ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1988

Seria: GÓRNICTWO z. 148 Nr kol. 899

Maciej ZARZYCKI

# WYNIKI OBSERWACJI I BADAŃ POMP STOSOWANYCH W ZAKŁADACH PRZERÓBKI WĘGLA

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań i obserwacji pomp stosowanych w zakładach przeróbki węgla i określono stan ich zużycia w czasie eksploatacji.

Z badań wynika, że krajowe pompy typu PŁP posiadają sprawność niższą o około 3 do 8% w stosunku do podobnych pomp stosowanych za granicą. Trwałość pomp szczególnie przy transporcie wody zanieczyszczonej jest jeszcze zbyt niska.

Przeprowadzone badania pracy pomp umożliwiły stwierdzenie, które z elementów konstrukcyjnych ulegają szybszemu zużyciu i przy jakich cieczach wynika potrzeba wymiany elementów.

Badania wykazały, że w większości przypadków trwałość wykładziny oraz wirnika była prawie dwukrotnie większa od trwałości ścianek wymiennych (ochronnych) kadłuba. Przy pompowaniu cieczy zawierającej ciała stałe o małej średnicy ziarn zatykaniu ulegały kanały odciążające wirnika. Fakt ten spowodował brak odciążenia dławnicy i jej szybkie zużycie oraz niszczenie łożysk.

Badania i obserwacje umożliwiły sprecyzowanie wniosków zmierzających do zwiększenia trwałości tych pomp przy modernizacji oraz opracowaniu nowych konstrukcji.

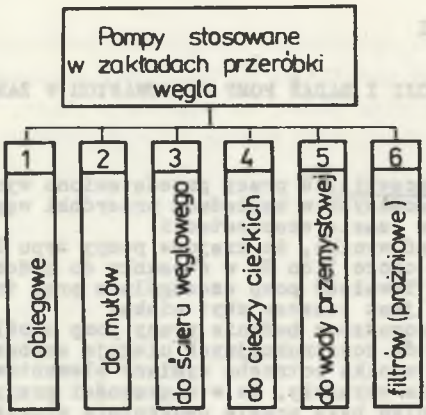
## 1. Wstęp

Realizacja robót górniczych w coraz bardziej rozległych i niżej położonych wyrobiskach, modernizacja istniejących i budowa nowych kopalń oraz stosowanie coraz bardziej wydajnych metod eksploatacji powoduje również zmiany w wyposażeniu w maszyny i urządzenia w zakładach przeróbki węgla. Zmiany te dotyczą także pomp, które muszą być stale doskonalone pod względem konstrukcyjnym, technologicznym oraz własności ruchowo-eksploatacyjnych [1+11].

## 2. Pompy stosowane w kraju w zakładach przeróbki węgla

Na podstawie wieloletnich prac studialnych, naukowo-badawczych, teoretycznych i doświadczalnych (podstawowych i stosowanych), projektowo-konstrukcyjnych i technologicznych opracowano wiele typów i wielkości pomp dla górnictwa, a w tym i dla zakładów przeróbki węgla.

Na rysunku 1 i w tablicy 1 przedstawiono klasyfikację (podział) pomp pod względem zastosowania w zakładach przeróbki węgla. Podano typowe konstrukcje pomp współcześnie stosowanych oraz zaznaczono do jakich grup




| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pompy wirowe (PW) | PŁ (PŁS) (PŁK) (SR) | PH PŻ PG (KA) (PŁP) OŁ | PH (KA) (PŁP) OŁ | PH OŁ | OS (SR) (KA) (ON) | PR |
| Pompy wyporowe (tłokowe) (PT) | | | (PŁM) | | | |
| Pompy specjalne (PS) | | | | | | |

( ) Pompy obecnie nie produkowane a jeszcze stosowane

Rys. 1. Podział pomp pod względem zastosowania w zakładach przeróbki węgla
Fig. 1. Division of pumps in relation to their application in coal processing plants

Tablica 1

Podział pomp pod względem zastosowania w zakładach przeróbki węgla

| Grupa pomp | L.p. | Oznaczenie - typ pompy | | Pompy płuczkowe dla: wody obiegowej | mułów | ścierów | cieczy abrazyjnych | wody przemysłowej | filtrów /próżniowe/ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| wirowe | 1 | PŁ | płuczkowe | ■ | | | | | |
| | 2 | PŁS*) | płuczkowe spiralne | ■ | | | | | |
| | 3 | PŁK*) | płuczkowe kolanowe | ■ | | | | | |
| | 4 | ŚR | śrubowe | ⊠ | | | | ■ | |
| | 5 | PH | do hydrotransportu | | ⊠ | ⊠ | ■ | | |
| | 6 | PŻ | do hydrotransportu | | ⊠ | ⊠ | ■ | | |
| | 7 | PG | do hydrotransportu gumowana | | ⊠ | ■ | ⊠ | | |
| | 8 | KA*) | kanałowe | | | ■ | | ⊠ | |
| | 9 | PŁP*) | płuczkowe pancerne | | ⊠ | ■ | | | |
| | 10 | OŁ*) | obiegowe | | | | ■ | | |
| | 11 | ON | odwadniające niskociśnieniowe | | | | | ■ | |
| | 12 | OS**) | odwadniające średniociśnieniowe | | | | | ■ | |
| | 13 | PR | próżniowe | | | | | | ■ |
| wypornościowe | 14 | PŁM*) | płuczkowe membranowe / przeponowe / | | ■ | | | | |
| Rodzaj wody | | | | | | | | | |
| mechanicznie zanieczyszczona | | | | ● | ● | ● | ● | | |
| czysta | | | | ○ | | | | ○ | ○ |

*) pompy przeznaczone do zastąpienia bardziej nowoczesnymi konstrukcjami

**) stosowane głównie do transportu wody z ujęć wody do zakładów przeróbki węgla

■ ● zastosowanie główne

⊠ ○ zastosowanie dodatkowe

Tablica 2

Nominalne parametry pracy pomp dla wody o gęstości $\rho$ = 1000 kg/m$^3$, temperaturze T = 288 K i najwyższej sprawności

| Lp. | Typ pompy | Parametry pracy | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Wydajność Q | | | Użyteczna wysokość podnoszenia H m | Prędkość obrotowa n min$^{-1}$ | Sprawność $\eta$ % | Moc pobierana przez pompę N kW | Ciężar pompy G kg |
| | | m$^3$/s | m$^3$/min | m$^3$/h | | | | | |
| 1 | PŁ | 0,088-0,633 | 5,3-38 | 318-2280 | 23-70 | 960,1450 | 75-85 | 104-365 | 1160-2760 |
| 2 | PŁS$^x$ | 0,216-0,416 | 13-25 | 780-1500 | 15,5-38 | 735,960 | 74-82 | 40,1-209 | 3000-3740 |
| 3 | PŁK$^x$ | 0,142-0,467 | 8,5-28 | 510-1680 | 13-62 | 725,960, 1450 | 70-75 | 45,6-224 | 885-2125 |
| 4 | SR | 0,025-0,300 | 1,5-18 | 90-1080 | 10-18 | 725,960, 1450 | 60-81 | 4,7-97 | 105-1820 |
| 5 | PH | 0,009-0,433 | 0,55-26 | 33-1560 | 10-90 | 980,1100, 1450,1600, 1800,2650 | 63-72 | 6,1-403 | 94-2620 |
| 6 | PZ | 0,142-0,059 | 8,55-3,55 | 513-213 | 30-80 | 980,1450 | 53-72 | 122-249 | 660-1669 |
| 7 | PG | 0,012-0,150 | 0,7-9,0 | 41-540 | 25-40 | 960,1300, 1450,1800 | 58-72 | 5-82 | 160-995 |
| 8 | KA$^x$ | 0,008-0,183 | 0,5-11 | 30-660 | 14-65 | 725,960 1450,2900 | 54-72 | 3,24-105 | 40-700 |
| 9 | PŁF$^x$ | 0,008-0,183 | 0,5-11 | 30-660 | 14-65 | 725,960 1450,2900 | 54-72 | 3,24-105 | 70-1020 |
| 10 | OŁ$^x$ | 0,028-0,917 | 1,7-55 | 102-3300 | 19-21 | 960 | 56-75 | 9,9-21,9 | 720-1020 |
| 11 | ON | 0,012-0,070 | 0,75-4,2 | 45-252 | 40-57 | 2850,2900 | 66-74 | 7,4-66 | 63-270 |
| 12 | OS | 0,008-0,125 | 0,5-7,5 | 30-450 | 20-216 | 1450 | 58-71 | 2,8-281 | 63-270 |
| 13 | PR | 0,517-0,950 | 31-57 | 1860-3420 | podciśn. w króć. ssawn. 460-550 m sł. rtęci | 300-400 | sprawność izoterm. 37-43 | moc silnika $N_S$=55-125 kW | 2061-3445 |
| 14 | PŁM$^x$ | 0,012-0,017 | 0,75-1,0 | 45-60 | 15-22 | 245 | 37-40,6 | 6,62 | 242-1220 |

$^x$ Pompy przeznaczone do zastąpienia bardziej nowoczesnymi konstrukcjami

należą (wirowe, wyporowe, specjalne) i jakie ciecze transportują (czyste, mechanicznie zanieczyszczone) [12÷15]. Natomiast w tablicy 2 zestawiono parametry pracy pomp.

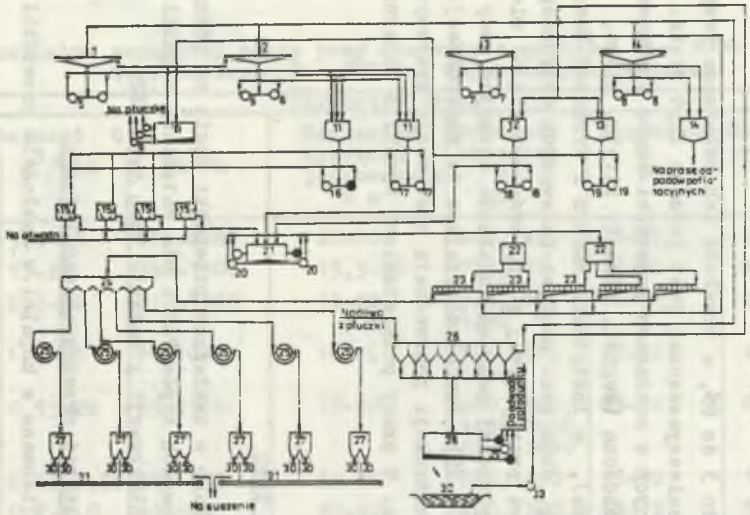
Opracowane pompy obecnie stosowane w zakładach przeróbki węgla w zasadzie zabezpieczają potrzeby kopalń, a pod względem typów i wielkości, rozwiązań konstrukcyjnych oraz zakresów pracy nie różnią się w zasadzie od pomp budowanych za granicą dla podobnych celów [16].
Natomiast pod względem trwałości, sprawności i ciężarów pompy wymagają jeszcze ciągle poprawy.
Sprawności pomp są niższe o około 3 do 8%, a trwałość ich zwłaszcza przy transporcie wody mechanicznie zanieczyszczonej jest jeszcze zbyt niska. Ponieważ większość pomp stosowanych w zakładach przeróbki węgla transportuje wodę mechanicznie zanieczyszczoną (węgiel, piasek, piryty, glina, iły itp. o różnej średnicy ziarna), w Instytucie Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej, obok prac naukowo-badawczych dotyczących optymalnego ukształtowania części przepływowej pomp, prowadzi się od wielu lat badania nad zwiększeniem odporności pomp na działanie erozyjne wody mechanicznie zanieczyszczonej [17-29]. Prace zmierzające do modernizacji pomp oraz opracowania nowych konstrukcji poprzedzają obserwacje wybranych pomp w zakładach przeróbki węgla. W pracy przedstawiono wyniki z ostatniego okresu badań.

## 3. Zakres obserwacji i badań pomp

Obserwacje i badania realizowano w zakładach przeróbki węgla na różnych typach pomp, a szczególnie na pompach typów PŁP i OŁ. Natomiast w publikacji przedstawiono tylko wyniki obserwacji i badania pomp typu PŁP.

### 3.1. Instalacja pompowa, na której przeprowadzono badania

Obserwacje ruchowe pomp zrealizowano w kopalni w zakładzie przeróbki węgla [30÷32].
Celem badań było uzyskanie informacji dla modernizacji bądź opracowania bardziej nowoczesnych konstrukcji pomp dla zakładów przeróbki węgla, które w przyszłości zastąpią obecnie stosowane pompy. W szczególności uzyskano pogląd, które z elementów konstrukcyjnych pomp ulegają największemu zużywaniu się podczas pracy. Obserwacje przeprowadzono na pompach typu PŁP-150 i PŁP-250 zainstalowanych w pięciu węzłach technologicznych zakładu przeróbki węgla (rys. 2).
Badane pompy typu PŁP-150 (poz. 5) są zainstalowane pod odmulnikami typu "Dorra". Pompy te przepompowują ciecz o zagęszczeniu 160 g/dm$^3$ i średnicy ziarna $\delta_s$ = 0 do 5 mm do zbiornika (poz. 11). Natomiast pompy PŁP-250

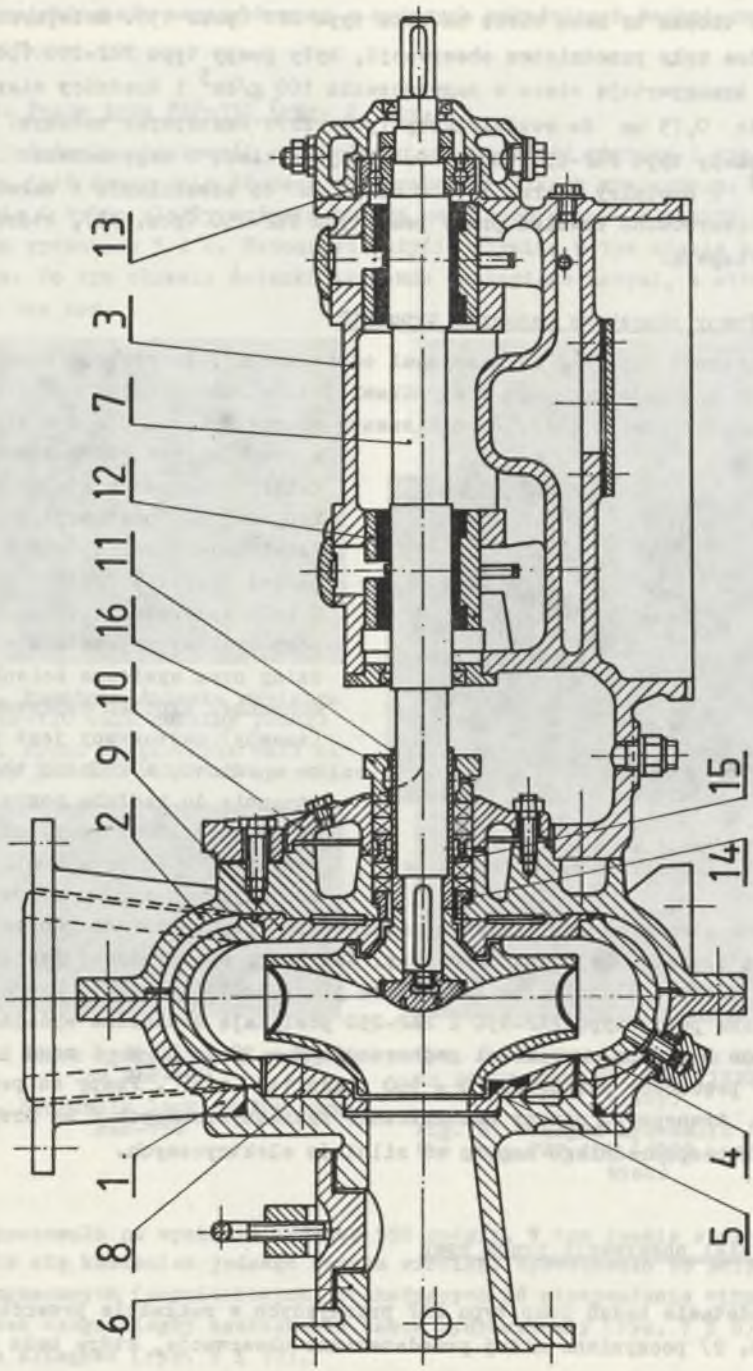


Rys. 2. Zakład przeróbki węgla (schemat flotacji węgla)

Fig. 2. Coal processing (coal flotation diagram)

+ - Pompy typu OŁ-150, w których badano zużycie wirnika
• - Pompy typu PŁP, w których przeprowadzono obserwacje

1, 2, 3, 4 - Odmulnik
5,6 - Pompa PŁP-150
7, 8 - Pompa OŁ-150
9 - Pompy PŁ-500
10 - Rząpie pomp głównych
11 - Zbiorniki
12, 13 - Zbiornik wody czystej
14 - Rząpie odpadów poflotacyjnych
15 - Siła SWS
16, 17, 33 - Pompa PŁP-250
18, 19 - Pompa OŁ-150
20 - Pompy PŁP-250
21 - Rząpie nadawy do flotacji
22 - Rozdzielacz
23 - Flotowniki
24 - Kolektor nadawy przed filtrami
25 - Filtry tarczowe FTB-6
26 - Osadnik szeregowy
27 - Zbiorniki flotokoncentratu
28 - Rząpie
29 - Pompy PŁP-250
30 - Dozowniki talerzowe
31 - Przenośniki taśmowe
32 - Osadnik ziemny

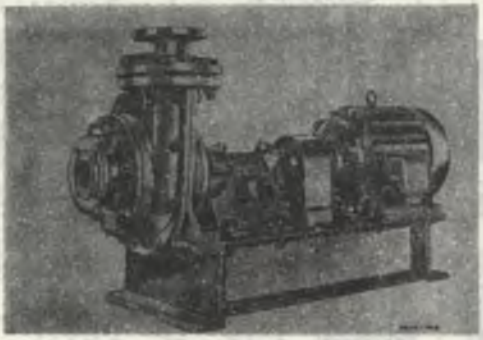



Rys. 3. Pompa wirowa typu PŁP
Fig. 3. Impeller pump of PŁP type

(poz. 16) tłoczą tę samą ciecz na sita typu SWS (poz. 15). Kolejnymi pompami, które były przedmiotem obserwacji, były pompy typu PŁP-250 (poz. 20). Pompy te transportują ciecz o zagęszczeniu 100 $g/dm^3$ i średnicy ziarna $\delta_s = 0$ do 0,75 mm do rozdzielaczy (poz. 22). Następnymi badanymi pompami były pompy typu PŁP-250 (poz. 29) podające ciecz o zagęszczeniu 320 $g/dm^3$ i średnicy ziarna $\delta_s = 0$ do 50 mm do odwadniania i załadunku. Ponadto obserwowano również pracę pomp typu PŁP-250 (poz. 33), które tłoczą wodę czystą.

### 3.2. Pompy płuczkowe pancerne typu PŁP

Pompy wirowe typu PŁP są maszynami odśrodkowymi, jednostopniowymi, budowanymi w układzie poziomym z wirnikami jednostrumieniowymi zamkniętymi dwukanałowymi (rys. 3 i 4). Jako elementy odprowadzające ciecz z wirnika w pompach typu PŁP zastosowano kanały zbiorcze o stałym przekroju. Pompy posiadają kadłuby dzielone w płaszczyźnie prostopadłej do osi podłużnej pompy. W celu zwiększenia trwałości pomp kadłuby wyposażono w wykładziny oraz wymienne ścianki ochronne. Króciec dopływowy (ssawny) usytuowany jest poziomo - osiowo, a króciec tłoczny stycznie do kadłuba pompy pionowo ku górze. Wał pompy ułożyskowany jest w łożyskach ślizgowych znajdujących się we wsporniku.



Rys. 4. Pompa wirowa typu PŁP
Fig. 4. Impeller pump of PŁP type

Dla zrównoważenia naporu osiowego zastosowano łożysko toczne. Łożyska smarowane są olejem. Olej jest chłodzony. Wał pompy wyprowadzony jest z kadłuba pompy poprzez dławnicę ze szczeliwem plastycznym i zamkiem hydraulicznym. Badane pompy typu PŁP-150 i PŁP-250 posiadają nominalne wydajności $Q = 2,4$ do 9 $m^3/min$, wysokości podnoszenia $H = 20$ do 50 m i mogą pracować przy prędkości obrotowej $n = 960$ bądź 1450 $min^{-1}$. Pompy są przeznaczone do transportu cieczy mechanicznie zanieczyszczonych i są przystosowane do bezpośredniego napędu od silników elektrycznych.

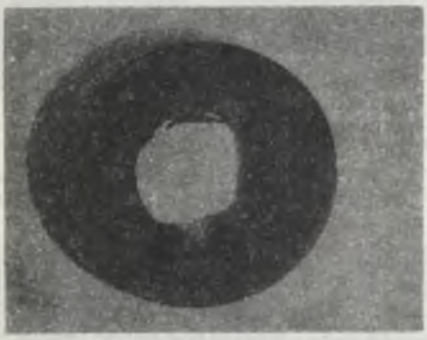
## 4. Wyniki obserwacji pracy pomp

Na podstawie badań pomp typu PŁP pracujących w zakładzie przeróbki węgla (rys. 2) poczyniono niżej przedstawione obserwacje, które będą ułatwia-

ły zaprojektowanie nowszych pomp o wyższych wskaźnikach techniczno-ekonomicznych.

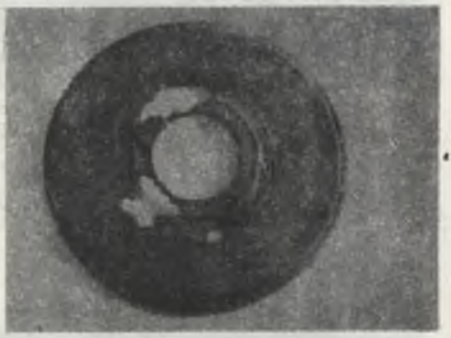
4.1. Pompa typu PŁP-150 (rys. 2. poz. 5)

Na podstawie obserwacji stwierdzono, że trwałość wirnika i wykładziny kadłuba jest dwukrotnie dłuższa od trwałości ścianek wymiennych. Ścianka przednia i tylna uległy zużyciu po 624 godzinach pracy. Elementy te pokazano na rysunkach 5 i 6. Natomiast zużycie wirnika w tym czasie było nieznaczne. Po tym okresie ścianki wymienne zastąpiono nowymi, a wirnik pozostał ten sam.



Rys. 5. Przednia ścianka wymienna typu PŁP-150 (624 godziny pracy)

Fig. 5. Front replaceable wall of the pump PŁP-150 (624h of operation)



Rys. 6. Tylna ścianka wymienna pompy typu PŁP-150 (624 godziny pracy)

Fig. 6. Back replaceable wall of the pump PŁP-150 (624h of operation)

Rys. 7. Zamek hydrauliczny pompy typu PŁP-150

Fig. 7. Hydraulic lock of the pump PŁP-150

Rys. 8. Uszkodzony zamek hydrauliczny pompy typu PŁP-150 (1222 godziny pracy)

Fig. 8. Damaged hydraulic lock of the pump PŁP-150 (1222 h of operation)

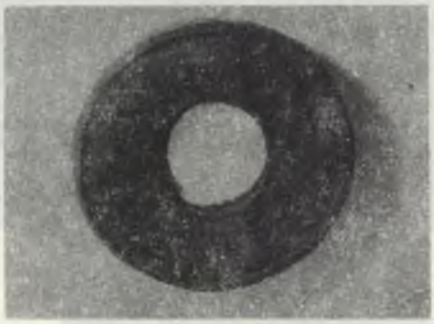
Pompa pracowała po wymianie ścianek 598 godzin. W tym czasie stwierdzono zatkanie się kamieniem jednego kanału wirnika. Spowodowało to zwiększenie sił poprzecznych (promieniowych) pochodzących od niewyważenia wirnika, na skutek czego uległy uszkodzeniu zamek hydrauliczny (rys. 7 i 8) oraz łożyska ślizgowe (rys. 9 i 10).

Rys. 9. Zużyte łożysko ślizgowe odsprzęgłowe pompy typu PŁP-150 (1222 godziny pracy

Fig. 9. Worn slide bearing of the pump PŁP-150 (1222 h of operation)

Rys. 10. Zużyte łożysko ślizgowe kusprzęgłowe pompy typu PŁP-150 (1222 godziny pracy)

Fig. 10. Worn slide bearing of the pump PŁP-150 (1222 h of operation)



Rys. 11. Przednia ścianka wymienna pompy typu PŁP-150 (598 godzin pracy)

Fig. 11. Front replaceable wall of the pump PŁP-150 (598 hours of operation)

Rys. 12. Tylna ścianka wymienna pompy typu PŁP-150 (598 godzin pracy

Fig. 12. Back replaceable wall of the pump PŁP-150 (598 hours of operation)

Powyższe uszkodzenia spowodowały konieczność demontażu pompy i kontroli.

Stwierdzono, że wewnętrzne wymienne ścianki (przednia i tylna) muszą zostać wymienione (rys. 11 i 12), a końce łopatek wirnika po 1222 godzinach pracy są zniszczone i zużyte (rys. 13). Wykładzina kadłuba uległa zużyciu po 1222 godzinach pracy. Uszkodzeniu uległy zwłaszcza język kierownicy (rys. 14) oraz miejsca, gdzie występowało osłabienie tworzywa konstrukcyjnego wywołane względami odlewniczymi (rys. 15).

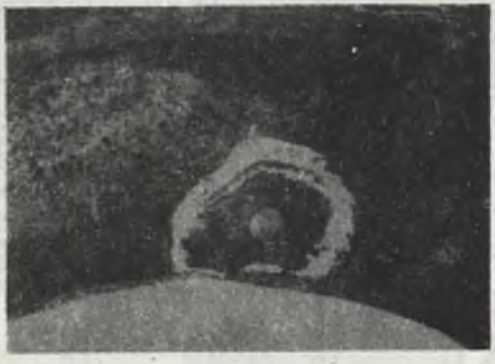
Przy przeglądzie pompy zauważono również nieprawidłowości w smarowaniu łożyska wzdłużnego (zatkanie kanałów) oraz chłodzenia (również zatkanie

Rys. 13. Wirnik pompy typu PŁP-150 (1222 godziny pracy)

Fig. 13. Impeller of the pump PŁP-150 (1222 hours of operation)

Rys. 14. Wykładzina kadłuba pompy typu PŁP-150 ze śladami zużycia języka (1222 godziny pracy)

Fig. 14. Lining of the pump PŁP-150 wear (1222 h of operation)



Rys. 15. Wykładzina kadłuba pompy typu PŁP-150 z uszkodzeniem spowodowanym miejscowym osłabieniem tworzywa konstrukcyjnego (1222 godziny pracy)

Fig. 15. Lining of the pump frame of the pump PŁP-150 with a defect caused by local weakening of the construction material (1222 hours of operation

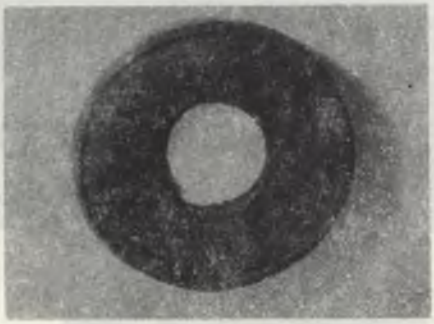
kanałów). Zagadnienie to przy projektowaniu nowych pomp powinno być przedmiotem dokładnej analizy i właściwego rozwiązania. Tuleja ochronna wału w powyższym okresie obserwacji nie wykazywała uszkodzeń. Dane techniczne dotyczące najczęściej zużywających się elementów konstrukcyjnych pomp typu PŁP-150 podano w tablicy 3.

Rys. 9. Zużyte łożysko ślizgowe odsprzęgłowe pompy typu PŁP-150 (1222 godziny pracy

Fig. 9. Worn slide bearing of the pump PŁP-150 (1222 h of operation)

Rys. 10. Zużyte łożysko ślizgowe kusprzęgłowe pompy typu PŁP-150 (1222 godziny pracy)

Fig. 10. Worn slide bearing of the pump PŁP-150 (1222 h of operation)



Rys. 11. Przednia ścianka wymienna pompy typu PŁP-150 (598 godzin pracy)

Fig. 11. Front replaceable wall of the pump PŁP-150 (598 hours of operation)

Rys. 12. Tylna ścianka wymienna pompy typu PŁP-150 (598 godzin pracy

Fig. 12. Back replaceable wall of the pump PŁP-150 (598 hours of operation)

Powyższe uszkodzenia spowodowały konieczność demontażu pompy i kontroli.

Stwierdzono, że wewnętrzne wymienne ścianki (przednia i tylna) muszą zostać wymienione (rys. 11 i 12), a końce łopatek wirnika po 1222 godzinach pracy są zniszczone i zużyte (rys. 13). Wykładzina kadłuba uległa zużyciu po 1222 godzinach pracy. Uszkodzeniu uległy zwłaszcza język kierownicy (rys. 14) oraz miejsca, gdzie występowało osłabienie tworzywa konstrukcyjnego wywołane względami odlewniczymi (rys. 15).

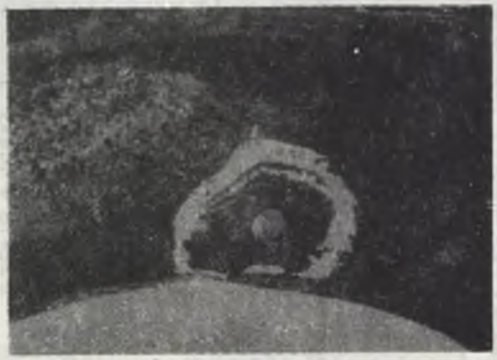
Przy przeglądzie pompy zauważono również nieprawidłowości w smarowaniu łożyska wzdłużnego (zatkanie kanałów) oraz chłodzenia (również zatkanie

Rys. 13. Wirnik pompy typu PŁP-150 (1222 godziny pracy)

Fig. 13. Impeller of the pump PŁP-150 (1222 hours of operation)

Rys. 14. Wykładzina kadłuba pompy typu PŁP-150 ze śladami zużycia języka (1222 godziny pracy)

Fig. 14. Lining of the pump PŁP-150 wear (1222 h of operation)



Rys. 15. Wykładzina kadłuba pompy typu PŁP-150 z uszkodzeniem spowodowanym miejscowym osłabieniem tworzywa konstrukcyjnego (1222 godziny pracy)

Fig. 15. Lining of the pump frame of the pump PŁP-150 with a defect caused by local weakening of the construction material (1222 hours of operation

kanałów). Zagadnienie to przy projektowaniu nowych pomp powinno być przedmiotem dokładnej analizy i właściwego rozwiązania. Tuleja ochronna wału w powyższym okresie obserwacji nie wykazywała uszkodzeń. Dane techniczne dotyczące najczęściej zużywających się elementów konstrukcyjnych pomp typu PŁP-150 podano w tablicy 3.

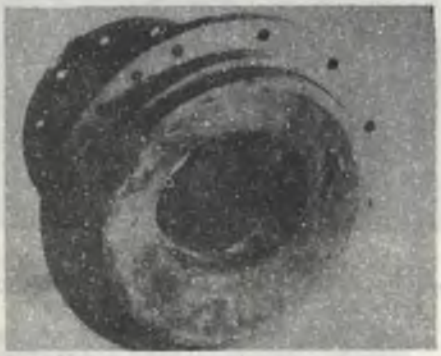
Tablica 3

Elementy pomp typu PŁP najczęściej zużywające się

| Poz. | Nazwa elementu | Typ pompy | Tworzywo konstrukcyjne | Czas pracy elementu | Warunki pracy |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | wirnik<br>ścianki wymienne<br>wykładzina kadłuba<br>panewki | PŁP-150 | ZsP55-f<br>LH-15<br>ZsP55-f<br>Żl-18 + biały metal | 1222<br>624<br>1222<br>1222 | zawiesina węglowa o średnicy ziarn $\delta_s$ = 0 do 5 mm, zagęszczenie 160 g/dm$^3$ $H_{gt}$ = 20 m, n = 1450 min$^{-1}$, praca pompy z napływem (rys. 2, poz. 5) |
| 2 | wirnik<br>ścianki wymienne<br>wykładzina kadłuba<br>panewki | PŁP-250 | ZsP55-f<br>ZsP55-f<br>ZsP55-f<br>Żl-18 + biały metal | 1872<br>1872<br>1872<br>1872 | zawiesina węglowa o średnicy ziarn $\delta_s$ = 0 do 5 mm i zagęszczeniu 160 g/dm$^3$, $H_{gt}$ = 12 m, n = 900 min$^{-1}$, praca pompy, z napływem (rys. 2, poz. 16) |
| 3 | wirnik<br>ścianki wymienne<br>wykładzina kadłuba<br>panewki | PŁP-250 | LH-15<br>LH-15<br>LH-15<br>Żl-18 + biały metal | 648<br>648<br>648 | zawiesina węglowa o średnicy ziarn $\delta_s$ = 0 do 0,75 mm i zagęszczeniu 100 g/dm$^3$, $H_{ht}$ = 25 m, n = 1450 min$^{-1}$, praca pompy z napływem (rys. 2, poz. 20) |
| 4 | wirnik<br>ścianki wymienne<br>wykładzina kadłuba<br>panewki | PŁP-250 | LH-15<br>LH-15<br>ZsP55-f<br>Żl-18 + biały metal | 468<br>468<br>936<br>468 | zawiesina węglowa o średnicy ziarn $\delta_s$ = = 0 do 50 mm i zagęszczeniu 320 g/dm$^3$, $H_{gt}$ = 24 m, n = 1450 min$^{-1}$, praca pompy z napływem (rys. 2, poz. 29) |
| 5 | wirnik<br>ścianki wymienne<br>wykładzina kadłuba<br>panewki<br><br>tuleja ochronna wału | PŁP-250 | ZsP55-f<br>ZsP55-f<br>ZsP55-f<br>Żl-18 + biały metal<br><br>Żl-15 | 9048<br>9048<br>9048<br>9048<br><br>9048 | woda przemysłowa czysta, praca pompy z ssaniem $H_{gt}$ = 21 m, n = 1450 min$^{-1}$, (rys. 2, poz. 33) |

4.2. Pompa typu PŁP-250 (rys. 2, poz. 16)

Badana pompa typu PŁP-250 transportowała tę samą ciecz, którą tłoczyła pompa typu PŁP-150. Pompa pracowała 1872 godziny. Po tym czasie stwierdzono zużycie króćca dopływowego (ssawnego), (rys. 16) i tylnej ścianki wymiennej w części górnej (rys. 17). Zużycie wirnika przebiegało w sposób podobny jak w pompie typu PŁP-150 (rys. 18), trwałość wirnika jednak była większa i czas jego pracy był dłuższy o 650 godzin (tablica 3). Na podstawie obserwacji stwierdzono, że dłuższy czas pracy wirnika był spowodowany mniejszą geometryczną wysokością ssania oraz dławieniem układu pompowego na wypływie przewodu tłocznego przez konfuzor.



Rys. 16. Przednia ścianka wymienna z króćcem dopływowym (ssawnym) pompy typu PŁP-150 (1872 godziny pracy)

Fig. 16. Front replaceable wall with influx (suction) pipe of the pump PŁP-150 (1872 h of operation)

Rys. 17. Tylna ścianka wymienna pompy typu PŁP-250 (1872 godziny pracy)

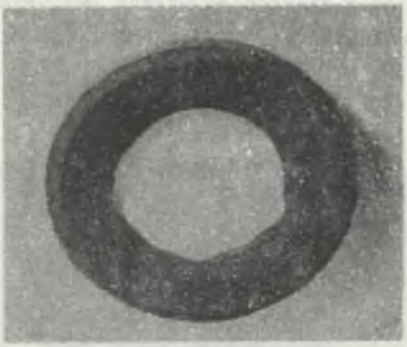
Fig. 17. Back replaceable wall of the pump PŁP-250 (1872 h of operation)

Rys. 18. Wirnik pompy typu PŁP-250 (1872 godziny pracy)

Fig. 18. Impeller of the pump PŁP-250 (1872 h of operation)

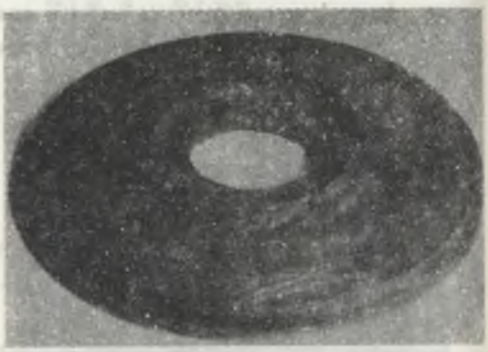
4.3. Pompa typu PŁP-250 (rys. 2, poz. 20)

Na podstawie obserwacji w pompie typu PŁP-250 zauważono po 648 godzinach pracy znaczne zużycie ścianek wymiennych oraz wirnika (tablica 3). Przednia ścianka wymienna zużywała się równomiernie (rys. 19), a tylna ścianka wymienna wykazywała miejscowe zużycia w górnej części (rys. 20) w okolicy języka kadłuba. Ślady zużycia wirnika są charakterystyczne dla pracy przy pompowaniu cieczy o małej średnicy ziarn ciała stałego (rysunek 21).



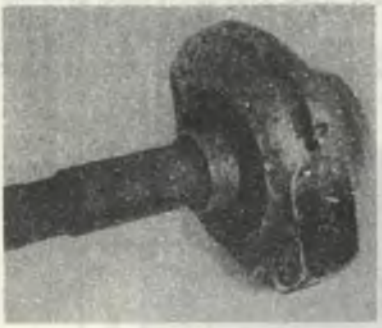
Rys. 19. Przednia ścianka wymienna pompy typu PŁP-250 (648 godzin pracy)

Fig. 19. Front replaceable wall of the pump PŁP-250 (648 h of (operation)



Rys. 20. Tylną ścianka wymienna pompy typu PŁP-250 (648 godzin pracy)

Fig. 20. Back replaceable wall of the pump PŁP-250 (648 h of operation)



Rys. 21. Wirnik pompy typu PŁP-250 (648 godzin pracy

Fig. 21. Impeller of the pump PŁP-250 (648 h of operation)

Stwierdzono zatykanie się kanałów odciążających wirnika, w wyniku czego następowało uszkodzenie dławnicy i łożyska wzdłużnego. Ponadto zatykanie się kanałów odciążających wirnika powodowało drgania pompy spowodowane brakiem wyważenia. Z powyższych stwierdzeń wynika, że w momencie zauważenia drgań opisanych i uszkodzeń należy pompę zatrzymać i skontrolować wnętrze kadłuba pompy (ścianki), a zwłaszcza stan wirnika. W przypadku dalszej eksploatacji wszystkie pozostałe elementy ulegną zniszczeniu i trzeba je wymienić.

4.4. Pompa typu PŁP-250 (rys. 2, poz. 29)

W pompie typu PŁP-250 zainstalowanej w układzie podającym ciecz zawierającą rozdrobnione ciała stałe do odwadniania i załadunku stwierdzono po 468 godzinach pracy całkowite zużycie wirnika (rys. 22).

Rys. 22. Wirnik pompy typu PŁP-250 (468 godzin pracy)

Fig. 22. Impeller of the pump PŁP-250 (468 h of operation)

Natomiast porównując zużycie ścianek wymiennych tej pompy ze ściankami wymiennymi pomp pracujących w innych układach pompowych można stwierdzić, że są one mniejsze (tablica 3). Wymienne ścianki przednia (rys. 23) i tylna (rys. 24) są zużyte równomiernie. Natomiast w wykładzinie kadłuba (rys. 25) częściowo zużyty jest język i miejsce wokół niego.

W porównaniu z innymi pompami można stwierdzić, że im w pompowanej cieczy ziarna są o większych średnicach, większym ciężarze właściwym, a ciecz jest o większym zagęszczeniu, to przy maksymalnej wydajności

Rys. 23. Przednia ścianka wymienna pompy typu PŁP-250 (468 godzin pracy)

Fig. 23. Front replaceable wall of the pump PŁP-250 (468 h of operation)

Rys. 24. Tylna ścianka wymienna pompy typu PŁP-250 (468 godzin pracy)

Fig. 24. Back replaceable wall of the pump PŁP-250 (468 h of operation)

pompy i większej wysokości podnoszenia czas zużycia wirnika jest znacznie krótszy. W pompie tej na skutek błędów wykonawczych i montażowych zaobserwowano przedostawanie się zanieczyszczonej wody pomiędzy tuleją ochronną a wałem. Przeciekająca woda uszkodziła uszczelnienie misy olejowej (pierś-

Rys. 25. Wykładzina kadłuba pompy typu PŁP-250 ze śladami zużycia (468 godzin pracy)

Fig. 25. Lining of the frame of the pump PŁP-250 with traces of wear (468 h of operation)

cień Simmera). Wyciek oleju spowodował szybsze zużycie się panewek i zatarcie się łożyska wzdłużnego. Ponadto ustalono odkręcenie się nakrętki mocującej wirnik, a następnie jego zsunięcie się z wału. Zaznaczyć należy, że nakrętka ochronna nie była odkręcona.

Z podanych spostrzeżeń wynika wskazanie dla wytwórni, że montaż pomp powinien być staranniejszy, a dla konstruktorów opracowujących nowe pompy, by przewidzieć inne bardziej pewne rozwiązanie konstrukcyjne umocowania wirnika na wale.

4.5. Pompa typu PŁP-250 (rys. 2, poz. 33)

Pompa typu PŁP-250 zainstalowana w tym układzie pompuje czystą wodę. Po 9048 godzinach pracy stwierdzono poprzeczne (promieniowe) drganie wału pompy spowodowane zużywaniem się panewek łożysk ślizgowych (tablica 3). Zużywanie się panewek następowało stopniowo przez ścieranie i łuszczenie się białego metalu (rys. 26 i 27). Wymienne ścianki przednia i tylna zużywały się równomiernie na całej powierzchni (rys. 28 i 29). Wirnik (rysunek 30) zużywał się stopniowo na całej swej części wewnętrznej. Na części zewnętrznej nie stwierdzono żadnych śladów zużycia. Wewnątrz wirnika stwierdzono jedno miejsce zużycia, które wynika z osłabienia tworzywa. Pozostałe elementy konstrukcyjne pompy nie wykazywały uszkodzeń i nadawały się do dalszej eksploatacji.

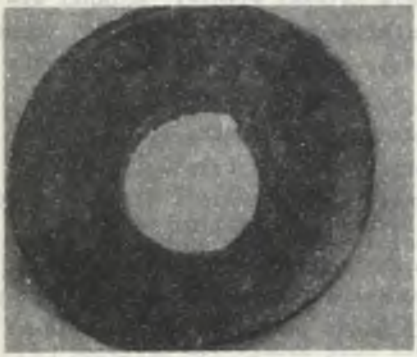
Można więc stwierdzić, że w przypadku pompowania czystej wody zużyciu w pierwszej kolejności ulegają łożyska ślizgowe. Natomiast elementy części przepływowej pompy zużywają się w niewielkim stopniu przy odpowiednich tworzywach konstrukcyjnych.

Rys. 26. Zużyte łożysko ślizgowe odsprzęgłowe pompy typu PŁP-250 (9048 godzin pracy)

Fig. 26. Worn slide bearing of the pump PŁP-250 (9048 h of operation)

Rys. 27. Zużyte łożysko kusprzęgłowe pompy typu PŁP-250 (9048 godzin pracy)

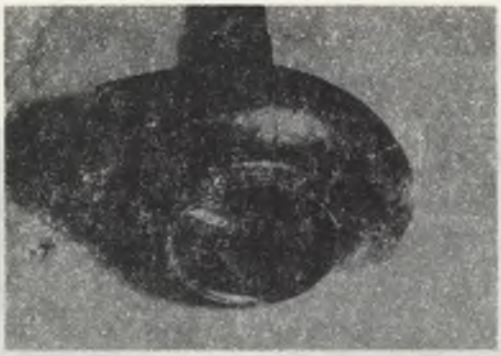
Fig. 27. Worn slide bearing of the pump PŁP-250 (9048 h of operation)



Rys. 28. Przednia ścianka wymienna pompy typu PŁP-250 (9048 godzin pracy)

Rys. 29. Tylna ścianka wymienna pompy typu PŁP-250 (9048 godzin pracy)

Fig. 29. Back replaceable wall of the pump PŁP-250 (9048 h of operation)



Rys. 30. Wirnik pompy typu PŁP-250 (9048 godzin pracy
Fig. 30. Impeller of the pump PŁP-250 (9048 h of operation)

## 5. Wnioski i uwagi

Na podstawie przeprowadzonych obserwacji i badań można podać następujące wnioski i uwagi:

- Wzrost średnicy ziarn, zagęszczenia cieczy oraz wydajności powoduje szybsze zużywanie elementów konstrukcyjnych pomp.
- Do elementów najczęściej zużywających się należą: wirniki, ścianki wymienne, wykładziny kadłuba oraz łożyska ślizgowe. W przypadku gdy pompa tłoczy czystą wodę w pierwszej kolejności, ulegają uszkodzeniu łożyska ślizgowe.
- W większości przypadków trwałość wykładziny oraz wirnika była prawie dwukrotnie większa od trwałości ścianek wymiennych kadłuba. Przy czym tylna ścianka wymienna wykazywała większe zużycie aniżeli ścianka przednia.
- W niektórych przypadkach zaobserwowano, że na tylnej ściance wymiennej występują dwa miejsca, w których następuje początek zużycia tego elementu konstrukcyjnego. Należy więc zwrócić uwagę na technologię wykonania tego elementu.
- Stwierdzono, że przy pompowaniu cieczy zawierającej ciała stałe o małej średnicy ziarna zatkaniu ulegały kanały odciążające wirnika. Fakt ten powodował brak odciążenia dławnicy i jej szybkie zużywanie oraz wzrost siły osiowej, a tym samym możliwość uszkodzenia łożyska tocznego kulkowego.
- W przypadku gdy w cieczy znajdują się ciała stałe o większej średnicy ziarn, zaobserwowano zatykanie się kanałów wirnika. Ten stan doprowadza najczęściej do uszkodzenia łożysk ślizgowych i dławnicy na skutek wzrostu dynamicznych sił poprzecznych (promieniowych), które powodują niewyważenie zespołu wirującego.

- W zależności od rozmiarów ciał stałych, znajdujących się w pompowanej cieczy, można stwierdzić również, że w przypadku zanieczyszczeń ciałami stałymi o mniejszej średnicy ziarn, zużyciu ulegają przede wszystkim ścianki kadłuba. Natomiast gdy pompowana ciecz zawiera ciała stałe o większej średnicy ziarn, zużyciu ulega głównie wirnik.
- Uszkodzenie przedniej ścianki wymiennej w pobliżu szyi wirnika, a w szczególności wirnika powoduje pogorszenie warunków pracy na ssaniu oraz obniżenie parametrów pracy.
- Ustalono, że przyczyną uszkodzeń łożysk jest nieraz brak dostatecznego smarowania na skutek zatykania się "kanalików" doprowadzających.
- W obecnym rozwiązaniu konstrukcyjnym pomp trudne jest oczyszczanie kanałów wodnych służących do chłodzenia łożysk oraz misy olejowej.
- W przypadku stwierdzenia drgań poprzecznych wału należy skontrolować wirnik (czy nie są zatkane kanały wirnika) i stopień jego zużycia. Należy zużyty wirnik wymienić, a luźne panewki usztywnić wkrętami dociskowymi.
- Przy drganiach poprzecznych (promieniowych) wału w pobliżu łożyska wzdłużnego powinno się zatrzymać pompę, skontrolować łożysko, dokręcić nakrętkę na wale, sprawdzić sprzęgło oraz wymienić pierścienie uszczelniające.
- W przypadku częstego zużywania się szczeliwa w dławnicy, należy skontrolować tuleję dławnicy, czy nie wiruje razem z wałem, położenie zamka hydraulicznego oraz drożność kanałów i instalacji wody uszczelniającej.

LITERATURA

[1] Zarzycki M.: Obecny stan oraz kierunki w badaniach, konstrukcji i budowie pomp dla górnictwa. Przegląd Mechaniczny 13, Warszawa 1963.

[2] Zarzycki M.: Zagadnienie pomp w krajowym przemyśle węglowym. ZN Pol.Śl. Energetyka 27, Gliwice 1967/68.

[3] Zarzycki M.: Erfahrungen beim Einsatz von Pumpen bei der hydraulischen Kohlenförderung, Internationale Technische Wisenschaftliche Tagung des Industriezweiges Pumpen und Verdichter, Leipzig-Markkleeberg 1961.

[4] Zarzycki M.: Neue konstruktion im Pumpenbau für den hydraulischen Kohlentransport, II Konferenz für Strömungsmaschinen, Budapest 1966.

[5] Zarzycki M.: Wyniki prac naukowo-badawczych i konstrukcyjnych oraz tendencje rozwojowe pompowego hydraulicznego transportu węgla, ZN Pol. Śl. Energetyka 25, Gliwice 1967.

[6] Zarzycki M.: Neue Probleme beim hydraulischen Steinkohlen transport, Symposium Pumpen für die Industrie, Leipzig 1967.

[7] Zarzycki M., Żukowski E.: Prace konstrukcyjno-badawcze nad pompami wirowymi dla hydraulicznego transportu węgla, ZN Pol. Śl. Energetyka 66, Gliwice 1978.

[8] Zarzycki M.: Współczesne rozwiązania konstrukcyjne pomp dla transportu hydraulicznego węgla, Sympozjum - Problemy rozwoju maszyn i urządzeń transportu w górnictwie. Komitet Górnictwa PAN, Zarząd Główny SITG, Kraków 1978.

[9] Zarzycki M., Gauze H.: Zagadnienie odwadniania dna szybowego w czasie głębienia. Konferencja naukowo-techniczna, Komitet Górnictwa PAN, Zarząd Główny SITG, Kokotek k. Lublińca 1980.

[10] Zarzycki M.: Über Pumpen zur hydraulischen Kohlenförderung, Hydromechanisation 3, Miskolc-Egyetemváros, 24-26, 1983.

[11] Zarzycki M.: Problem pomp stosowanych w górnictwie węglowym, Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa 4-5, Czasopismo naukowo-techniczne, Katowice 1983.

[12] Zarzycki M.: Pompy dla płuczek węgla. ZN Pol. Śl. Górnictwo 21, Gliwice 1967.

[13] Zarzycki M.: Nowe rozwiązania konstrukcyjne pomp wirowych dla cieczy mechanicznie zanieczyszczonych oraz wyniki badań pompy typu PH-100, ZN Pol. Śl. Górnictwo 64, Gliwice 1974.

[14] Zarzycki M., Grychowski J.: Nowe konstrukcje pomp wirowych dla cieczy mechanicznie zanieczyszczonych oraz wyniki badań pomp typu PG. ZN Pol. Śl. Górnictwo 78, Gliwice 1977.

[15] Katalogi Pomp Przemysłowych: WEMA, Zabrzańskiej Fabryki Maszyn Górniczych POWEN, Zakładów Konstrukcyjno-Mechanizacyjnych Przemysłu Węglowego z lat 1960-1983.

[16] Katalogi wytwórców: Sigma, Denwer, Wilfley, Humbolt, Wedag, Ateliers de Construction d'Ensival, Ieumont-Schneider, Vacseal Pumps, GEC-Elliot Mechanical Handling Ltd, Weise-Monski i inne z lat 1978 do 1983.

[17] Zarzycki M.: Influence of the pump material on service life of the impellers of rotodynamic pumps at transport of mechanically impure fluids, Proceedings of the third conference on fluid mechanic and fluid machinery, Budapest 1969.

[18] Zarzycki M., Grychowski J., Rokita J.: Kompleksowe badanie trwałości materiałów stosowanych w budowie pomp w warunkach zagrożenia korozyjnego, erozyjnego i kawitacyjnego, część I, Katedra Maszyn Hydraulicznych i Powietrznych Politechniki Śląskiej, Gliwice 1971.

[19] Zarzycki M., Grychowski J., Rokita J.: Kompleksowe badania trwałości materiałów stosowanych w budowie pomp w warunkach zagrożenia korozyjnego, erozyjnego i kawitacyjnego, część II, Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej, Gliwice 1971.

[20] Zarzycki M., Grychowski J., Rokita J., Lamboj J.: Kompleksowe badanie trwałości materiałów stosowanych w budowie pomp w warunkach zagrożenia korozyjnego, erozyjnego i kawitacyjnego, część III - Kawitacja, Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej, Gliwice 1972.

[21] Zarzycki M., Grychowski J., Rokita J., Lamboj J.: Kompleksowe badania trwałości materiałów stosowanych w budowie pomp w warunkach zagrożenia korozyjnego, erozyjnego i kawitacyjnego, część III - Korozja, Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej, Gliwice 1972.

[22] Zarzycki M., Grychowski J., Korczak A., Lamboj J.: Kompleksowe badanie trwałości materiałów stosowanych w budowie pomp w warunkach zagrożenia korozyjnego, erozyjnego i kawitacyjnego, część IV, Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej, Gliwice 1973.

[23] Zarzycki M., Grychowski J., Korczak A.: Kompleksowe badanie trwałości materiałów stosowanych w budowie pomp w warunkach zagrożenia korozyjnego, erozyjnego i kawitacyjnego, część V, Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej, Gliwice 1974.

[24] Zarzycki M., Grychowski J., Korczak A., Czepiel J.: Kompleksowe badanie trwałości materiałów stosowanych w budowie pomp w warunkach zagrożenia korozyjnego, erozyjnego i kawitacyjnego, część VI, Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej, Gliwice 1975.

[25] Zarzycki M., Grychowski J., Korczak A., Gontarczuk Z., Jura S., Czepiel J.: Kompleksowe badanie trwałości materiałów stosowanych w budowie pomp w warunkach zagrożenia korozyjnego, erozyjnego i kawitacyjnego, część VII, Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej, Gliwice 1975.

[26] Zarzycki M., Siwicki J.: Erozyjna odporność wybranych tworzyw konstrukcyjnych stosowanych w budowie pomp dla górnictwa, ZN Pol. Śl. Energetyka 52, Gliwice 1974.

[27] Zarzycki M., Niemas L.: Wyniki badań odporności próbek z wybranych tworzyw konstrukcyjnych na niszczenie erozyjne w uniwersalnym urządzeniu badawczym. ZN Pol. Śl. Energetyka 62, Gliwice 1978.

[28] Korczak A., Sokołowski J.: Badania odporności żeliw stopowych na erozję piaskową w pompie wirowej. IV Międzynarodowe Seminarium "Transport i Sedymentacja Cząstek Stałych", Wrocław - Trzebieszowice, 25-28.09.80.

[29] Rokita J.: Kryterium oceny pomp do cieczy zanieczyszczonych i zawierających ciała stałe. Materiały V Konferencji "Technologia Maszyn Przepływowych" (w druku).

[30] Kwaśniewicz S., Marcol E.: Praca dotycząca uszkodzeń w pompach stosowanych w zakładach przeróbki węgla (praca dyplomowa). Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej, Gliwice 1979.

[31] Zarzycki M., Grychowski J.: Wyniki obserwacji i analiza zużycia pomp stosowanych w zakładach przeróbki węgla, Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej, Gliwice 1980.

[32] Zarzycki M., Grychowski J.: Zagadnienie zużycia erozyjnego pomp stosowanych w zakładach przeróbki węgla. Materiały IV Międzynarodowego Seminarium "Transport i Sedymentacja Cząstek Stałych", tom II, Wrocław-Trzebieszowice, 25-28.09.80.

Recenzent: Prof. dr inż. Włodzimierz SIKORA

Wpłynęło do Redakcji w sierpniu 1984 r.

## РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЙ НАСОСОВ ПРИМЕНЯЕМЫХ В ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИКАХ

Р е з ю м е

В работе представлены результаты исследования и наблюдения насосов применяемых в обогатительных фабриках, а также определен их износ при эксплуатации.

Из испытаний следует, что польские насосы типа ПЛП имеют коэффициент полезного действия от 3 до 8% меньше, чем подобные насосы применяемые за границей. Прочность насосов особенно при транспортировании загрязненной воды пока еще очень низкая.

Проведенные исследования работы насосов позволили установить, какие из конструктивных деталей быстрее изнашиваются и при каких жидкостях появляется потребность в замене деталей.

Исследования показали, что в большинстве случаев прочность обделки и ротора была почти в два раза выше прочности защитных стенок корпуса. При накачке жидкости, содержащец твердые тела малого диаметра закупоривались каналы ротора. Этот факт привел к очень быстрому износу сальника, а также к разрушению подшипников.

Исследования и наблюдения позволили уточнить результаты и предложения, направленные на повышение прочности этих насосов, а также по разработке новых конструкций.

## THE RESULTS OF OBSERVATIONS AND BESTING OF PUMPS USED COAL PREPARATION PLANTS

S u m m a r y

The results of observations and testing of pumps used in coal preparation plants have been presented and the state of pump wear during exploitation has been determined in the paper.

The results show that the efficiency of Polish pumps of type PŁP is lower at about 3 to 8% in comparison to similar pumps used abroad. Pump life is still too short, especially in transport of polluted water.

Testing of pump work allowed to determine which structural components undergo quicker wear and at which liquids the components must be replaced.

Testing showed that in most cases lining and rotor life was longer almost twice then the life of casing protective walls. During pumping of the liquid containing solid elements of small grain diameter the unloading chanels of the rotor choked. This fact caused a lack of stuffing box unloading, its quick wear and bearing damage.

Observations and testing allowed to draw conclusions aiming to the pump life increase in future modernization and new structure design.