacyjne SCHWEERBAU GmbH (www.schweerbau.de/pl).
- [78] Materiały informacyjne firmy SOREMA FERROVIARIA SPA (www.soremaferroviaria.com).
- [79] Materiały informacyjne firmy SPENO (www.speno.ch).
- [80] Materiały informacyjne firmy SPITZKE Group (www.spitzke.com).
- [81] Materiały informacyjne firmy Traťová strojná společnost, a.s. (www.tssas.cz).
- [82] Materiały informacyjne firmy Vossloh Rail Services GmbH (www.vossloh-rail-services.com).
- [83] Materiały informacyjne firmy Windhoff (www.windhoff.de).
- [84] Materiały informacyjne Zakładu Pojazdów Szynowych w Stargardzie Szczecińskim (www.mtrzsps.com.pl).
- [85] Materna J., Moszczyński R., Radomski R.: Trwałość eksploatacyjna zregenerowanych szyn i rozjazdów kolejowych. IV Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Technicznej „Spawalnictwo dróg szynowych – jakość, niezawodność, bezpieczeństwo”, Bochnia 2010, SITK RP w Warszawie, s. 12.
- [86] Misar H.: Criteria for cost-effective ballast cleaning: machine design considerations. Rail Engineering International, 4/2005, s. 11–16.
- [87] Misar H.: Kriterien für eine wirtschaftliche Bettungsreinigung. EI – Der Eisenbahningenieur 8/2004, s. 47–52.
- [88] Misar H.: Präzise Weichen- Und Gleisstandhaltung. Eisenbahningenieur 4/ 2008, s. 12–16.
- [89] Obuchowicz B.: Czynniki wpływające na realizację procesu naprawy głównej toru bezстыkowe-go zestawem P-93. Przegląd Kolejowy, 3/1997, s. 29–37.
- [90] Opis techniczny urządzenia do wymiany rozjazdów typ UWR 10. Opracowanie nr UWR 10.92.0.01. Przedsiębiorstwo Państwowe Zakłady Naprawcze Taboru Kolejowego „Stargard” w Stargardzie Szczecińskim, 1993.
- [91] Opolska-Igańska H., Kądziołka A.: Zapewnienie jakości w spawalnictwie nawierzchni szynowej w świetle ustanowionych oraz projektowanych norm europejskich. III Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna „Spawalnictwo Dróg Szynowych”, Warszawa – Bochnia 21–23.03.2007 r., SITK RP w Warszawie, s. 92–101.
- [92] PN-EN 13146-4:2012 Kolejnictwo. Tor. Metody badań systemów przytwierdzeń. Część 4. Skutki obciążeń powtarzalnych.

- [93] PN-EN 13231-3:2012. Kolejnictwo. Tor. Odbiór prac. Cz. 3. Odbiór reprofilowanych szyn w torze.
- [94] PN-EN 13231-4:2013. Kolejnictwo. Tor. Odbiór prac. Cz. 4. Odbiór reprofilowanych szyn w rozjazdach i skrzyżowaniach.
- [95] PN-EN 15594:2009: Kolejnictwo. Tor. Regeneracja szyn spawaniem łukiem elektrycznym.
- [96] PN-EN 14730-1+A1:2010: Kolejnictwo. Tor. Spawanie termitowe szyn. Cz. 1. Dopuszczenie procesów spawania.
- [97] PN-EN 14730-2:2006: Kolejnictwo. Tor. Spawanie termitowe szyn. Cz. 2. Kwalifikacja spawaczy do spawania termitowego, dopuszczenie wykonawców robót i odbiór spawów.
- [98] PN-EN 14587-1:2007 Kolejnictwo. Tor. Zgrzewanie iskrowe szyn. Cz. 1. Zgrzewanie nowych szyn ze stali gatunku R220, R260, R260Mn i R350HT w zgrzewalni.
- [99] PN-EN 14587-2:2009: Kolejnictwo. Tor. Zgrzewanie iskrowe szyn. Cz. 2. Zgrzewanie nowych szyn ze stali gatunku R220, R260, R260Mn i R350HT zgrzewarkami torowymi poza zgrzewalnią.
- [100] Potokowa układka nawierzchni Zespołem PUN. PKP Zakład Maszyn Torowych Kraków – Nowa Huta, Kraków 1995.
- [101] Prawo budowlane. Dziennik Ustaw nr 89 poz. 414 z dnia 7 lipca 1994 r.
- [102] Process Manual Railtech PLA. One-Shot Crucible Processes. ISSUE N0.5.1. Railtech UK Limited 2008.
- [103] Railway applications. Track. Acceptance of works. Part 1. Works on ballasted track – Plain line, switches and crossings. EN 13231-1.
- [104] Regulamin pracy zespołu do napraw torowisk oraz poszczególnych jego maszyn i zalecenia projektowania wzmocnień torowisk przewidywanych do wykonania maszyną AHM 800 R-PL. Wyd. 2. Instytut Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2000.
- [105] Riebold K., Piereder F.: Gleisgebundene Unterbausanierungstechnologien. EIK Eisenbahningenieurkalender 2010, s. 31–44.
- [106] Rowiński L.: Technologia zmechanizowanych robót budowlanych. PWN, Warszawa 1976.
- [107] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10.09.1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie. Dziennik Ustaw nr 151, poz. 987.
- [108] Schilder R., Piereder F.: Planumsverbesserung mit der Aushubmaschine AHM 800R. ETR, 9/2000, s. 577–586.
- [109] Schilling R.: Ballast clearing of single-track railway lines: a strategic analysis. Rail Engineering International Edition, 1/2005, s. 8–12.
- [110] Schilling R.: Schotterbettreinigung auf eingleisigen Eisenbahnstrecken. ZEVrail Glasers Annalen, 129/2005, s. 414–422.
- [111] Schöch W.: Advanced application of rail grinding in switches. 6th International Exhibition & Conference of Railway Industry. RailTech 2007, Utrecht 28–30.03.2007.
- [112] Schöch W.: Rail care – evolution and strategy. RTR, 4/2009, s. 2–4.
- [113] Schöch W.: Rail grinding strategies for achieving optimum results: an inventory. Rail Engineering International Edition, 1/2008, s. 4–6.
- [114] Schöch W.: Recommendations for strategic rail maintenance in Europe: the application of anti-headcheck profiles and cyclic grinding. Rail Engineering International Edition, 1/2011, s. 6–10.
- [115] Semrau A., Zamięcki H.: Budowa i utrzymanie dróg kolejowych. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1975.
- [116] Skrzyński E.: Nowe wymagania dla podsypki kolejowej. Problemy Kolejnictwa, 145/2007, s. 43–62.

- [117] Skrzyński E.: Stabilność podtorza na styku z podsypką tłuczniową. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Problemy Modernizacji i Naprawy Podtorza Kolejowego”, Żmigród – Węglewo, 29–30.05.2008 r., Politechnika Wroclawska, s. 83–90.
- [118] Specific notice for aluminothermic welding PLA process. RAILTECH International, 12/2007.
- [119] Standardy techniczne. Szczegółowe warunki techniczne dla modernizacji lub budowy linii kolejowych do prędkości $V_{max} \leq 200$ km/h (dla taboru konwencjonalnego) / 250 km/h (dla taboru z wychylnym pudłem). T. 1. Droga szynowa. PKP PLK SA, Warszawa 2009.
- [120] Stencel G.: Technologia napraw bieżących i konserwacji nawierzchni kolejowej. Praca magisterska pod kierunkiem Z. Kędry. Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska, 2008 r.
- [121] Stencel G.: Spawalnictwo elementów nawierzchni w aspekcie utrzymania dróg szynowych i bezpieczeństwa ruchu. Infrastruktura Transportu, 4/2011, s. 78–83.
- [122] Stencel G.: Zgrzewanie szyn nowych zgrzewarkami torowymi zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 14587-2:2009. IV Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna „Spawalnictwo Dróg Szynowych – Jakość, Niezawodność, Bezpieczeństwo”, Bochnia 12–14.05.2010 r., SITK RP w Warszawie, s. 1–9.
- [123] Strach M., Piekarczyk M.: Nowoczesne urządzenia w pomiarach dróg kolejowych. Problemy Kolejnictwa, 148/2009, s. 48–60.
- [124] Sysak J. (pod red.): Drogi kolejowe. PWN, Warszawa 1986.
- [125] Szadkowski P.: Budowa warstw podtorza przy zastosowaniu maszyny SVV 100. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna Problemy Modernizacji i Naprawy Podtorza Kolejowego. Żmigród – Węglewo 29–30.05.2008 r., Politechnika Wroclawska, s. 103–110.
- [126] Szadkowski P.: Nawierzchnia szynowa – frezarka SFU 04 i szlifierka SM 04. Infrastruktura Transportu, 3/2010, s. 21–23.
- [127] Szadkowski P.: Podtorze i nawierzchnia tłuczniowa – maszyna RPM RS 900. Infrastruktura Transportu, 2/2010, s. 36–38.
- [128] Theile D., Wysocki M.: Spawanie termitowe. Praktyka i doświadczenia z metodą SKV (z krótkim czasem podgrzewania). V Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna „Spawalnictwo Dróg Szynowych”, Kraków, 15–17.05.2013 r., SITK RP w Warszawie, s. 25.
- [129] Towpik K.: Utrzymanie nawierzchni kolejowej. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1990.
- [130] Tymczasowe warunki technologiczno-konstrukcyjne wykonania i odbioru robót nawierzchniowo-podtorzowych wykonywanych w sposób zmechanizowany – warunki uzupełniające. WTWiO-ILK8-510-10a/2003RF, PKP PLK SA 2003 r.
- [131] Tymczasowe warunki techniczne wykonania i odbioru podsypki tłuczniowej naturalnej i z recyklingu stosowanej w nawierzchni kolejowej (ILK3b-5100/10/07). Biuro Dróg Kolejowych Centrali PKP PLK SA, Warszawa 2007.
- [132] Vetter K.: Moderne Technologie per la manutenzione del binario; www.cifi.it/UplDocumenti/02%20PLASSER.pdf (dostęp: 13.12.2014).
- [133] Warunki Techniczne PKP PLK SA – Reprofilacja szyn w torach i rozjazdach. Część 1. Warunki Wykonania i Odbioru Robót. PKP PLK SA, Warszawa 2007.
- [134] Warunki techniczne PKP PLK SA – Reprofilacja szyn w torach i rozjazdach. Część 2. Wytyczne kwalifikacji. PKP PLK SA, Warszawa 2007.
- [135] Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych Id-1 (D1). PKP PLK SA, Zarządzenie nr 14 Zarządu PKP PLK SA z dnia 18.05.2005 r. Biuletyn PKP PLK SA nr 02 z dnia 10.06.2005 r., poz. 15.
- [136] Warunki techniczne utrzymania podtorza kolejowego Id-3. Zarządzenie nr 9/2009 Zarządu PKP PLK SA z dnia 4 maja 2009 r. Warszawa 2009.

- [137] Warunki techniczne wykonania i odbioru szyn kolejowych staroużytecznych uzyskanych przez regenerację, reprofiliację oraz zgrzanie w zakładach stacjonarnych. Wymagania i badania – ILK3d-518/2/09 z dnia 16.03.2009 r.
- [138] Warunki techniczne wykonania i odbioru zgrzein w szynach kolejowych nowych łączonych zgrzewarkami stacjonarnymi. Wymagania i badania nr ILK3d-518/1/08. PKP PLK SA, Warszawa 2008.
- [139] Warunki techniczne wykonania i odbioru zregenerowanych przez napawanie łukowe elementów nawierzchni kolejowej. WTWiO-ILK3a-5130/02/05, PKP PLK SA 2005 r.
- [140] Wenty R.: Latest Developments in Track Rehabilitation and Maintenance. RTR Special 2007, s. 37–42.
- [141] Wenty R.: Neueste Entwicklungen bei der Gleissanierung und -instandsetzung. EI – Eisenbahningenieur, 11/2006, s. 6–11.
- [142] Wide Gap Process LPG CJ – One Shot Crucible Instructions. Railtech Australia Limited 2008.
- [143] Wielgosz R.: Łączenie bezstykowych szyn kolejowych. Czasopismo Techniczne Mechanika, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, 6/2009, s. 7–19.
- [144] Wielgosz R., Opolska-Igańska H.: Własności i struktura złączy szynowych spawanych łukiem elektrycznym. III Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna „Spawalnictwo Dróg Szynowych”, Warszawa – Bochnia 21–23.03.2007 r., SITK RP w Warszawie, s. 150–170.
- [145] Wiermann I.: Erfolgreiche Premiere der RPM-RS-900. EI – Der Eisenbahningenieur, 6/2007, s. 38–39.
- [146] Wytyczne dla osadzania znaków regulacji osi toru na konstrukcjach wsporczych (słupach) sieci trakcyjnej. Ig-6, PKP PLK SA, Warszawa 2011.
- [147] Zariczny J.: Technologia napraw głównych nawierzchni i podtorza. Praca magisterska pod kierunkiem Z. Kędry. Wydział Inżynierii Łądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska 2008.
- [148] www.bocznice.podkarpackakolej.net (dostęp: 20.06.2013).
- [149] www.eisenbahndienstfahrzeuge.de/kranwagen/uk25/uk25.htm (dostęp: 12.03.2014).
- [150] www.lhs.pl (dostęp: 16.07.2014).
- [151] www.pni.net.pl. (dostęp: 24.03.2014).
- [152] www.ssb.strefa.pl/mitor/galeria/CHOT50-II.jpg (dostęp: 16.09.2014).
- [153] www.youtube.com/watch?v=UcWVjQ7RGtc (dostęp: 20.09.2014).