

Wykorzystanie unifikacji konstrukcji zmechanizowanej obudowy ścianowej dla poprawy bezpieczeństwa

Jan Gil, Ryszard Kubisa, Kazimierz Stoiński

Kompania Węglowa SA według przeprowadzonej analizy aktualnie prowadzi eksploatację w ponad 66% z pokładów zagrożonych wstrząsami górotworu i wykazuje wzrostową tendencję. Wyniki przeprowadzonej analizy prezentuje rys. 1.

Z uwagi na statutowy obowiązek Zakładu Remontowo-Produkcyjnego zabezpieczenia potrzeb Kompanii Węglowej SA w zmechanizowane obudowy ścianowe podjęto prace, których celem jest przystosowanie konstrukcji w możliwie optymalne rozwiązanie zapewniające bezpieczną pracę ściany z uwzględnieniem minimalizacji kosztów.


Na podstawie przeprowadzonej analizy podjęto decyzję, że wszystkie sekcje zmechanizowanej obudowy przeznaczone na potrzeby Kompanii Węglowej SA będą przystosowane do pracy w warunkach zagrożenia wstrząsami górotworu. W zależności od potrzeb będzie natomiast różnicowane wyposażenie układu hydraulicznego.

Zakład Remontowo-Produkcyjny w oparciu o przeprowadzone konsultacje w gronie specjalistów opracował system unifikacji sekcji zmechanizowanych obudów ścianowych i rozpoczął jego wdrażanie. System ten jest oparty na trzech zasadach:

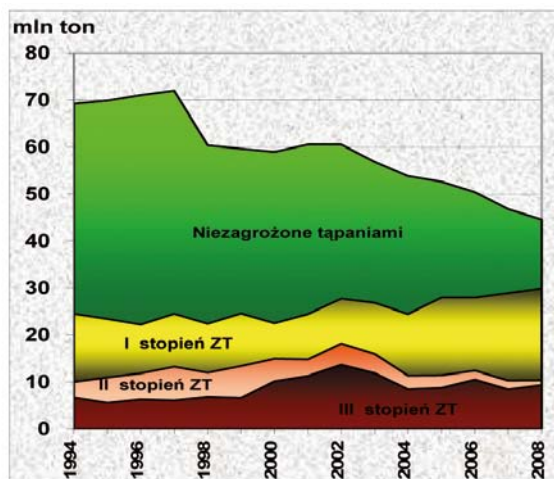
- optymalizacji zakresu wysokości roboczych obudów;
- wzroście wytrzymałości konstrukcji;
- zabezpieczeniu obudowy przed przeciążeniami dynamicznymi.

Ad.a. Optymalizacja zakresu wysokości polega na doborze zakresów pracy sekcji obudów zmechanizowanych na potrzeby kopalń Kompanii Węglowej SA. Z przeprowadzonej przez Zakład Remontowo-Produkcyjny analizy wynika, iż produkcja

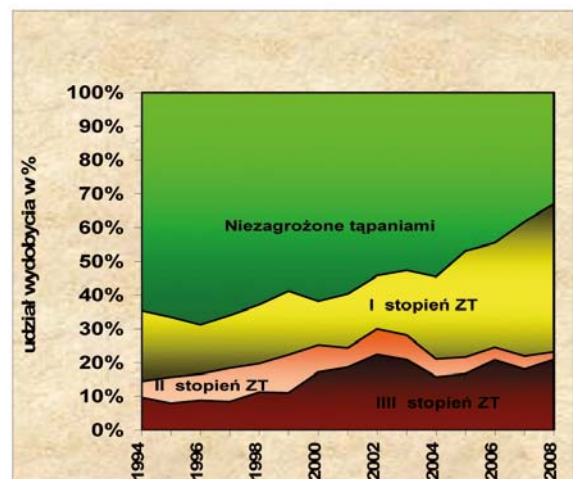
Streszczenie: Na podstawie doświadczeń Kompanii Węglowej SA przedstawiono kierunki postępowania celem zwiększenia bezpieczeństwa pracy zmechanizowanej obudowy ścianowej z równoczesnym zwiększeniem efektywności ekonomicznej eksploatacji. Przeprowadzono analizę stanu posiadania obecnych i przyszłych potrzeb, w których zostały pokazane w szczególności problemy zagrożenia wstrząsami górotworu. W wyniku przeprowadzonej analizy zaproponowano: ujednoczenie wymagań dla konstrukcji, prowadzenie dodatkowych badań oraz sposób prowadzenia zakupów w drodze przetargu publicznego.

 **Abstract:** Based on Coal Company SA experience, there have been shown directions how to conduct an increase in safety of mechanized long wall housing with a simultaneous increase in economic efficiency of exploitation. There has been performed an analysis of the state ownership of current and future needs, which have been shown, in particular, problems of shock rock risk. As a result of, following solutions were proposed: harmonization of requirements for design, conducting of additional researches and conducting of purchases through public tender.

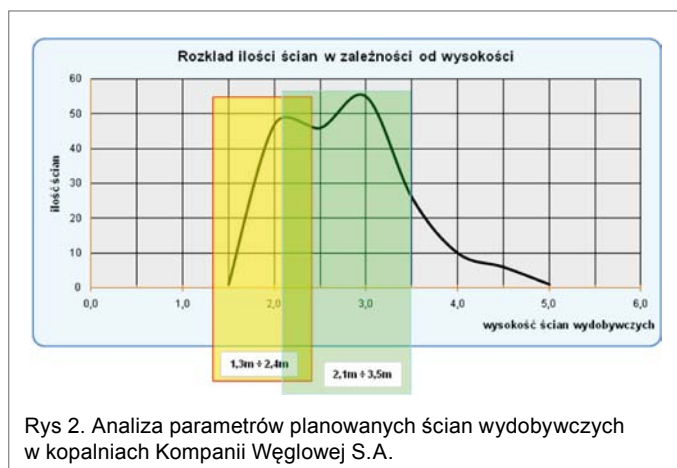
Rys. 1.
Analiza występowania zagrożeń wstrząsami górotworu w pokładach eksploatacyjnych przez Kompanię Węglową SA



Dane źródłowe: PARG S.A. i KW S.A.



Opracowanie: KW S.A. - PPZ/AB



Rys 2. Analiza parametrów planowanych ścian wydobywczych w kopalniach Kompanii Węglowej S. A.

Tabela 1. Porównanie spawalności różnych gatunków stali stosowanych na konstrukcje sekcji obudowy zmechanizowanej wg równoważnika węgla [3]

gatunek stali	równoważnik węgla Ce	spawalność
S355NL	0,43–0,45%	dobrze spawalna
S460NL	0,53–0,55%	trudno spawalna
S460ML	0,45–0,48%	dobrze spawalna
S690QL	0,65–0,83%	niespawalna

obudów o dwóch zakresach pracy, tj. 1,3–2,4 m oraz 2,1–3,5 m, zabezpieczy prawie w 90% te potrzeby. Optymalizacja ta pozwala na zmniejszenie różnorodności typów obudów zmechanizowanych w Kompanii Węglowej SA, a co za tym idzie – zmniejszenie ilości części zamiennych. Wyniki przeprowadzonej analizy zebrano na rys. 2.

Ad.b. Zwiększenie wytrzymałości konstrukcji sekcji obudowy zmechanizowanej poprzez zastosowanie stali o wyższej granicy plastyczności oraz wzmocnienia wybranych węzłów konstrukcyjnych.

Przy doborze gatunku stali Zakład Remontowo-Produkcyjny kierował się szczególnie wrażliwością stali na obróbkę termiczną, co pozwoliło uniknąć dotychczasowych błędów innych producentów polegających na lokalnym obniżeniu wytrzymałości stali w wyniku wypalania elementów, a następnie ich spawaniu [3]. Porównanie spawalności różnych gatunków stali prezentuje tabela 1.

Zastosowanie nowego gatunku stali, zwiększenie podporności, zastosowanie nowego typu stojaków o większej średnicy pozwalają na stosowanie tych sekcji obudów zmechanizowanych do ścian o najtrudniejszych parametrach górniczo-geologicznych Kompanii Węglowej SA.

Wzmocnienie wybranych węzłów konstrukcyjnych sekcji przeprowadza się w oparciu o analizy numeryczne wytrzymałości sekcji z uwzględnieniem zwiększonych obciążeń, jako pochodne wstrząsu górotworu. W szczególności zwrócono uwagę na gniazda stojaków, ciągną lemniskatowe czy osłony odzawałowe.

Ad.c. Zabezpieczenie obudów zmechanizowanych przed przeciążeniami dynamicznymi polegające na odpowiednim

doborze układu podpornościowego. Zmechanizowane obudowy ścianowe do obrotu handlowego są wprowadzane w oparciu o dyrektywy. Podstawowa dyrektywa w zakresie realizowanych zadań przez Zakład Remontowo-Produkcyjny to Dyrektywa 2006/42/WE z 17 maja 2006 r. w sprawie maszyn zmieniająca Dyrektywę 95/16/WE [9] wprowadzoną Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn [10]. Uściślenie wymagań zawartych w przedmiotowej dyrektywie są ujęte w zharmonizowanych z nią normami z serii PN-EN 1804 [5, 6, 7]. We wstępie do wymienionych zharmonizowanych norm dotyczących zakresu ich stosowania jest zapis wyłączający ich obowiązywanie dla przypadków występowania wstrząsów górotworu. Dokumentem umożliwiającym wprowadzenie do eksploatacji w wyrobiskach zagrożonych wstrząsami górotworu zmechanizowanych obudów ścianowych jest Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 9 czerwca 2006 r. § 440 ust. 2 [8]. Obudowa zmechanizowana przeznaczona do pracy w ścianach prowadzonych w rejonach występowania wstrząsów górotworu jest przystosowana, poprzez upodatnienie, do przejmowania obciążeń dynamicznych. Ustawodawca nie określił jednak procedury, na podstawie której należy realizować upodatnienie sekcji zmechanizowanej obudowy dla warunków zagrożenia wstrząsami górotworu.

Zakład Remontowo-Produkcyjny, przystosowując zmechanizowane obudowy ścianowe do warunków zagrożenia wstrząsami górotworu na potrzeby Kompanii Węglowej SA oparł się na specjalnie opracowanej procedurze własnej, wprowadzonej do ISO zakładu. Ujmuje ona dodatkowe wymagania i badania, które powinny spełniać nowe oraz modernizowane przez Zakład Remontowo-Produkcyjny obudowy, są to wymagania i badania dodatkowe w odniesieniu do zharmonizowanych polskich norm z serii PN EN 1804.

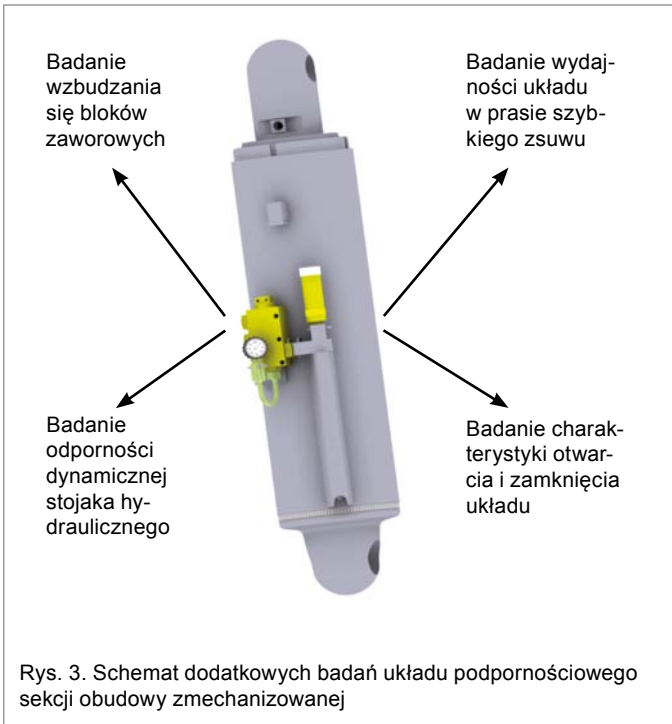
W niniejszej publikacji przedstawiono wycinek problematyki, który obejmuje jedynie badania dodatkowe stojaka hydraulicznego ze współpracującym z nim układem hydraulicznym.

Dodatkowe badania stojaka hydraulicznego dla sekcji zmechanizowanej obudowy ścianowej do warunków zagrożenia wstrząsami górotworu

Seria norm PN-EN 1804 [5, 6, 7] traktuje sekcję obudowy zmechanizowanej jako zespół składający się z oddzielnych trzech części, tj. konstrukcji stalowej, hydrauliki siłowej i hydrauliki sterowniczej. Mając jednak na uwadze, iż zasadniczym elementem decydującym o bezpieczeństwie sekcji obudowy zmechanizowanej jest układ: stojak hydrauliczny wraz z blokiem zaworowym i zaworem ograniczającym ciśnienie (odpowiednio typu D i A wg PN EN 1804-3), Zakład Remontowo-Produkcyjny wprowadził do organizacji produkcji cykl badań dodatkowych przedstawionych na rys. 3.

Badanie wzbudzenia się bloków zaworowych

Próba obejmuje układ hydrauliczny zamontowany w sekcji obudowy zmechanizowanej rozpartej w stanowisku badawczym do momentu uzyskania w przestrzeni podtłokowej stojaków wartości ciśnienia równego 0,95 krotności ciśnienia roboczego, a następnie rabowanie ciśnieniem wynoszącym 0,4 krotności ciśnienia roboczego [2, 5, 11]. Podczas rabowania nie powinien nastąpić przyrost ciśnienia w układzie hydraulicznym więcej jak o 20%. Następnie przedstawiono cha-



Rys. 3. Schemat dodatkowych badań układu podpornościowego sekcji obudowy zmechanizowanej

rakterystyki dwóch różnych układów. Pierwszy układ spełnia wymagania próby, ponieważ przyrost ciśnienia jest w granicy 5% w przeciwieństwie do drugiego układu, w którym to podczas próby nastąpił znaczący wzrost ciśnienia, bo aż do 40%.

Spełnienie wymagań tego badania pozwala uniknąć awarii związanych w szczególności z uszkodzeniem układów manometrycznych.

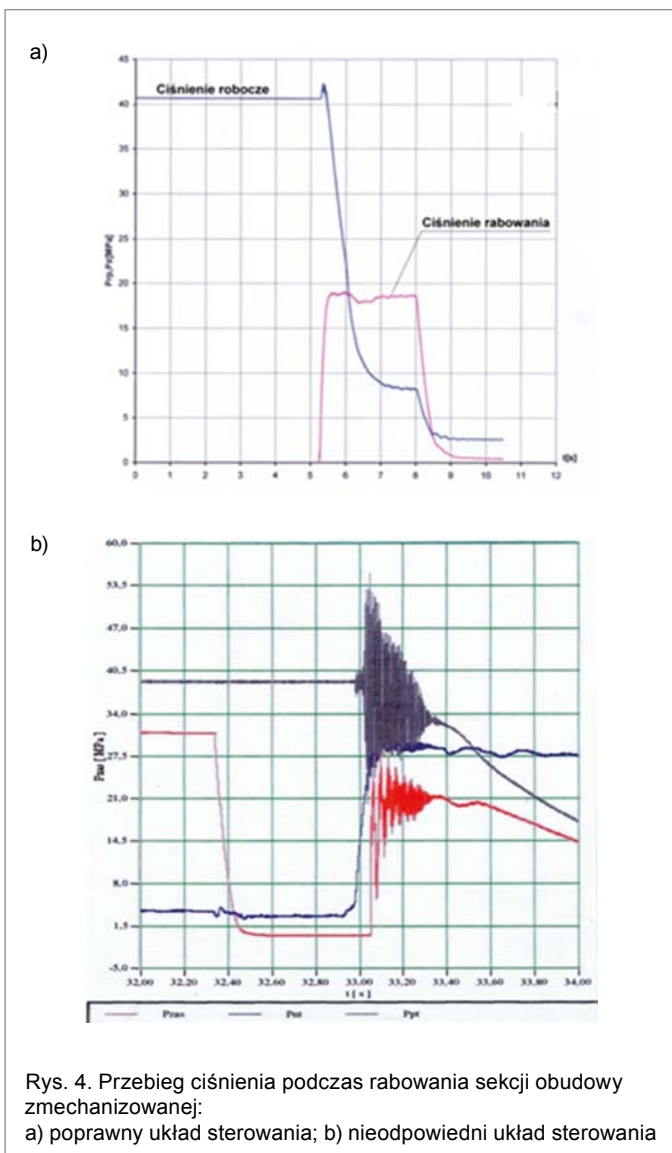
Badanie odporności dynamicznej stojaka hydraulicznego

Próba polega na obciążeniu stojaka rozpartego w stanowisku ciśnieniem wstępnym, masą uderową o wartości 20 000 kg spadającą swobodnie z określonej wysokości i rejestracji wartości ciśnienia w podłokowej przestrzeni stojaka w funkcji czasu [2, 5, 12, 13].

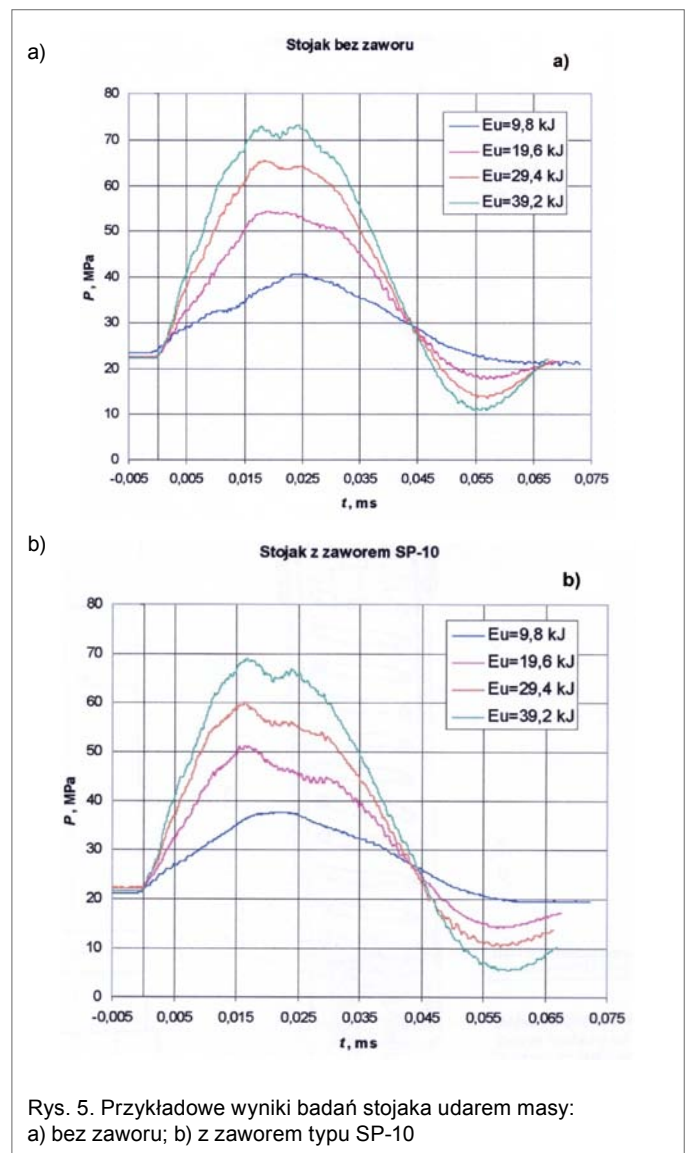
Na podstawie zarejestrowanych wartości ciśnienia w funkcji czasu, dla danej próby wyznacza się maksymalną wartość ciśnienia p_{max} odpowiadającą energii udaru. Pozwala to na ocenę zastosowanych zabezpieczeń z wykorzystaniem zaworów hydraulicznych.

Badanie wydajności układu w prasie szybkiego zsuwu

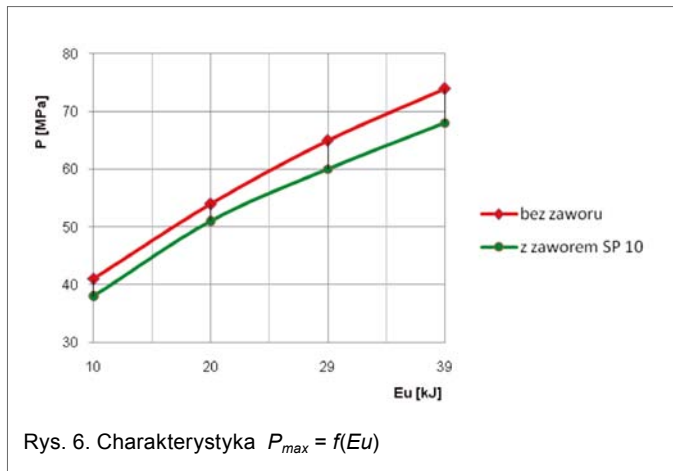
Jednym z elementów oceny upodatkienia sekcji obudowy zmechanizowanej wg metodyki GIG do danych warunków



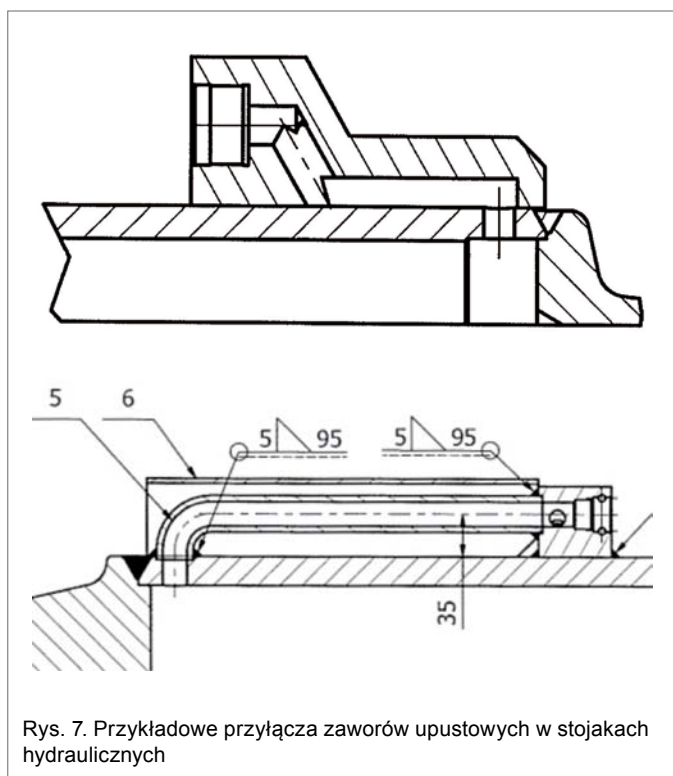
Rys. 4. Przebieg ciśnienia podczas rabowania sekcji obudowy zmechanizowanej: a) poprawny układ sterowania; b) nieodpowiedni układ sterowania



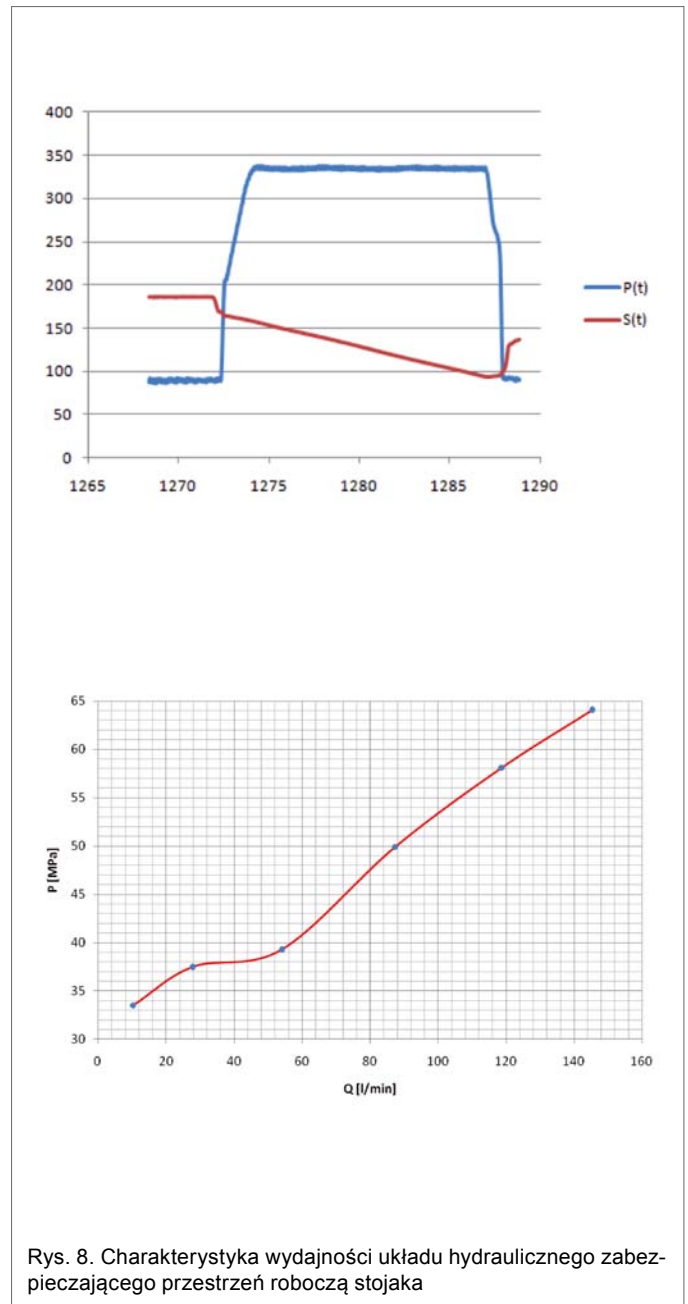
Rys. 5. Przykładowe wyniki badań stojaka udarem masy: a) bez zaworu; b) z zaworem typu SP-10



Rys. 6. Charakterystyka $P_{max} = f(Eu)$



Rys. 7. Przykładowe przyłącza zaworów upustowych w stojakach hydraulicznych



Rys. 8. Charakterystyka wydajności układu hydraulicznego zabezpieczającego przestrzeń roboczą stojaka

górnictwo-geologicznych jest określenie wydajności układu hydraulicznego ograniczającego ciśnienie w przestrzeni roboczej stojaka. Norma PN-EN 1804-3 [7] w pkt. A.1.3.5 klasyfikuje zawory na poszczególne kategorie wg natężenia przepływu, lecz nie precyzuje ciśnienia, przy którym jest określana wartość przepływu. Istotne jest poznanie wartości przepływu (wydajności objętościowej) tak zaworu, jak również całego układu. Ma to istotne znaczenie dla optymalizacji układu hydraulicznego celem minimalizacji strat. Najbardziej wiarygodne wyniki uzyskuje się w badaniach w stanowiskach w prasie szybkiego zsuwu [2, 5, 14]. Przykładowe wyniki badania układu przedstawionego na rys. 7 prezentuje rys. 8.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono m.in., iż zmierzona wydajność układu hydraulicznego zabezpieczającego przestrzeń roboczą stojaka w stosunku do wydajności samego zaworu jest mniejsza nawet o 35%. Dlatego istotnym jest, aby ocenę upodatnienia wykonać na podstawie wydajności układu, a nie samego zaworu upustowego.

Badanie charakterystyki otwarcia i zamknięcia układu

Badanie przeprowadza się dla każdego zaworu przewidzianego do zastosowania w układzie hydraulicznym ze stojakiem, z którym będzie stosowany. Badanie polega na pomiarze ciśnienia w przestrzeni podłokowej stojaka podczas jego zaciskania z prędkościami 2, 10, 100 mm/min. Ciśnienie powinno utrzymywać się w przedziale $\pm 5\%$.

Prowadzenie zakupów części zamiennych do sekcji obudów zmechanizowanych w drodze przetargu publicznego

Obecne przepisy dotyczące przetargów przyjmują 100% ceny, nie uwzględniając wszystkich parametrów technicznych, które projektant i producent uwzględnili w powstałej konstrukcji, ograniczając się jedynie do wymogu posiadania certyfikatu. W warunkach przetargowych nie uwzględnia się najczęściej faktu, że certyfikat wydany na podstawie zharmonizowanych

norm z serii PN EN 1804 nie dotyczy przypadku zagrożenia wstrząsami górotworu, a ten zakres obejmuje zdecydowaną większość przypadków przetargowych. Dodatkowo w celu zmniejszenia kosztu zakupu zostały dopuszczone do przetargów nieoryginalne elementy hydrauliki sterowniczej. Na potrzeby przetargów wprowadzono kolejne definicje części zamiennych, takie jak:

- równoważne elementy hydrauliki sterowniczej;
- certyfikowane elementy hydrauliki sterowniczej substytucyjne z oryginalnymi.

Przykładowo definicja certyfikowanych elementów hydrauliki sterowniczej substytucyjnych z oryginalnymi brzmi, iż: są to elementy wykonane przez podmiot inny niż producent maszyny/urządzenia, wg rysunku oraz własnej dokumentacji, poddane ocenie zgodności ich właściwości z dokumentacją techniczną oraz wymaganiami stosownych norm i przepisów, potwierdzonej certyfikatem wydanym przez jednostkę certyfikującą/notyfikowaną. Substytucyjność elementów dotyczy zarówno funkcji, właściwości, jak i sposobu montażu (gabaryty, rozmieszczenie otworów mocujących, przyłączy itp.), tzn. podłączenie elementu substytucyjnego nie może wymagać zastosowania dodatkowych adapterów.

Łatwo można zauważyć, że definicja ta wymaga spełnienia jedynie wymagań norm serii PN-EN 1804 [5, 6, 7], natomiast nie określa wymagań, jakie powinny spełniać zamienne elementy hydrauliki sterowniczej, aby nie zostały zmienione parametry upodatniające sekcję obudowy zmechanizowanej.

Ten fakt wpływa niekorzystnie na bezpieczeństwo osób, które są chronione przez sekcję obudowy zmechanizowanej ze zmienioną hydrauliką sterowniczą.

Podsumowanie

Zakład Remontowo-Produkcyjny pracujący wyłącznie na potrzeby Kompanii Węglowej jest zobowiązany dostosować wyroby do jej potrzeb. Zagrożenie wstrząsami górotworu stanowi istotne zagrożenie naturalne, do którego należy przystosować produkowane i modernizowane obudowy. W tym celu zostały podjęte przez Zakład Remontowo-Produkcyjny działania umożliwiające uzyskanie wysokiego stopnia bezpieczeństwa zmechanizowanych obudów ścianowych w drodze działań technicznych, organizacyjnych oraz sposobu prowadzenia produkcji. Jedną z możliwości jest postawienie dodatkowych wymagań technicznych w odniesieniu do obowiązujących zharmonizowanych norm i ich wdrożenie, co zostało przedstawione w artykule. W zakresie sterowania skutkuje to również wymogiem prowadzenia dokładniejszej selekcji przewidzianych do zastosowania elementów hydrauliki sterującej o podwyższonych parametrach technicznych i tylko takich, które uzyskają w badaniu oczekiwane przez projektanta parametry. Jest to nadzwyczaj istotne z uwagi na fakt, że zgodnie z przepisami certyfikat na zmechanizowaną obudowę ścianową dotyczy całości sekcji łącznie ze sterowaniem. Fakt ten należy również uwzględnić w przetargach tak dla potrzeb nowych, jak również eksploatowanych obudów. W przypadku dokonania zakupów w drodze przetargu elementów hydrauliki sterującej innych od ujętych DTR należy określić równocześnie sposób ich formalnego zalegalizowania w dokumentacji obudowy. Przedstawione działania, jeśli zostaną wprowadzone do stosowania umożliwią oprócz poprawy bezpieczeństwa pracy uzyskać liczące się efekty ekonomiczne, szczególnie z uwagi na dużą

powtarzalność prowadzonej produkcji przez Zakład Remontowo-Produkcyjny.

Literatura

- [1] IRRESBERGER H., GRÄWE F., MIGENDA P.: *Zmechanizowane obudowy ścianowe*. Podręcznik dla praktyków. Wydawca: Tiefenbach Polska Sp. z o.o., Katowice 2008.
- [2] STOIŃSKI K.: *Obudowy górnicze w warunkach zagrożenia wstrząsami górotworu*. GIG, Katowice 2000.
- [3] BRÓZDA J.: *Stale konstrukcyjne i ich spawalność*. Instytut Spawalnictwa, Gliwice 2007.
- [4] STOIŃSKI K.: *Stojaki dwuteleskopowe z wierconymi płaszczami cylindrów*. Prace naukowe – Monografia CMG KOMAG, Gliwice 2004.
- [5] PN-EN 1804-1+A1:2010 – Maszyny dla górnictwa podziemnego. Wymagania bezpieczeństwa dla obudów zmechanizowanych, Część 1: Zestawy obudów i wymagania ogólne.
- [6] PN-EN1804-2+A1:2010 – Maszyny dla górnictwa podziemnego. Wymagania bezpieczeństwa dla obudów zmechanizowanych, Część 2: Stojaki, podpory i siłowniki pomocnicze.
- [7] PN-EN1804-3+A1:2010 – Maszyny dla górnictwa podziemnego. Wymagania bezpieczeństwa dla obudów zmechanizowanych. Część 3: Hydrauliczne systemy sterowania.
- [8] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 9 czerwca 2006 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych.
- [9] Dyrektywa 2006/42/WE z dnia 17 maja 2006 r. w sprawie maszyn zmieniająca dyrektywę 95/16/WE.
- [10] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn.
- [11] Sprawozdanie nr 10/DLB-1/2009. Badanie typu sekcji obudowy zmechanizowanej KW-12/31-POzW2/ZAKŁAD REMONTOWO-PRODUKCYJNY, KOMAG, Gliwice 2009.
- [12] Sprawozdanie 09-326. Badanie udarem masy stojaka hydraulicznego $\varnothing 210 \times 160$ z trzema typami zaworów hydraulicznych (SP-12, SP-10 i SP-6), GIG, Katowice październik 2009.
- [13] Sprawozdanie 09-447. Badanie udarem masy stojaka hydraulicznego $\varnothing 210 \times 160$ z trzema typami zaworów hydraulicznych (SP-12, SP-10 i SP-6), GIG, Katowice grudzień 2009.
- [14] Badania własne – niepublikowane.

Jan Gil, Ryszard Kubisa – Kompania Węglowa SA – Zakład Remontowo-Produkcyjny;
Kazimierz Stoiński – Główny Instytut Górnictwa, Katowice