

Prof. dr hab. inż. Krzysztof TUBIELEWICZ

DOI: 10.17814/mechanik.2015.7.311

Wyższa Szkoła Inżynierii Dentystycznej i Nauk Humanistycznych w Ustroniu

Katedra Podstaw Konstrukcji Protetycznych

Dr inż. Krzysztof TURCZYŃSKI, dr inż. Marek SZYGUŁA, mgr inż. Daniel CHLEBEK

Instytut Mechanizacji Górnictwa KOMAG Gliwice

Mgr inż. Hubert MICHALCZUK

Politechnika Częstochowska, Instytut Technologii Mechanicznych

P.P.U. MAG-RYŚ Rędziny – nowoczesna narzędziownia

INDYWIDUALNY SIŁOWNIK HYDRAULICZNY WYKONANY ZE STOPÓW LEKKICH

Streszczenie: Przedstawiono nowe rozwiązanie indywidualnego siłownika hydraulicznego wykonanego ze stopów lekkich, umożliwiające wszechstronne zastosowanie: od górnictwa, budownictwa, budowy maszyn, przemysłu stoczniowego, hutnictwa, transportu, maszyn roboczych, linii technologicznych, pras hydraulicznych do ratownictwa specjalistycznego. Konstrukcja charakteryzuje się wysoką wytrzymałością elementów składowych przy zminimalizowaniu ich masy. Lekka konstrukcja umożliwia ręczne przenoszenie siłownika w skrajnie trudnych warunkach pracy. Zaletą jest też możliwość pracy w bardzo agresywnym środowisku, długotrwała praca w ciężkich warunkach i odporność na ścieranie. Przedstawiona konstrukcja może zostać dostosowana do potrzeb użytkownika poprzez zmianę parametrów technicznych, a walory użytkowe nie ulegną zmianie.

HYDRAULIC CYLINDER INDIVIDUAL MADE LIGHT ALLOY

Abstract: The paper presents a new solution to an individual hydraulic cylinder made of light alloy, allowing versatile; of mining, construction, mechanical engineering, shipbuilding, metallurgy, transportation, machines, technological Lin, hydraulic presses rescue specialist. The design is characterized by high strength components while minimizing its weight. Lightweight design allows you to manually move the actuator in extreme conditions. The advantage is also the opportunity to work in a highly aggressive environment, long-term work in harsh environments and resistance to abrasion. The presented design can be adapted to the needs of the user by changing the technical parameter, and usability will not change.

Słowa kluczowe: siłownik hydrauliczny, stopy lekkie, wytrzymałość
Keywords: hydraulics actuator, alloy, durability

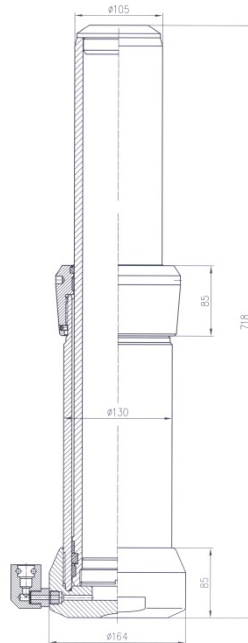
1. WPROWADZENIE

W różnych gałęziach przemysłu, tam gdzie ma zastosowanie hydraulika siłowa, używane są indywidualne siłowniki hydrauliczne o dużej wytrzymałości i dużych masach, pracujące w ciężkich warunkach. Minimalizacja ciężarów konstrukcji maszyn i urządzeń wymusiła podjęcie prac nad wykorzystaniem wysoko wytrzymałych stopów lekkich typu AlZnMgCu, (tabela 1) o odpowiednich właściwościach mechanicznych i odporności na korozję naprężeniową, powodując odejście od tradycyjnie stosowanej stali jako tworzywa konstrukcyjnego.

Tabela 1. Skład chemiczny stopu AlZnMgCu wg PN-EN 573-3:2009

Pierwiastek	Cu	Mg	Mn	Zn	Cr	Fe	Si	Al
Zawartość w %	1,59	1,98	0,34	5,85	0,18	0,40	0,17	reszta

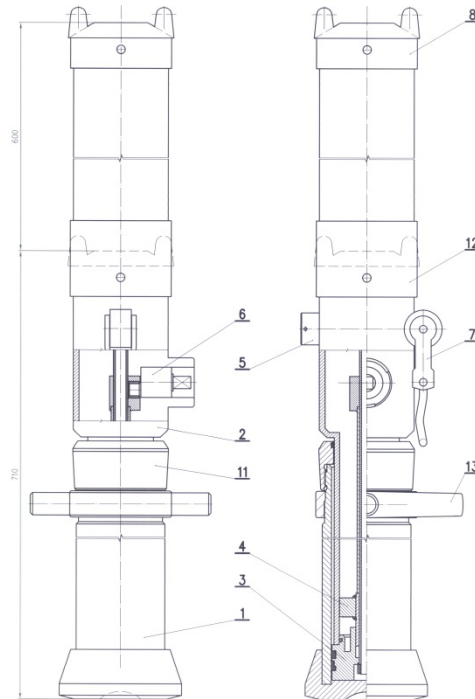
W ramach prowadzonych prac badawczych i modelowania komputerowego została opracowana konstrukcja indywidualnego siłownika hydraulicznego, która spełniła wymagania odnośnie do parametrów technicznych stawianych przez użytkowników. Siłownik ten, ze względu na ciekawe rozwiązania konstrukcyjne, realizowano w dwóch etapach – modelowym i prototypowym. W etapie modelowym tłok z tłoczyskiem wykonano z jednolitej rury, w której dno zamknięto specjalnym korkiem. Siłownik był zasilany z zewnętrznego źródła, tak by przestrzeń podtłokowa została wypełniona cieczą roboczą oraz możliwy był ciągły pomiar ciśnienia wewnątrz cylindra. Model siłownika przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Siłownik modelowy

Tak wykonany projekt siłownika miał wiele niewiadomych, dlatego konieczne było wykonanie prototypu, który określał zasadnicze z konstrukcyjnego punktu widzenia cechy eksploatacyjne. Siłownik był zasilany z wewnętrznego zbiornika i rozpierany za pomocą własnej pompy umieszczonej wewnątrz. Zaproponowano rozwiązanie wykonania siłownika

hydraulicznego jednostronnego działania wymagającego wymuszenia powrotu tłoka do pozycji wyjściowej oraz usunięcia z komory roboczej cieczy. Zasięg suwu roboczego był limitowany długością tłoczyska. W celu zwiększenia zasięgu suwu roboczego zastosowano przedłużacz mechaniczny. Proponowane zmiany konstrukcyjne siłownika przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Nowe rozwiązanie siłownika hydraulicznego

Siłownik posiadał pompę (poz. 4) współpracującą z zespołem zaworów upustowych umieszczonych w tłoku (poz. 3), a napędzaną ręcznie (poz. 6). Poprzez jarzmo wywoływany jest ruch posuwisto-zwrotny pompy. W głowicy siłownika znajduje się zawór przeciążeniowy (poz. 5). Poprzez sterowanie dźwignią (poz. 7) powodującą otwarcie zaworu (poz. 5) może nastąpić zsuw siłownika. Siłownik zakończony jest głowicą (poz. 12) oraz posiada uchwyt transportowy (poz. 13). Poszczególne elementy konstrukcyjne łączono za pomocą gwintów w związku z użyciem materiałów niespawalnych. Osobno zaprojektowano węzeł uszczelniający, którego skuteczność sprawdzono w trakcie badań stanowiskowych.

2. BADANIA INDYWIDUALNEGO SIŁOWNIKA HYDRAULICZNEGO

Elementy siłownika takie jak cylinder i rdzennik wykonano metodą obróbki skrawaniem oraz nagniataniem [5, 6]. W wyniku obróbki uzyskano rurę oraz rdzennik o parametrach: chropowości powierzchni $Ra = 0,63 \mu\text{m}$, powierzchnię wewnętrzną cylindra wykonano z tolerancją H10.

Prace badawcze przeprowadzono w akredytowanym Laboratorium Badań Instytutu Techniki Górniczej „KOMAG” w Gliwicach.

Wstępne badania obejmowały sprawdzenie:

- poprawności wykonania zgodnie z dokumentacją,
- funkcjonalności indywidualnego siłownika hydraulicznego oraz jego podzespołów,
- szczelności węzła uszczelniającego przy ciśnieniu nominalnym,
- wytrzymałości statycznej.

Osobnym zagadnieniem były badania wytrzymałości zmęczeniowej przy założonej liczbie cykli $n = 5000$ oraz badania wytrzymałościowe mające na celu kontrolę stateczności. Podczas badań prowadzono rejestrację wszystkich parametrów i istotnych wielkości eksploatacyjnych. W przestrzeni podtłokowej uzyskano ciśnienie 78 MPa, przy którym siłownik nie utracił stateczności oraz węzeł uszczelniający wykazywał szczelność, a pomiary tensometryczne wykazały brak odkształceń. Badania przeprowadzono z kilkakrotną powtarzalnością i zawsze uzyskano te same rezultaty.

W dalszej kolejności zdemontowano poszczególne podzespoły i sprawdzono ich elementy. Stwierdzono, że konstrukcja i materiały zastosowane do budowy siłownika spełniły wymagania i były właściwie dobrane, a węzeł uszczelniający został wykonany poprawnie.

Wybrane wyniki pomiarów podano w tabeli 2, gdzie znak (-) przed wartością oznacza, że materiał był poddany ścisnaniu.

Tabela 2. Wyniki obliczeń naprężeń na podstawie pomiarów

Ciśnienie [Mpa]	Naprężenie [Mpa]	Element badany	
		cylinder	tłoczyisko
50	σ_{\max}	415,35	157,50
	σ_{\min}	275,35	
	τ_{\max}	70,00	
78	σ_{\max}	494,90	-248,50
	σ_{\min}	-25,90	
	τ_{\max}	260,40	

Osobnym zagadnieniem było przeprowadzenie badań odporności na korozję odpowiednich elementów indywidualnego siłownika hydraulicznego wykonanego ze stopu AlZnMgCu pracującego w trudnych warunkach. Oprócz typowych rodzajów korozji (powierzchniowa, wżerowa) stopy Al mogą ulegać również korozji międzykrystalicznej, naprężeniowej i warstwowej [7]. Elementy konstrukcyjne siłownika wykonano ze stopu o następujących własnościach mechanicznych: $R_{p0,2} = 510$ Mpa, $A_5 = 10\%$, $HB = 160$.

Badania odporności na korozję przeprowadzono w środowisku obojętnej mgły solnej zgodnie z wymogami normy PN-76/H-04603. Elementy wyrobu zostały pokryte anodowymi powłokami tlenkowymi o grubości $80-150\mu\text{m}\pm 20\%$. W celu podwyższenia stopnia ochrony istnieje możliwość zastosowania dodatkowych pokryć w postaci np. tworzyw sztucznych. Zastosowanie dodatkowego pokrycia w postaci quasi-laminatu nie tylko zabezpiecza przed iskrzeniem, ale podwyższa walory użytkowe. Badania zabezpieczenia przed iskrzeniem przeprowadzono na pojedynczych próbkach w Kopalni Doświadczalnej „Barbara”, gdzie udało się uzyskać potwierdzenie odporności powłoki na udary o energii minimum 735 J. Przykład wykorzystania indywidualnego siłownika hydraulicznego przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Lekka obudowa ratownicza z indywidualnymi siłownikami hydraulicznymi

3. PODSUMOWANIE

Uzyskane wyniki badań sprawdzających potwierdzają przydatność właściwości mechanicznych stopu, jakim jest materiał AlZnMgCu, z którego wykonano elementy indywidualnego siłownika hydraulicznego. Na podstawie analizy właściwości stopu w gat. EN AW-7075 w dwóch stanach umocnienia dokonano obliczeń konstrukcyjnych i wytrzymałościowych, które pokryły się z wynikami badań stanowiskowych. Brak odkształceń plastycznych oraz niepożądanych efektów w postaci wyboczenia elementów siłownika potwierdza słuszność przyjętych założeń.

W trakcie wykonywania prototypu siłownika opracowano technologię nagniatania cylindrów i tłoczków wykonanych z materiału AlZnMgCu w Instytucie Technologii Maszyn i Automatyk Politechniki Częstochowskiej w Częstochowie [5, 6].

Wykazano, że wariantowe powłoki wielowarstwowe w postaci quasi-laminatu zabezpieczają siłownik przed korozją i iskrzeniem zapalającym (np. metan) w kontakcie uderzeniowym lub tarcowym. Doświadczenia nabyte w trakcie realizacji powyższego tematu mogą być wykorzystane w opracowaniach pochodnych przy tworzeniu nowych typów siłowników używanych w różnych urządzeniach i maszynach.

LITERATURA

- [1] *Obudowa wyrobisk ratownictwa górniczego wykonana ze stopów aluminium nowej generacji zabezpieczona przed iskrzeniem zapalającym metan*, prace Instytutu Techniki Górniczej „KOMAG” przy współpracy IMN OML w Skawinie.
- [2] Kwieciński D., Senderski J.: *Siłownik hydrauliczny ze stopów lekkich do obudowy górniczej*, „Hydraulika i Pneumatyka” 1/2002.
- [3] Kwieciński D., Senderski J., Opychał M.: *Badania siłowników ze stopów lekkich w aspekcie zastosowania w warunkach podziemnych wyrobisk górniczych*, Materiały na konferencję: *Badanie, konstrukcja, wytwarzanie i eksploatacja układów hydraulicznych*, CYLINDER 2001, Szczyrk 25-27.09.2001, s. 199-208.
- [4] PN-EN 515-96 *Aluminium i stopy aluminium. Skład chemiczny i rodzaje wyrobów przerobionych plastycznie. Skład chemiczny* 1998.
- [5] Czarnecki H., Tubielewicz K., Kwieciński D.: *Nagiatanie powierzchni aluminiowych*, „Studia i Materiały”, t. 20, nr 2 Seria „Technologia Budowy Maszyn. Prace Naukowe Instytutu Badań i Ekspertyz Naukowych w Gorzowie Wielkopolskim”, Poznań, 2002, s. 333-339.
- [6] Czarnecki H., Tubielewicz K.: *Technologia nagiatań aluminiowych cylindrów hydraulicznych*, [w:] *Współczesne problemy w technologii obróbki przez nagiatanie* (red. W. Przybylski), Wyd. Politechniki Gdańskiej, 2005, s. 83-90.
- [7] Tubielewicz K., Melechow R., Tubielewicz M.: *Korozyjne uszkodzenie stopów aluminium*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej Mechanika”, z. 66, Rzeszów, 2006, s. 237-242.