ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1970

Seria: ENERGETYKA z. 35 Nr kol. 280

Oton Zahradnik

SKUTKI DZIAŁANIA PYŁEM WĘGLOWYM NA USZCZELNIENIA LABIRYNTOWE ŁOŻYSK NIE WYPEŁNIONE SMAREM

Streszczenie. Artykuł przedstawia wyniki badań uszczelnień labiryntowych łożysk nie wypełnionych smarem poddawanych działaniu pyłu węglowego.
Podano opis stanowiska, opis badanych uszczelnień, warunki poddawania uszczelnień działaniu pyłu podstawowe obserwacje oraz wyniki.
W analizie wyników do oceny skuteczności uszczelnień przyjęto następujące kryteria:

- kryterium sumy ilości pyłu znajdującego się wewnątrz uszczelnienia oraz przepuszczanego za uszczelnienie,
- kryterium ilości pyłu przepuszczanego za uszczelnienie.

Analizę wyników oparto na statystyce matematycznej przez porównanie średnich za pomocą testu t.

W wyniku przeprowadzonych badań wstępnych [4] zaobserwowano między innymi powstawanie szczeliny w smarze wypełniającym uszczelnienia labiryntowe oraz zmianę własności fizyczno-chemicznych smaru.

Pod wpływem działania pyłu węglowego następuje zmniejszanie lepkości smaru aż do całkowitej jej utraty. Na powierzchniach szczelin tworzą się suche warstwy mieszaniny smaru i pyłu węglowego. Na tej podstawie autor hipotezę, że uszczelnienie po pewnym okresie czasu pracy zachowuje się podobnie jak uszczelnienie suche - to jest nie wypełnione smarem o zmniejszonych szczelinach.

W celu określenia wpływu cech konstrukcyjnych uszczelnień labiryntowych na ich skuteczność dalsze badania zostały rozdzielone następująco:

a) Badanie zachowania się smaru w uszczelnieniach nie poddawanych działaniu pyłu.

b) Badanie uszczelnień nie wypełnionych smarem poddawanych działaniu pyłu.
c) Badanie uszczelnień wypełnionych smarem poddawanych działaniu pyłu.

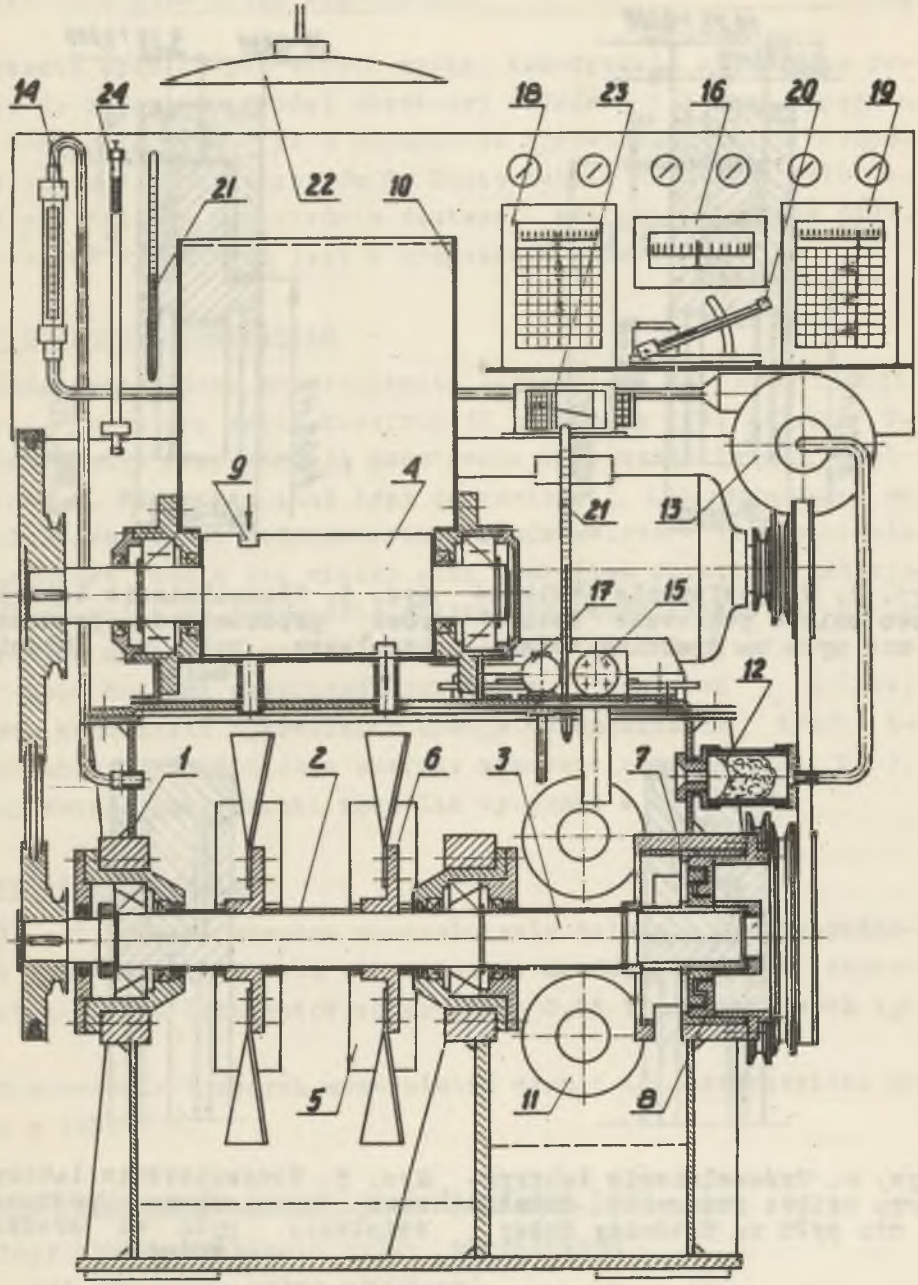
Badanie według punktu c pozwoli na sprawdzenie oraz weryfikację wniosków uzyskanych w wyniku badań wymienionych w punktach a i b. Badanie takie obejmujące wszystkie czynniki ma charakter syntezy w przeciwieństwie do badań a i b mające cechy analizy. Taki podział badań pozwala nie tylko na wyciągnięcie właściwych wniosków co do zachowania się uszczelnień, lecz także pozwala określić wielkości wpływu poszczególnych czynników na skuteczność uszczelnień.

Niniejszy komunikat przedstawia opis stanowiska, opis badanych uszczelnień, warunki poddawania uszczelnień labiryntowych nie wypełnionych smarem działaniu pyłu węglowego, podstawowe obserwacje oraz wyniki.

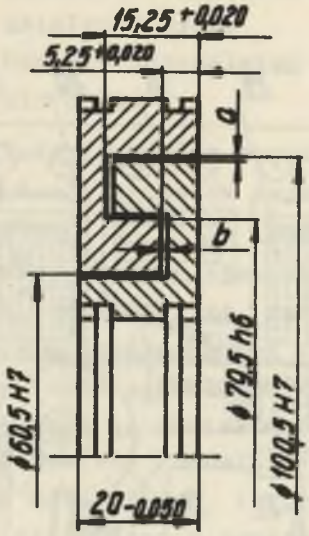
Poddawanie uszczelnień działaniu pyłu węglowego odbywało się na stanowisku pokazanym na rys. 1. Stanowisko zostało zaprojektowane i skonstruowane przez autora oraz wykonane przy pomocy Fabryki Maszyn Górniczych w Mikołowie. Wybór pyłu węglowego uwarunkowany został tym, że badania uszczelnień labiryntowych w naszej Katedrze wynikają z badań krążników dla przemysłu węglowego, bowiem przemysł węglowy jest największym wytwórcą i użytkownikiem krążników w Polsce. Dla przykładu produkcja Mikołowskiej Fabryki Maszyn Górniczych wynosi ponad 2 mln różnych typów krążników rocznie. Do badań użyto pył węglowy z Kopalni Węgla Kamiennego "Gliwice".

Opis stanowiska

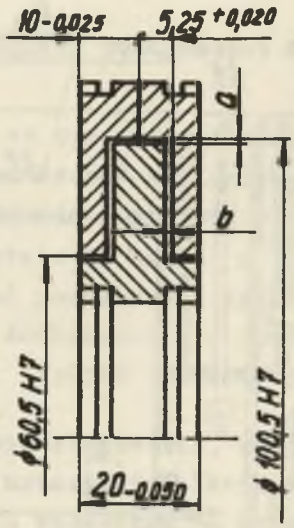
Uszczelnienia 8 były poddawane działaniu pyłu wprawianego w ruch za pomocą obracających się łopatek wirników 6 osadzonych na wałku 3 oraz łopatek 5 osadzonych na wałku 2. Pył wprowadzany jest do komory 1 za pomocą specjalnego dozownika. Dozownik składa się z wałka 4 łożyskowanego w obudowie oraz ze zbiornika na pył 10. Wałek 4 posiada dwa wycięcia (pojemniki pyłu 9) przesunięte względem siebie o 180°. Umożliwia to



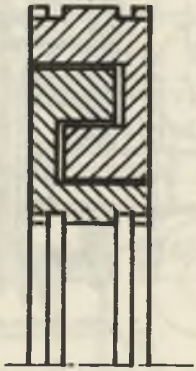
Rys. 1. Stanowisko do poddawania uszczelnień działaniu pyłu



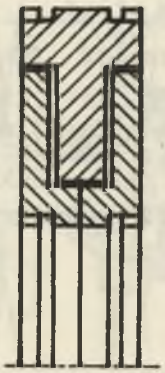
Rys. 2. Uszczelnienie labiryntowo osiowe poddawane działaniu pyłu na średnicy małej



Rys. 3. Uszczelnienie labiryntowo promieniowe poddawane działaniu pyłu na średnicy małej



Rys. 4. Uszczelnienie labiryntowo osiowe poddawane działaniu pyłu na średnicy dużej



Rys. 5. Uszczelnienie labiryntowo promieniowe poddawane działaniu pyłu na średnicy dużej

dozowanie pyłu co pół obrotu wałka. Konstrukcja stanowiska pozwala na zmianę prędkości obrotowej wałków 2 i 3 oraz prędkości dozowania pyłu. Pył z pojemników wprowadzany jest bezpośrednio na łopatki wirników 6. Zastosowanie dozownika pyłu umożliwia stałe i odpowiednio skuteczne warunki działania pyłu. Stanowisko wyposażone jest w urządzenie grzewcze.

Opis badanych uszczelnień

Badaniom poddano uszczelnienia labiryntowe wg konstrukcji autora. Częściowy zapis konstrukcji podano na rys. 2,3,4 i 5. Uszczelnienia reprezentują podstawowe typy uszczelnień labiryntowych. Wszystkie inne typy uszczelnień labiryntowych są kombinacjami typów podstawowych. Przedstawione uszczelnienia labiryntowe różnią się między sobą kształtem szczeliny labiryntowej. Ponadto do określenia wpływu szerokości szczelin labiryntowych zróżnicowano ich szerokości. W celu łatwiejszego operowania nazwami poszczególnych typów uszczelnień w dalszej części komunikatu wprowadzono specjalne oznaczenia typów uszczelnień. Uszczelnienia zostały wykonane z materiału St-5. Chropowatość powierzchni szczelin wykonano w klasie 7.

Przykład oznaczenia

OD - 0,25x1,0 oznacza uszczelnienie osiowe w którym poddawana jest działaniu pyłu szczelina na średnicy dużej o szerokości szczelin labiryntowych osiowych 0,25 i promieniowych 1,0 mm.

Zestawienie badanych uszczelnień wraz z ich oznaczeniami podano w tabeli 1.

Warunki poddawania uszczelnień działaniu pyłu

Wymiary komory działaniu pyłu: 400x410x590
Objętość zbiornika pyłu: 12000 cm^3
Objętość pojemnika pyłu: 10 cm^3
Prędkość obrotowa wałka dozownika: 5,0 obr/min.
Prędkość obrotowa wałka z łopatkami: 1200 obr/min.

Tablica 1

Zestawienie badanych uszczelnień

Lp.	Rodzaj uszczel.	Poddawana działaniu pyłu śred.	Szerokość szczelin posiowych a (mm)	Szerokość szczelin b (mm)	Oznaczenie	Objętość szczeliny (mm^3)
1	osiowe	duża	0,25	0,5	OD-0,25x0,5	5.000
2	osiowe	mała	0,25	0,5	OM-0,25x0,5	5.000
3	osiowe	duża	0,25	1,0	OD-0,25x1,0	7.450
4	osiowe	mała	0,25	1,0	DM-0,25x1,5	7.450
5	osiowe	duża	0,25	1,5	OD-0,25x1,5	9.890
6	osiowe	mała	0,25	1,5	OM-0,25x1,5	9,890
7	osiowe	duża	0,5	0,5	OD-0,5x0,5	7.490
8	osiowe	mała	0,5	0,5	OM-0,5x0,5	7.490
9	osiowe	duża	1,0	1,0	OD-1,0x1,0	14.740
10	osiowe	mała	1,0	1,0	OM-1,0x1,0	14.740
11	prom.	duża	0,25	0,5	PD-0,25x0,5	6.260
12	prom.	mała	0,25	0,5	PM-0,25x0,5	6.260
13	prom.	duża	0,25	1,0	PD-0,25x1,0	11.250
14	prom.	mała	0,25	1,0	PM-0,25x1,0	11.250
15	prom.	duża	0,25	1,5	PD-0,25x1,5	16.240
16	prom.	mała	0,25	1,5	PM-0,25x1,5	16.240
17	prom.	duża	0,5	0,5	PD-0,5x0,5	7.490
18	prom.	mała	0,5	0,5	PM-0,5x0,5	7.490
19	prom.	duża	1,0	1,0	PD-1,0x1,0	14.820
20	prom.	mała	1,0	1,0	PM-1,0x1,0	14.820

Prędkość obrotowa pierścienia wewnętrznego uszczelnień: 600 obr/min.

Mimośrodowość powierzchni tworzących szczelinę 0,1 mm.

Temperatura w komorze poddawania uszczelnień działaniu pyłu: 50 ± 2°C.

Wilgotność względna w komorze poniżej 25%

Czas poddawania uszczelnień działaniu pyłu: 10 godz. ± 5 min.

Czas opróżniania zbiornika pyłu: 2 godz.

Klasa ziarnowa	+ 0,5	0,5-0,3	0,3-0,2	0,2-0,1	-0,1
Udział procentowy przed rozpocz. badań	1,77	1,94	3,00	4,06	89,23
Udział procentowy po zakończeniu badań	0,45	0,67	2,68	4,47	91,73

W czasie trwania badań dokonywano następujących pomiarów:

Pomiar wagowej ilości pyłu znajdującej się w uszczelnieniu oraz za uszczelnieniem.

Pył ważono na wadze analitycznej typu WA-21 z dokładnością do 1 mg. Pomiar ilości pyłu znajdującej się wewnątrz uszczelnienia umożliwia specjalna obudowa [5]. Obudowa ta pozwala na montaż i demontaż pierścieni uszczelnienia poza stanowiskiem z zachowaniem stałej szerokości szczelin promieniowych i poosiowych.

Wyniki pomiarów wagowej ilości pyłu podane są w tablicach 2 i 3.

Pomiar stężenia zapylenia w komorze.

Dotychczas nie udało się jeszcze stworzyć wzorca zapylenia, którego wartość bezwzględna byłaby znana i który gwarantowałby stałość stężenia zapylenia w czasie.

Dlatego zasadniczym celem pomiarów stężeń zapylenia w komorze jest stwierdzenie, czy między średnimi z serii pomiarów nie zachodzi istotna różnica na odpowiednim poziomie ufności. Ze względu na prosty sposób pomiarów i stosunkowo dużą porównywalność wyników zastosowano do pomiaru stężenia zapylenia filtr

Tablica 2

Wyniki pomiarów wagowej ilości pyłu 10 godz. okresu poddawania uszczelnień działaniu pyłu (mg)

Typ uszczelnienia	OD			OM			PM			PD		
	Z	W	R	Z	W	R	Z	W	R	Z	W	R
0,25x0,5	4	218	222	755	332	1087	1124	1040	2164	98	262	360
	5	276	281	665	384	1049	1025	1127	2152	180	198	378
	8	398	406	690	450	1140	1056	1125	2181	130	215	345
	12	374	386	824	358	1182	806	881	1687	142	226	368
0,25x1,0	4	490	494	850	620	1470	2020	980	3000	290	505	795
	9	385	394	864	745	1609	445	1268	1713	196	433	629
	7	772	779	1690	670	2360	876	692	1568	312	438	750
	10	568	578	1015	612	1627	1062	1139	2201	404	502	906
	9	680	689	1023	762	1785	932	970	1902	349	471	820
0,25x1,5	13	740	753	968	1078	2046	684	1249	1933	364	1053	1417
	28	1390	1418	1046	1163	2209	1240	1200	1440	346	936	1282
	18	880	898	1060	994	2054	1070	1114	2184	265	952	1217
	12	1098	1110	880	932	1812	994	864	1858	391	908	1299
0,5x0,5	10	1240	1250	476	1122	1598	785	1140	1925	401	420	821
	29	1176	1205	716	1052	1768	720	1034	1754	285	328	613
1,0x1,0	26	3760	3786	382	2660	3042	5250	2532	7782	355	734	989
	28	3041[x)]	3069	760	2515[x)]	3115	2822	2742[x)]	5564	721	880[x)]	1601

Z - ilości pyłu za uszczelnieniem, W - ilości pyłu wewnątrz uszczeln. R = Z + W

x) Wartości po 20 godz. okresie zapylania.

Tablica 3

Wyniki pomiarów wagowej ilości pyłu 20 godz.
okresu poddawania uszczelnień działaniu pyłu (mg)

Typ uszczelnienia	Z÷10	Z10÷12	Z12÷14	Z14÷16	Z16÷18	Z18÷20	Z10÷20	Z-20	W-20
OD 0,25x1,0	8	3	4	3	2	2	14	22	705
OM 0,25x1,0	1082	337	310	251	485	334	1717	2799	782
PD 0,25x1,0	309	68	18	43	14	18	161	470	631
PM 0,25x1,0	987	139	230	227	422	289	1307	2294	940
OD 1,0x1,0	28	17	28	21	51	34	151	179	3041
OM 1,0x1,0	760	523	410	786	450	840	3009	3769	2515
PD 1,0x1,0	721	144	382	342	351	331	1550	2271	880
PM 1,0x1,0	2822	936	1272	1377	1402	1103	6090	8912	2742

Z-10 ilości pyłu za uszczelnieniem po 10 godz. okresie zapylania,
Z-10 do 12 ilości pyłu za uszczelnieniem pomiędzy 10 i 12 godz. zapylania,
W-20 ilości pyłu wewnątrz uszczelnienia po 20 godz. okresie zapylania.

mierniczy. Pomiarów dokonywano w sposób losowy. Niezależnie od pomiarów stężenia zapylenia kontrolowano wzrokowo jego stan.

Pomiar polega na określeniu wagowej ilości pyłu znajdującego się w m^3 powietrza. Pył z powietrzem (areozol) jest zasysany z komory 1 poprzez filtr 12 za pomocą dmuchawy 13. Ilość powietrza przepływającego przez filtr mierzono rotametrem 14 typu RS 331A.

Na podstawie analizy i opracowania wyników za pomocą testu t nie stwierdzono istotnej różnicy pomiędzy średnimi z serii pomiarów stężenia zapylenia na poziomie istotności 01.

Pomiar temperatury w komorze

Pomiar sprowadzał się do sprawdzania i utrzymywania stałej temperatury. Do regulacji temperatury zastosowano autotransformator typu Al-2500. Do mierzenia temperatury zastosowano termometr laboratoryjny 21 oraz czujnik oporowy 17 typu TON-2 współpracujący z rejestratorem 19 typu IMR 4/1.

Pomiar wilgotności w komorze

Wilgotność w komorze mierzono wilgotnościomierzem elektrochemicznym typu WEB 1 współpracującym z miernikiem typu IMW. Czujnik wilgotnościomierza został zabudowany w specjalnej obudowie połączonej z atmosferą zapyloną za pomocą niewypełnionych smarem uszczelnień labiryntowych.

Pomiar ciśnienia w komorze oraz za uszczelnieniem

Ciśnienie mierzono w komorze manowakumetrem typu MRP-2

Ciśnienie za uszczelnieniem mierzono mikromanometrem z pochyłą rurką pomiarową MPR-1.

Pomiar warunków otoczenia

Pomiar ciśnienia barometryczego dokonywano barometrem rtęciowym typu PS-1.

Pomiar temperatury otoczenia dokonywano przy pomocy termometru laboratoryjnego.

Pomiar wilgotności względnej otoczenia dokonywano hydrografem TŻ-5.

Tablica 4

Wielkości pomocnicze do obliczeń wartości t

Typ uszczelnienia		Wartości średnie			Oszacowanie standartowego odchyl.			Oszacowanie wariancji		
		$\bar{Z}$	$\bar{W}$	$\bar{R}$	S_z	S_w	S_R	S_z^2	S_w^2	S_r^2
OD-0,25x0,5	4	7,2	316,5	323,7	4	86	87	16	7308	7499
OM-0,25x0,5	4	733,5	381	1114,5	75	51	64	5568	2566	4160
PM-0,25x0,5	4	1002,7	1043,2	2046,0	136	117	240	18580	13692	57422
PD-0,25x0,5	4	137,5	225,4	362,7	35	28	8,5	1239	808	73
OD-0,25x1,0	5	7,8	579,0	586,8	2	152	152	4	23282	23165
OM-0,25x1,0	5	1088,4	681,8	1770,2	347	68	349	12038	4643	121616
PM-0,25x1,0	5	1067,0	1009,8	2077,0	581	216	567	337456	46454	321857
PD-0,25x1,0	5	310,2	469,8	780,0	78	32	102	6016	1043	10350
OD-0,25x1,5	4	17,7	1027,0	1044,7	7	283	288	49	80262	83060
OM-0,25x1,5	4	988,5	1041,7	2030,2	87	99	166	7529	9766	27475
PM-0,25x1,5	4	997,0	1106,7	2103,7	233	170	263	54118	28934	68983
PD-0,25x1,5	4	341,5	962,7	1303,7	56	55	81	3171	3028	6514
Razem OD	13	10,7	636,1	646,8	6	341	346	39	115994	119438
Razem OM	13	948,4	700,0	1648,5	260	279	446	67456	77764	198570
Razem PM	13	1025,6	1049,9	2075,6	363	167	373	131562	27905	138927
Razem PD	13	266,7	546,1	812,8	105	310	392	11131	96080	153340

Tablica 5

Wartości testu t

Typ uszczelnienia		0,25x0,5		0,25x1,0		0,25x1,5		Razem	
		Wartość t	Poziom istot.	Wartość t	Poziom istot.	Wartość t	Poziom istot.	Wartość t	Poziom istot.
Dla wartości R+Z+W	OD - OM	14,9	0,001	7,34	0,001	6,0	0,001	6,25	0,001
	OD - PM	13,6	0,001	5,98	0,001	5,49	0,01	9,92	0,001
	OD - PD	0,9	0,4	2,51	0,05	1,75	0,2	1,12	0,3
	OM - PM	7,6	0,001	1,08	0,4	0,48	0,7	2,61	0,02
	OM - PD	23,4	0,001	6,43	0,001	7,98	0,001	4,97	0,001
	PM - PD	14,1	0,001	5,36	0,01	5,88	0,001	8,25	0,001
Dla wartości Z	OD - OM	19,6	0,001	7,3	0,001	22,6	0,001	12,6	0,001
	OD - PM	14,8	0,001	4,3	0,01	8,5	0,001	4,9	0,001
	OD - PD	7,3	0,001	9,1	0,001	11,6	0,001	8,5	0,001
	OM - PM	3,5	0,02	0,07	1,0	0,06	1,0	0,6	0,6
	OM - PD	14,5	0,001	5,1	0,001	12,7	0,001	8,6	0,001
	PM - PD	12,3	0,001	3,1	0,02	5,5	0,01	7,1	0,001

Podstawowe obserwacje

Uszczelnienia były zapylane w atmosferze o stężeniu zapylenia przekraczającym wielokrotnie stężenie występujące w czasie pracy krążników w kopalni. Tak intensywne zapylanie pozwala na skrócenie czasu zapylania. Analiza pierwszych wyników 10 i 20 godzinowych okresów poddawania uszczelnień działaniu pyłu wykazała, że okres 10-godz. jest miarodajnym i całkowicie wystarczającym do wyciągnięcia właściwych wniosków co do wpływu kształtu i szerokości szczeliny labiryntowej na skuteczność uszczelnienia.

Uszczelnienia nie wypełnione smarem posiadają zdolność zatrzymywania wewnątrz szczelin labiryntowych określonej ilości pyłu. Ilość tego pyłu jest zależna od kształtu i szerokości szczelin. Przy tym samym kształcie szczeliny ilości pyłu zatrzymane w uszczelnieniu rosną wraz z objętością szczeliny. Badanie wykazało, że w początkowym okresie zapylenia uszczelnień następuje częściowe wypełnienie szczeliny labiryntowej, które nie zwiększa się w dalszym okresie zapylenia.

W analizie wyników do oceny skuteczności uszczelnień labiryntowych nie wypełnionych smarem przyjęto następujące kryteria:

- kryterium ilości pyłu przepuszczanego przez uszczelnienie,
- kryterium sumy ilości pyłu znajdującego się wewnątrz uszczelnienia oraz przepuszczanego przez uszczelnienie.

Analizę wyników oparto na statystyce matematycznej przez porównanie średnich za pomocą testu t.

Wyniki

Uszczelnienia nie wypełnione smarem są nieskuteczne.

Uszczelnienia nie wypełnione smarem posiadają zdolność zatrzymywania wewnątrz szczelin określonych ilości pyłu.

Skuteczność uszczelnień nie wypełnionych smarem maleje z powiększeniem szerokości szczelin.

Uszczelnienia nie wypełnione smarem w których poddawana jest działaniu pyłu szczelina na średnicy małej są mniej skuteczne

od uszczelnień w których poddawana jest działaniu pyłu szczelina na średnicy dużej.

Biorąc za podstawę oceny kryterium ilości pyłu przepuszczanego przez uszczelnienia najskuteczniejszymi okazały się uszczelnienia osiowe w których poddawane jest działaniu pyłu szczelina na średnicy dużej.

LITERATURA

[1] Andrzejewski R., Gutowski W.: - Fizyczne Własności Pyłów "Śląsk" Katowice 1968.

[2] Juda J.: Pomiary Zapylenia i Technika Odpylenia WNT Warszawa 1968.

[3] Volk W.: Statystyka Stosowana Dla Inżynierów WNT Warszawa 1965.

[4] Zahradnik O.: Zagadnienie skuteczności uszczelnień labiryntowych. Badania krążników Zeszyt Katedry nr 18.

[5] Zahradnik O.: Stanowiska do badań uszczelnień labiryntowych. Badania krążników. Zeszyt Katedry nr 24.

РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕЙСТВИЯ УГОЛЬНОЙ ПЫЛЬЮ НА ЛАБИРИНТНЫЕ УПЛОТНЕНИЯ ПОДШИПНИКОВ, НЕ ВЫПОЛНЕННЫХ МАСЛОМ

Р е з ю м е

Статья изображает результаты лабиринтных уплотнений подшипников, не выполненных маслом подвергаемых воздействию угольной пыли. Представили описание стенда, описание исследуемых уплотнений, условия подвергания уплотнений воздействию пыли, основные наблюдения, а тоже их результаты.

В анализе результатов для оценки целесоообразности уплотнений приняли следующие критерии:

- критерий суммы количества пыли находящейся внутри уплотнения, а тоже пропускаемого за уплотнение,
- критерий количества пыли пропускаемого на уплотнение.

Анализ результатов основали на математической статистике сравнением средних при помощи теста T.

THE EFFECTS OF COAL DUST ON THE LABYRINTH SEALS OF BEARINGS NOT PROVIDED WITH LUBRICANTS

S u m m a r y

The article represents the results of investigations dealing with labyrinth seals of bearings which have not been lubricated, but exposed to the influence of coal dust. There are described the research stand, the investigated seals, the conditions in which the were exposed to the influence of dust, the fundamental observations and the results. Analysing the results for the estimation of the efficiency of seals, the following criteria have been assumed:

- the criterium of the amount of dust inside the seal and of the dust that has permeated beyond it,
- the criterium of the amount of dust which has permeated beyond the seal.

The analysis of the results is based on mathematical statistics, the average values having been compared with one another by means of test t.