

Tadeusz OPASIAK¹, Damian GAŚKA², Bogusław ŁAZARZ³

ANALIZA OPORÓW RUCHU PRZENOŚNIKA TAŚMOWEGO I KRAŻNIKÓW W KWK MYSŁOWICE-WESOŁA

Streszczenie. W artykule przedstawiono badania dotyczące nowej konstrukcji krażników firmy SAG Sp. z o.o. Badania dotyczyły pomiaru oporów statycznych i dynamicznych obracania się krażników i wpływu nowej konstrukcji na pobór mocy badanego przenośnika. Krażniki zostały zmodyfikowane przez zastosowanie uszczelnienia klasy C4 łożyska krażnika oraz uszczelnienia labiryntowego U4Exp 62/65 z pokrywą 2LU4 konstrukcji krażnika. Pomiar statycznego i dynamicznego oporu obracania krażników wykonano na uniwersalnym stanowisku do badań krażników, natomiast pomiary poboru mocy przenośnika wykonano na instalacji zasilającej przenośnik taśmowy Gwarek 1200 nr TW w KWK Mysłowice-Wesoła.

Słowa kluczowe: przenośnik taśmowy, krażniki, łożyska, opór statyczny i dynamiczny

ANALYSIS OF MOVEMENT RESISTANCE OF CONVEYOR BELT AND ROLLERS IN THE COAL MINE MYSŁOWICE-WESOŁA

Summary. The paper presents a study of new design of SAG rollers. The study focused on the measurement of static and dynamic resistance of rotating rollers and the impact of new construction on the power consumption of the conveyor. Rollers have been modified through the use of class C4 bearing seals and labyrinth seal U4Exp 62/65 with a cover 2LU4 of runner construction. Measurements of static and dynamic resistance of rotating rollers were made on a universal rollers test bench, and power measurements were carried out on a belt conveyor power supply system Gwarek 1200 No. TW in KWK Mysłowice-Wesoła.

Keywords: belt conveyor, belt rollers, bearings, static resistance, dynamic resistance

1. WPROWADZENIE

Krażniki, po których przesuwana się taśma w czasie ich ruchu obrotowego, są najliczniejszymi elementami składowymi przenośnika. Od ich sprawnego działania zależą: prawidłowy bieg taśmy i jej trwałość oraz opory ruchu przenośnika. Z tego względu bardzo ważne jest odpowiednie łożyskowanie krażnika w konstrukcji podpierającej przenośnik

¹ Faculty of Transport, The Silesian University of Technology, Department of Logistics and Mechanical Handling, Katowice, Poland, e-mail: tadeusz.opasiak@polsl.pl.

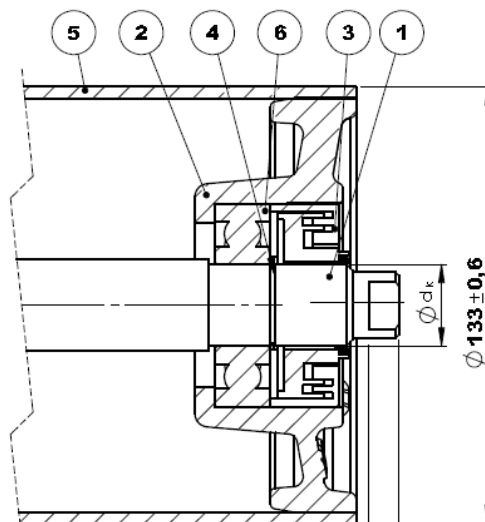
² Faculty of Transport, The Silesian University of Technology, Department of Logistics and Mechanical Handling, Katowice, Poland, e-mail: damian.gaska@polsl.pl.

³ Faculty of Transport, The Silesian University of Technology, Department of Automotive Vehicle Construction, Katowice, Poland, e-mail: boguslaw.lazarz@polsl.pl.

taśmowy. Krążniki są łożyskowane z reguły w łożyskach kulkowych jednorzędowych, aby miały najmniejsze opory toczenia. Bardzo duże znaczenie ma właściwe uszczelnienie komory łożyskowej, zabezpieczające przed wyciekami smaru i dostawaniem się wody oraz innych zanieczyszczeń.

W celu oszacowania wpływu oporów ruchu i konstrukcji krążników na zużycie energii przez zespół napędowy przenośnika wykonano analizę wg następującego schematu:

1. Wykonanie pomiarów zużycia energii w przenośniku typu Gwarek 1200 w KWK Mysłowice-Wesoła przy obecnie stosowanych krążnikach.
2. Wymiana krążników w przenośniku typu Gwarek 1200 w KWK Mysłowice-Wesoła na krążniki nowego typu firmy SAG Sp. z o.o. z łożyskiem 6305 ETN9/C4 firmy SKF, z koszem poliamidowym wzmocnionym włóknem szklanym oraz uszczelnieniem labiryntowym U4Exp 62/65 z pokrywą 2LU4.
3. Wykonanie pomiarów zużycia energii w przenośniku typu Gwarek 1200 w KWK Mysłowice-Wesoła w trzech cyklach pomiarowych, z jednomiesięcznym odstępem pomiędzy pomiarami.
4. Sprawdzenie oporów obracania krążków statycznego i dynamicznego dotychczas stosowanych w przenośniku typu Gwarek 1200 w KWK Mysłowice-Wesoła oraz krążków nowej konstrukcji firmy SAG Sp. z o.o., zarówno przed montażem, jak i po okresie dwumiesięcznej ciągłej pracy.



Rys. 1. Krążnik nowej konstrukcji firmy SAG Sp. z o.o. [4]: 1 – oś, 2 – piasta żeliwna, 3 – uszczelnienie labiryntowe, 4 – pierścień osadczy SEG Z025, 5 – płaszcz $\phi 133$, 6 – łożysko 6305 ETN9/C4 [6]

Fig. 1. New structure of roller by SAG Sp. z o.o. [4]: 1 – axis, 2 – cast iron hub, 3 – labyrinth seal, 4 – stopper ring SEG Z025, 5 – jacket $\phi 133$, 6 – bearing 6305 ETN9/C4 [6]

2. POMIARY STATYCZNEGO OPORU OBRACANIA KRĄŻNIKÓW

Pomiary statycznego oporu obracania krążników wykonano na uniwersalnym stanowisku do badań krążników (rys. 2), które do tego zadania zostało odpowiednio przygotowane. Oś (2) badanego krążnika (1) została tu osadzona w kłach stanowiska i zabezpieczona przed obrotem. Nałożoną wcześniej na płaszcz krążnika dźwignię dwuramienną (3) ustalono za pomocą 3 śrub dociskowych (6). Po tych czynnościach przygotowawczych wypoziomowano

dźwignie dwuramienną, nakładając na jedno z jej ramion odpowiedniej wielkości masy (4). W następnej kolejności na drugim ramieniu dźwigni, o długości $L_s = 206$ mm, zawieszano kolejne masy (5). Pomiar polegał na ustaleniu wielkości momentu statycznego, przy którym krążnik zaczął się obracać.

Wielkość momentu obrotowego, nazywana tu momentem oporu statycznego krążnika, wyliczono ze wzoru:

$$M_S = m \cdot g \cdot L_s [Nm], \quad (1)$$

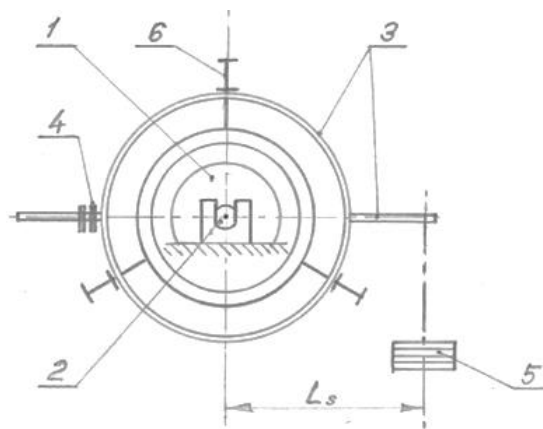
gdzie:

M_S – moment oporu statycznego,

m – masa obciążenia dźwigni kg,

$g = 9,81$ m/s²,

$L_s = 0,207$ m.



Rys. 2. Stanowisko do pomiaru statycznego oporu obracania krążników: 1 – badany krążnik, 2 – oś krążnika, 3 – dźwignia dwuramienna, 4 – masa poziomująca, 5 – masa obciążenia, 6 – śruba dociskowa

Fig. 2. The laboratory stand for the measurement of rollers static resistance: 1 – roller, 2 – roller axis, 3 – lever, 4 – levelling mass, 5 – load mass, 6 – binding screw

Tablica 1

Wartości średnie oporów statycznych obracania

Lp.		M_s
1	krążniki górne boczne $\phi 133 \times 465$	0,020 Nm
2	krążniki górne środkowe $\phi 133 \times 465$	0,023 Nm
3	krążniki dolne $\phi 133 \times 670$	0,014 Nm

Porównując otrzymane wyniki z zalecanymi w normie [5], stwierdza się, że krążniki po okresie próbnym docierania uzyskały bardzo wysokie parametry eksploatacyjne, które w konsekwencji wpływają dodatnio na ich trwałość.

3. POMIARY DYNAMICZNEGO OPORU OBRACANIA KRĄŻNIKÓW

Pomiary dynamicznego oporu obracania krążników przeprowadzono na stanowisku, gdzie napędzana jest oś krążnika przy nieruchomym płaszczu. Metoda taka eliminuje wpływ owalności płaszczu na wynik pomiaru, a jednocześnie nie wpływa na wielkość zmierzonej

siły. Wielkość siły wynika z ruchu względnego płaszcza względem osi krążnika. Ruch ten jest niezmienny niezależnie od tego, czy obraca się płaszcz czy oś krążnika. Oś krążnika (6) zamocowana jest z jednej strony w obrotowym uchwycie (4), za pośrednictwem którego przekazywane są obroty z silnika (2) przez przekładnię pasową (3). Z drugiej strony oś podpierana jest kłmem (5). Do silnika napędzającego stanowisko pomiarowe podłączony jest falownik, dzięki któremu utrzymywana jest stała prędkość wirnika (jest możliwość sterowania prędkością). W trakcie pomiarów prędkość była stała i wynosiła 600 obr/min. Do płaszcza krążnika mocowana jest obejmka pierścieniowa z ramieniem opartym na wadze, przez co unieruchomiony jest płaszcz krążnika. Podczas obracania osi ruch względny płaszcza i osi powoduje powstawanie momentu, który przenoszony jest przez ramię (9) o stałej długości na wagę. Otrzymana wartość zredukowana jest na zewnętrzny promień płaszcza z równania równowagi momentów (rys. 3):

$$P_w \cdot g \cdot L_k = W_k \cdot r_p, \quad (2)$$

a po przekształceniu:

$$W_k = \frac{P_w \cdot g \cdot L_k}{r_p}, \quad (3)$$

gdzie:

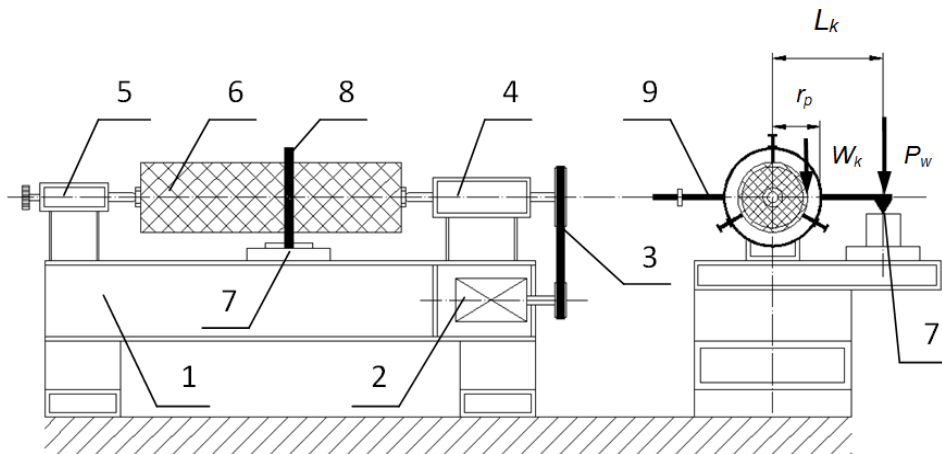
P_w – rejestrowana masa na wadze [kg],

$L_k = 0,207$ – długość ramienia [m],

g – przyspieszenie ziemskie [m/s^2],

$r_p = 0,0665$ – promień zewnętrzny płaszcza krążnika [m],

W_k – szukana wartość oporu dynamicznego obracania krążnika [N].



Rys. 3. Stanowisko do pomiaru dynamicznego oporu obracania krążników: 1 – podstawa stanowiska, 2 – silnik elektryczny, 3 – przekładnia pasowa, 4 – podpora wałka napędowego, 5 – podpora wałka dociskowego, 6 – krążnik, 7 – waga pomiarowa, 8 – obejmka krążnika, 9 – dźwignia dwuramienna

Fig. 3. The laboratory stand for the measurement of rollers dynamic resistance: 1 – load carrying structure, 2 – electrical engine, 3 – belt transmission, 4 – drive shaft support, 5 – clamp shaft support, 6 – roller, 7 – electronic balance, 8 – roller clamping ring, 9 – lever

Pomiary przeprowadzono dla krążników nowej konstrukcji firmy SAG Sp. z o. o. zaraz po montażu (zakładając ich 20-minutowe docieranie na stanowisku laboratoryjnym, rys. 3) oraz po dwumiesięcznym okresie ciągłej eksploatacji w KWK Mysłówice-Wesoła. Ponadto, zmierzono również opory dynamiczne obracania standardowych krążników dotychczas stosowanych w przenośniku typu Gwarek 1200 w KWK Mysłówice-Wesoła po okresie około roku ciągłej pracy. Dla każdego z badanych krążników przeprowadzono 3 próby pomiaru dynamicznego oporu obracania, a następnie obliczono wartość średnią.

Tablica 2

Opór dynamiczny dla krążników dotychczas
Stosowanych na kopalni (po roku pracy)

Zakres pomiaru	P_w [g]	W_k [N]
Średnia	89,64	2,73
Odchylenie	12,90	0,39
Max	106,7	3,21
Min	64,1	1,92

Tablica 3

Opór dynamiczny dla nowych krążników
firmy SAG Sp. z o.o.

Zakres pomiaru	P_w [g]	W_k [N]
Średnia	65,6	2,00
Odchylenie	12,79	0,39
Max	89,0	2,72
Min	47,0	1,43

Tablica 4

Opór dynamiczny dla nowych krążników
firmy SAG Sp. z o.o. po 2 miesiącach pracy

Zakres pomiaru	P_w [g]	W_k [N]
Średnia	35,75	1,09
Odchylenie	1,517	0,04
Max	38	1,16
Min	32	0,97

4. POMIARY POBORU MOCY PRZENOŚNIKA TYPU GWAREK 1200 W KWK MYSŁOWICE-WESOŁA

Pomiary wykonano na instalacji zasilającej przenośnik taśmowy Gwarek 1200 nr TW w KWK Mysłówice-Wesoła, który transportuje urobek do szybu wydobywczego „Karol” na poz. 665 m. Napęd przenośnika składa się z dwóch silników elektrycznych o mocy 90 kW i prędkości obrotowej 1477 obr/min każdy. Parametry sieci wynoszą 1000 V, 50 Hz. Sprzężenie cierne realizowane jest przez dwa bębny napędowe $\phi 1000 \times 1400$ (z okładziną gumową) osadzone w kadłubach zespołu napędowego. Pomiar przeprowadzony był na stacji transformatorowej CZU-10 Tr1 IT3Sb 400/6/1, która to stacja zasilająca badany przenośnik taśmowy. Pomiarów dokonano na przewodach zasilających L1, L2, L3.

Pomiar mocy (tablica 5) przeprowadzono w sposób pośredni, przez pomiar natężenia prądu w momencie rozruchu i pracy ustalonej przENOŚNIKA TAŚMOWEGO, z jednoczesnym pomiarem współczynnika mocy $\cos\varphi$. Przenośnik taśmowy w momencie pomiarów był zasilany urobkiem z wydajnością 750 t/h. Pobór mocy czynnej wyznaczono z zależności:

$$P = \sqrt{3} \cdot U_p \cdot I_f \cdot \cos\varphi [W], \quad (4)$$

gdzie:

P – moc,

U_p – napięcie przewodowe,

I_f – prąd fazowy,

$\cos\varphi$ – współczynnik mocy.

Tablica 5

Wyniki pomiarów poboru mocy

Lp.	Warunki pracy przENOŚNIKA TAŚMOWEGO	Prąd I [A] (wartość średnia)	Współczynnik mocy $\cos\varphi$	Moc średnia P [kW]
1.	Praca przENOŚNIKA TAŚMOWEGO pod obciążeniem ze standardowymi krążnikami w momencie rozruchu	93,2	0,86	139,3
2.	Praca przENOŚNIKA TAŚMOWEGO pod obciążeniem ze standardowymi krążnikami w czasie pracy ustalonej	68,13	0,86	102,0
3.	Praca przENOŚNIKA TAŚMOWEGO pod obciążeniem z krążnikami firmy SAG Sp. z o.o. w momencie rozruchu (pomiar 3 dni po montażu)	86,84	0,86	129,4
4.	Praca przENOŚNIKA TAŚMOWEGO pod obciążeniem z krążnikami firmy SAG Sp. z o. o. w ruchu ustalonym (pomiar 3 dni po montażu)	65,16	0,86	97,5
5.	Praca przENOŚNIKA TAŚMOWEGO pod obciążeniem z krążnikami firmy SAG Sp. z o. o. w ruchu ustalonym (pomiar po 30 dniach pracy)	64,42	0,86	96,0
6.	Praca przENOŚNIKA TAŚMOWEGO pod obciążeniem z krążnikami firmy SAG Sp. z o. o. w ruchu ustalonym (pomiar po 60 dniach pracy)	63,65	0,86	94,8

5. WNIOSKI

1. Przy zastosowaniu krążników nowej konstrukcji firmy SAG Sp. z o.o. pobór mocy, zarówno przy rozruchu, jak i pracy ustalonej, zmniejszył się o 7,1% w przENOŚNIKA TAŚMOWEGO typu Gwarek 1200 w KWK Mysłówice-Wesoła.
2. Zastosowanie łożyska 6305 ETN9/C4 firmy SKF z koszem poliamidowym wzmocnionym włóknem szklanym skutkuje występowaniem bardzo małego oporu statycznego obracania krążnika ($0,014 \div 0,020$ Nm, co stanowi $7 \div 10\%$ wartości dopuszczalnej).
3. Zastosowanie uszczelnienia klasy C4 łożyska krążnika oraz uszczelnienia labiryntowego U4Exp 62/65 z pokrywą 2LU4 konstrukcji krążnika skutkuje wyjątkowo małymi oporami dynamicznymi ruchu (wartości $1,43 \div 2,72$ N – $31,78 \div 60,44\%$ maksymalnej wartości normowej), również po okresie dwumiesięcznej eksploatacji (wartości $0,97 \div 1,16$ N – $21,55 \div 25,78\%$ maksymalnej wartości normowej) w trudnych warunkach (zapylenie i wilgotność) w KWK Mysłówice-Wesoła.

Bibliografia

1. Bukowski J., Gładysiewicz L.: Metoda badań oporów obracania krążników pod obciążeniem. Transport Przemysłowy i Maszyny Robocze, 2010.
2. Gładysiewicz L., Król R.: Badania wpływu warunków eksploatacyjnych na opory obracania krążników. Transport Przemysłowy, 2003.
3. Gładysiewicz L.: Przenośniki taśmowe. Teoria i obliczenia. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2003.
4. Król R.: Badanie statycznych i dynamicznych oporów obracania krążników stosowanych w przenośnikach taśmowych. Instytut Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2009.
5. PN-M-46606:2010: Przenośniki taśmowe – Krążniki.
6. SKF Łożyska toczne 2013.
7. Katalog firmy SAG Sp. z o.o.