

Mobilne urządzenie typu MUC do oczyszczania środka szyny trasy kolejek podwieszonych

mgr inż. Waldemar Korolew
BTH. Biuro Techniczno-Handlowe
mgr inż. Dariusz Czerniak
dr inż. Zbigniew Szkudlarek
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Streszczenie:

W artykule przedstawiono wyniki badań eksploatacyjnych mobilnego urządzenia czyszczącego MUC-1 przeznaczonego do oczyszczania szyn podwieszonych tras kolejek z napędem ciernym. Zaprezentowano wyniki badań skuteczności czyszczenia trasy, w celu zwiększenia współczynnika tarcia pary ciernej koło napędowe – szyna. Określono kierunek modyfikacji rozwiązania w celu poprawy efektywności i zwiększenia uniwersalności jego zastosowania w składach kolejek podwieszonych.

Abstract:

Results of operational tests of MUC-1 mobile device for cleaning the web of track of suspended monorails with frictional drive is presented. The results of effectiveness of cleaning the track to increase friction coefficient between driving wheel and rail are discussed. Direction of modifications of the cleaning device design to improve its effectiveness and versatility of its use for the suspended monorails are specified.

Słowa kluczowe: trasa kolejki podwieszanej, urządzenie czyszczące, poprawa sprzężenia ciernego

Keywords: suspended monorail track, cleaning device, improving the frictional engagement

1. Wprowadzenie

Łatwość zabudowy jednoszynowej trasy podwieszanej oraz sprawność i pewność ruchowa stosowanych rozwiązań technicznych zdecydowały o tym, że w kopalniach węgla kamiennego kolejki podwieszane stały się podstawowym środkiem transportu materiałów i urządzeń oraz dyslokacji uzbrojenia mechanicznego z jednej ściany do drugiej, a także przewozu ludzi do oddalonych przodków eksploatacyjnych.

Spośród systemów przeniesienia napędu wykorzystywanych w lokomotywach podwieszonych ekonomicznie najbardziej uzasadniony jest napęd cierny, wykorzystujący sprzężenie cierne pomiędzy kołami napędowymi a szyną. Siła tarcia statycznego F_t pomiędzy kołami napędowymi a szyną jest równa iloczynowi siły docisku kół N i współczynnika tarcia statycznego μ . Zgodnie z warunkiem sprzężenia ciernego siła ta nie może być mniejsza od siły uciągu F_u maszyny.

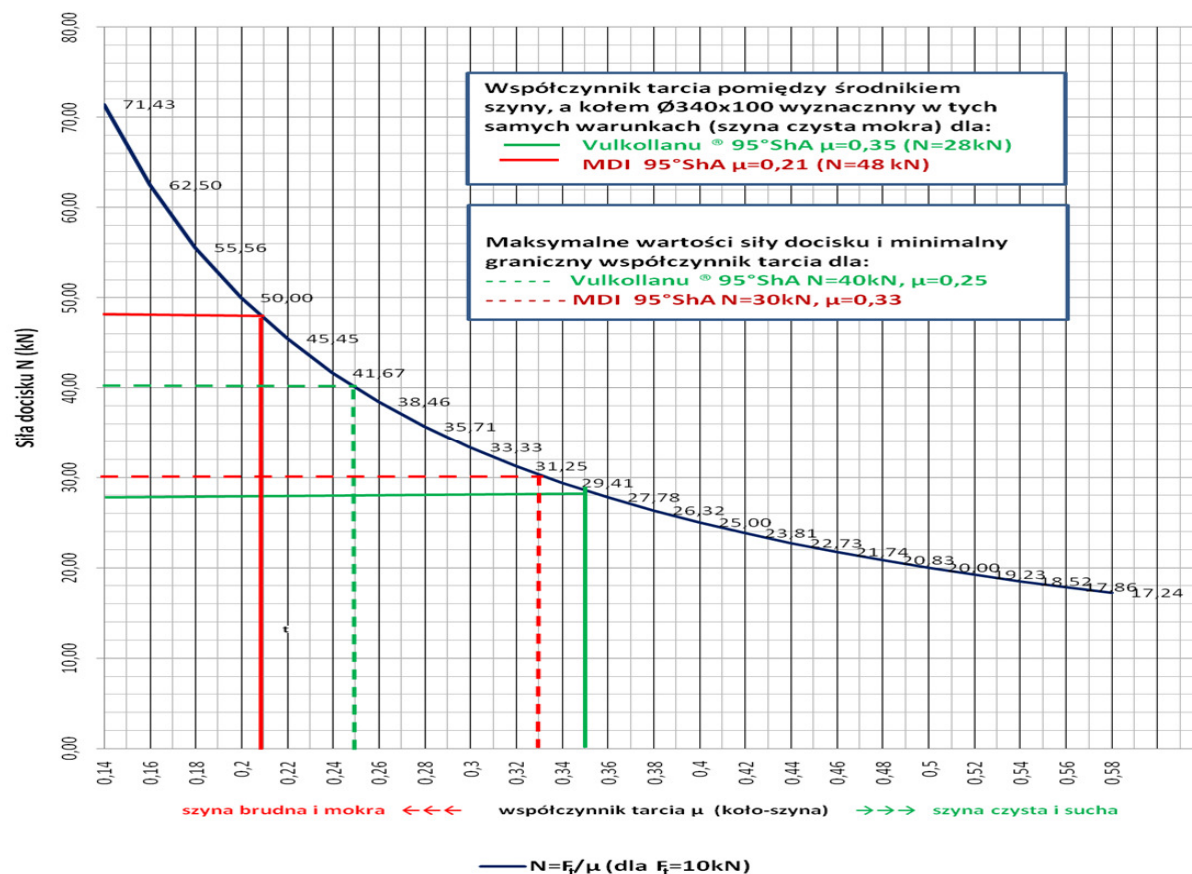
Źródłem problemów transportowych jest osadzanie się na torze jezdny zanieczyszczeń, szczególnie mieszaniny pyłu węglowego i kamiennego z wodą, które zmniejszają wartość współczynnika tarcia (tabela 1).

Średnia wartość współczynnika tarcia μ pomiędzy kołem $\varnothing 340 \times 100$ a średnikiem szyny [6]

Tabela 1

Materiał okładziny ciernej koła	Koło na szynie suchej	Koło na szynie mokrej	Koło na szynie pokrytej mazią węglową
Poliuretan MDI	0,35	0,21	0,17
Vulkollan Quartz	0,42	0,35	0,18
Vulkollan 95°ShA	0,73	0,35	0,21

Jedną z możliwości poprawienia sprzężenia ciernego w napędzie lokomotywy jest zastosowanie koła pędnego z okładziną cierną wykonaną z materiału zapewniającego wyższą wartość współczynnika tarcia niż standardowy poliuretan MDI. Jednak w praktyce, w warunkach zabrudzonej szyny, zmniejszeniu wartości siły tarcia poniżej siły uciągu najczęściej zapobiega się przez zwiększenie siły docisku kół ciernych, nie zważając na jej maksymalną wartość dopuszczalną dla danego materiału (rys. 1).



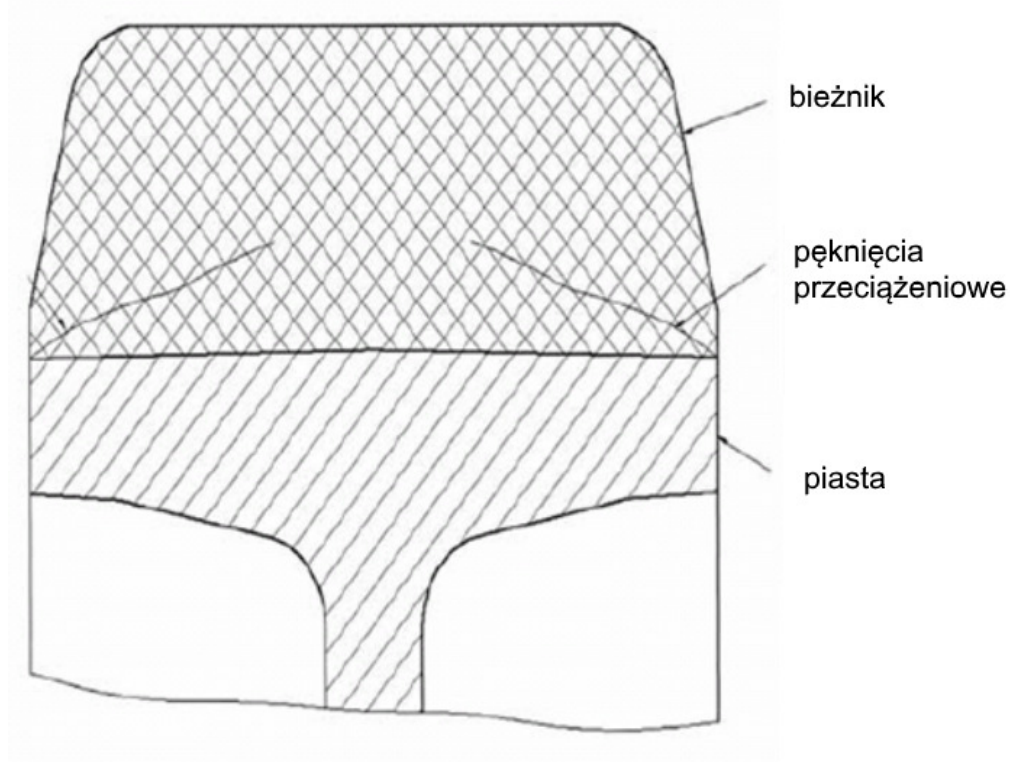
Rys.1. Zależność siły docisku koła od współczynnika tarcia $N(\mu) = F_t / \mu$ dla $F_t = 10 \text{ kN}$ [6]

Taki sposób postępowania doprowadza do szybkiego zużycia kół ciernych, gdyż zwiększanie siły docisku powoduje wzrost cyklicznych odkształceń polimeru okładziny cierniej koła, przez co wzrasta ilość wydzielanego w nim ciepła. W konsekwencji nadmiar ciepła powoduje przekroczenie temperatury krytycznej, co skutkuje przejściem materiału w stan plastyczny, w którym występuje przyspieszone ścieranie, a następnie w stan ciekły i zniszczenie struktury okładziny cierniej (rys. 2).



Rys.2. Przejście materiału okładziny ciernej w stan ciekły [8]

Innym negatywnym następstwem elastycznych deformacji bieżnika, wywołanych obciążeniami dynamicznymi, jest pękanie materiału okładziny ciernej pod powierzchnią adhezyjną spowodowane przekroczeniem obciążeń krytycznych (rys. 3).



Rys.3. Pęknięcia przeciążeniowe [8]

Przedwczesnemu zużyciu kół pędnych kolejek podwieszonych można zapobiec poprzez czyszczenie zanieczyszczonych środków trasy. Dzięki temu ograniczyć można potrzebę zwiększania siły docisku. Przeprowadzone badania [6] wykazały, że dla badanego materiału współczynnik statycznego tarcia koła pędnej kolejki podwieszanej na szynie zabrudzonej mieszaniną pyłu i wody wynosi 0,18, podczas gdy na szynie mokrej współczynnik tarcia wynosi 0,35, czyli jest około dwukrotnie większy.

Uwzględniając opisane zjawiska i czynniki, w ITG KOMAG zaprojektowano, a BTH Biuro Techniczno-Handlowe wykonało prototypowe mobilne urządzenie do czyszczenia środków tras podwieszonych MUC-1.

2. Budowa urządzenia MUC-1

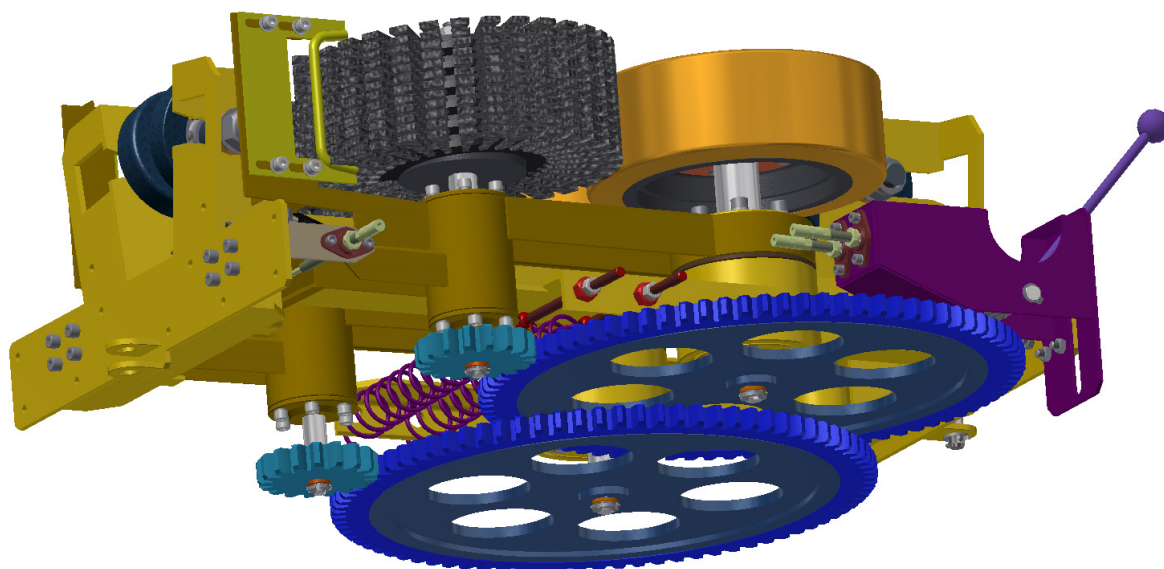
Podstawowym założeniem stojącym u podstaw budowy prototypu urządzenia MUC-1 (rys. 4) była prosta konstrukcja, której mechanizm czyszczenia nie wymaga dodatkowego napędu elektrycznego. W celu uproszczenia procedury badań funkcjonalności prototyp przewidziano do stosowania przed kabiną operatora. Narzuciło to konstruktorom potrzebę zapewnienia takich gabarytów urządzenia, aby operator mógł obserwować, co dzieje się przed kabiną. Masa urządzenia została zredukowana do minimum w celu ułatwienia jego montażu i demontażu na szynie trasy podwieszanej.



Rys.4. Prototyp urządzenia MUC-1 wystawiony na Międzynarodowych Targach Górnictwa, Przemysłu Energetycznego i Hutniczego, Katowice 2015 [1]

Postać konstrukcyjna urządzenia MUC-1 (rys. 4), pomyślana jako czysto mechaniczna, czerpie energię niezbędną do pracy mechanizmów czyszczących wykorzystując ruch liniowy kolejki podwieszanej. Napęd szczotek wymuszany jest poprzez koła cierne dociskane do szyn podczas przemieszczania urządzenia po trasie kolejki podwieszanej. W celu uzyskania możliwie dużej prędkości obrotowej kół ciernych zastosowano mniejszą średnicę kół, niż w kołach pędnych kolejek podwieszonych.

Urządzenie (rys. 5) składa się z dwóch zespołów czyszczących, usytuowanych na wózku jezdny po obu stronach trasy podwieszanej. Każdy zespół złożony jest z ramienia dociskowego, zaopatrzonego w koło cierne, które osadzone na pionowym wale wspólnie z dużym kołem zębatym. Obudowa łożysk wału stanowi miejsce obrotowego zamocowania drugiego ramienia, wyposażonego w obrotową szczotkę, znajdującą się na wspólnym wale z małym kołem zębatym.



Rys.5. Model 3D urządzenia MUC-1 - bez osłon [2]

Małe koło współpracuje z dużym kołem zębatym, napędzając szczotkę. Kierunek ruchu obrotowego szczotek jest przeciwny do ruchu postępowego urządzenia, co zwiększa prędkość obwodową włosia szczotki względem szyny.

Ramiona kół ciernych umieszczone po obu stronach szyny spięto wzajemnie sprężynami o regulowanej sile naciągu, co zapewnia docisk kół do szyny. Z kolei ramiona szczotek dociskane są do szyny sprężynami gazowymi, które zabudowano tak, aby ramiona szczotek można było obrócić o niewielki kąt, pokonując siłę sprężyn gazowych i ustalić położenia szczotek w pozycji oddalonej od czyszczonych powierzchni. Zmiany pozycji szczotek dokonuje się za pomocą dźwigni sterującej.

Urządzenie można zamontować na trasie w dowolnym miejscu. W tym celu należy rolki toczne zdemonstrować, urządzenie podnieść na odpowiednią wysokość, i następnie rolki ponownie zamontować. Masa urządzenia wyklucza ręczne podnoszenie. Przewidziano zatem ucha do unoszenia urządzenia ze spągu za pomocą wciągacza lub za pomocą ciągnika, poprzez zblocza linowe zabudowane doraźnie na trasie podwieszanej kolejki [2].

3. Badania stanowiskowe i ruchowe urządzenia MUC-1

W czerwcu 2015 roku przeprowadzono badania urządzenia MUC-1 na stanowisku badawczym u producenta prototypu (rys. 6). Badania te potwierdziły poprawność działania mechanizmu napędowego szczotek. Wykazano skuteczność czyszczenia środnika trasy podwieszanej przez szczotki walcowe z włosiem osadzonym wzdłuż linii śrubowych oraz dobrano materiał korpusu szczotek zapewniający większą trwałość szczotek [3].



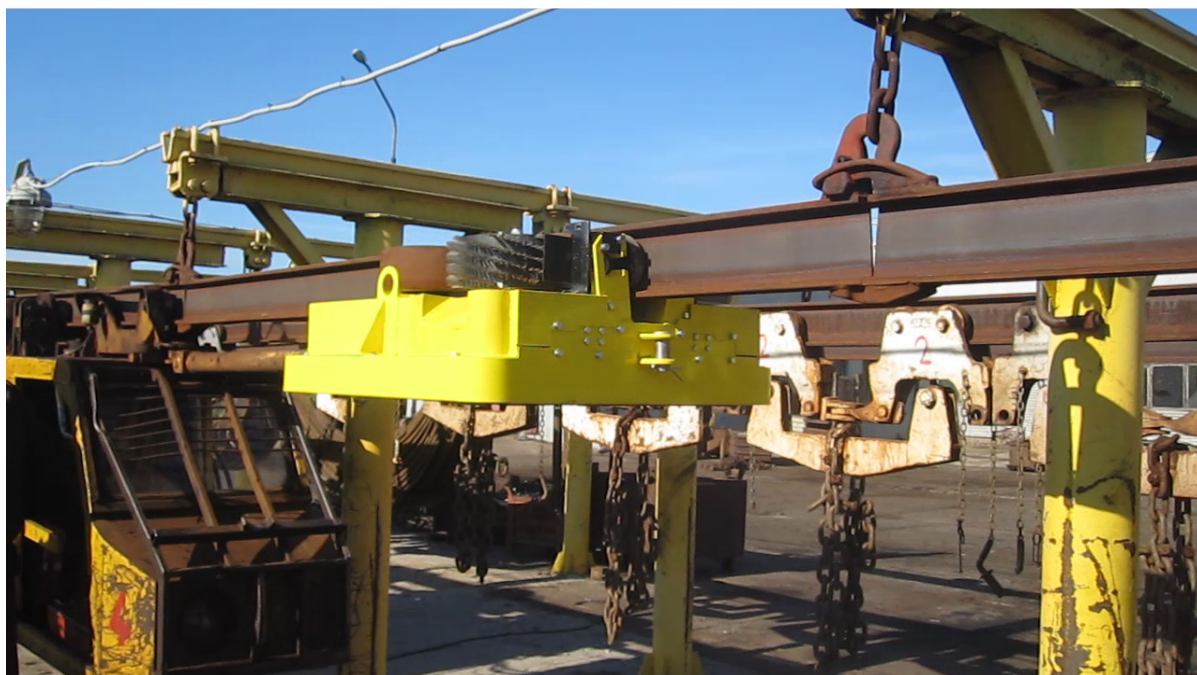
Rys. 6. Badania stanowiskowe prototypu MUC-1 [3]

We wrześniu tego samego roku na stanowisku badawczym u producenta przeprowadzono kolejne badania z nowymi szczotkami walcowymi z włosiem osadzonym wzdłuż linii śrubowych. Wyniki badań potwierdziły wysoką skuteczność czyszczenia środka trasy podwieszanej przez nowe szczotki oraz odnotowano poprawę trwałości szczotek z korpusem wykonanym z nowego materiału. Badanie wykazało potrzebę lepszego osłonięcia wirujących szczotek (rys. 7) [3].



Rys. 7. Zapylenie generowane przez prototyp MUC-1 podczas oczyszczania suchej szyny [3]

Badania zakończono próbami ruchowymi przeprowadzonymi we wrześniu 2015 roku na powierzchni i w podziemiach zakładu górniczego. Celem prób przejazdu po powierzchniowym odcinku trasy kolei podwieszanej była ocena ewentualnej kolizyjności urządzenia z elementami podwieszanej trasy, a także ocena poprawności pokonywania zakrętów i rozjazdów (rys. 8). Prototyp MUC-1 pchany był przed lokomotywą podwieszoną z prędkością 1 m/s. Początkowe wychylenie urządzenia na zakrętach ograniczono przez zwiększenie siły docisku kół ciernych. Nie stwierdzono kolizji urządzenia czyszczącego z elementami trasy kopalnianej kolei podwieszanej [3].



Rys. 8. Próby przejazdu prototypu MUC-1 po trasie podwieszanej na powierzchni [3]

Kończącym etapem testów we wrześniu 2015 były badania ruchowe na torowisku kolejki podwieszanej w podziemiach kopalni węgla (rys. 9).



Rys. 9. Badania ruchowe prototypu MUC-1 w podziemiach kopalni węgla [3]

Celem badań urządzenia czyszczącego MUC-1 była, prowadzona w warunkach dołowych, ocena skuteczności czyszczenia środkiem szyny podwieszanej przez szczotki, ewentualnej kolizyjności urządzenia z elementami podwieszanej trasy, poprawności pokonywania łuków wypukłych i wklęsłych, poprawności współpracy podzespołów urządzenia czyszczącego oraz trwałości szczotek czyszczących.

Badania objęły przejazd urządzenia pchanego przed lokomotywą podwieszoną z prędkością 1,5 m/s przez suche i mokre odcinki proste, zakręty, łuki wklęsłe, wypukłe i rozjazdy trasy oraz powrót z urządzeniem ciągniętym za lokomotywą. Szczotki skutecznie eliminowały zanieczyszczenia z powierzchni kontaktu kół ciernych lokomotywy podwieszanej z szyną.

W wyniku kontroli technicznej urządzenia przeprowadzonej po zakończeniu prób czyszczenia na torze długości 3,5 km włosie szczotek uległo równomiernemu skróceniu o 1,5 mm, zaś sam mechanizm zachował pełną funkcjonalność [3].

Szczegółowy opis przebiegu i wyników badań stanowiskowych i ruchowych urządzenia MUC-1 przedstawiony został na Konferencji KOMTECH 2015 [7].

4. Badania eksploatacyjne urządzenia MUC-1

Próby eksploatacyjne Mobilnego Urządzenia Czyszczącego MUC-1 przeprowadzono w TAURON Wydobycie SA, ZG Sobieski, Rejon Piłsudski w okresie od 15.12.2015 r. do 15.06.2016 r.

Badania miały na celu obserwację pracy urządzenia w czasie jego przejazdu pod kątem ewentualnej kolizyjności urządzenia czyszczącego z elementami podwieszanej trasy i ocenę skuteczności czyszczenia środkiem szyny podwieszanej przez szczotki, ze szczególnym uwzględnieniem zawilgoconych odcinków toru pokrytego mazistą mieszaniną wody z pyłem węglowym i kamiennym.

Prototyp urządzenia MUC-1 zabudowano na szynie trasy podwieszanej przed kabiną ciągnika podwieszonego z napędem spalinowym typu CSP, produkcji Fabryki Maszyn Górniczych PIOMA SA, skonfigurowanego z czterema belkami transportowymi niskoobciążalnymi do transportu materiałów typu BN-80, produkcji PIOMA SA. Cały zestaw transportowy do transportu materiałów, maszyn i urządzeń był zabezpieczony wózkami hamulcowymi typu WHR-1, produkcji PPUH REMASZ s.c. (rys. 10).

Badania prowadzono podczas wykonywania zadań transportowych do poszczególnych oddziałów wydobywczych, przygotowawczych oraz pomocniczych na poziomie 500 m w pokładach 209 i 207, Rejon Piłsudski. Zakres transportu w przedmiotowych pokładach obejmował wyrobiska transportowe, w których występowało zmienne nachylenie, wynoszące lokalnie 10 stopni.



Rys. 10. Zabudowa prototypu MUC-1 podczas dołowych prób eksploatacyjnych [5]

Na trasie transportu poza obszarami suchymi obserwowano obfite wykraplanie się wód podziemnych, co skutkowało pokryciem trasy kolejki podwieszanej mokrą mazią mieszaniny wody z pyłem węglowym i kamiennym, powodującą obniżenie współczynnika sprzężenia ciernego pomiędzy okładziną koła i środkiem szyny. W czasie prób ruchowych ww. zestaw transportowy przewoził materiały i urządzenia o maksymalnej masie dochodzącej do 4000 kg na każdą belkę, wykorzystując całkowicie parametry trakcyjne ciągnika podwieszonego z zachowaniem warunków bezpieczeństwa.

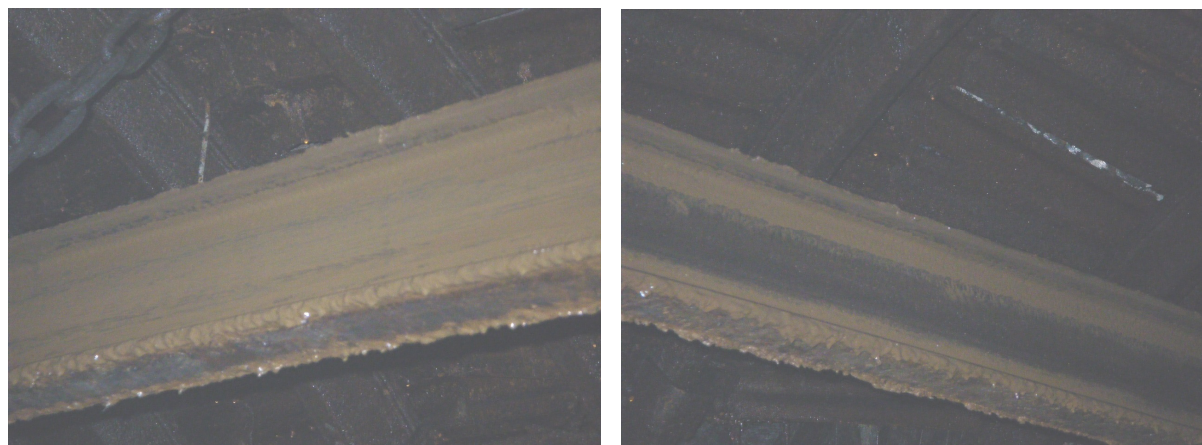
Zgodnie z wydaną opinią techniczną badane urządzenie MUC-1 zapewnia poprawę cech trakcyjnych ciągnika podwieszonego, zwiększając bezpieczeństwo prac transportowych kolejkami podwieszonymi.

W suchych rejonach kopalni czyszczenie trasy określone zostało jako bardzo skuteczne. Usunięcie drobnych części stałych i rdzy ze środka szyny trasy wpłynęło na wzrost współczynnik tarcia, a przez to poprawę bezpieczeństwa i wydłużenie żywotności kół. Jedynym zaobserwowanym mankamentem było dość znaczne zapylenie generowane przez wirujące w trakcie jazdy szczotki.

W mokrych rejonach kopalni, w miejscach o znacznym zanieczyszczeniu trasy mazią, również nastąpiła znaczna poprawa współczynnika tarcia (rys. 11). Oczywiście nie osiągnął on wartości tak dużej, jak na szynie suchej, gdyż środek pozostał wilgotny.

Naturalne zużycie włosa szczotki wyniosło ok. 0,5 mm co przy długości włosa 40 mm stanowi ok. 1,25% i uznane zostało jako bardzo satysfakcjonujące.

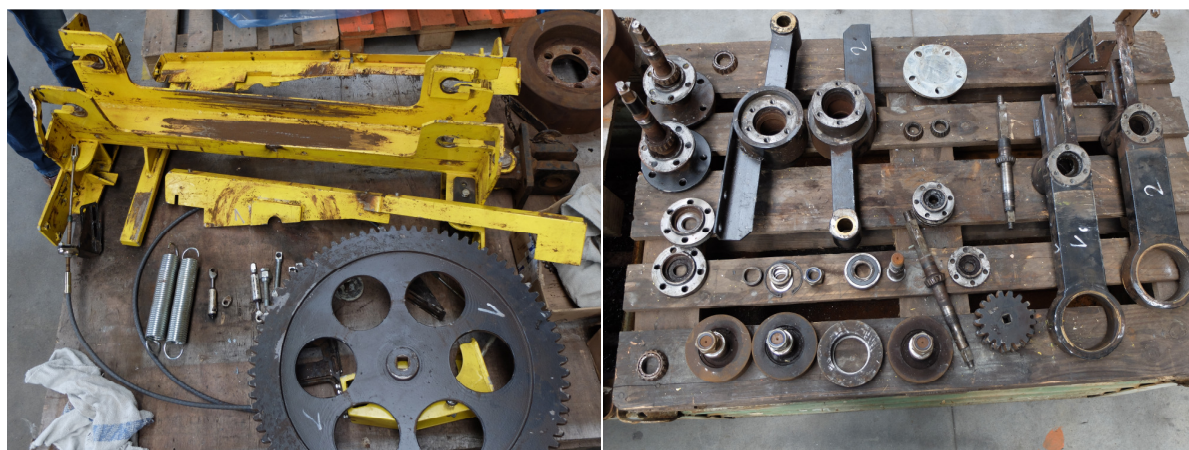
W wyniku przeprowadzonych badań eksploatacyjnych wyłoniła się potrzeba wyposażenia obrotowych szczotek w osłony, które ograniczą rozprzestrzenianie się kurzu generowanego podczas czyszczenia suchych odcinków trasy. Wskazana została także potrzeba poprawy skuteczności czyszczenia na szynach mokrych i pokrytych mazią.



Rys. 11. Widok pokrytego mazią środka szyny przed i po przejeździe urządzenia MUC-1 [5]

5. Przegląd techniczny urządzenia MUC-1 po badaniach eksploatacyjnych

Po zakończeniu dołowych prób eksploatacyjnych prototyp urządzenia czyszczącego MUC-1 przekazany został producentowi dla dokonania oceny trwałości i poprawności współpracy podzespołów urządzenia czyszczącego. Po oględzinach kompletnego urządzenia rozebrano go na części składowe, które następnie poddano przeglądowi przez producenta i konstruktorów ITG KOMAG (rys. 12).

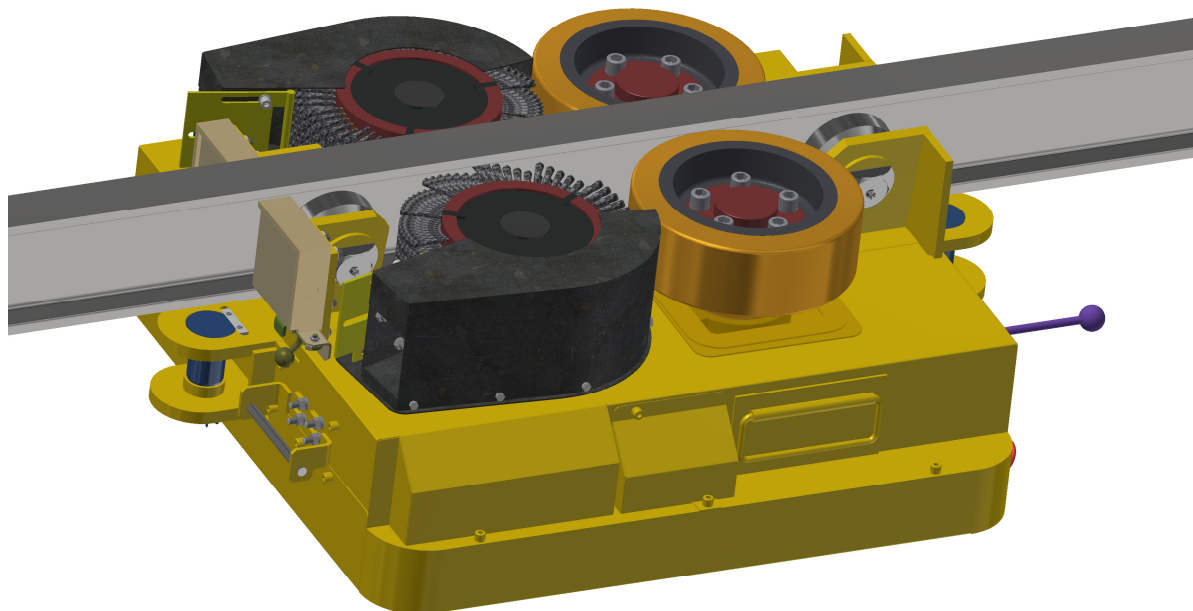


Rys. 12. Zdemontowany po próbach eksploatacyjnych prototyp urządzenia MUC-1 [1]

Przeprowadzona pod kątem zapewnienia długotrwałego i bezawaryjnego użytkowania analiza zużycia poszczególnych elementów wskazała na możliwości udoskonalenia konstrukcji docelowego urządzenia czyszczącego MUC-2 [4]. Podstawowa zmiana polegać powinna na zabudowaniu mechanizmów urządzenia na wzmocnionej ramie nośnej zdolnej bezpiecznie przenieść siłę uciągu ciągnika podwieszonego, dzięki czemu możliwe będzie skonfigurowanie urządzenia w dowolnym miejscu zestawu transportowego, korzystnie pomiędzy kabiną, a pierwszym wózkiem napędowym. Tym samym zwiększona zostanie sztywność konstrukcji. Celowym jest ułatwienie okresowego uzupełniania smaru w węzłach łożyskowych oraz zabezpieczenie ich dodatkowymi uszczelnieniami przeciwpylowymi.

6. Urządzenie do czyszczenia MUC-2

Spostrzeżenia i wnioski wyciągnięte z przeprowadzonych dołowych prób eksploatacyjnych oraz następującego po nich przeglądu technicznego wykorzystane zostały przy konstruowaniu mobilnego urządzenia do czyszczenia środka szyny trasy kolejek podwieszonych MUC-2 (rys. 13).

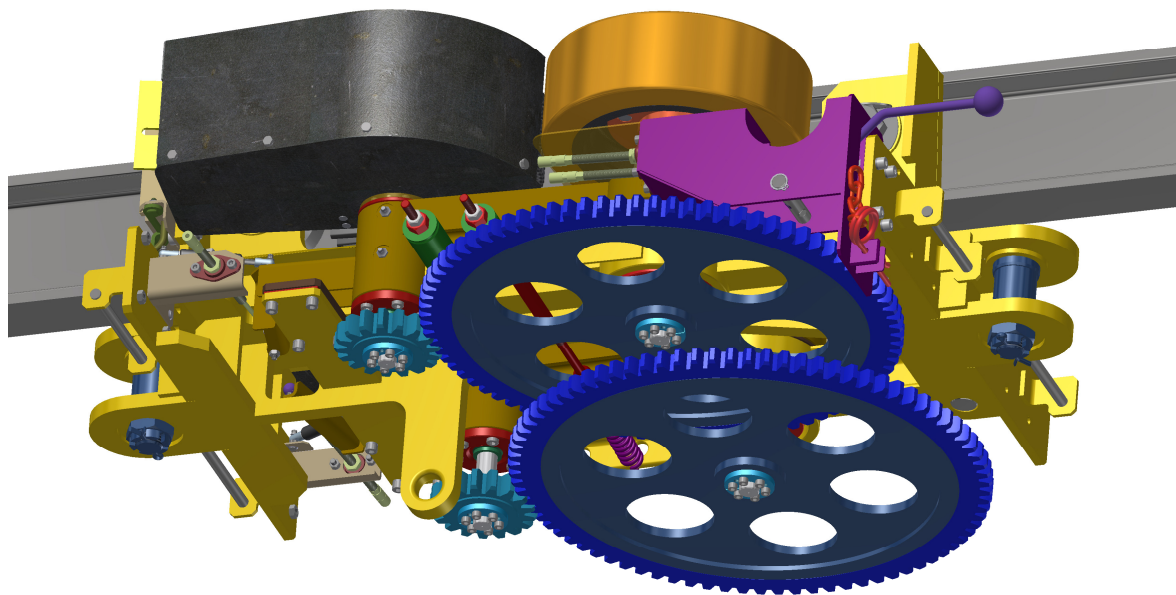


Rys. 13. Model 3D urządzenia czyszczącego MUC-2 [opracowanie własne]

W rozwiązaniu jako wózek jezdny zastosowano dedykowaną do urządzenia belkę transportową, poruszającą się po trasie podwieszanej za pomocą ciągnika kolejki podwieszanej na czterech rolkach posiadających możliwość szybkiego demontażu.

Na wózku po obu stronach szyny usytuowane są dwa podzespoły czyszczące, identyczne funkcyjnie jak w urządzeniu MUC-1. Wykorzystano takie same koła cierne oraz koła zębate przekładni multiplikujących, które osadzono na wałach za pomocą pierścieni rozprężno-zaciskowych, zyskując dużą sztywność połączenia oraz łatwość montażu i demontażu.

Podczas przesuwu urządzenia koło cierne, sprzęgnięte regulowanym dociskiem ze środkiem szyny podwieszanej trasy jezdnej, wprowadzane jest w ruch obrotowy i przekazuje go za pomocą przekładni zębatej na obrotową szczotkę (rys. 14).



Rys. 14. Model 3D urządzenia czyszczącego MUC-2 bez osłon [opracowanie własne]

Łańcuch kinematyczny pomiędzy kołem ciernym a obrotową szczotką multiplikuje pięciokrotnie liczbę obrotów szczotki, a kierunek ruchu obrotowego szczotki jest przeciwny do ruchu postępowego urządzenia. Przeciwny ruch obrotowy powoduje zwiększenie prędkości obwodowej włosia względem czyszczonej trasy, co jest korzystne z uwagi na skuteczność czyszczenia. Dla poprawy tej efektywności na szynach pokrytych mazią mieszaniny wody z pyłem węglowym i kamiennym zaproponowano stosowanie szczotek dedykowanych do tego rodzaju zanieczyszczeń, wykonanych ze specjalnie dobranego włosia. W warunkach suchych wykorzystywane byłyby szczotki z włóknem BETEH, z sukcesem przetestowane w prototypie MUC-1. Opracowano również koncepcję szczotki uniwersalnej, złożonej z naprzemiennych zwojów z włókna miękkiego do pracy na mokro oraz sztywnego do pracy na sucho. Wymiana szczotki w urządzeniu wymaga odkręcenia tylko jednej nakrętki.

Urządzenie wyposażono w parę zgarniaczy usytuowanych z przodu wózka jezdnego przed rolkami tocznymi, które można będzie używać na trasach mokrych pokrytych grubą warstwą mazi mieszaniny wody z pyłem węglowym i kamiennym. Zgarniacze, po zwolnieniu z zaczepów, dociskane są sprężyną do środków szyny realizując czyszczenie wstępne trasy (rys. 15). Pozostałą część osadu usuwać będą szczotki obrotowe. Zarówno zgarniacze, jak i szczotki walcowe można ustalić w pozycji odsuniętej od kontaktu z szyną. W stosunku do prototypu wydłużono skok cięgier załączających szczotki oraz sprężyn gazowych je dociskających. Zabieg ten pozwala na wydłużenie czasu użytkowania szczotek, pozwalając na zużycie do 35 mm długości włosia.



Rys. 15. Oczyszczanie środka szyny z mazi za pomocą zgarniaczy i szczotek obrotowych [opracowanie własne]

Szczotki obrotowe wyposażone zostały w osłony pyłowe, które ograniczyć powinny dokuczliwe zapylenie generowane podczas usuwania drobnych zanieczyszczeń i rdzy z tras suchych.

Wózek jezdny przystosowany został do przewożenia ładunków o masie do 500 kg, które podwiesić można pod urządzeniem. Wyposażony został dodatkowo w cztery uchwyty do podnoszenia, do których mocowane mogą być kable i przewody.

Urządzenie przewidziane jest do stosowania z ciągnikiem kolejki podwieszanej w konfiguracji pomiędzy przednią kabiną a pierwszym wózkiem napędowym, względnie przed kabiną poprzedzone wózkiem hamulcowym (rys. 16).

Rys. 16. Konfiguracje urządzenia MUC w zestawie transportowym [opracowanie własne]

7. Podsumowanie

Dołowe badania eksploatacyjne urządzenia MUC-1 wykazały pełną funkcjonalność pracy jego podzespołów oraz wysoką skuteczność czyszczenia środka szyny na trasach suchych. Wzrost wartości współczynnika tarcia na mokrych trasach pokrytych wodną mieszaniną pyłu

węglowego i kamiennego, przy zastosowaniu tych samych szczotek obrotowych, uwidocznił się umożliwieniem przejazdu zestawu transportowego, wykorzystującego pełną siłę uciągu ciągnika podwieszonego.

W trakcie prób eksploatacyjnych nie stwierdzono utraty siły tarcia pomiędzy kołem ciernym ciągnika i szyną w newralgicznych miejscach, co wpływa na poprawę bezpieczeństwa i pozwala na zachowywanie nominalnej siły docisku napędowych kół ciernych kolejki.

Próby eksploatacyjne były finalnym etapem badań prototypu urządzenia MUC-1, które pozwoliły zweryfikować poprawność konstrukcji oraz skuteczność działania w warunkach rzeczywistych. W ich wyniku zdefiniowano założenia konstrukcyjne do zaprojektowania nowego urządzenia czyszczącego. W oparciu o te założenia, uwzględniające uwagi sformułowane przez użytkowników prototypu, z uwzględnieniem wniosków z końcowego przeglądu technicznego, skonstruowano docelowe mobilne urządzenie MUC-2 do oczyszczania środka szyny trasy kolejek podwieszonych. Urządzenie to poddane zostanie procedurze dopuszczenia WUG do stosowania w podziemiach kopalń. Rozwiązanie chronione jest zgłoszeniem patentowym nr P.410197.

Literatura

- [1] Dokumentacja fotograficzna ITG KOMAG.
- [2] Drwięga A., Szkudlarek Z., Czerniak D. i in.: Oczyszczanie tras kolejek podwieszonych w celu zwiększenia przyczepności okładzin kół pędnych. Mobilny moduł do czyszczenia tras podwieszonych, ITG KOMAG Gliwice 2014 (materiały niepublikowane)
- [3] Hupák M., Procházka R.: Zpráva z provozní zkoušky čisticího zařízení MUC-1A. ORTAS s.r.o., Příbram wrzesień 2015 (materiały niepublikowane)
- [4] Hupák M., Škola M.: Zpráva z kontroly čisticího zařízení MUC-1A. ORTAS s.r.o., Příbram lipiec 2016 (materiały niepublikowane)
- [5] Jarczyk J.: Sprawozdanie nr 1/GG2/2016 z przeprowadzonych prób eksploatacyjnych i testów Mobilnego Urządzenia Czyszczącego MUC-1 oferowanego przez BTH Biuro Techniczno-Handlowe Waldemar Korolew do kolejki podwieszanej, ZG Sobieski, Tauron Wydobycie SA, Jaworzno czerwiec 2016 (materiały niepublikowane)
- [6] Kowal A.: Badania koła napędowego do ciągników kolejek podwieszonych. Sprawozdanie z pracy NB-219/RG-2/2010. Instytut Mechanizacji Górnictwa, Wydział Górnictwa i Geologii, Politechnika Śląska, Gliwice wrzesień 2010 (materiały niepublikowane)
- [7] Urządzenie MUC-1 do czyszczenia toru kolejki podwieszanej, Korolew W. i in. W: Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa: bezpieczeństwo, efektywność, niezawodność. KOMTECH 2015, Red. nauk.: A. Klich, A. Kozieł. Gliwice: ITG KOMAG, 2015, s. 155-160.
- [8] Vulkollan wheels – causes for failures. Räder-Vogel, b.m.r.w. (materiały niepublikowane)