

Metodyka badań układu hydraulicznego sekcji obudowy zmechanizowanej

Streszczenie

Z doświadczeń ruchowych pracy układu hydraulicznego sekcji obudowy zmechanizowanej wynika, że stosunkowo często występują przypadki jego wadliwego funkcjonowania. W artykule przedstawiono metodykę badań układu hydraulicznego sekcji obudowy zmechanizowanej w celu sprawdzenia prawidłowości pracy tego układu. Jest to propozycja wynikająca z dotychczasowych doświadczeń Laboratorium Badań ITG KOMAG.

Summary

From the powered roof support hydraulic system operational experience it results that quite often there are the cases of the system malfunctioning. The methodology for testing the hydraulic system of powered roof support to verify operational correctness of the system is presented in the paper. The methodology is a proposal resulting from the experience of KOMAG Laboratory of Testing.

1. Wprowadzenie

Z doświadczeń ruchowych pracy układu hydraulicznego sekcji obudowy zmechanizowanej wynika, że stosunkowo często występują przypadki jego wadliwego funkcjonowania. Złe funkcjonowanie układu hydraulicznego objawia się:

- utratą szczelności przestrzeni podtłokowej stojaka hydraulicznego,
- utratą szczelności zaworów wskutek zbyt częstego ich otwierania,
- uszkodzeniami manometrów kontrolnych,
- brakiem płynności ruchu podczas zsuwania i wysuwania siłowników hydraulicznych.

Prawdopodobną przyczyną większości tych zjawisk jest powstawanie w przestrzeni roboczej zaworu szybkozmiennych przebiegów ciśnienia, o znacznej amplitudzie. Ponadto brak płynności ruchu rdzenników siłowników, może być spowodowany zbyt dużymi oporami ruchu, w wyniku zastosowania rozdzielaczy hydraulicznych o nieodpowiednich charakterystykach.

W związku z powyższym, oprócz badań stanowiskowych poszczególnych elementów układu hydraulicznego dla potrzeb certyfikacji, zachodzi konieczność przeprowadzania badań całego układu hydraulicznego sekcji budowy zmechanizowanej w celu sprawdzenia prawidłowości jego funkcjonowania i ewentualnej korekty doboru jego poszczególnych elementów.

W Laboratorium Badań Instytutu Techniki Górniczej KOMAG w Gliwicach prowadzone są badania obejmujące cały zakres wyżej wymienionej problematyki.

2. Metodyka badań układu hydraulicznego

Elementy układu hydraulicznego sekcji obudowy zmechanizowanej przeznaczone do użytkowania powinny spełniać wymagania norm zharmonizowanych PN-EN 1804-2 [6] i PN-EN 1804-3 [7]. Proponowana metodyka badań przedstawiona w niniejszym artykule jest tylko uzupełnieniem zakresu badań według wyżej wymienionych norm w celu sprawdzenia działania układu hydraulicznego o określonej konfiguracji.

Na podstawie wieloletnich doświadczeń zebranych w trakcie badań prowadzonych w Laboratorium Badań ITG KOMAG, opisanych w [1, 2 i 3] proponuje się przyjąć sposób sprawdzania układu sterowania hydraulicznego sekcji obudowy zmechanizowanej według poniższej metodyki.

2.1. Szczelność

Przed przystąpieniem do badań układu hydraulicznego, należy sprawdzić szczelność badanych zaworów:

- przelewowego (typu A) - przy ciśnieniu równym 95% ciśnienia roboczego, przez okres 5 minut. Spadek ciśnienia nie powinien być większy od 2% zadanej wartości ciśnienia (próba ta jest zbieżna z pkt. A.1.3.2 PN-EN 1804-3+A1:2010),
- zwrotnego (typu B) - przy maksymalnym, dopuszczalnym ciśnieniu użytkowania przez okres 5 minut. Spadek ciśnienia nie powinien być większy od 2% zadanej wartości ciśnienia (próba ta jest zbieżna z pkt. A.1.4.2 PN-EN 1804-3+A1:2010),
- rozdzielacza (typu C) - przy maksymalnym, dopuszczalnym ciśnieniu użytkowania przez okres 5 minut. Spadek ciśnienia nie powinien być

większy od 2% zadanej wartości ciśnienia (próba ta jest zbieżna z pkt.A.1.5.2 PN-EN 1804-3+A1:2010).

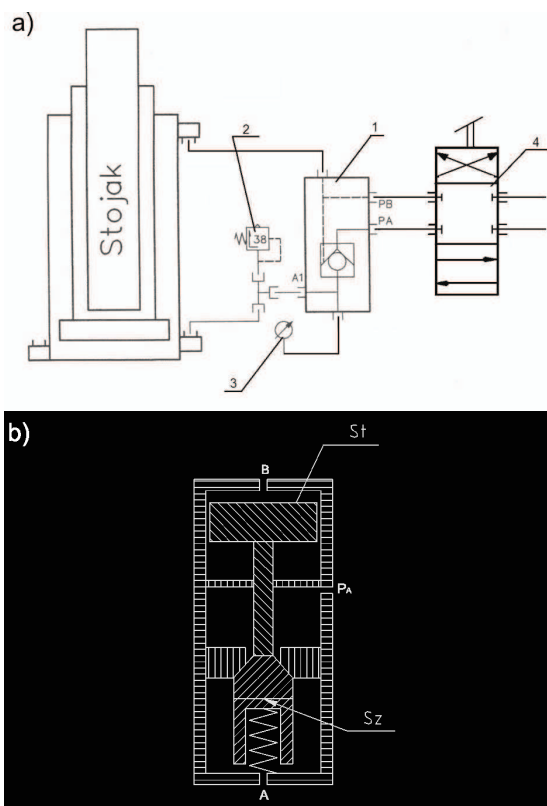
Wyniki prób szczelności dla wszystkich zaworów powinny być pozytywne.

2.2. Próba wzbudzenia zaworu zwrotnego

Pod pojęciem wzbudzenia zaworu zwrotnego rozumie się zjawisko występowania w przewodzie zamykanym przez zawór szybkozmiennych przebiegów czasowych ciśnienia o znacznej amplitudzie, spowodowanych sterowaniem zaworem.

Próby wzbudzenia zaworu zwrotnego należy przeprowadzić w określonym układzie hydraulicznym sekcji obudowy w stanowisku badawczym z zastosowaniem całej sekcji obudowy bądź, wyodrębniając stojak hydrauliczny z hydraulicznym układem podpornościowym. W Laboratorium Badań próby tego typu są przeprowadzane jako badania kompletnej sekcji obudowy zmechanizowanej w stanowisku do badań obudów zmechanizowanych, bądź badania stojaka z hydraulicznym układem podpornościowym na stanowisku do badań stojaków hydraulicznych.

Zasadę działania sterowanego zaworu zwrotnego, wchodzącego w skład podstawowego układu sterowania stojaka hydraulicznego pokazanego na rysunku 1 przedstawiono poniżej [4].



Rys.1. Podstawowy układ sterowania stojaka hydraulicznego i schemat zaworu zwrotnego sterowanego: 1 - zawór zwrotny sterowany, 2 - zawór upustowy (ograniczający ciśnienie), 3 - manometr, 4 - rozdzielacz

Zawór zwrotny (rys. 1b) jest sterowany tłoczkiem zasilanym różnicą ciśnień pomiędzy przestrzeniami pod tłoczkiem i nad tłoczkiem. Iloraz powierzchni przekroju zaworu zwrotnego (S_2) i powierzchni tłoczka sterującego (S_1) wynosi 0,3, co zapewnia prawidłowe działanie zaworu, pod warunkiem wystąpienia ciśnienia w przewodzie spływowym o wartości zbliżonej do zera. Występowanie w przewodzie spływowym ciśnienia o wartości zbliżonej do ciśnienia roboczego, powoduje zamknięcie przepływu. Jak wykazano w [8] chwilowy wzrost ciśnienia na spływie, a następnie jego spadek może prowadzić do wzrostu ciśnienia w przewodzie łączącym przestrzeń podtłokową stojaka z zaworem zwrotnym sterowanym.

Badania stanowiskowe mają na celu sprawdzenie wpływu przesterowania zaworu na wartość ciśnienia w przestrzeni podtłokowej stojaka, dla różnych wartości ciśnienia zasilania w procesie rabowania sekcji oraz różnych konfiguracji układu sterowania.

Badania tego typu przeprowadzono między innymi na stanowisku do badań stojaków hydraulicznych przy obciążeniu statycznym. Schemat stanowiska badawczego przedstawiono na rysunku 2.

Przedmiotem badań był układ sterowania dwuteleskopowego stojaka hydraulicznego o średnicy tłoka 1 stopnia wynoszącej $\varnothing 250$ mm. Stojak rozpięto pomiędzy ramą stanowiska a siłownikiem pomocniczym o średnicy $\varnothing 410$ mm, zasilając przestrzeń podtłokową cieczą hydrauliczną aż do uzyskania przez stojak podporności wstępnej. W trakcie badań siłownik rozpięto aż do uzyskania ciśnienia roboczego w przestrzeni podtłokowej w 1 stopniu stojaka badanego. Po uzyskaniu podporności roboczej badany stojak rabowano sterując rozdzielaczem hydraulicznym (poz. 4 rys. 1) i obserwowano wartość zmian ciśnienia w przestrzeni podtłokowej oraz w przestrzeni nadtłokowej stojaka za pomocą przetworników ciśnienia (poz. 4 i 5 rys. 2).

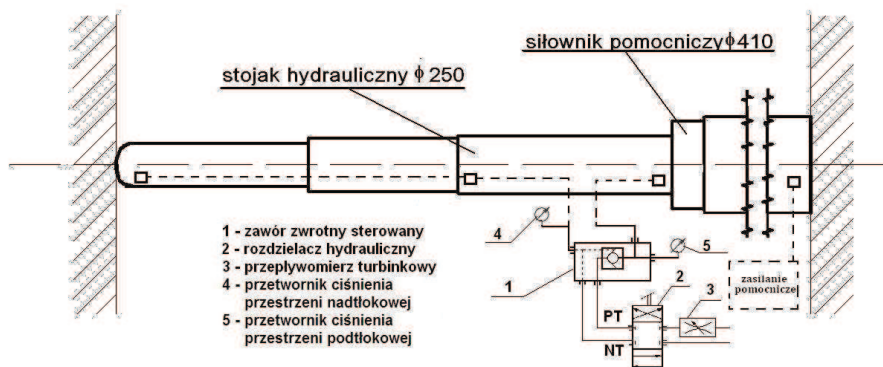
Próby takie można również prowadzić jako badania kompletnej sekcji obudowy na stanowisku do badań sekcji przy obciążeniu statycznym.

Przykład zarejestrowanych przebiegów czasowych ciśnienia przedstawiono na rysunku 3.

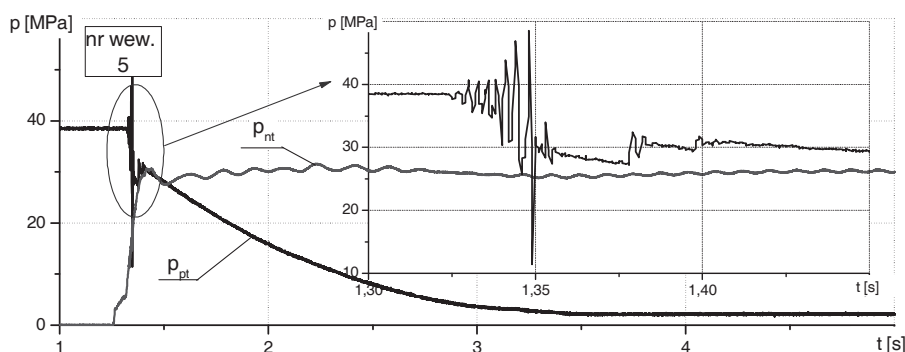
Zarejestrowane wyniki można przedstawić w formie tabelarycznej z uwzględnieniem następujących wartości:

- p_{pt} - ciśnienie pod tłokiem,
- p_{nt} - ciśnienie nad tłokiem,
- p_{max} - maksymalne ciśnienie uzyskane w próbie,
- $p_{max}/p_{pt} * 100$ - procentowy przyrost ciśnienia w trakcie rabowania.

Dla skonfigurowania właściwego układu hydraulicznego należy dobrać zawór zwrotny sterowany o możliwie najmniejszym, procentowym przyroście ciśnienia w trakcie jego rabowania. Ciśnienie to nie powinno powodować otwierania się zaworów przelewowych układu podpornościowego.



Rys.2. Schemat stanowiska badawczego [5]



Rys.3. Przebiegi czasowe ciśnienia w przestrzeniach nad i podłokowej stojaka podczas przełączania zaworu zwrotnego sterowanego [4]

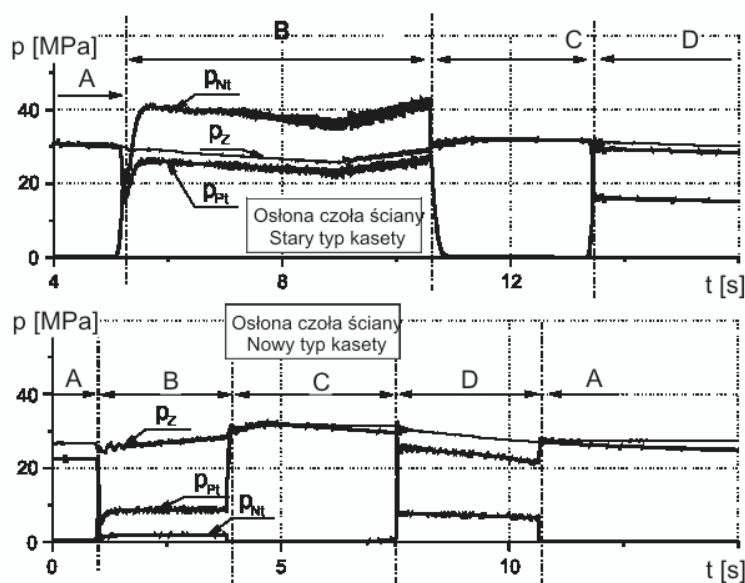
2.3. Próby przesterowania siłowników

Próby przesterowania siłowników hydraulicznych należy wykonać w kompletnym układzie hydraulicznym sekcji obudowy zmechanizowanej.

Należy wykonać próby przesterowania (wysuwanie i rabowanie) stojaka hydraulicznego i pozostałych

siłowników hydraulicznych według następującej kolejności:

- zasilić przestrzeń podłokową badanego siłownika,
- po całkowitym rozsunięciu siłownika przesterować kierunek zasilania siłownika na rabowanie,
- w czasie prób mierzyć ciśnienie w przestrzeni nadłokowej i podłokowej, i sprawdzić płynność wysuwu i zsuwu badanego siłownika.



Rys.4. Przebieg czasowy ciśnienia dla przesterowania siłownika osłony czoła ściany podczas rozpierania i rabowania [1]

Przykładowy przebieg czasowy ciśnienia podczas próby przesterowania siłownika osłony czoła ściany (wysuwanie i rabowanie) przedstawiono na rysunku 4. Badania przeprowadzono stosując w układzie hydraulicznym 2 typy kaset rozdzielaczy hydraulicznych.

Podczas próby wysuwania siłownika osłony czoła ściany, stwierdzono wzrost ciśnienia w przestrzeni nadłokowej (część B rys. 4) przy użyciu rozdzielacza starego typu. Nie stwierdzono wzrostu ciśnienia powyżej ciśnienia zasilania podczas próby z użyciem rozdzielacza nowego typu.

Prawdopodobną przyczyną zaobserwowanego zjawiska jest nieodpowiedni dobór rozdzielacza układu hydraulicznego. W związku powyższym należy wyznaczyć charakterystyki rozdzielaczy i dobrać do rozpatrywanego układu hydraulicznego rozdzielacz umożliwiający płynną pracę przesterowywanych siłowników nie powodujący nadmiernego wzrostu ciśnienia.

Należy wykonać również próbę jednoczesnego przesterowania kilku siłowników w celu sprawdzenia czy w tym wypadku wszystkie siłowniki realizują zadane funkcje, a sterowanie nimi jest niezależne od działania pozostałych siłowników układu.

2.4. Wyznaczanie charakterystyk rozdzielaczy hydraulicznych

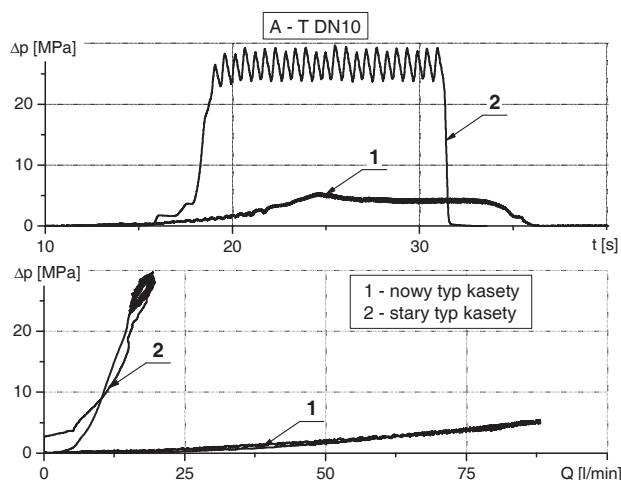
W przypadku stwierdzenia braku płynności ruchu rdzenników podczas przesterowania, gdy ciśnienie zasilania było mniejsze od ciśnienia w przestrzeni podłokowej sterowanego siłownika, należy wyznaczyć charakterystyki rozdzielaczy. W tym celu należy wykonać pomiary natężenia przepływu Q czynnika roboczego oraz określić odpowiadający mu spadek ciśnienia Δp na badanych rozdzielaczach.

Charakterystyki $\Delta p(Q)$ należy wyznaczyć dla dróg:

- P-A tj. od magistrali zasilającej do odbiornika,
- A-T tj. od odbiornika do magistrali sphywowej.

Przykładowe wyniki pomiarów przedstawiono na rysunku 5.

Znaczne ograniczenie przepustowości rozdzielaczy powoduje multiplikację ciśnienia w przestrzeniach nadłokowych siłowników hydraulicznych sekcji, co skutkuje ich powolną pracą i blokowaniem się i może być przyczyną częstego otwierania się zaworów przelewowych. Nadmierne zmniejszanie oporów przepływu w elementach układu hydraulicznego może być jednak niekorzystne z uwagi na występowanie dynamicznych zmian ciśnienia w przestrzeni nadłokowej i podłokowej podczas rozpierania stojaka [5].



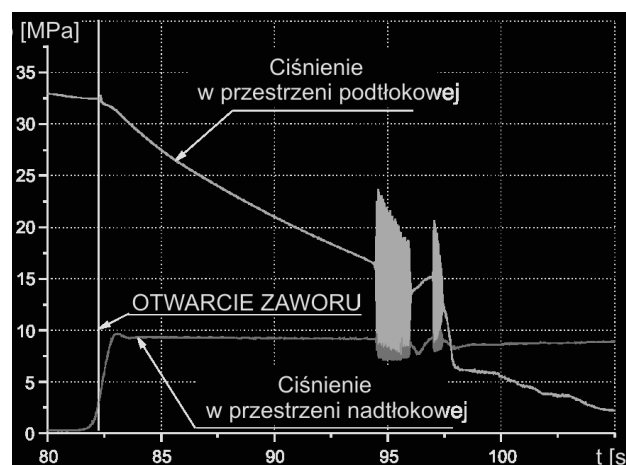
Rys.5. Wykresy spadku ciśnienia Δp w funkcji czasu i natężenia przepływu Q przez rozdzielacze, dla kierunku przepływu A-T [2]

2.5. Wyznaczanie minimalnego ciśnienia rabowania

Wartość ciśnienia rabowania w zaworach zwrotnych sterowanych zazwyczaj stanowi ok. 30% wartości ciśnienia w przestrzeni podłokowej stojaka. W trakcie prowadzonych badań stwierdzono wystąpienie wyżej wymienionego ciśnienia na poziomie 10% wartości ciśnienia w przestrzeni podłokowej stojaka, co powodowało otwarcie zaworu zwrotnego już przy ciśnieniu 3,0 MPa. Może to skutkować niekontrolowanym rabowaniem sekcji.

W celu zastosowania właściwego zaworu zwrotnego sterowanego należy wyznaczyć wartość minimalnego ciśnienia rabowania dla zaworów przeznaczonych do układu podpomościowego i stwierdzić, czy iloraz ciśnienia w przestrzeni podłokowej i ciśnienia rabowania jest właściwy oraz czy wartość ciśnienia rabowania ma wartość większą od ciśnienia w magistrali sphywowej.

Przykład przebiegu czasowego ciśnienia przedstawiono na rysunku 6.



Rys.6. Wyznaczanie minimalnego ciśnienia rabowania. Przebiegi czasowe ciśnienia [3]

2.6. Pomiar wartości siły niezbędnej do przesterowania rozdzielacza

Pomiar wartości siły niezbędnej przesterowania rozdzielacza należy wykonać przy ciśnieniu roboczym doprowadzonym do rozdzielacza. Dla prawidłowego sterowania zgodnie z wymogami normowymi, wartość wymaganej siły ręcznego sterowania przyłożonej do dźwigni elementu hydraulicznego układu sterowania powinna mieścić się w przedziale $<10, 160>$ N.

2.7. Ocena układu hydraulicznego

Należy dokonać oceny otrzymanych wyników badań i doboru elementów układu hydraulicznego spełniającego oczekiwania użytkownika.

3. Podsumowanie

Wszystkie zawory będące elementami układu hydraulicznego sekcji obudowy zmechanizowanej powinny spełniać wymagania normy PN-EN 1804-3 w aspekcie maksymalnego ciśnienia podczas próby przełączania. Zalecane jest jednak prowadzenie badań całego układu hydraulicznego celem ograniczenia niekorzystnego zjawiska wzrostu ciśnienia z następujących powodów:

- zgodnie z normą PN-EN 1804-3, zawory zaliczone do zaworów typu B i C, podczas przesterowania nie mogą powodować wzrostu ciśnienia powyżej 1,5 krotności wartości maksymalnego dopuszczalnego ciśnienia użytkownika. Ze względu na małą różnicę pomiędzy ciśnieniem nastawy zaworu przelewowego, np. 34 MPa, a ciśnieniem zasilania o wartości najczęściej do 30 MPa, istnieje jednak duże prawdopodobieństwo otwierania się zaworu w trakcie pracy, pomimo spełnionego wyżej warunku,
- zawory spełniające wyżej wymieniony warunek mogą być również przyczyną zniszczenia wskaźników manometrycznych (zazwyczaj zakres pomiarowy manometrów wynosi do 60 MPa),
- znaczne ograniczenie przepustowości rozdzielacza powoduje multiplikację ciśnienia w przestrzeniach nadłokowych siłowników hydraulicznych sekcji, co w dalszej kolejności skutkuje ich powolną pracą i blokowaniem się oraz może być przyczyną częstego otwierania się zaworów przelewowych,
- jak wykazano w [5], z uwagi na występowanie dynamicznych zmian ciśnienia w przestrzeni nadłokowej i podłokowej podczas rozpierania stojaka, niekorzystne jest stosowanie rozdzielacza o niewielkich oporach przepływu.

Przedstawiona metodyka badań w celu sprawdzenia prawidłowości pracy układu hydraulicznego sekcji obudowy zmechanizowanej jest propozycją wynikającą z dotychczasowych doświadczeń.

Badania należy prowadzić dla różnych konfiguracji układów zasilania przestrzeni nadłokowej stojaka hydraulicznego np. z dodatkowo zamontowanym zaworem zwrotnym i dławiącym. Analiza otrzymanych wyników pozwala określić wpływ konfiguracji układu zasilania przestrzeni nadłokowej na zmiany ciśnienia w przestrzeni podłokowej podczas rabowania stojaka.

Literatura

1. Badania układu hydraulicznego sekcji obudowy TAGOR-12/31/BS i TAGOR-12/31-POz/BS/S. Część I. Sprawozdanie nr 149/DLB-2/2011. Laboratorium Badań ITG KOMAG, Gliwice, listopad 2011 (materiały nie publikowane).
2. Badania układu hydraulicznego sekcji obudowy TAGOR-12/31/BS i TAGOR-12/31-POz/BS/S. Część II. Sprawozdanie nr 149/DLB-2/2011. Laboratorium Badań ITG KOMAG, Gliwice, listopad 2011 (materiały nie publikowane).
3. Badania układu hydraulicznego sekcji obudowy JZR-11/25-POz. Sprawozdanie nr 155/DLB-2/2012. Laboratorium Badań ITG KOMAG, Gliwice, listopad 2012 (materiały nie publikowane).
4. Czubaszek J., Madejczyk W.: Badania układu sterowania sekcji obudowy zmechanizowanej. *Hydraulika i Pneumatyka* 2012, nr 2, s. 24-27.
5. Czubaszek J., Szweda S.: Badania zmian ciśnienia w układzie hydraulicznym sekcji obudowy zmechanizowanej. *Maszyny Górnicze* 2012, nr 4, s. 3-8.
6. PN-EN 1804-2+A1:2012 Maszyny dla górnictwa podziemnego - Wymagania bezpieczeństwa dla obudowy zmechanizowanej - Część 2: Stojaki i pozostałe siłowniki.
7. PN-EN 1804-3+A1:2012 Maszyny dla górnictwa podziemnego - Wymagania bezpieczeństwa dla obudowy zmechanizowanej - Część 3: Hydrauliczne układy sterowania.
8. Stoiński K.; Pytlik A.; Szymała J.: Uderzenia hydrauliczne powstałe w elementach hydrauliki sterującej zmechanizowanej obudowy ścianowej. *Maszyny Górnicze* 2007, nr 3, s. 22-27.

Artykuł wpłynął do redakcji w marcu 2013 r.