

Bronisław Polwarczny, Stanisław Mikuła

WPLYW ZMĘCZENIA I STARZENIA  
NA CHARAKTERYSTYKI STATYCZNE SPRĘŻYN GUMOWO-METALOWYCH

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wyniki własnych badań wpływu wielokrotnego obciążenia i sztucznego starzenia amortyzatorów gumowo-stalowych na ich charakterystyki mechaniczne. Dokonano oceny przydatności sprężyn gumowo-metalowych dla różnych zastosowań w budowie maszyn.

### 1. Wstęp

Podatne elementy gumowe i gumowo-metalowe znajdują coraz szersze zastosowanie w wielu dziedzinach budowy maszyn. W wielu dziedzinach zastosowań sprężyny gumowe i gumowo-metalowe z pełnym powodzeniem zastąpiły tradycyjne sprężyny stalowe. Powstęchnie stosowane są już w budowie zawiesznień pojazdów samochodowych i szynowych [1] coraz częściej znajdują zastosowanie jako elementy tłumiące w maszynach górniczych.

W ciężkich wozach kopalnianych stosuje się w zawieszeniach pracujące na ściskanie blokowe sprężyny gumowe, które wykazały w tych zastosowaniach szereg zalet takich jak: łatwy montaż, małe wymiary, lekkość, silne tłumienie drgań i hałasów jak też mniejszą skłonnością do skakania pustych wozów z gumowymi amortyzatorami [2].

Podstawowymi zaletami konstrukcyjnymi sprężyn gumowo-metalowych są możliwości uzyskiwania elementów podatnych o szerokim zakresie własności tłumiących oraz szerokie możliwości kształtowania ich charakterystyk statycznych i dynamicznych. Rozwojowi zastosowań sprężyn gumowych i gumowo-metalowych sprzyja ich niska cena i możliwość pracy w różnych warunkach nawet z ograniczoną konserwacją.

Sprężyny wykonywane z mieszanek gumowych pozwalają uzyskiwać w stosunku do sprężyn stalowych znacznie większe wielkości energii gromadzonej na jednostkę masy. Przykładowo ściskane elementy z gumy o średniej twardości pozwalają osiągać wielkość energii gromadzonej w granicach  $120 \div 250$  Nm/kg, podczas gdy stalowe sprężyny wiełopłytkowe tylko do 50 Nm/kg [1].

Głównymi wadami gumowych i gumowo-stalowych elementów podatnych jest znaczna zależność podstawowych własności mechanicznych od temperaturdy oraz zmienność tych własności w wyniku oddziaływań eksploatacyjnych. Zmiana własności elementów gumowych podczas eksploatacji występuje głównie na skutek zjawisk zmęczeniowych rozwijających się w gumie w wyniku oddziaływania obciążeń zmiennych oraz w wyniku zespołu zjawisk zwanych starzeniem

sie gumy [3]. Starzenie się elementów gumowych jest wynikiem utleniania się składników mieszanek gumowych oraz innych nieodwracalnych procesów wewnętrznych zachodzących w gumie.

Znany jest już znaczny zasób wiedzy z badań doświadczalnych nad własnościami mechanicznymi gumy jako tworzywa konstrukcyjnego o różnych zastosowaniach [4]. Nadal istnieją jednak duże trudności w opracowaniu odpowiednich danych potrzebnych do projektowania elementów gumowo-metalowych w oparciu o dane dotyczące samej gumy jako tworzywa [5,7]. Istnieje pilna potrzeba podjęcia prac badawczych, które pozwoliłyby opracować wytyczne projektowania elementów gumowych i gumowo-metalowych dla poszczególnych zastosowań, tak jak to częściowo uczyniono już w przypadku sprężyn górniczych przesiewaczy rezonansowych [5], czy też pracujących na skręcanie łączników gumowo-metalowych typu silenblock [6].

Złożoność zjawisk w wielu przypadkach uniemożliwia bezpośrednio wykozystanie wyników badań gumy czy gumowych elementów podatnych o różnych zastosowaniach dla celów projektowania sprężyn gumowo-metalowych [7]. Szczególnie silnie daje się odczuć brak wyników badań wpływu całego szeregu czynników eksploatacyjnych na właściwości użytkowe elementów gumowo-metalowych.

W Instytucie Mechanizacji Górnictwa podjęto badania zmierzające do określenia przydatności amortyzatorów gumowo-stalowych w zastosowaniu na elementy o dużej tłumienności [8].

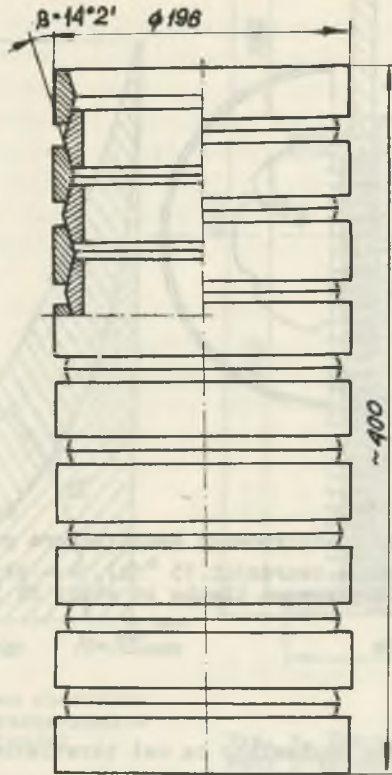
## 2. Prototypowy amortyzator gumowo-stalowy

Jako elementy podatno-tłumiące stosuje się powszechnie np. w spręgach kolejowych i innych urządzeniach stalowe elementy sprężystocierne [9], najczęściej w postaci pierścieni sprężysto-ciernych typu Uerdingena, gdzie tłumienność uzyskiwana jest dzięki histerezie cierniej (rys. 1).

Dotychczasowe doświadczenia eksploatacyjne wskazują na szereg wad sprężyn z pierścieniami sprężysto-ciernymi, z których główne to:

- niestabilność własności tłumiących i podatności wynikająca ze zmienności współczynnika tarcia w warunkach pracy z ograniczoną konserwacją i w różnych warunkach atmosferycznych,
- skłonność do zacierania się pierścieni na powierzchniach ciernych, co prowadzi do dużych zmian charakterystyki i powstawania luzów wzdłużnych; po zatarcu się wszystkich pierścieni stanowią one sztywną tuleję, która w czasie demontażu może nagle rozprężyć się powodując zagrożenie obsługi [11].

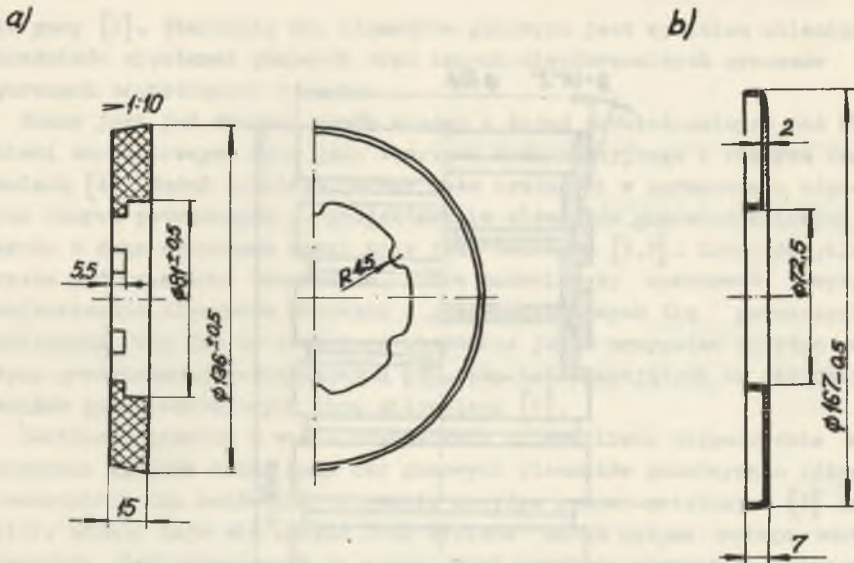
Wspomniane wady były główną przyczyną podjęcia prac nad poszukiwaniem nowych rozwiązań konstrukcyjnych i materiałowych elementów podatno-tłumiących. W miejsce amortyzatora z pierścieni sprężysto-ciernych (rys. 1) zaproponowano sprężynę gumowo-metalową. Prototypowy amortyzator nowej kon-



Rys. 1. Amortyzator stalowy z histerezą cierną o dotychczasowej konstrukcji

struktury składa się z pakietu 26 szt. krążków gumowych przekładanych płytami stalowymi (rys. 2). Krążki podatne wykonane zostały z syntetycznej mieszanki gumowej o twardości ok.  $75^{\circ}\text{Sh}$ , zaś płytki przekładkowe wycięte zostały z ocynkowanej blachy stalowej ze stali St 5. Krążki gumowe nie są wulkanizowane do płytek stalowych. Centrowanie elementów amortyzatora uzyskano dzięki wewnętrznym występom na krążkach gumowych i odpowiednim ukształtowaniu płytek przekładkowych. Amortyzator przewidziany jest do pracy z wewnętrznym prowadzeniu stosu, co zabezpiecza przed wybozczeniem amortyzatora przy wystąpieniu nieprzewidzianych sił bocznych.





Rys. 2. Elementy prototypowego amortyzatora gumowo-stalowego  
 a - krążek podatny (guma o twardości 75 °Sh), b - płytka przekładkowa  
 (ocynkowana blacha ze stali St 5)

### 3. Przebieg badań

W podjętych badaniach postawiono za cel określenie wpływu wielokrotnego obciążenia oraz starzenia się gumy na istotne z punktu widzenia zastosowań na elementy tłumiące własności mechaniczne sprężyn gumowo-stalowych opisanej konstrukcji. Przeprowadzone zostały badania nad wpływem zmęczenia i starzenia na przebieg charakterystyk ściskania oraz na skuteczność prototypowych amortyzatorów. Skutecznością amortyzatora nazywa się stosunek energii pochłoniętej przez amortyzator do energii odkształcenia [9]:

$$D = \frac{I_0}{I_1} \quad (1)$$

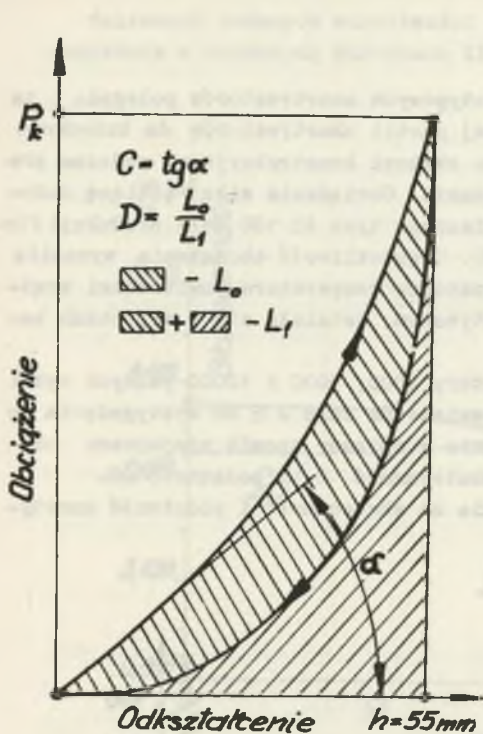
gdzie:

$I_0$  - energia pochłonięta przez amortyzator (pole pętli histerezy) (rys. 3),

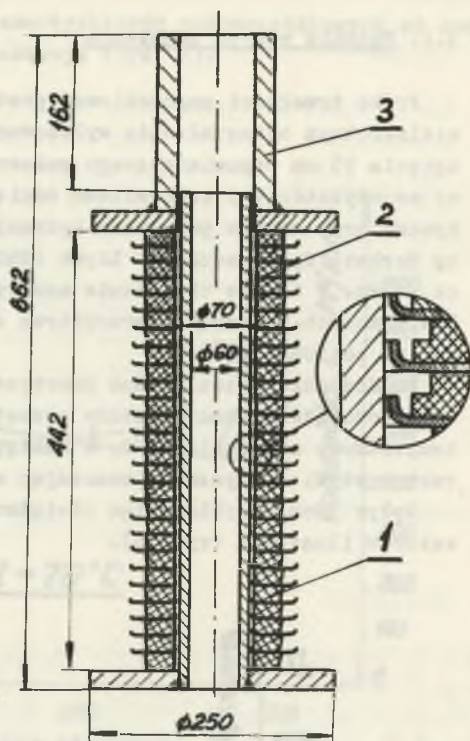
$I_1$  - energia użyta do wywołania pełnego odkształcenia (pole pod krzywą obciążenia amortyzatora) (rys. 3).

Przebieg krzywej ściskania charakteryzuje podatność amortyzatora  $C$  na liniowej części charakterystyki: (por. rys. 3)

$$C = \tan \alpha \quad (2)$$



Rys. 3. Poglądowy wykres charakterystyki statycznej z zaznaczeniem mierzonych wielkości



Rys. 4. Przyrząd prowadzący używany przy określaniu charakterystyk

1 - badany amortyzator gumowo-stalowy, 2 - podstawa prowadząca, 3 - płyta dociskowa

Przed przystąpieniem do badań dla wszystkich amortyzatorów wyznaczono statyczne charakterystyki ściskania przy końcowym odkształceniu odpowiadającemu całkowitemu skokowi pracy amortyzatora,  $h = 55 \text{ mm}$ . Dla określenia charakterystyk wykorzystano urządzenia rejestrujące maszyny wytrzymałościowej. Podczas badań amortyzatory montowano w specjalnym przyrządzie prowadzącym stos krążków i zachowującym warunki pracy zbliżone do warunków eksploatacji (rys. 4).

Podczas zdejmowania wszystkich charakterystyk zachowywano stałą prędkość odkształcania ok.  $40 \text{ mm/min}$ . (tak przy obciążaniu jak i odciążaniu) oraz temperaturę otoczenia ok.  $20^\circ\text{C}$ .

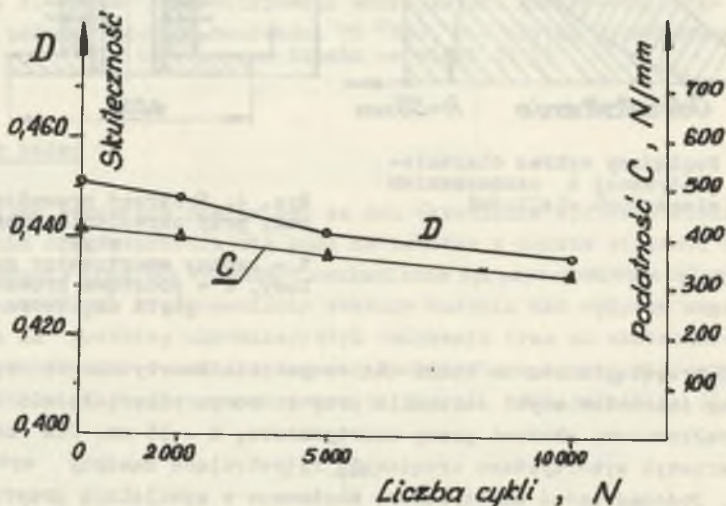
Z otrzymanych wykresów poprzez planimetrowanie wyznaczono wielkości potrzebne do wzoru (1) oraz określono podatność na liniowej części charakterystyki ściskania C.

### 3.1. Badania wpływu zmęczenia

Próba trwałości zmęczeniowej prototypowych amortyzatorów polegała na wielokrotnym odkształcaniu wylosowanej partii amortyzatorów do końcowego ugięcia 55 mm odpowiadającego pełnemu skokowi konstrukcyjnemu podczas pracy amortyzatorów i całkowitemu odciążeniu. Obciążenia siłą tętniącą dokonywano przy użyciu pulsatora hydraulicznego typu ZD 100 Pu/A produkcji firmy Werkstoffprüfmaschinen Lipsk (NRD). Częstotliwość obciążania wynosiła ok. 4 Hz. W czasie obciążania amortyzatorów temperatura powierzchni krążków gumowych, mierzona termometrem stykowym, ustalała się w warunkach badań na poziomie 40°C.

Po doznaniu przez badane amortyzatory 2000, 5000 i 10000 pełnych cykli zmian obciążenia, amortyzatory pozostawiano na czas 2 h do wystygnięcia do temperatury otoczenia 20°C, a następnie w opisany sposób zdejmowano charakterystyki statyczne wyznaczając skuteczność  $D$  i podatność  $C$ .

Wpływ liczby cykli zmian obciążenia na skuteczność i podatność amortyzatorów ilustruje (rys. 5).



Rys. 5. Zależność skuteczności  $D$  i podatności  $C$  prototypowych amortyzatorów gumowo-metalowych od liczby cykli zmian obciążenia

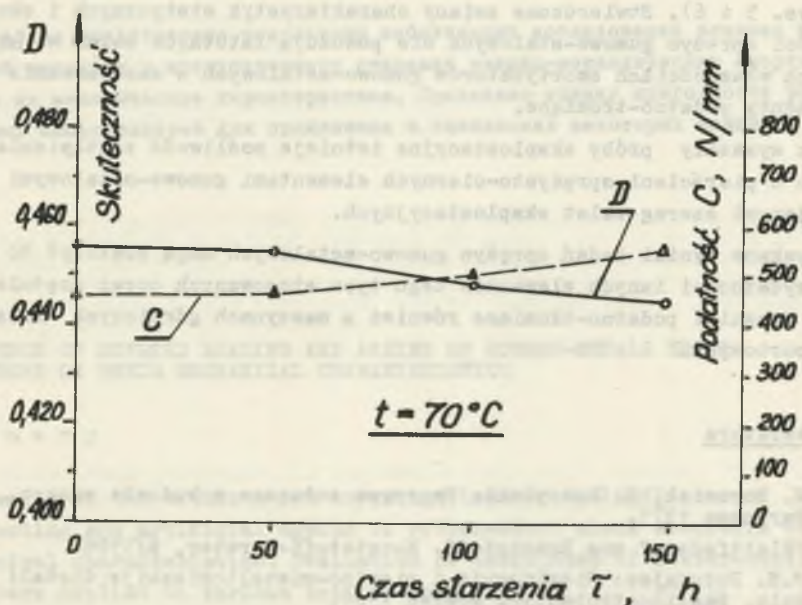
### 3.2. Badania wpływu starzenia

Krażki gumowe amortyzatorów poddanych próbie starzenia wygrzewano w temperaturze 70°C z ciągłą wymianą powietrza [10].

Po upływie 50, 100 i 150h wygrzewania wyznaczano charakterystyki statyczne po uprzednim całkowitym wystygnięciu amortyzatorów do temperatury otoczenia.



Zależność badanych właściwości amortyzatorów gumowo-stalowych od czasu starzenia w opisanych warunkach ilustruje (rys. 6).



Rys. 6. Wpływ czasu sztucznego starzenia na skuteczność  $D$  i podatność  $C$  prototypowych amortyzatorów gumowo-metalowych

#### 4. Uwagi końcowe

Aktualnie prowadzone są próby eksploatacyjne opisanych amortyzatorów gumowo-metalowych w zastosowaniu na elementy podatno-tłumiące w sprzęgach kolejowych. 12 szt. amortyzatorów nowej konstrukcji, w tym amortyzatory poddane opisanim w artykule próbom trwałości zmęczeniowej i starzenia, zamontowano w sprzęgach elektrycznych jednostek trójczłonowych typu EN 57. Ponad roczna obserwacja pracy tych amortyzatorów wykazuje pełną ich przydatność. Próby wskazują na niższe obciążenia dynamiczne układów napędowych pociągów ze sprzęgami, w których zastosowano opisane sprężyny gumowo-metalowe. Próbne jazdy, podczas których prowadzono rejestrację ugięć amortyzatorów wykazały, że nawet podczas jazdy po terenie falistym, a także w czasie ruszania z miejsca i hamowania założony skok konstrukcyjny amortyzatora nie jest całkowicie wykorzystywany [11].

## 5. Wnioski

1. Jak wykazały przeprowadzone badania wpływu wielokrotnego obciążania jest nieznaczny i częściowo jest kompensowany wpływem starzenia się gumy (rys. 5 i 6). Stwierdzone zmiany charakterystyk statycznych i skuteczności sprężyn gumowo-stalowych nie powodują istotnych zmian w użytkowych własnościach amortyzatorów gumowo-metalowych w zastosowaniu na elementy podatno-tłumiące.
2. Jak wykazały próby eksploatacyjne istnieje możliwość zastąpienia sprężyn z pierścieni sprężysto-ciernych elementami gumowo-metalowymi wykazującymi szereg zalet eksploatacyjnych.
3. Uzyskane wyniki badań sprężyn gumowo-metalowych mogą posłużyć do oceny przydatności innych elementów tego typu stosowanych coraz częściej jako łączniki podatno-tłumiące również w maszynach górniczych zwłaszcza transportowych.

## 6. Literatura

- [1] W. Surowiak, S. Chudzyński: Tworzywa sztuczne w budowie maszyn, WNT, Warszawa 1971.
- [2] "Blattfedern" aus Kunststoff. Kunststoff-Berater, 6/1966.
- [3] W.N. Poturajew: Riezinowyje i riezino-mietaliczieskije dietali maszin. Maszinostrojenije. Moskwa 1966.
- [4] G. Kraus i inni: Usilenije elastomerow. - tłum. z ang. Izd. Chimija, Moskwa 1968.
- [5] M. Chycki: Badania konstrukcyjne zawieszzeń gumowych stosowanych w przenośnikach rezonansowych. Praca doktorska, Politechnika Śląska 1969.
- [6] K. Wyleżych: Zmiany własności mechanicznych łączników gumowych przy obciążeniach skrętnych. Praca doktorska, Pol. Sl. 1974.
- [7] E.F. Göbel: Berechnung und gestaltung von Gummifedern. Springer Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1965.
- [8] B. Folwarczny, St. Mikuła: Badania amortyzatorów gumowo-metalowych. Praca Instytutu Mechanizacji Górnictwa Pol. Sl. 1973.
- [9] W. Gasowski: Amortyzatory tarciove w samoczynnych sprzęgach kolejowych, Przegląd Mechaniczny, 19/1974.
- [10] Zalecenia Międzynarodowego Związku Kolejowego nr UIC (827 - I z dnia 15 stycznia 1958 r.
- [11] St. Mikuła: Własności tłumiące amortyzatorów gumowo-stalowych. Przegląd Mechaniczny nr 1/1975.



ВЛИЯНИЕ МНОГОКРАТНЫХ НАГРУЗОК И СТАРЕНИЯ НА СВОЙСТВА  
РЕЗИНО-МЕТАЛЛИЧЕСКИХ АМОРТИЗАТОРОВ

## Резюме

В работе представлено результаты собственных исследований влияния многократной нагрузки и искусственного старения резино-металлических амортизаторов на их механические характеристики. Проведено оценку пригодности резино-стальных амортизаторов для применения в сцеплениях некоторых машин.

INFLUENCE OF REPETED LOADING AND AGEING OF RUBBER-METALS SHOCK  
ABSORBERS ON THEIR MECHANICAL CHARACTERISTICS

## Summary

Results of the author's own investigations of the influence of repeated loading and artificial ageing of rubber-steel shock absorbers on their mechanical characteristics. Evaluation of usefulness of rubber-steel shock absorbers applied to various applications.