

Marek Jasiński, Politechnika Poznańska, Poznań
Elżbieta Jasińska, Uczelnia Jana Wyżykowskiego, Polkowice
Michał Jasiński, Politechnika Wroclawska, Wrocław

UTRZYMANIE RUCHU SAMOJEZDNYCH MASZYN DOŁOWYCH W UJĘCIU PROCESOWYM

MAINTAINING THE MOVEMENT OF SELF-ADAPTABLE MACHINES IN A PROCESS

Streszczenie: Proces utrzymania ruchu w zakładzie produkcyjnym odgrywa bardzo dużą rolę dla działalności firmy zwłaszcza o rozbudowanej infrastrukturze technicznej. W związku z potrzebą konkurencyjności na rynku zmieniło się podejście do zagadnień związanych z zapewnieniem ciągłości procesu produkcyjnego przy jak najmniejszych kosztach, jak również przy zachowaniu np. efektywnego zużycia energii, jakości produktów i usług, przy zapewnieniu jak największego poziomu bezpieczeństwa ludzi i ochrony środowiska. Wybór właściwej strategii Utrzymania Ruchu w istotnym stopniu uzależniony jest od specyfiki przedsiębiorstwa w rozumieniu ogólnym oraz specyfiki procesu produkcyjnego w szczególności. Kopalnie Rud Miedzi są tego najlepszym przykładem. W artykule prezentowano wybrane aspekty utrzymania ruchu związane z podprocesami: przygotowania, naprawy i konserwacji samojezdnych maszyn górniczych, zapewniającymi sprawność parku maszynowego wykorzystywanego w procesie produkcyjnym w podziemiach zakładów górniczych rud miedzi. Zasygnalizowano również trendy w stosowaniu nowoczesnych strategii utrzymania ruchu w zakładach wzbogacania rudy i kopalniach rud miedzi: TPM (Total Productive Maintenance) oraz CMMS (Computerised Maintenance Management Systems).

Abstract: This article presents the significant of maintenance to cooper mining plant production process. This paper presents the description of the placement of maintenance in whole mining production process. Article contain the descriptions of selected sub-processes of maintenance of self-propel underground machines. This paper presents tools to support mining company functioning such as system CMMS (Computerised Maintenance Management Systems) and TPM (Total Productive Maintenance).

Słowa kluczowe: utrzymanie ruchu, maszyny dołowe
Keywords: maintenance, underground machines

1. Wstęp

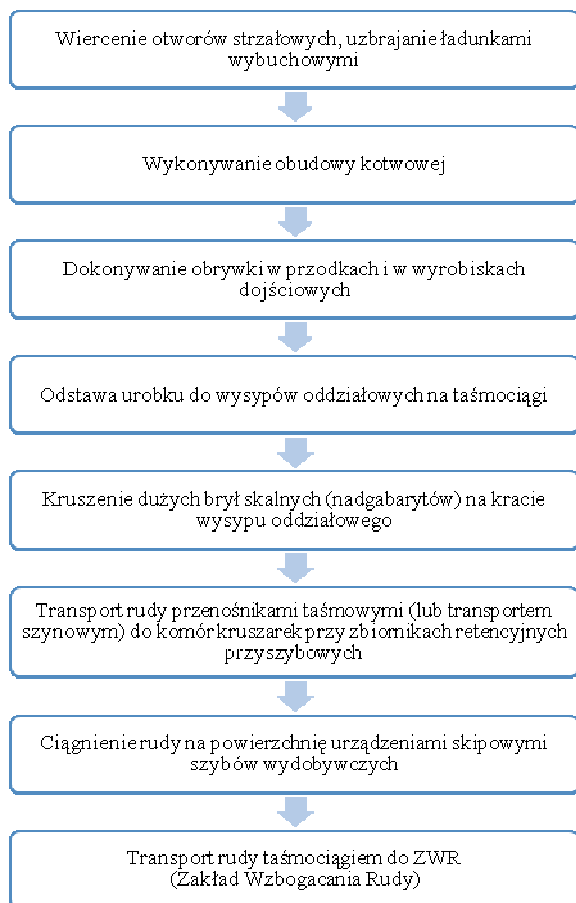
W procesie technologicznym wydobywania rudy w gronie wydobywczym na szczególną uwagę zasługuje podproces Utrzymania Ruchu Maszyn Dołowych. Jego zasadniczym zadaniem jest zapewnienie właściwej pracy samojezdnych maszyn górniczych eksploatowanych w podziemiach zakładów górniczych prowadzących eksploatację miedzi na Monoklinie Przedsudeckiej. W całym cyklu technologicznym produkcji miedzi istotne znaczenie oprócz samojezdnych maszyn górniczych (SMG) posiadają również maszyny i urządzenia transportu poziomego, pionowego, a także w końcowym etapie maszyny przerobcze eksploatowane w Zakładach Wzbogacania Rudy. Na rysunku 1 przedstawiono cykl technologiczny KGHM z uwzględnieniem utrzymania ruchu maszyn dołowych.

W szczególności wskazano na obecność utrzymania ruchu SMG w tym procesie.



Rys. 1. Utrzymanie ruchu maszyn dołowych w procesie technologicznym

Na rysunku 2 przedstawiono technologię wybierania złożeń i odstawy urobku do zakładu wzbogacania rudy. Proces ten w polu eksploatacyjnym jest w pełni zmechanizowany [1]. Każda z operacji przedstawionych dotyczących pola eksploatacyjnego wymaga użycia specjalistycznych SMG.



Rys. 2. Technologia wybierania złoże i transportu rudy

Podstawowe czynności technologiczne wykonują następujące rodzaje maszyn:

- wozy odstawcze,
- samojezdne wozy wierzące,
- wozy do obrywki,
- spycharki gąsienicowe, samojezdne wozy kotwiące,
- samojezdne ładowarki kopalniane.

Kopalnia rud miedzi jest podziemną firmą transportową z parkiem maszynowym od 300 do 500 pojazdów [4, 7].

4. Przebieg procesu z uwzględnieniem instalacji elektrycznej samojezdnej maszyny górniczej

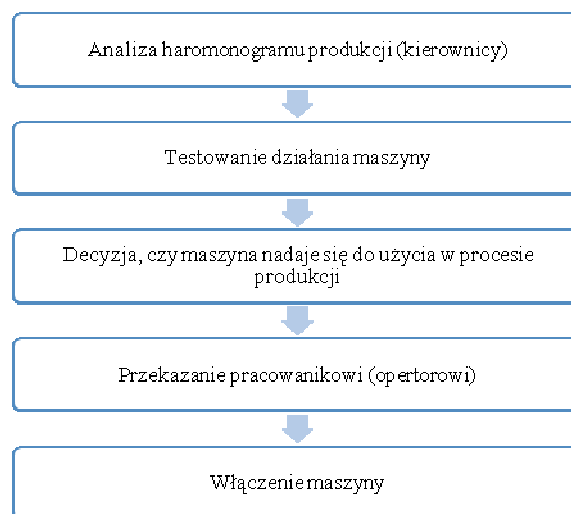
W procesie utrzymania ruchu samojezdnych maszyn górniczych w kopalni można wyodrębnić trzy podprocesy zapewniające należytą ich pracę:

- przygotowanie,
- naprawę,
- konserwację maszyn dołowych.

Każdy z nich można ukierunkować i przeprwadzać go pod ściśle określonym kątem np.

pod względem poprawności pracy urządzeń zasilanych energią elektryczną w samojezdnej maszynie górniczej lub całej instalacji elektrycznej maszyny.

Podproces „przygotowanie maszyn dołowych do pracy przez nowego operatora przedstawiono na rysunku 3. W ramach „przygotowania” maszyny pod pracy jej sprawności operator dokonuje m.in. sprawdzenia poprawności działania instalacji elektrycznej, poprawności działania wszystkich urządzeń zasilanych energią elektryczną w SMG. Sprawdzenie rozpoczyna od rozruchu urządzenia (bazując na własnym doświadczeniu i zasobach wiedzy teoretycznych czy praca rozrusznika jest poprawna). W czasie rozruchu i bezpośrednio po uruchomieniu silnika spalinowego sprawdza informacje udostępnione w postaci szeregu wskaźników na tablicy rozdzielczej i manometrów w kabinie operatora. Ponieważ praca SMG odbywa się w podziemiach kopalń bardzo ważnym jest sprawdzenie poprawność działania oświetlenia maszyny, które dedykowane jest do zapewnienia oświetlenia podczas przemieszczania się, jak również oświetlenie pola jej pracy (np. dla wiertnic). Oświetlenie zewnętrzne, które w warunkach dołowych jest szczególnie narażone na wszelkiego rodzaju uszkodzenia. Drugim ważnym sprawdzeniem jest stwierdzenie prawidłowej pracy sygnału dźwiękowego maszyn wykorzystywane przy poruszaniu się na skrzyżowaniach w podziemiach kopalń.



Rys. 3. Podproces „Przygotowanie SMG” Opracowanie własne na podstawie [1,3]

Podstawowym elementem instalacji elektrycznej SMG (samojezdnej maszyny górniczej) są

akumulatory (dwa 12 V połączone szeregowo) wykorzystywane do uruchomienia maszyny. Wymagają one podstawowej obsługi codziennej polegającej na sprawdzeniu stanu zewnętrznego (zamocowanie akumulatorów, stan zacisków, brak wycieków, uszkodzeń wgnieceń itp) oraz raz na 4 zmiany pracy maszyny (jeden dzień) stan naładowania akumulatorów. Podczas pracy silnika spalinowego funkcję źródła zasilania instalacji elektrycznej przejmuje alternator, zapewniając ładowanie akumulatora oraz zasilanie odbiorników w pojeździe podczas jego pracy. Dobry operator na podstawie wskaźników i zachowania odbiorników energii elektrycznej podczas pracy jest w stanie wcześniej wykryć uszkodzenia a nawet im zapobiec. Praca przy niesprawnym np. alternatorze przy uszkodzeniu diod (zwarcie) w alternatorze maszyny może w konsekwencji spowodować uszkodzenia, a nawet wybuch akumulatora. W szeroko pojętej elektryce występują dwa rodzaje uszkodzeń:

- nie ma połączenia, tam gdzie powinno ono być,
- jest połączenie tam gdzie nie powinno go być.

Dlatego należy zawsze zwracać uwagę na:

- poprawność podłączenia (wprowadzenia) przewodów zasilających do odbiorników,
- poprawność przyłączenia przewodów do poszczególnych aparatów stanowiących wyposażenie obwodu elektrycznego wewnątrz odbiornika.
- Jakość styku na listwach zaciskowych odbiorników (odpowiedni docisk).

W tym podprocesie „przygotowania maszyny” sprawdzenie odbywa się na podstawie oględzin maszyny, podczas których operator wykorzystuje wszystkie swoje zmysły oraz stan wiedzy technicznej o urządzeniu, czy działa poprawnie. Uwzględnić on przede wszystkim:

- uszkodzenia mechaniczne,
- przegrzania izolacji przewodów,
- przegrzania zacisków w urządzeniach,
- czy nie czuć swędu spalenizny,
- czy nie słychać trzasków podczas przepływu prądu np. w puszkach przyłączeniowych, wycieków itp.).

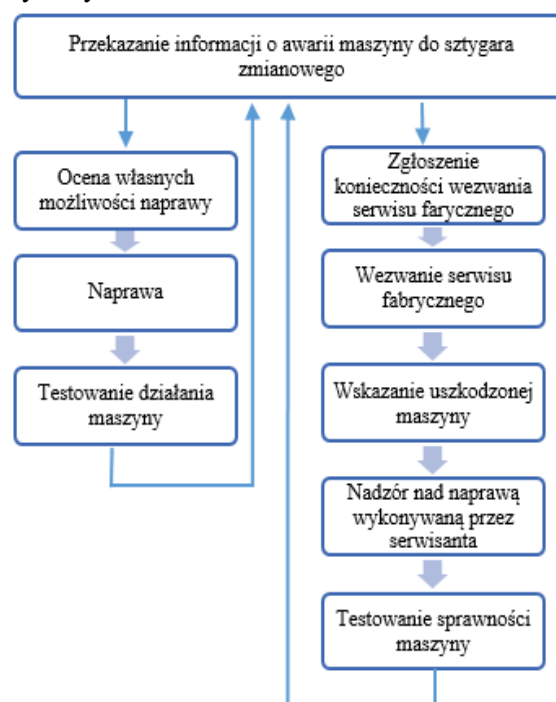
Operator w książce pracy maszyny potwierdza podpisem dokonaną obsługę zmianową OC i zdolność maszyny do pracy. (skrót OC należy kojarzyć z obsługą codzienną, która w przypadku samojezdnej maszyny górniczej jest

wykonywana w jednym dniu na 4 zmianach, dlatego w nazwie jest zmianowa).

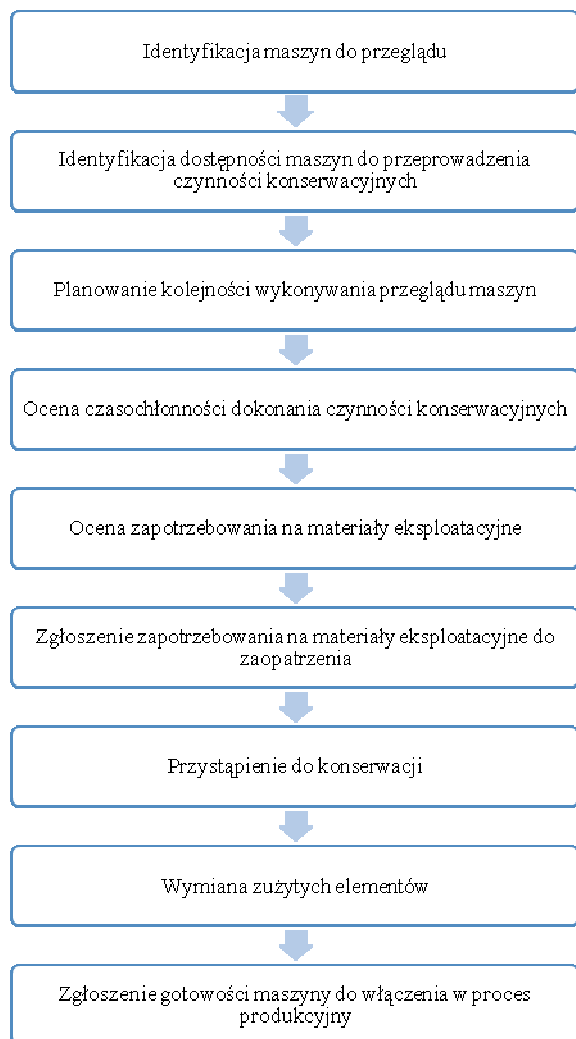
Drugi podproces” „naprawa maszyn dołowych” został zaprezentowany na rysunku 4. Należy w nim rozróżnić przede wszystkim dwa przypadki postępowania operatora po stwierdzeniu nieprawidłowości w działaniu maszyny.

Pierwszy polega na tym, że operator informację o niesprawności maszyny przekazuje do swojego przełożonego (sztygara). Po dokonaniu oceny (np. za słaby styk na klemie akumulatora), powinien tę naprawę wykonać sam (dokręcając zacisk) i przeprowadzić test sprawności po naprawie (czy pracuje rozrusznik).

Jeżeli operator nie jest w stanie zlokalizować i usunąć uszkodzenia na miejscu lub trwałoby to za długo albo, było by niebezpieczne do wykonania to zabezpiecza maszynę i informuje sztygara o konieczności naprawy maszyny przez elektryka na komorze naprawczej, lub też nawet o konieczności wezwania serwisu fabrycznego. Obecnie na dole kopalni stanowiska producentów SMG (np. Zanamu) zlokalizowane są w komarach maszyn ciężkich zakładów górniczych zlokalizowanych w gronie wydobywczym rud miedzi.



Rys. 4. Podproces „Naprawa SMG”. Opracowanie własne na podstawie [1,3]



Rys. 5. Podproces „konserwacja SMG” Opracowanie własne na podstawie [1,3]

Kolejny podproces to konserwacja samojezdnej maszyny górniczej. Został on zaprezentowany na rysunku nr 5. W zakładach górniczych prace konserwacyjne dokonywane są według harmonogramu przeglądów wg. liczby kilometrów lub liczby motogodzin przepracowanych przez maszynę. Podproces ten realizowany jest często przez pracowników zatrudnionych w serwisach firm będących producentem danej maszyny. Podczas obsługi OT-1 dodatkowo sprawdza się stan całej instalacji elektrycznej oraz stan akumulatora, przewodów, izolacji i połączeń. Sprawdzenie rozrusznika i alternatora oraz przeprowadzenie ich konserwacji dokonuje się przy przeglądzie OT-2 np. po 500 przepracowanych godzinach (dane dotyczą wybranego wozu odstawczego pracującego w zakładach górniczych rud miedzi zlokalizowanych na Dolnym Śląsku).

4. Działania mające na celu poprawę stanu bieżącego – wybrane propozycje

W zakładach górniczych wykorzystywane są wszystkie ze znanych strategii eksploatacyjnych (w różnym zakresie). Od działania na zasadzie reakcji, (szybkie naprawy), poprzez pracę zaplanowaną, typu wymiana części zgodnie z harmonogramem a kończąc na działaniach prewencyjnych opartych na zapobieganiu uszkodzeniom maszyn. W pierwszej kolejności wykonywana jest diagnostyka maszyn wg rzeczywistego jej stanu, a następnie podejmowane są decyzje o potrzebie wykonania określonych czynnościach eksploatacyjnych. Równocześnie podejmowane są działania proaktywne ukierunkowane na przewidywanie awarii.

W celu poprawy zarządzania procesem utrzymania ruchu w zakładach górniczych aktualnie wdrażany jest proces zwany kompleksowym utrzymaniem ruchu TPM (Total Productive Maintenance) [9]. Proponowane podejście do właściwego zarządzania utrzymaniem ruchu jest możliwe poprzez eliminację sześciu podstawowych strat, jakim są: awarie sprzętu, długi czas przebrajania

i regulacji, bezczynność i drobne przestoje, obniżona prędkość pracy niska jakość produkowanych części i zmniejszoną wydajność. Wprowadzenie TPM jest trudne i czasochłonne, bo przebroić nie tylko należy maszyny, ale przede wszystkim pracownika w swoim postępowaniu w stosunku do obsługiwanej maszyny. Wymaga on od operatorów wykształcenia nowego zestawu umiejętności koniecznych dla zapewnienia ciągłości pracy maszyn w oparciu o TPM (tę nowoczesną koncepcję wdrożono już w zakładach wzbogacania rudy) [9].

Innym rozwiązaniem jest wdrożenie od 2011 roku systemu informatycznego klasy CMMS [2, 7, 10]. Jest to narzędzie do komputerowego wspomaganie prowadzenia eksploatacji maszyn i urządzeń. System ten wprowadzono ze względu na fakt, iż kopalnia jest tak naprawdę wielką firmą transportową z taborem nawet do 500 maszyn pracujących pod ziemią i przede wszystkim w celu prawidłowego rozliczana prac serwisowych. System ten stanowi wielką bazę danych ułatwiająca wymianę informacji dół - góra kopalni i na powierzchni zakładów górniczych o stanie maszyn prowadzonych pracach, wymienionych przeglądach i naprawach bieżących. Taki szybki obieg informacji o maszynach, śledzenie zużycia technicz-

nego maszyn i urządzeń wraz z kosztami ich użytkowania staje się codziennością w oddziałach górniczych KGHM Polska Miedź S.A [1]. Mając informacje wprowadzane do systemu komputerowego CMMS na bieżąco prowadzona jest analiza awaryjności maszyn dołowych. Eliminowana jest dotychczas preferowana informacja w postaci papierowej. Wprowadzanie przez sztygarów w podziemnych komorach maszyn ciężkich informacje są dostępne natychmiast w sieci dla uprawnionych pracowników (kierowników oddziałowych, głównego mechanika, magazynierów czy głównych specjalistów ds. maszyn dołowych).

Zarówno CMMS jak i TPM pozwalają na właściwą eksploatację SMG pod różnymi względami. Łatwiejszy i szybszy dostęp do danych o stanie maszyny z jednej strony (nie ma potrzeby przeglądania wpisów w książkach pracy maszyny, których w ciągu cyklu życia jednej maszyny zaprowadzono np. 8-10) oraz zwiększenie zaangażowania operatorów w proces utrzymania ruchu samojedznych maszyn górniczych z drugiej strony.

Aktualnie coraz większe znaczenie odgrywa niezawodność parku maszynowego. Można ją zwiększyć poprzez odpowiednią analizę statystyczną danych dotyczących eksploatowanych maszyn. Wymogiem koniecznym jest posiadanie danych o maszynie w tym w szczególności o historii prac przy niej wykonywanych oraz prac prowadzących aktualnie, napraw, rodzaju zdiagnozowanych przyczyn itp., do której zakład ma dostęp dzięki zastosowanemu systemowi wspomaganie utrzymania ruchu maszyn dołowych. Firma powinna na bieżąco śledzić trendy wskaźników niezawodnościowych opartych na czasie pracy maszyny (MTTB, MTTF) jak również dokonywać analiz niezawodnościowych o dane ilościowe dotyczące uszkodzeń w maszynach dołowych na podstawie danych dostępnych w CMMS [6]. Literatura przedmiotu wskazuje na potrzebę prowadzenia utrzymania ruchu skierowanego na dokonywanie odpowiednio zaplanowanych prac zapobiegawczych w celu zmniejszenia awarii maszyn.

5. Podsumowanie

Przedstawione w artykule rozważania wskazują na znaczenie analizy utrzymania ruchu samojedznych maszyn górniczych, jako istotnego elementu procesu wydobywania rud miedzi. Podkreślić należy również, że rozwój rozwiązań IT

(CMMS, TPM) wspierają utrzymanie ruchu jednak wymagają dalszych badań, aby zwiększyć korzyści płynące z ich zastosowań na rzecz firmy wydobywczej.

7. Literatura

- [1]. <http://kgm.com/pl>.
- [2]. <http://szkolaeksploatacji.pl/sesja/techniki-i-technologie-przyszlosci-w-procesie-pozyskiwania-surowcow-mineralnych-informatyka-w-gornictwie-praktyka-dzialania/>.
- [3]. https://mfiles.pl/pl/index.php/Proces_utrzymania_ruchu.
- [4]. Jasiński M., Jasińska E., Janik S., Jasiński Ł., Warunki eksploatacyjno-wydobywcze determinan-tem awaryjności maszyn dołowych - zarys problematyki, Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej, Organizacja i Zarządzania, Zeszyt 66, Poznań 2015
- [5]. Jasiński M, informacje zebrane podczas rozmów z przedstawicielami KGHM Polska Miedź S.A. na podstawie porozumienia w sprawie pisania pracy doktorskiej.
- [6]. Jasiński M., Jasińska Elżbieta, Janik S., Jasiński M., 2017, Proces utrzymania ruchu maszyn dołowych w aspekcie wykorzystania energii elektrycznej. Przegląd Elektrotechniczny, 03.2017, Wydawnictwo Sigma-NOT
- [7]. Jasiński M., Janik S., 2015, Zabezpieczenie ciągłości transportu urobku pod ziemią, Zeszyty Naukowe Dolnośląskiej Wyższej Szkoły Przedsiębiorczości i Techniki, Studia z nauk technicznych, Zeszyt nr 4, Polkowice 2015, s 117-124.
- [8]. Kawecka-Endler, A. Wykład monograficzny na studium doktoranckim, Wielokryterialne projektowanie systemów wytwórczych, Poznań, 20.11.2015.
- [9]. KGHM, Materiały szkoleniowe przy wdrożeniu TPM w Zakładach Wzbogacania Rudy, za Nakajima S.,: Introduction to TPM. Productivity Press, Portland Oregon 1998; Shirose K.: TPM for workshop leaders. Productivity Press, Portland Oregon 1992.; Praca zbiorowa.: TPM development program, Portland Oregon 1998.
- [10]. KGHM Polska Miedź S.A., Strategia KGHM Polska Miedź S.A. na lata 2015-2020 z perspektywą do 2040 roku.
- [11]. Miejsce na wszystko, wszystko na miejscu, Miedziak, Gazeta pracowników KGHM Polska Miedź S.A., środa 17 września 2014, s.4.