

Maciej Zarzycki, Jerzy Siwicki

Instytut Maszyn i Urządzeń
Energetycznych

EROZYJNA ODPORNOŚĆ WYBRANYCH TWORZYW KONSTRUKCYJNYCH STOSOWANYCH W BUDOWIE POMP DLA GÓRNICICTWA

Streszczenie. W pracy podano wyniki badań na odporność erozyjną dziesięciu wybranych tworzyw konstrukcyjnych stosowanych w budowie pomp dla górnictwa. Badania przeprowadzono na próbkach w specjalnym urządzeniu z wirującą tarczą, umożliwiającym stworzenie warunków niszczenia, zbliżonych do warunków rzeczywistych. Zużycie erozyjne próbek wywołano przez wirujący pierścień wody z piaskiem. Wnioski i uwagi wynikające z badań przedstawiono w końcowej części publikacji.

1. Wstęp

Jednym z podstawowych problemów w budowie pomp dla górnictwa, dla cieczy mechanicznie zanieczyszczonych oraz dla hydraulicznego transportu ciał stałych w cieczach, a także i dla pomp stosowanych w innych dziedzinach gospodarki, np. w hutnictwie, budownictwie, przemyśle kruszyw mineralnych, energetyce, (transport popiołu i żużla), chemii itp. jest zagadnienie trwałości pomp.

Dlatego w Instytucie Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej, równoległe do badań elementów przepływowych pomp zmierzających do podnoszenia sprawności, kontynuowane są na zlecenie Głównego Instytutu Górnictwa badania nad doborem najważniejszych tworzyw konstrukcyjnych dla maszyn i urządzeń hydraulicznych, ze szczególnym uwzględnieniem pomp dla górnictwa.

W tym zakresie Instytut prowadzi długotrwałe badania odporności tworzyw konstrukcyjnych, stosowanych w budowie pomp w warunkach zagrożenia erozyjnego, korozyjnego i kawitacyjnego [1, 2 i 3]. Celem tych prac jest uzyskanie danych o odporności różnych tworzyw konstrukcyjnych stosowanych w budowie pomp, gdy czynniki niszczące występują równocześnie, a efekty niszczenia w stosunku do tworzywa wzajemnie się na siebie nakładają.

Niezależnie od badań kompleksowych, w Instytucie są prowadzone badania dla tych przypadków, jeżeli na niszczenie elementów pomp w sposób zdecydowany działa tylko jeden z czynników niszczących, na przykład erozja [4] korozyja [5] czy kawitacja [6].

W przedstawionej pracy podano wyniki badań nad odpornością erozyjną wybranych tworzyw konstrukcyjnych stosowanych na elementy części przepływowych pomp pracujących w kopalniach.

Wybór tworzywa na elementy wewnętrzne pomp, takie jak: wirniki, kierownice, kadzuby, wykładziny, ścianki wymienne i tuleje ochronne, ma zasadnicze znaczenie dla trwałości pomp, a więc na ekonomię produkcji, napraw i eksploatację [4 i 7].

2. Stanowisko badawcze

Badania wybranych tworzyw konstrukcyjnych przeprowadzono na próbkach w specjalnym urządzeniu z wirującą tarczą (rys. 1, 2 i 3), umożliwiającym stworzenie warunków niszczenia, zbliżonych do warunków rzeczywistych. Zużycie erozyjne próbek (rys. 4 i 5) wywoływane było przez wirującą pierścienią wody z piaskiem, wprowadzoną w ruch za pomocą obracającej się tarczy z odpowiednimi żebrami. Prędkość obrotowa tarczy wynosiła $n = 1465$ l/min.

3. Tworzywa konstrukcyjne stosowane do badań

W budowie pomp dla kopalń stosowane są: żeliwa; staliwa; węglowe i stopowe; metale nieżelazne; guma i tworzywa sztuczne. Na podstawie analizy tworzyw konstrukcyjnych, obecnie głównie stosowanych w budowie pomp [8, 9 i 10] do obecnego etapu prowadzonych badań, wybrano następujące tworzywa:

- żeliwa: żeliwo szare Ż120, Ż125, Ż130 i żeliwo chromowe Ż1Cr28,
- staliwa: staliwo węglowe 25L, 35L, 45L i staliwo chromowe L30H,
- metale nieżelazne: brąz krzemowy BK331 oraz aluminium krzemowe AK11.

Próbki tworzywa do badań wykonano w zakładach:

- Zakład Doświadczalny przy Zabrzeńskiej Fabryce Maszyn Górniczych w Zabrzu (tworzywa 25L, L30H i BK331),
- Sosnowieckie Odlewnie Staliwa w Sosnowcu (tworzywa 35L, 45L),
- Instytut Odlewnictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach (tworzywa Ż120, Ż125, Ż130 oraz Ż1Cr28).

Składy chemiczne tworzyw podano w tabeli 1. Natomiast twardości i struktury opisano w tabeli 2. Fotografie struktur pokazano na rys. od 6 do 15.

4. Sposób przeprowadzenia pomiarów oraz wyniki badań

Badania dotyczyły dziesięciu różnych tworzyw konstrukcyjnych, po siedem próbek z każdego tworzywa. Przy opracowaniu wyników badań brano pod uwagę tylko pięć próbek. Z każdego tworzywa nie uwzględniono próbek o najmniejszym i największym ubytku. Wyniki badań uśredniono (tablica 3).

Próbki były wykonane o średnicy $d = 9$ mm oraz długości $l = 30$ mm i były umocowywane podczas badań nieruchomo w urządzeniu badawczym za pomocą specjalnych uchwytów. Badania obejmowały pomiary ubywania masy próbki w funkcji czasu τ , $\Delta m = f(\tau)$.

Ubytki masy określano za pomocą wagi analitycznej po 1, 2, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27 oraz 30 godzinach. Ubytki masy próbek określano z dokładnością do 0,0001 g.

Ponieważ o stopniu zniszczenia elementów wewnętrznych pompy nie decyduje ubytek masy lecz ubytek objętości [4], dlatego uśrednione wyniki badań przedstawiono na wykresach (rys. 16, 17, 18 i 19) jako funkcję ubywania objętości próbki ΔV w czasie τ , $\Delta V = f(\tau)$. W celu porównania odporności różnych wybranych tworzyw konstrukcyjnych na działanie erozyjne cieczy, na rysunku 20 podano zależność $\Delta V = f(\tau)$. Ponadto dla zobrazowania szybkości objętościowego ubywania próbek w zależności od czasu badań, na rysunku 21 przedstawiono wykres:

$$\frac{\Delta V}{\Delta \tau} = f(\tau)$$

Do badań ścieralności próbek użyto piasku kwarcowego. W celu określenia rodzaju piasku użytego do badań piasek poddano badaniom w Instytucie Odlewnictwa Politechniki Śląskiej. W czasie przeprowadzania eksperymentów piasek badano kilka razy. Ponieważ wyniki były bardzo zbliżone, w pracy podano tylko wyniki dwu badań piasku przed eksperymentami i po przeprowadzeniu eksperymentów. Wyniki badań piasku podano w tablicy 4 i 5 oraz na wykresach słupkowych ziarnistości piasku (rys. 22 i 23). Kształt ziarna piasku w powiększeniu dziesięciokrotnym (10x) przed i po badaniach przedstawiono na rysunkach 24 i 25. Podczas eksperymentów koncentracje objętościowe piasku w wodzie wynosiły $Y = 1 : 3$. Objętościową koncentrację piasku w wodzie badano za pomocą wycechowanej kolby. W celu utrzymania w czasie badań własności piasku oraz jego koncentracji w wodzie co godzinę wymieniano wodę i piasek. Temperatura wody z piaskiem wahała się od $t = 287$ do 297°K (14 do 24°C).

W czasie prowadzenia badań stwierdzono, że mimo wirowania tarczy z żebrami w urządzeniu doświadczalnym, w dolnej części jego komory znajdowało się więcej piasku jak w górnej, co mogło powodować różne natężenie niszczenia erozyjnego próbek. Aby zniwelować te różnice oddziaływania wody z piaskiem na próbki, co trzy godziny próbki przenoszono do kolejnych uchwytów. Przy uśrednianiu wyników ubywania masy i objętości próbek, ten sposób postępowania w czasie prowadzenia eksperymentów pozwalał na uzyskiwanie bardziej miarodajnych wyników.

5. Wnioski i uwagi

Na podstawie przeprowadzonych badań można ustalić następujące wnioski i uwagi:

- uwzględniając zmniejszające się odporności na działanie erozyjne cieczy mechanicznie zanieczyszczonej, badane tworzywa konstrukcyjne można uszeregować następująco: L30H, Ż1Gr28, BK331, 45LII, 35LII, 25LII, Ż130, Ż125, Ż120 i AK11,
- w zależności od struktury tworzywa i składu chemicznego, zależy jego odporność na erozję,
- szybkość ubywania objętości tworzywa wzrasta do określonego poziomu i ustala się w zasadzie na wartości zależnej od odporności tworzywa na wartości zależnej od odporności tworzywa na działanie erozji,
- eksperymenty wykazały, że odporność różnych tworzyw na działanie erozji nie może być utożsamiana z ich wytrzymałością.

Dalsze eksperymenty dotyczące określenia odporności tworzyw konstrukcyjnych na działanie erozyjne cieczy, powinny dotyczyć następnych tworzyw. Wyniki tych badań powinny umożliwić wytypowanie odpowiednich tworzyw konstrukcyjnych, które będą możliwe do uzyskania w warunkach krajowych i które będą się nadawać do wykonania elementów wewnętrznych pomp dla cieczy mechanicznie zanieczyszczonych. Należy również podjąć prace zmierzające do określenia najwłaściwszej metody badań tworzyw konstrukcyjnych na działanie erozyjne cieczy.

LITERATURA

- [1] Zarzycki M., Grychowski J., Rokita J.: Kompleksowe badanie trwałości materiałów stosowanych w budowie pomp w warunkach zagrożenia korozyjnego, erozyjnego i kawitacyjnego. Sprawozdanie z realizacji tematu 105.09. GIG 1971.
- [2] Zarzycki M., Grychowski J., Rokita J.: Kompleksowe badanie trwałości materiałów stosowanych w budowie pomp w warunkach zagrożenia korozyjnego, erozyjnego i kawitacyjnego, Sprawozdanie z realizacji tematu 105.09. Część A i B, GIG Katowice, 1972.
- [3] Zarzycki M.: Prace naukowo-badawcze i konstrukcyjne Instytutu Maszyn i Urządzeń Energetycznych. Politechnika Śląska. Konferencja Naukowo-Techniczna Zakładu Dynamiki Cieczy, IMP, PAN, Gdańsk 1973.
- [4] Zarzycki M.: Ścieralność erozyjna wirników pomp wirowych w zależności od stosowanego materiału, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Energetyka nr 7, 1961.
- [5] Rokita J.: Badania nad odpornością korozyjną tworzyw metalowych stosowanych w budowie pomp dla górnictwa, Ochrona przed korozją nr 9, 1974.
- [6] Grychowski J.: Kawitacyjna odporność wybranych tworzyw konstrukcyjnych stosowanych w budowie pomp górniczych. Ochrona przed korozją, nr 9, 1972.

- [7] Morzyński St.: Dobór tworzywa na elementy pomp wirowych do cieczy zawierających ciała stałe, Przegląd Mechaniczny nr 2, 1972.
- [8] Zarzycki M.: Osiągnięcia krajowe w konstrukcji i budowie pomp odwadniających kopalnie węgla, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Energetyka nr 37, Gliwice 1967/68.
- [9] Zarzycki M.: Wyniki prac naukowo-badawczych i konstrukcyjnych oraz tendencje rozwojowe pompowego, hydraulicznego transportu węgla, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Energetyka nr 25, Gliwice 1967.
- [10] Zarzycki M.: Pompy dla płuczki węgla, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Górnictwo nr 21, Gliwice 1967.

Praca wpłynęła do Redakcji 11 lutego 1974 roku.

ЭРОЗИОСТОЙКОСТЬ ВЫБРАННЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В НАСОСОСТРОЕНИИ ДЛЯ ГОРНОГО ДЕЛА

Р е з ю м е

В работе представлено результаты исследований эрозионной стойкости десяти выбранных конструктивных веществ, применяемых в насосостроении для горного дела.

Исследования были проведены на образцах в специальном устройстве с вращающимся диском, предоставляющим возможность создания условий разрушения, которые похожи на действительные. Эрозионный износ вызвано вращающимся кольцом воды с песком.

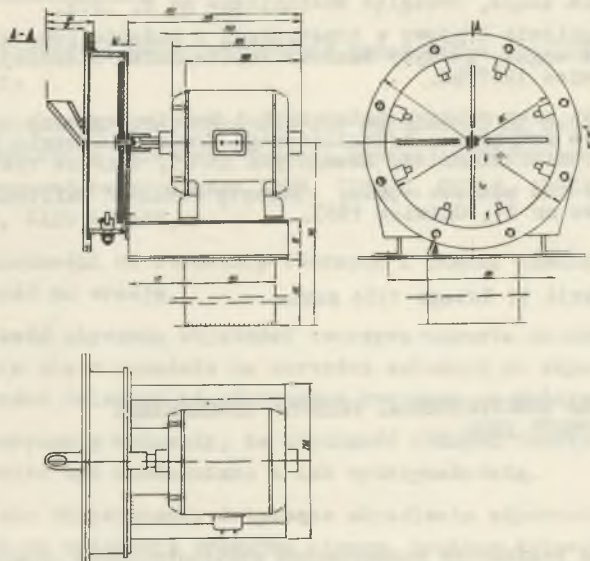
Предложения и замечания, вытекающие из исследований представлено в заключительной части публикации.

THE EROSION RESISTANCE OF SOME SELECTED MATERIALS USED FOR CONSTRUCTION OF MINING PUMPS

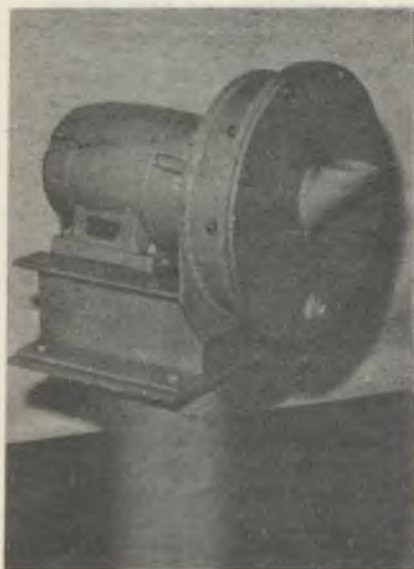
S u m m a r y

The paper contains results of investigations concerning the erosion resistance of ten kinds of materials applied in the construction of pumps for the mining industry.

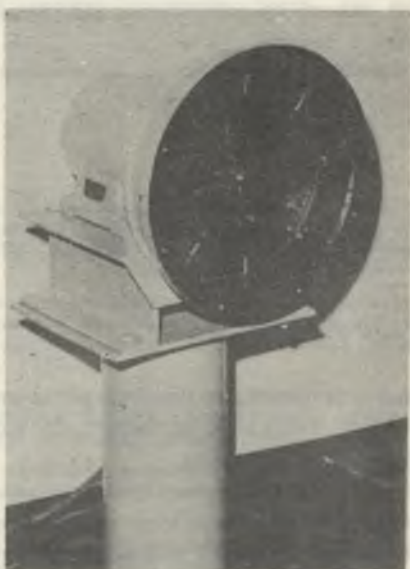
These investigations were carried out on samples in specially constructed devices with a rotating disc in order to create all the destructive conditions to be found normally in situ. The erosion wear of the samples was caused by the rotating waterring containing sand. The conclusions and remarks resulting from these investigations have been summed up in the final part of the paper.



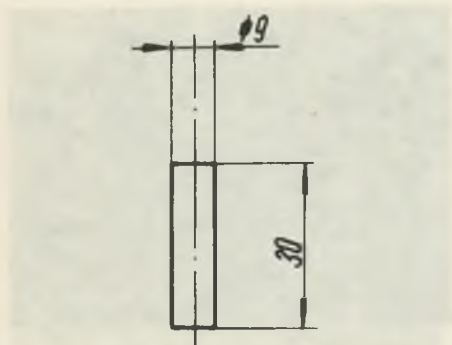
Rys. 1. Urządzenie badawcze



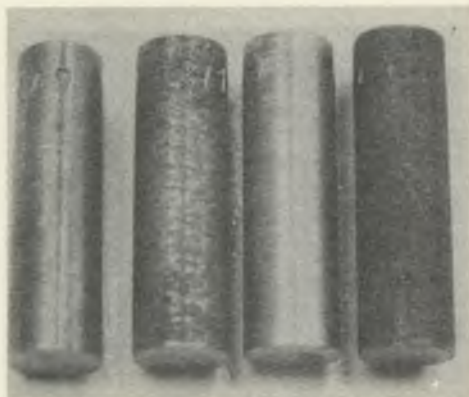
Rys. 2. Widok urządzenia badawczego



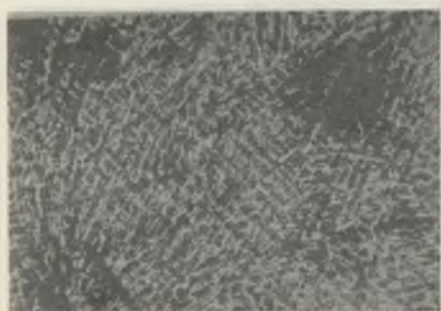
Rys. 3. Widok urządzenia badawczego po zdjęciu przedniej pokrywy



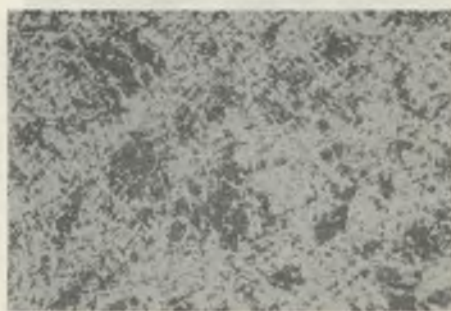
Rys. 4. Próbkę stosowana do badań



Rys. 5. Próbkę stosowane do badań



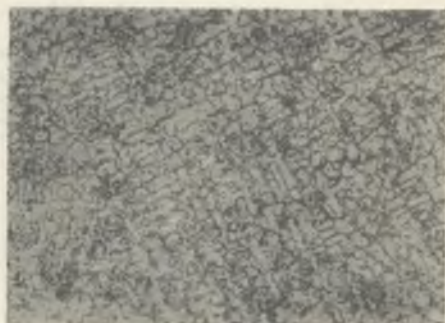
Rys. 6. Struktura żeliwa Ż120
(125x)



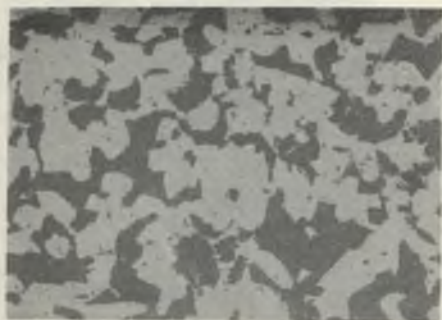
Rys. 7. Struktura żeliwa Ż125
(125x)



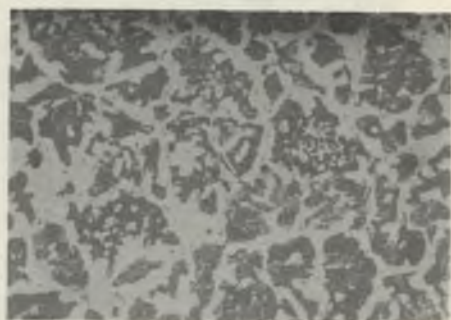
Rys. 8. Struktura żeliwa Ż130
(125x)



Rys. 9. Struktura żeliwa Ż1Cr28
(125x)



Rys. 10. Struktura staliwa 25LII
(125x)



Rys. 11. Struktura staliwa 35LII
(125x)



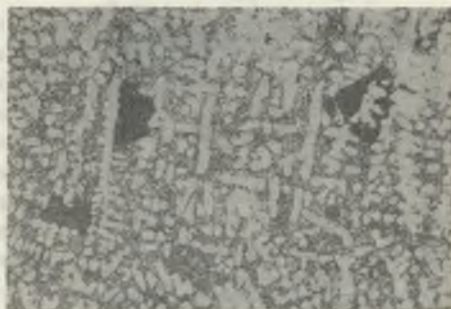
Rys. 12. Struktura staliwa 45LII
(125x)



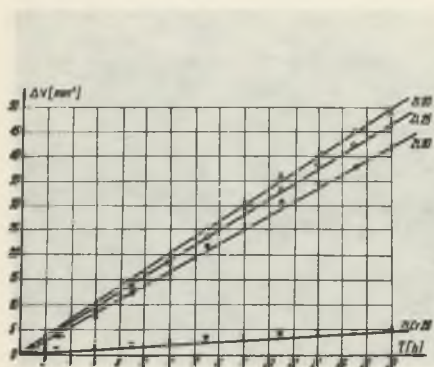
Rys. 13. Struktura staliwa L30H
(125x)



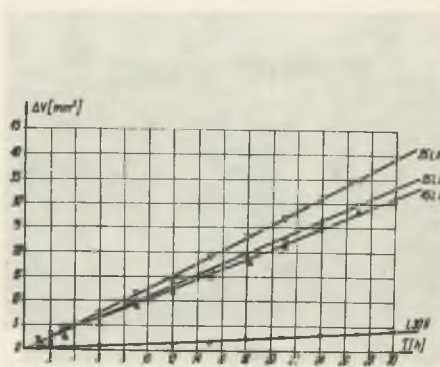
Rys. 14. Struktura brązu BK331
(125x)



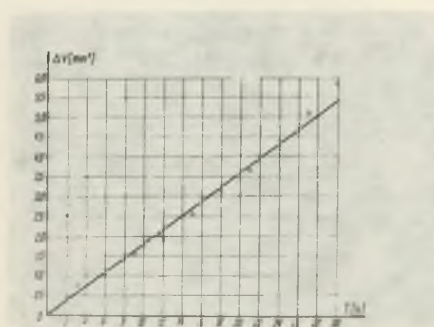
Rys. 15. Struktura aluminium AK11
(125x)



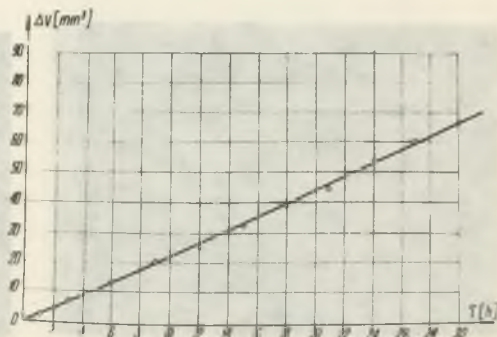
Rys. 16. Wykres objętościowego
ubywania próbek żelaznych



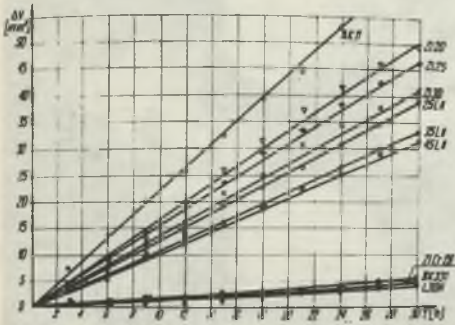
Rys. 17. Wykres objętościowego
ubywania próbek stalowych



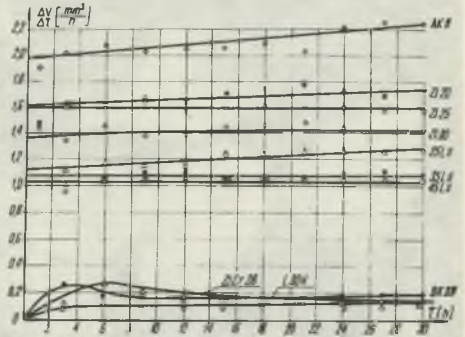
Rys. 18. Wykres objętościowego
ubywania próbki brązu BK331



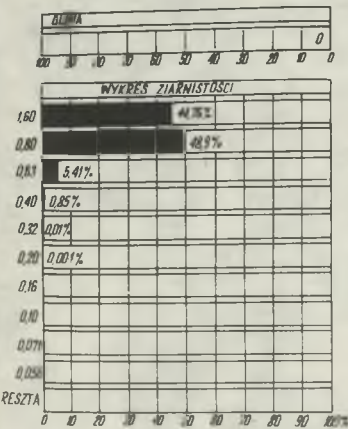
Rys. 19. Wykres objętościowego
ubywania próbki aluminium AK11



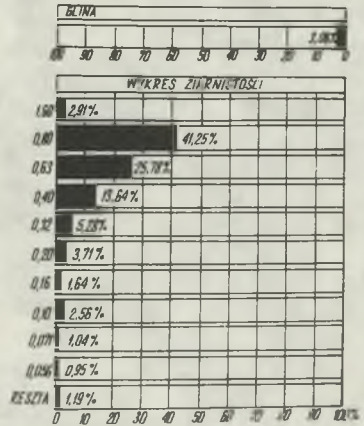
Rys. 20. Wykres zbiorczy objętościowego ubywania próbek



Rys. 21. Wykres szybkości ubywania objętości próbek



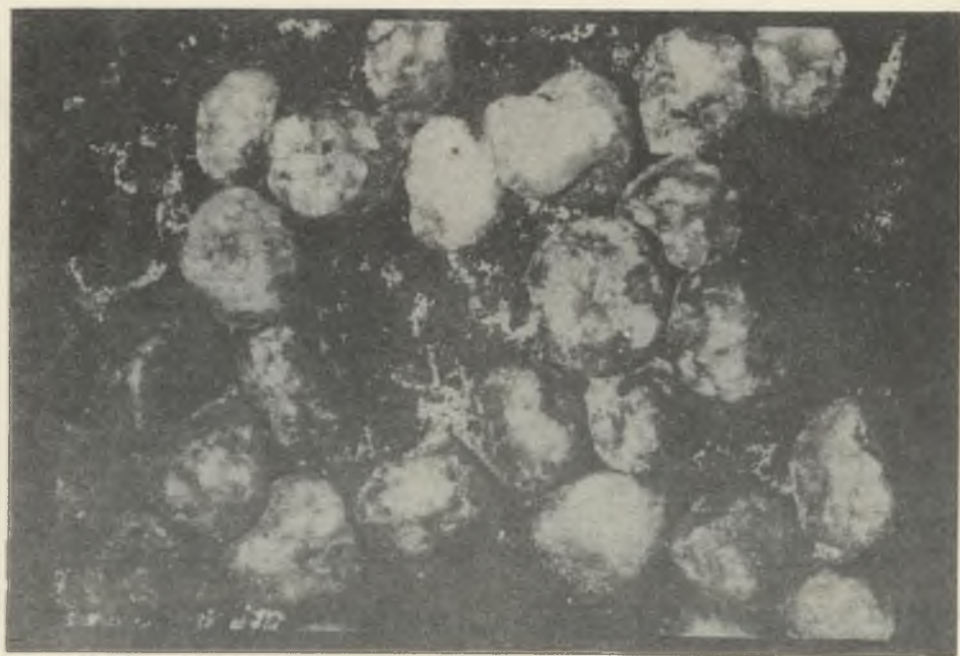
Rys. 22. Wykres ziarnistości piasku przed badaniami



Rys. 23. Wykres ziarnistości piasku po badaniami



Rys. 24. Piasek przed badaniami (10x)



Rys. 25. Piasek po jednej godzinie badaniach (10x)

Tablica 1

Skład chemiczny tworzyw

Lp.	Tworzywo	Skład chemiczny (%)									
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Cu	Zn	Fe	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	Ż120	3,26	0,43	2,05	0,20	0,030					
2	Ż125	3,26	0,40	1,96	0,13	0,048					
3	Ż130	3,00	0,51	1,68	0,12	0,060					
4	Ż1Cr28	0,90	0,40	1,75	0,08	0,020	28,20				
5	25LII	0,29	0,76	0,60	0,044	0,018					
6	35LII	0,37	0,78	0,41	0,055	0,036					
7	45LII	0,49	0,58	0,37	0,038	0,033					
8	I30H	0,26	0,68	0,56	0,031	0,018	0,58				
9	BK331		1,10	3,60				88,80	5,75	1,10	
10	AK11		0,32	11,07				0,10	0,40		

Tablica 2

Twardości i struktury tworzyw

Ip.	Tworzywo	Gęstość (g/cm ³)	Twardość HB $\frac{kg}{mm^2}$		S t r u k t u r a	Rysunek
			zakres wartości	wartość średnia		
1	Ż120	7,3	154-183	170	Struktura żeliwa pożwiżanego. Widoczny jasny cementyt w układzie ledyburtycznym oraz ciemne pola perlitu z drobnopłatkowym grafitem.	6
2	Ż125	7,2	166-190	175	Struktura perlityczna z niewielkimi ilościami ferrytu. Grafit w postaci płatkowej.	7
3	Ż130	7,24	166-201	181	Struktura perlityczna ze śladami ferrytu. Grafit w postaci płatkowej, rozmieszony równomiernie.	8
4	Ż1Cr28	7,2	172-283	238	Struktura ledeburytu stopowego, złożona z ferrytycznej osnowy i węglików Cr w układzie komórkowym dendrytycznym.	9
5	25LII	7,6	168-200	172	Struktura gruboziarnista, ferrytozno-perlityczna.	10
6	35LII	7,7	170-183	180	Struktura ferrytyczno-perlityczna. Charakterystyczne rozłożenie ziarn ferrytu na granicach i wewnątrz ziarn byżego austenitu.	11
7	45LII	7,7	180-187	183	Struktura ferrytyczno-perlityczna. Występujący perlit jest quasi-perlitem.	12
8	L30H	7,9	264-311	280	Struktura złożona z jasnego ferrytu w układzie iglastym i ziarnistego bainitu.	13
9	BK331	7,8	110-115	113	Struktura złożona z roztworu (Si, Zn, Mn, W, C) w układzie ledyburtycznym.	14
10	AK11	2,4	60-63	62	Struktura modyfikowanego siluminu, złożona z jasnych obszarów roztopu stałego i ciemnych obszarów eutektyki w układzie dendrytycznym.	15

Tablica 3

Średnia masa próbek (g)

Uśrednione zużycie próbek pod działaniem erozji

Czas (h)	Średnia masa próbek (g)										
	Ż120	Ż125	Ż130	Ż10r28	25LII	35LII	45LII	L30H	BK331	AK11	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
0	12,3608	12,2500	13,4886	12,7900	13,6745	13,5578	13,3214	12,2492	13,0146	4,3227	
1	12,3487	12,2372	13,4773	12,7842	13,6654	13,5528	13,3108	12,2483	13,0121	4,3173	
2	12,3388	12,2248	13,4680	12,7814	13,6550	13,5442	13,3039	12,2470	13,0107	4,3117	
3	12,3293	12,2152	13,4584	12,7790	13,6383	13,5361	13,2943	12,2458	13,0086	4,3046	
6	12,3001	12,1803	13,4252	12,7760	13,6091	13,5161	13,2672	12,2431	13,0058	4,2893	
9	12,2650	12,1427	13,3942	12,7735	13,5789	13,4844	13,2438	12,2414	13,0023	4,2725	
12	12,2261	12,1128	13,3617	12,7717	13,5472	13,4552	13,2236	12,2397	13,0000	4,2580	
15	12,1745	12,0767	13,3301	12,7697	13,5152	13,4283	13,1995	12,2380	12,9959	4,2431	
18	12,1315	12,0416	13,2972	12,7671	13,4861	13,4042	13,1745	12,2330	12,9892	4,2268	
21	12,0921	12,0082	13,2636	12,7633	13,4499	13,3813	13,1567	12,2281	12,9856	4,2114	
24	12,0584	11,9763	13,2358	12,7611	13,4192	13,3572	13,1261	12,2241	12,9815	4,1895	
27	12,0266	11,9486	13,2102	12,7585	13,3966	13,3278	13,1018	12,2214	12,9742	4,1660	
30	12,006	11,9161	13,1827	12,7655	13,3617	13,3017	13,0801	12,2172	12,9644	4,1556	

Tablica 4

Analiza sitowa piasku przed eksperymentem

Prześwit oczka P, mm	Odsiew, g		Odsiewy (suma 2+3) %	Odsiew przeliczony %	Przeliczenie do ustalenia średniej średnicy ziarna $X_i P_i$	Średnia średnica ziarna δ_s mm	U w a g i
	próba I	próba II					
1,60	13,370	14,610	27,980	27,980	44,768		
0,80	31,490	29,730	61,220	61,220	48,976	$\delta_s = \frac{\sum X_i P_i}{\sum X_i}$	Ziarna o kształcie <u>zaokrąglonym</u>
0,63	4,040	4,560	8,600	8,600	5,418	$\delta_s = \frac{100,0348}{100,000}$	Barwa ziarna <u>biała</u>
0,40	1,070	1,070	2,140	2,140	0,856	$\delta_s = 1,0003$ mm	Powierzchnia ziarna <u>gładka</u>
0,32	0,020	0,020	0,040	0,040	0,0128		<u>Jednorodność według</u>
0,20	0,010	0,010	0,020	0,020	0,004		BW-68/4021-19
0,16	-	-	-	-	-		piasek jednorodny
0,10	-	-	-	-	-		J95
0,071	-	-	-	-	-		
0,056	-	-	-	-	-		
Denko	-	-	-	-	-		
Suma	50,000	50,000	100,000	100,000	100,0348		
Zawartość lepiszcza G, %	-	-	-	-	-		
Razem	50,000	50,000	100,000	100,000			

Tablica 5

Analiza sitowa piasku po eksperymencie

Prześwit oczka sita p, mm	Odsiew, g		Odsiewy (suma 2+3) %	Odsiew przeliczony % X_1	Przeliczenie do ustalenia średniej średnicy ziarna $X_1 P_1$	Średnia średnica ziarna δ_s mm	U w a g i
	próbka I	próbka II					
1,60	1,560	1,270	2,830	2,918	4,6588		Ziarna o kształcie <u>szokrąglonym</u> Barwa ziarna <u>żółta</u> Powierzchnia ziarna <u>gładka</u> Jednorodność według EN-68/4021-19 piasek małej jedno-rodny M=80
0,80	19,100	20,890	39,990	41,252	33,0016	$\delta_s = \frac{\sum X_1 P_1}{\sum X_1}$	
0,63	12,670	12,320	24,990	25,785	16,2446	$\delta_s = \frac{62,4431}{100,00}$	
0,40	7,000	6,230	13,230	13,647	5,4588	$\delta_s = 0,6244$ mm	
0,32	2,650	2,470	5,120	5,281	1,6899		
0,20	1,850	1,750	3,600	3,713	0,7426		
0,16	0,820	0,770	1,590	1,640	0,2624		
0,10	1,270	1,220	2,490	2,568	0,2568		
0,071	0,490	0,520	1,010	1,041	0,0739		
0,056	0,470	0,460	0,930	0,959	0,0537		
Denko	0,590	0,570	1,160	1,196	-		
Suma	48,470	48,470	96,940	100,000	62,4431		
Zwartość lepiączna G, %	1,53	1,53	3,06				
Razem	50,000	50,000	100,000				