

Janusz ROGULA*

**BADANIA ZUŻYCIA PŁYT GUMOWYCH
STOSOWANYCH NA OKŁADZINY
W KOPALNIACH**

**RESEARCH OF WEAR OF RUBBER PLATES
TO BE APPLIED AS A LINING MATERIAL IN MINES**

Słowa kluczowe:

guma, zużycie

Key words:

rubber, wear

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań tribologicznych próbek wykonanych z czterech mieszanek gumowych, które stosowane są jako okładziny np. składowe w kopalniach. Próbki poddano procesowi ścierania przy zastosowaniu luźnego ścierniwa, które przesuwano się i uderzało w powierzchnię próbek przy obrocie bębna badawczego. Do oceny wielkości zużycia gumy zastosowano metodę wagową oraz przeprowadzono analizę wyglądu powierzchni próbek przy zastosowaniu mikroskopu.

* Politechnika Wrocławska, Instytut Inżynierii Lotniczej, Procesowej i Maszyn Energetycznych.
Wybrzeże S. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław.

WPROWADZENIE

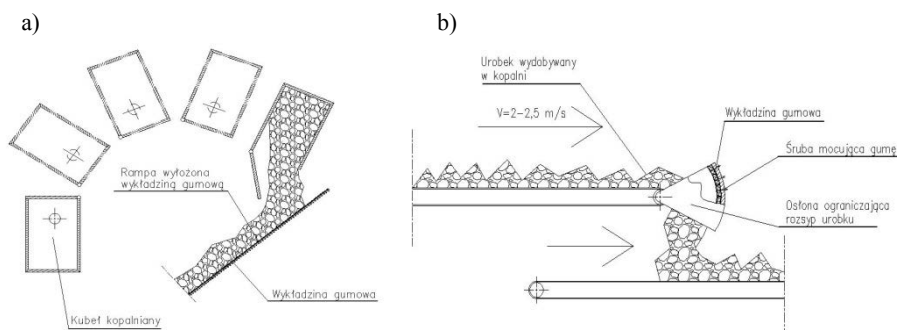
Zużywanie ściernych urządzeń transportowych podczas transportu urobku z kopalni i jego przeładunku przyczynia się do podwyższania kosztów wydobycia w kopalniach kamienia, rud żelaza i miedzi. Podczas przemieszczania się urobku w czasie transportu, uderzeń przy przeładunku, wsypywania urobku do zbiorników następuje ścieranie powierzchni elementów transportujących, które intensyfikuje się, gdy urobek jest wilgotny i zanieczyszczony.

W celu ochrony przed zużyciem ściernym elementów transportujących urobek wykonanych z wysokogatunkowych stali i staliw stosowane są okładziny gumowe. Równocześnie są one elementami amortyzującymi uderzenia urobku i zmniejszającymi poziom hałasu.

Głównymi zaletami stosowania okładzin gumowych jest zwiększenie trwałości urządzeń przed zużyciem ściernym i zmęczeniowym a otoczenia przed hałasem. Wadą ich jest wysoki koszt produkcji oraz problemy z mocowaniem okładzin w miejscu pracy.

ZUŻYWANIE ŚCIERNE

Podczas transportu urobku na rampach przeładunkowych (**Rys. 1a**) występuje zsuwanie się kamienia, na odbojach będących elementami zabezpieczającymi urobek przed spadaniem z taśmociągu dodatkowo występują uderzenia (**Rys. 1b**). Ostre krawędzie ścierniwa, występy nierówności bądź luźne ścierniwo transportowanego urobku w styku z okładziną gumową powodują, że jej warstwa wierzchnia jest zużywana głównie przez procesy bruzdowania i mikroskrawania [L. 1].



Rys. 1. Zużywanie ściernie; a) płyty wykładzin przykręcone do rampy, na którą wysypywany jest urobek z kublów – przykład zużywania luźnym ścierniwem przesuwającym się względem powierzchni, b) płyta gumowa przykręcona do odboju przy przenośniku – przykład zużywania luźnym ścierniwem uderzającym w powierzchnię

Fig. 1. Abrasive wear; a) rubber plates assembled to the loading ramp – example of wear by sliding aggregate, b) fender's rubber plate – example of the impact wear by aggregate

Granica podziału zużywania ściernego jest stosunek twardości materiału zużywanego H_m do twardości ścierniwa H_s . Gdy $H_m/H_s > 0,6$, wówczas zachodzi łagodniejsza postać ścierania, natomiast gdy $H_m/H_s < 0,6$, zachodzi mikroskrawanie, a więc ściernie uszkodzenie powierzchni [L. 2].

Mikroskrawanie jest bardziej intensywną postacią zużywania ściernego niż bruzdowanie. Mikroskrawanie powoduje ubytek materiału już po pierwszym przejściu elementu ścierającego, natomiast bruzdowanie powoduje przede wszystkim odkształcenia plastyczne warstwy wierzchniej, a dopiero po wielokrotnym przejściu elementu bruzdującego mogą się oddzielać cząstki z warstwy wierzchniej wskutek jej zmęczenia. Oba mikroprocesy występują jednocześnie ze względu na różnorodność kształtów ścierniwa.

CHARAKTERYSTYKA PRÓBEK

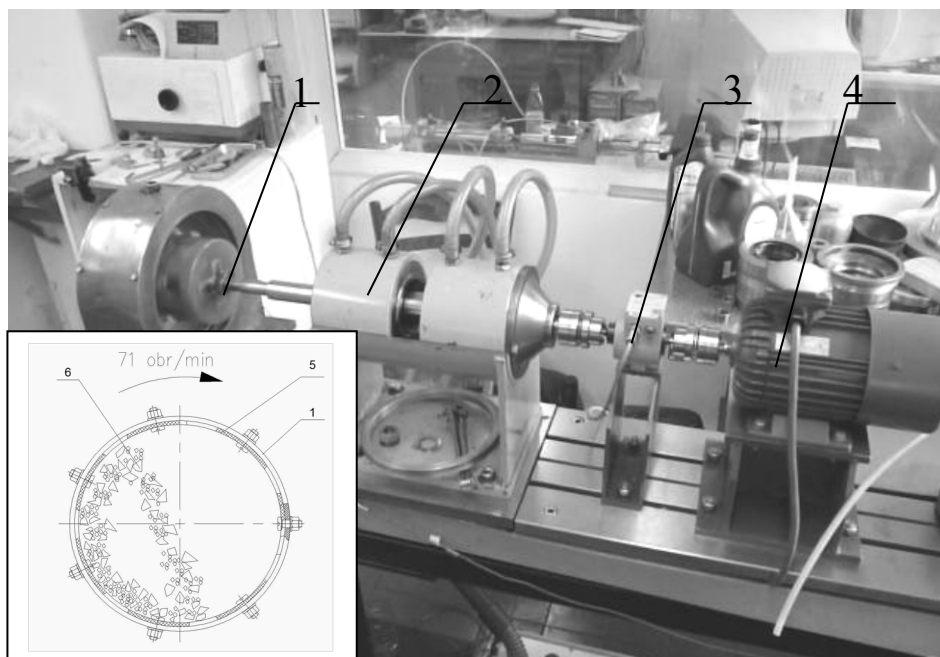
Celem badań jest określenie, który rodzaj gumy jest bardziej odporny na ścieranie łamanym kruszywem. Do przeprowadzenia badań wykonano próbki z 4 rodzajów gum. Charakterystyka próbek:

- 1) guma FKN 75 – twardość wg stopni Shore'a 75,
- 2) guma SILIKONOWA – twardość wg stopni Shore'a 60,
- 3) guma NBR 65 – twardość wg stopni Shore'a 65,
- 4) guma EPDM 60 – twardość wg stopni Shore'a 60,
- 5) guma EPDM 60 CWE 4x1 – twardość wg stopni Shore'a 60 z kordem,
- 6) guma EPDM 60 CWE 3x2 – twardość wg stopni Shore'a. 60 z kordem.

Próbki 5, 6 wykonano z gumy EPDM ze zwulkanizowanym kordem tkaniowym (pojedynczym, podwójnym – odpowiednio). Badanie zostało wykonane na Politechnice Wrocławskiej w Laboratorium Podstaw Konstrukcji i Maszyn Przepływowych.

OPIS STANOWISKA BADAWCZEGO

Do pomiarów zużycia próbek użyto plastikowego okrągłego pojemnika, na którego powierzchni bocznej przykręcono próbki wycięte na wymiar 40×105 mm. Przed przykręceniem próbek do naczynia zostały one zważone i tak rozmieszczone, aby pojemnik był wyważony. Gумы przykręcone zostały do ścianek pojemnika śrubkami M5×15; w niektórych przypadkach elementy wykładzin w pracy rzeczywistej mocowane są za pomocą śrub (zbiorniki retencyjne, skippy). Na Rys. 2 przedstawiono zdjęcie stanowiska badawczego. Pojemnik obracał się w pozycji poziomej.



Rys. 2. Widok stanowiska badawczego w trakcie badań; 1 – bęben, 2 – łożysko aerostaticzne, 3 – momentomierz, 4 – silnik elektryczny, 5 – próbki gumowe, 6- przesypane kruszywo

Rys. 2. View of test rig; 1 – drum tube, 2 – aerostatic sliding bearing, 3 – torquemeter, 4 – electric motor, 5 – rubber samples, 6 – poured aggregate

PROCEDURA PROWADZENIA BADAŃ, WYNIKI BADAŃ

Badania rozpoczęto od doboru ilości kruszywa i dopasowaniu prędkości obrotowej (71 obr/min), tak aby przy obrocie bębna kruszywo ścierało gumę, suwając się na okładzinach a równocześnie wykonywało uderzenia mechaniczne o ich powierzchnie (przekrój bębna z Rys. 2). Do badania użyto kruszywa łamanego bazaltowego, gdyż właściwościami przypomina to, które w rzeczywistości wydobywane jest w kopalniach. Do bębna wsypano wilgotne kruszywo oraz sól kuchenną, aby warunki, w których gumy będą ścierane, były podobne do tych panujących w kopalniach. Bęben został zamknięty. Próbkę obracano w bębnie ze stałą prędkością przez 16 godzin. Po tym czasie bęben został ściągnięty z wałka, gumy zważone a kruszywo wymienione. Następnie, po powtórnym zamocowaniu tych samych próbek, badania prowadzono przez 21 godzin. Bezpośrednio po badaniach próbki zważono po wyjęciu z bębna, następnie suszono, tak aby wyschły tkaninowe kordy próbek gumowych i powtórnie je zważono. Wyniki pomiarów przedstawiono w Tabeli 1.

Tabela 1. Masa próbek gumowych przed i po badaniu

Table 1. Weight of the rubber samples before and after the test

Rodzaj gum	Masa przed badaniem [g]	Masa próbek mokrych po 16h [g]	Masa próbek wysuszonych [g]	Różnica masy próbek po wysuszeniu [g]
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>[2-4]</i>
FKM 75	30,571	30,48	30,408	0,163
Silikon 60	14,162	14,11	14,083	0,079
EPDM 60	15,041	15,015	14,977	0,064
NBR 65	16,487	16,419	16,352	0,135
CWE 4×1	27,333	27,441	27,241	0,092
CWE 3×2	21,001	21,143	20,892	0,109
CWE 3×2 ZBROJONA	48,6	50,247	48,116	0,484

Analizując wyniki zebrane w **Tabeli 1** dla 4 mieszanek gumowych, możemy zauważyć, że im gumowa próbka wykazuje większą twardość Shore'a, tym intensywniej się zużywała. Dla próbki gumowej FKM 75 stwierdzono największą różnicę utraty masy (0,163 g). Próbka gumowa NBR 65 o twardości 65 stopni Shore'a zużyła się mniej (utrata: 0,135 g). Najmniej zużyły się gumy o najmniejszej twardości Shore'a równej 60 stopni – Silikon i próbka EPDM 60 ich strata masy wyniosła 0,079 g (silikon) i 0,064 g (EPDM 60).

Z mieszanki gumowej EPDM 60 zostały wykonane próbki CWE 4×1 (z jednym kordem tkaninowym) i CWE 3×2 (z dwoma kordami tkaninowymi). W przypadku tych próbek strata masy wyniosła, dla CWE 4×1 – 0,092 g, CWE 3×2 – 0,109 g. Zużycie gum CWE (z kordem pojedynczym i podwójnym) było dwukrotnie większe niż próbki gumowej EPDM60 bez kordu.

Przeprowadzono analizę powierzchni próbek przed badaniami i po badaniach poprzez wykonanie badań mikroskopowych. Zdjęcia zostały wykonane w powiększeniu 50×, 100×, 200×. W referacie umieszczono zdjęcia próbek gumy FKM 75, dla których stwierdzono największą utratę masy.

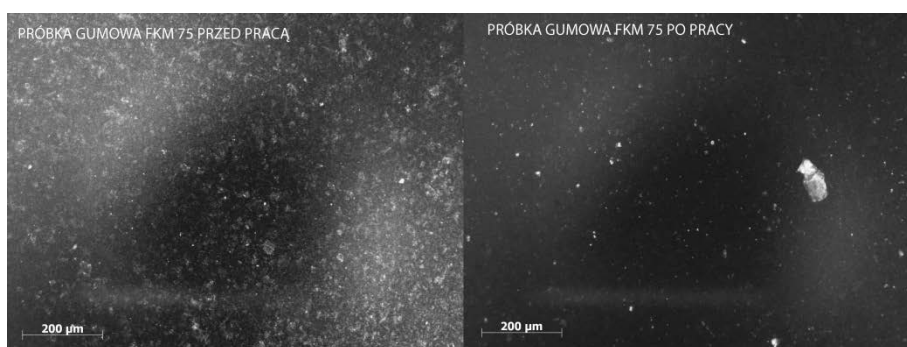
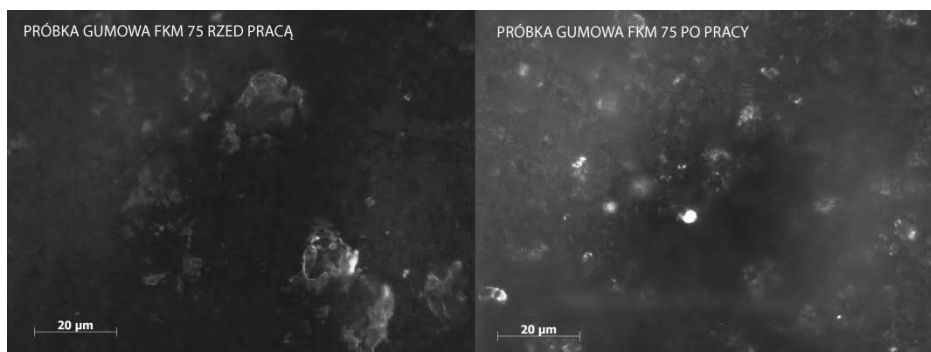
**Rys. 3. Próbka gumowa FKM 75 w powiększeniu 50×**

Fig. 3. Sample of FKM75 rubber, magnification 50×

Analizując powierzchnię gumy FKM 75, pierwszą i najbardziej widoczną różnicą był brak białych wtrąceń, które zostały usunięte z powierzchni gumy. Próbka gumowa po przeprowadzonych badaniach jest gładsza (wyczuwalne było to także przez dotknięcie próbek palcem) od próbki przed badaniami. Na powierzchni próbki niepoddanej pracy występują pory oraz nierówności, próbka po pracy jest wygładzona, brak na niej nierówności, które zostały starte kruszywem. Powierzchnia gumy niepoddana pracy jest błyszcząca, po pracy powierzchnia ta zmieniła się w matową.



Rys. 4. Próbka gumowa FKM 75 w powiększeniu 200×

Fig. 4. Sample of FKM75 rubber, magnification 200×

Na zdjęciu próbki FKM 75 o powiększeniu 200× widoczne są pojedyncze ziarna. Ziarno na zdjęciu po pracy ma inny odcień. Wynika to z usunięcia warstwy wierzchniej z próbki. Na zdjęciu przed pracą widoczne są minimalne pęknięcia, na powierzchni próbki po pracy brak jest tych pęknięć, występują za to pory oraz nierówności. Może to świadczyć o rozpoczęciu procesu zużycia zmęczeniowego [L. 2].

WNIOSKI

1. Guma FKM (Viton) przy takich samej wielkości próbek przyjętych do badań była najcięższa. Dla tej gumy stwierdzono największe zużycie.
2. Z analizy wyników utraty masy próbek gumowych podczas badania można stwierdzić, iż bardziej odporne na ścieranie są gumy charakteryzujące się najmniejszą twardością Shore'a.
3. Guma z kordem podwójnym, która jest bardziej wytrzymała na rozciąganie (zastosowanie np. w taśmociągach) podczas ścierania i uderzeń kruszywa uległa szybszemu zużyciu niż próbki bez kordu. Przez zwulkanizowanie dwóch kordów górna warstwa gumy staje się cieńsza a zarazem twardsza, co obniża jej odporność na ścieranie i na uderzenia mechaniczne.

4. Po wypełnieniu bębna mokrym kruszywem kord próbek EPDM 60 CWE 4x1 i EPDM 60 CWE 3x2 namókłco spowodowało przyrost masy: masa próbki z jednym kordem wzrosła o 0,4%; z dwoma kordami masa wzrosła o 0,7%. W rzeczywistych warunkach na podszybiu kord może namoknąć i przy dużych wykładzinach gumowych masa wykładziny może znacząco wzrosnąć.

LITERATURA

1. Lawrowski Z., Tribologia – Tarcie, zużywanie i smarowanie, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2008.
2. Gierek A., Zużycie tribologiczne, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2005.

Summary

The article presents the research results of the wear of rubber samples being applied as protective plates in mines. The samples were abraded by abrasive loose particles. The particles were both sliding and impacting the surface layer of rubber sample while in drum-tube rotation. The weight method was used to measure wear. The rubber surface was also analysed with the aid of a microscope. It was concluded that the hardness of rubber has influence for the its wear. EPDM and Silicone rubbers with 60Shore degree hardness, the maximal had Viton 75Shore has the lowest loosening of mass. Materials with vulcanised fibres had the higher wear than materials without fibres.

