

Zasadność kontynuacji prac rozwojowych systemów zdalnego załadunku otworów strzałowych materiałem wybuchowym

The reasons for continuation of research and development of remote loading of blast holes with explosives



Dr inż. Tomasz Siwulski^{*)}



Mgr inż. Jerzy Pawłowicz^{**)}



Mgr inż. Zbigniew Maćkowiak

Treść: Obecnie w kopalniach KGHM Polska Miedź S.A. proces ładowania otworów strzałowych materiałem wybuchowym oraz uzbrajanie przodka nadal odbywa się ręcznie, przy wykorzystaniu Samojezdnych Wozów Strzałowych wyposażonych w moduł tłoczny emulsyjnego materiału wybuchowego. Jest to jedno ze stanowisk pracy najbardziej narażonych na wypadki, związane z opadnięciem lub wyrzutem skał do wyrobiska. Prace nad opracowaniem systemu zdalnego załadunku materiału wybuchowego zainicjowane i prowadzone w latach poprzednich przez KGHM Polska Miedź S.A. wraz z partnerami przemysłowymi oraz jednostkami naukowymi wskazały na zasadność podjętego kierunku rozwoju. W ich wyniku opracowano i przetestowano w roku 2006 system zdalnego załadunku materiału wybuchowego, który spełnił główne oczekiwania. Jednakże nie wszystkie parametry systemu osiągnęły poziom, który umożliwiłby jego bezpośrednie wdrożenie. Zebrane w trakcie prowadzenia testów doświadczenie oraz wyniki są nieocenionym materiałem źródłowym, będącym podstawą prowadzenia dalszych prac rozwojowych w celu opracowania całkowicie nowego rozwiązania systemu zdalnego załadunku materiału wybuchowego. W artykule zostały przedstawione ujawnione zalety jak i wady zastosowanego rozwiązania, których analiza wskazuje kierunki dalszych prac badawczo-rozwojowych.

Abstract: Currently, in the mines of KGHM Polska Miedz SA, loading blast holes with explosives at mine face space is still done by hand, using self-propelled blasting machines equipped with the discharge module of the explosive emulsion. This is one of the job positions most exposed to the accidents, because it is related to falling or ejection of a rock to the excavation. The work on developing the remote explosives loading system initiated and carried out in previous years by KGHM Polska Miedz SA together with industrial partners and scientific institutions indicated the reasons for the undertaken research. As a result, in 2006, they developed and tested a remote loading system of explosives, which fulfilled the main expectations. However, not all of the system parameters have reached a level which would allow for direct implementation. The experience and results, collected in the course of testing, are an invaluable source material, which is the basis for further development work in order to design completely new system solutions of the remote loading system. This paper presents the disclosed advantages and disadvantages of the solution, whose analysis indicates directions for further research and development.

Słowa kluczowe:

system zdalnego załadunku, załadunek materiału wybuchowego, mechanizacja robót strzałowych

Key words:

remote loading system, loading of explosives, mechanization of blasting works

1. Wstęp

W latach 2005 i 2006 w Legnicko-Głogowskim Okręgu Miedziowym, z inicjatywy Departamentu Górnictwa Biura Zarządu KGHM Polska Miedź S.A., zrealizowany został projekt, stawiający sobie za zadanie opracowanie systemu

zdalnego załadunku emulsyjnego materiału wybuchowego do otworów strzałowych. Podstawą rozpoczęcia prac badawczo-wdrożeniowych było założenie, iż w celu zwiększenia komfortu oraz bezpieczeństwa pracy wskazane jest opracowanie rozwiązania umożliwiającego odsunięcie górnika strzałowego z obszaru potencjalnie niebezpiecznego i przesunięcie go do kabiny maszyny. Projekt od początku był dedykowany do wykorzystania w warunkach podziemnych kopalni rudy miedzi. W efekcie w roku 2006 r. opracowany system został

^{*)} Politechnika Wrocławska, Wrocław, ^{**)} KGHM Polska Miedź S.A., Lubin

zamontowany na samojezdnej maszynie górniczej i skierowany do prób eksploatacyjnych, których wyniki oraz płynące z nich wnioski są zawarte w niniejszej publikacji.

2. Opracowanie oraz testy systemu zdalnego załadunku materiału wybuchowego

Zadania opracowania nowego typu wozu strzelniczego podjęła się firma LENA WILKÓW Sp. z o.o. wraz z Wydziałem Mechanicznym Politechniki Wrocławskiej. W wyniku szeroko zakrojonej współpracy strony zamawiającej z wykonawcami opracowano nowe rozwiązanie techniczne noszące znamiona wynalazku. Na cały system składały się następujące nowo powstałe składowe rozwiązania:

1. Wysięgnikowy układ roboczy składający się z dwóch niezależnie sterowanych członów kinematycznych, osobnym do wykonywania ruchów zgrubnych oraz do wykonywania ruchów dokładnych.
2. System pozycjonowania oraz przesyłu zapalników z kabiny do układu wprowadzającego wąż załadowniczy wprost do otworów strzałowych.
3. Elektrohydrauliczny układ sterowania członem roboczym maszyny.
4. Optyczny układ identyfikacji położenia końcówki układu roboczego względem otworu strzałowego.
5. Układ napędu wysuwu węża załadowniczego.
6. Rozwiązanie umożliwiające poprawne umiejscowienie zapalnika na końcu węża załadowniczego przed jego wprowadzeniem do otworu.

Opis kompletnego rozwiązania został zgłoszony do Urzędu Patentowego RP i nadano mu prawa wyłączne (Siwulski, Podolecki 2006), które uległy wygaśnięciu w roku 2010, przesuując rozwiązanie do obszaru powszechnie dostępnego stanu techniki. Nowo powstały Samojezdny Wóz Strzelniczy został ukończony w roku 2006 i otrzymał oznaczenie SWS-ME 1800M. Po dokonaniu pozytywnego odbioru skierowany został do prób eksploatacyjnych. Sposób przeprowadzenia oraz przebieg prób szerzej opisano w poprzedniej publikacji (Porębski i in. 2006). Po ich zakończeniu wytworzony materiał badawczy zarchiwizowano w celu wykorzystania go w przyszłości jako podstawę dalszych prac badawczo-rozwojowych w tym obszarze.

Istniejąca dokumentacja wskazuje, że eksploatacyjne testy systemu przeprowadzono w okresie od 2 czerwca do 14 sierpnia 2006 r. w kopalni Z.G. Rudna w Polkowicach. W ich trakcie wykonano dziewięć prób załadunków przodków. Niektóre z prób zostały przerwane w wyniku ujawnienia nie-

sprawności samego wozu strzałowego lub zidentyfikowanych usterek systemu zdalnego załadunku. Przeprowadzone testy pozwoliły jednakże na opracowanie następujących uwag:

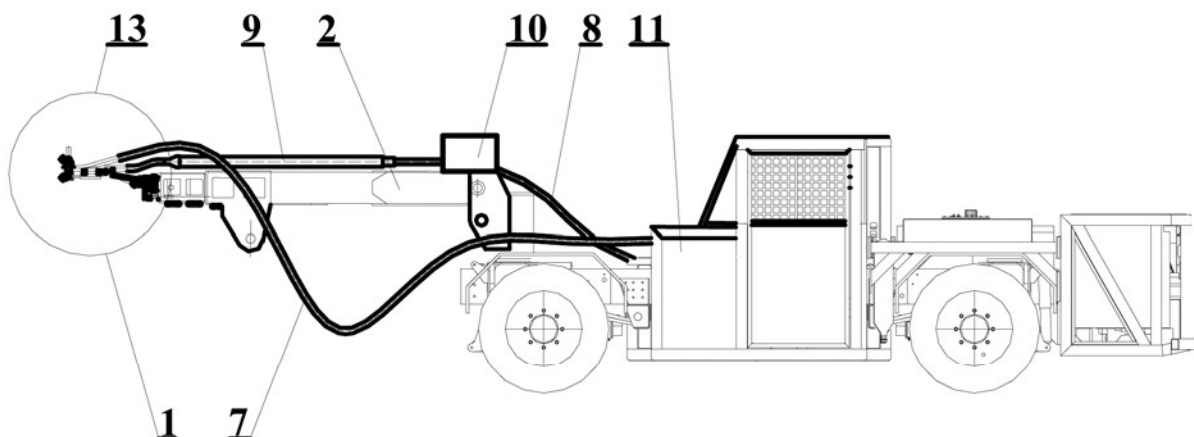
1. Przy każdym ładowaniu ujawniały się usterki, bądź następowały awarie któregoś z elementów podawania MW lub zapalnika. Usterki te były niezwłocznie usuwane,
2. Czas czynności załadunku jednego otworu wynosił ~ 40 s, a z przesterowaniem wysięgnika trwa 2 min,
3. Ładowanie MW w przodku trwa od 40 min (24 otwory) do ~1 godz. (42 otwory), bez wliczania czasu rozwijania i zwijania kabla zasilającego silnik elektryczny SWS-a,
4. Testy przeprowadzono w przodkach przygotowawczych, gdzie nie występuje ciśnienie eksploatacyjne powodujące opadanie drobnych mas skalnych z czoła przodka, uniemożliwiających załadowanie otworów przyspagowych bez ich odkopania lub udroźnienia,
5. Prób we frontach eksploatacyjnych nie przeprowadzono, z uwagi na możliwość uszkodzenia elementów zamontowanych na wysięgniku w przypadku opadnięcia nawet drobnych mas skalnych,
6. Dalszych ładowań nie wykonywano z uwagi na pozyskanie podstawowych informacji o działaniu i przydatności systemu na podstawie przeprowadzonych prób.

Ocena końcowa przebiegu testów, opracowana przez Dział Techniki Strzałowej Z.G. Rudna, została zawarta w następujących punktach:



Rys. 2. SWS-ME 1800M przed rozpoczęciem prób eksploatacyjnych w przodku (Porębski i in. 2006)

Fig. 2. SWS-ME 1800M before performance tests in the mine face space (Porębski et. al. 2006)



Rys. 1. Nowy system zdalnego załadunku otworów emulsyjnym materiałem wybuchowym (Siwulski, Podolecki 2006)

Fig. 1. The new system of remote loading of drill holes with emulsion explosives (Siwulski, Podolecki 2006)

1. Konstrukcję maszyny do zdalnego ładowania MW w przodkach należy uznać za udaną i spełniającą kryterium odsunięcia górnika strzałowego od strefy bezpośredniego zagrożenia jaką jest czoło przodka.
2. Najważniejsze elementy systemu, tj. podawanie MWE i zapalnika, po usunięciu wykazanych wad, działały prawidłowo.
3. Praktyka wykazała niespełnienie kryterium uzyskania efektywności ładowania, liczonej jako czas załadunku I przodka. Za efektywny należy uznać czas równy czasowi ładowania MW nabojuwanego wykonywanego ręcznie przez górnika strzałowego, tj. 20 – 30 min, uzyskiwane czasy ładowania są porównywalne z czasem wiercenia otworów strzałowych w przodku, co uniemożliwia efektywną organizację robót górniczych w oddziale. Przeciętnie, w okresie ok. 2 – 3 godzin na froncie eksploatacyjnym należy załadować od 5 do 8 przodków.
4. Konstrukcja maszyny i zastosowanie rozwiązania nie przewidują możliwości skrócenia czasu podawania MW i czasu przesterowania wysięgnika.

System zdalnego załadunku został po wykonaniu testów zdemontowany i przekazany wytwórcy, a w jego miejsce zamontowano na maszynie klasyczny układ z platformą roboczą, wykorzystywany w eksploatowanych wtedy i obecnie SWS.

3. Wyniki prac badawczych podstawą dalszych działań rozwojowych

Na wstępie podkreślić należy, że wyniki testów potwierdziły zasadność oraz obrany kierunek prac rozwojowych zdalnego załadunku emulsyjnego materiału wybuchowego luzem. Jednakże uwidoczniły również szereg problemów związanych z aplikacją wybranego rozwiązania, co było podstawą podjęcia decyzji o zaniechaniu bezpośredniego wdrożenia go do procesu technologicznego. Decyzja powyższa została podjęta nie w oparciu o niezadawalające wyniki prób systemu jako całości, lecz jej podstawą był określony w trakcie testów czas załadunku otworów materiałem wybuchowym. Jednakże wyniki i przebieg testów umożliwiają dokonanie analizy poprawności działania poszczególnych elementów składowych systemu.

Konstrukcja wysięgnikowego układu roboczego, składającego się z dwóch niezależnie napędzanych członów, również dowiodła swojej użyteczności. Do wykonywania zgrubnych ruchów wykorzystywany był układ napędu ramienia głównego, na którego końcu zamontowany był znacznie mniejszy i o ograniczonym zakresie ruchów układ manipulatora. Wykorzystywany był on do wykonywania ruchów dokładnych, a jego zastosowanie umożliwiało wprowadzenie węża załadunkowego do otworów strzałowych usytuowanych pod różnymi kątami w stosunku do układu roboczego SWS. Rozwiązanie powyższe, w ocenie autorów, w trakcie testów udowodniło zasadność i prawidłowość jego wykorzystania i nie było powodem niesprawności systemu jako całości.

Dokonano również pozytywnego przetestowania systemu transportu i pozycjonowania zapalnika za pomocą traconego elementu pozycjonującego. Jego wykorzystanie umożliwiło transport na drodze pneumatycznej zapalnika z kabiny operatora do układu ładującego znajdującego się na końcu wysięgnikowego układu roboczego maszyny. Jedną z istotnych zalet zastosowania systemu z dosyłem zapalników z kabiny operatora był fakt, iż operator na bieżąco decydował jaki rodzaj opóźnienia czasowego zapalnika zostanie wykorzystany w ładowanym otworze. Cecha ta umożliwiała operatorowi wykonanie ładowania otworów w dowolnej kolejności, dostosowując przebieg prac do warunków środowiskowych i

stanu czoła przodka. Rozwiązanie powyższe dowiodło swojej użyteczności.

W trakcie przeprowadzenia testów bez zarzutu funkcjonował również elektrohydrauliczny układ sterowania systemem. Zastosowane w trakcie jego budowy rozwiązania, zwrócenie znacznej uwagi na ergonomię pracy oraz dążenie do uproszczenia obsługi w efekcie zaowocowały stworzeniem niezawodnego i przyjaznego dla operatora systemu sterowania.

Stosunkowo prosty optyczny układ identyfikacji położenia końca manipulatora układu roboczego, składający się z dwóch źródeł promieniowania laserowego oraz kamery sprzężonej z ekranem umieszczonym w kabinie, również spełnił stawiane mu wymagania. Za jego pomocą operator uzyskał możliwość identyfikacji wzajemnego położenia pomiędzy otworem strzałowym a końcem manipulatora. System w testowanej konfiguracji umożliwił prawidłowe wprowadzenie węża załadunkowego do otworu oraz obserwację procesu jego wprowadzania oraz wycyfrowania w oparciu o obraz wyświetlany na monitorze.

Układ napędu wysuwu węża w początkowej fazie testów nie był niezawodny. Podstawowym problemem było dostawanie się śladowych ilości matrycy materiału wybuchowego pod rolki napędowe, w wyniku czego następował znaczny poślizg i częściowa niesprawność tego elementu. Jednakże po wykonaniu zmian konstrukcyjnych jego działanie uległo znacznej poprawie i uznać można, że został on w trakcie prób pozytywnie zweryfikowany.

Opracowane i przetestowane rozwiązanie techniczne umożliwiające jednoznaczne i prawidłowe umiejscowienie zapalnika na końcu węża tłoczego materiału wybuchowego również spełniło stawiane wymagania. Wykorzystany do tego celu element tracony umożliwił nie tylko umieszczenie zapalnika w prawidłowym ułożeniu, lecz dodatkowo zapobiegał jego przemieszczeniu w trakcie wykonywania załadunku oraz zmniejszał jego podatność na przemieszczenie w wyniku pociągnięcia za rurkę zapalnikową podczas wykonywania obwodu przodkowego. Specjalne ukształtowanie elementu traconego ułatwiało przemieszczanie się końca węża załadunkowego w otworze strzałowym. W opinii autorów opracowanie tego rozwiązania technicznego jest jednym z głównych osiągnięć projektu.

Oprócz wyników testów głównych podzespołów systemu zdalnego załadunku zaprezentowanych powyżej, pozytywnie zweryfikowano działanie modułu mieszalniczo-załadunkowego jako części systemu zdalnego załadunku materiału wybuchowego.

Jak wspomniano powyżej, podstawą niepodjęcia decyzji o dokonaniu pełnego wdrożenia rozwiązania były uzyskiwane czasy załadunku otworów, a co za tym idzie całego przodka. Analizując raporty z przebiegu testów można zauważyć, iż czas załadunku z każdą następną próbą ulegał skróceniu. W opinii autorów jest to wynikiem coraz lepszego zapoznawania się obsługi z systemem. Jednakże nawet w przypadku obsługi przez doświadczonego operatora SWS, czas załadunku jednego otworu strzałowego wynosił około 1 minuty.

4. Podsumowanie

Doświadczenie zebrane podczas przeprowadzonych w latach 2005-2006 prac projektowo-badawczych oraz testów nowo powstałego systemu zdalnego załadunku materiału wybuchowego wydają się bardzo obiecujące. Podkreślić należy, że powstały system był całkowicie autorskim i niespotykanym dotychczas rozwiązaniem o światowym poziomie innowacyjności. Jednakże w opinii autorów błędem jest dokonywanie jego oceny tylko i wyłącznie jako całości.

W trakcie realizacji projektu opracowano szereg opisanych powyżej rozwiązań, które spełniły oczekiwania twórców oraz zamawiających. System jako całość był sprawny i użyteczny, jednakże uzyskiwane przez niego czasy załadunku nie uzyskały akceptacji strony zamawiającej. Należy jednak podkreślić, iż brak wdrożenia nie jest jednoznaczny z niesprawdzeniem się poszczególnych podzespołów systemu, które mogą być z powodzeniem wykorzystane jako elementy nowej wersji rozwiązania o podwyższonych parametrach, która w pełni spełni oczekiwania. Ponadto w ostatnich latach znacząco zmieniły się warunki klimatyczne pracy górników. W związku z podjęciem robót górniczych na głębokości 1200 i więcej metrów, coraz trudniej jest zapewnić temperaturę powietrza pozwalającą na minimalny komfort pracy. Dotyczy to m.in. górników strzałowych, którzy nie mają możliwości pracy, jak np. operatorzy niektórych maszyn górniczych, w klimatyzowanych kabinach. Stanowi to dodatkowy przyczynek przemawiający za kontynuowaniem prac nad przeniesieniem stanowiska pracy górników strzałowych z platformy do kabiny wozu strzałowego.

Droga do nowych realizacji jest otwarta, gdyż ochrona opracowanego i opisanego w niniejszym artykule rozwiązania wygasła i jest on częścią stanu wiedzy dostępną dla każdego podmiotu.

Literatura

POREBSKI K., MAĆKOWIAK Z., SIWULSKI T., WARZECHA M. 2006 - Doświadczenia KGHM Polska Miedź S.A. w mechanicznym ładowaniu materiałów wybuchowych emulsyjnych z zastosowaniem wozu strzałowego z manipulatorem. Prace Naukowe GIG. Górnictwo i Środowisko, Katowice.

SIWULSKI T., PODOLECKI R. 2006 – Sposób, urządzenie i zestaw do załadunku otworów strzelniczych, patent RP, nr prawa wyłącznego: 206315,

Artykuł wpłynął do redakcji – grudzień 2016

Artykuł akceptowano do druku 15.02.2017

NACZELNY REDAKTOR

w zeszycie 1-2/2010 Przeglądu Górniczego, zwrócił się do kadr górniczych z zachętą do publikowania artykułów ukierunkowanych na wywołanie

POLEMIKI – DYSKUSJI.

Trudnych problemów, które czekają na rzetelną, merytoryczną wymianę poglądów – jest wiele! Od niej – w znaczącej mierze – zależy skuteczność praktyki i nauki górniczej w działaniach na rzecz bezpieczeństwa górniczego oraz postępu technicznego i ekonomicznej efektywności eksploatacji złóż.

**Od naszego wysiłku w poszukiwaniu najlepszych rozwiązań
– zależy przyszłość polskiego górnictwa!!!**