

Dwuprzewodowe układy centralnego smarowania. Dobór elementów i podstawowych parametrów.

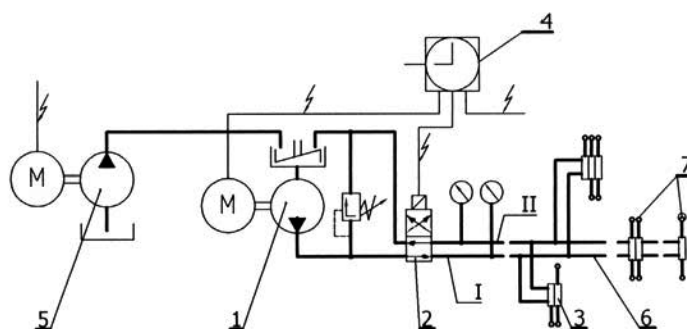
Aby układ smarowniczy zastosowany na maszynie lub urządzeniu technicznym mógł zapewnić skuteczne smarowanie muszą być dobrane do jego budowy odpowiednie elementy oraz ustalone inne wielkości warunkujące jego poprawne działanie. Prace przygotowawcze do zastosowania układu smarowniczego są realizowane w toku opracowania projektowego i obejmują następujące przedsięwzięcia:

- dobór rozdzielaczy dozujących (dozowników) o wydajności odpowiadającej zapotrzebowaniu na środek smarny przez poszczególne punkty odbioru,
- ustalenie częstotliwości smarowania
- dobór średnic przewodów rurowych
- dobór pompy pod względem jej wydajności i wartości ciśnienia.

1. ZASTOSOWANIE, BUDOWA I DZIAŁANIE UKŁADÓW CENTRALNEGO SMAROWANIA

Układy dwuprzewodowe [3] są zalecane w głównej mierze do smarowania maszyn i urządzeń wysoko obciążonych, pracujących w trudnych warunkach, o dużej liczbie węzłów trących, znajdujących się często w dużych odległościach i wymagających intensywnego smarowania. W dotychczasowej praktyce układy te znalazły zastosowanie w hutach żelaza i stali oraz metali kolorowych, w urządzeniach kopalń odkrywkowych, cementowniach, cukrowniach, zakładach kuźniczych i innych obiektach o podobnym wyposażeniu i podobnych warunkach pracy. Układy dwuprzewodowe są budowane z następujących elementów (rys. 1):

- pompy centralnego smarowania
- rozdzielacza sterującego zmieniającego kierunek tłoczonego smaru (hydraulicznego lub elektromagnetycznego),
- rozdzielaczy dozujących, umieszczonych na przewodach magistrali smarowniczej, przy punktach odbioru smaru i podających smar do tych punktów,
- urządzenia sterującego pracą układu,
- pompy do napełniania,
- przewodów rurowych i łączników.



Rys. 1 Schemat budowy dwuprzewodowego układu centralnego smarowania:

1 - pompa centralnego smarowania, 2 - rozdzielacz sterujący, 3 - rozdzielacze dozujące, 4 - urządzenie sterujące, 5 - pompa do napełniania zbiornika, 6 - przewody magistrali smarowniczej (I,II), 7 - punkty odbioru smaru

Działanie układu polega na cyklicznym tłoczeniu smaru przez pompę, na przemian do jednego z dwóch przewodów magistrali smarowniczej. Ta cykliczna zmiana ciśnienia w przewodach powoduje działanie rozdzielaczy dozujących, podających smar do punktów odbioru. Ilość podawanego środka smarnego zależy od odmian zastosowanych w układzie rozdzielaczy dozujących i ustawienia ich wydajności, a częstotliwość smarowania jest ustalona programem urządzenia sterującego.

W programie produkcji Zakładów Automatyki „POLNA” S.A. znajdują się wszystkie niezbędne urządzenia do budowy układów dwuprzewodowych, w wielu odmianach [5].

2. DOBÓR ROZDZIELACZY DOZUJĄCYCH (DOZOWNIKÓW DWUPRZEWODOWYCH)

Wielkością wyjściową do doboru dozownika jest ilość smaru jaka powinna być podana do węzła tarcia w określonym przedziale czasu. Ilość ta jest szacowana, wg różnych źródeł, na 10 - 40 gramów smaru na 1m² smarowanej powierzchni, w ciągu jednej godziny pracy.

Uzyskanie dokładniejszych wyników zapewnia następująca zależność: [4]

$$q = 11 k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 \quad \text{cm}^3 / (\text{m}^2 \times \text{h}), \quad (1)$$

w której:

q - ilość smaru (cm³), którą należy podać na 1m² smarowanej powierzchni w ciągu jednej godziny pracy węzła ciernego,

11 - minimalne zużycie smaru (odniesione do łożyska o średnicy 100 mm i liczbie obrotów do 100 obr/min), cm³/m² x h

k_1 - współczynnik uwzględniający średnicę łożyska (tabl. 1)

k_2 - współczynnik uwzględniający zapotrzebowanie smaru w zależności od prędkości obrotowej łożyska (tabl. 2)

k_3 - współczynnik uwzględniający jakość wykonania powierzchni trących $k_3=1-1,3$

k_4 - współczynnik uwzględniający temperaturę pracy łożyska

$$\begin{array}{ll} \text{dla } t < 70^\circ\text{C} & k_4 = 1 \\ \text{dla } t = 75-150^\circ\text{C} & k_4 = 1,2 \end{array}$$

k_5 - współczynnik uwzględniający obciążenie łożysk

$$\begin{array}{ll} \text{dla obciążenia normalnego} & k_5 = 1 \\ \text{dla obciążenia wysokiego} & k_5 = 1,1 \end{array}$$

Tabl. 1 Wartość współczynnika k_1 do wzoru (1)

Wyszczególnienie	Średnica łożyska [mm]				
	100	200	300	400	500
Dla łożysk ślizgowych	1,0	1,4	1,8	2,2	2,5
Dla łożysk tocznych	1,0	1,1	1,2	1,25	1,3

Tabl. 2 Wartość współczynnika k_2 do wzoru (1)

Wyszczególnienie	prędkość obrotowa łożyska [obr/min]			
	100	200	300	400
Dla łożysk ślizgowych i tocznych	1,0	1,4	1,8	2,2

Na podstawie powyższych danych można obliczyć wydajność sekcji dozującej rozdzielacza za pomocą zależności:

$$V = qAt \text{ cm}^3/\text{cykl} \quad (2)$$

gdzie:

- A - powierzchnia tarcia łożyska, m^2 ,
- t - częstość smarowania, h.

Według wymaganej ilości smaru w jednym cyklu smarowniczym dobiera się rozdzielacz dozujący, posługując się danymi z katalogu producenta [6].

Przykład obliczenia ilości smaru dla łożysk w ruszcie paleniska kotła parowego WR25

Dane wejściowe:

- Wymiary łożysk - 100x160x52 (łożyska toczne)
- Liczba obrotów - ok. 10 obr/min
- Temperatura łożysk - ok. 50°C - 2 łożyska wału napędowego
ok. 250°C - 2 łożyska wału tylnego
- Obciążenie - wysokie
- Jakość powierzchni łożysk - dobra

Konieczna ilość smaru jaką należy podać do łożyska w czasie jednego cyklu smarowniczego

Ilość smaru na 1m^2 powierzchni łożyska w ciągu 1 godziny

$$q = 11 k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \times \text{h}$$

k_1 - współczynnik uwzględniający średnicę łożyska, dla $d=100$ obr/min $\rightarrow k_1 = 1$

k_2 - współczynnik uwzględniający zapotrzebowanie smaru w zależności od prędkości obrotowej
dla $n < 100$ obr/min $\rightarrow k_2 = 1$

k_3 - współczynnik uwzględniający jakość wykonania powierzchni trących
dla łożysk tocznych $\rightarrow k_3 = 1$

k_4 - współczynnik uwzględniający temperaturę łożyska

$$\text{dla } t < 70 \text{ }^\circ\text{C} \quad \rightarrow k_4 = 1 \quad (1)$$

$$\text{dla } t < 250 \text{ }^\circ\text{C} \quad \rightarrow k_4 = 2,5 \quad (2)$$

k_5 - współczynnik uwzględniający rodzaj obciążenia, dla pracy ciężkiej $\rightarrow k_5 = 1,1$

zatem:

$$q_{(1)} = 11 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1,1 = 12,10 \quad \text{cm}^3/\text{m}^2 \times \text{h}$$

$$q_{(2)} = 11 \times 1 \times 1 \times 1 \times 2,5 \times 1,1 = 30,25 \quad \text{cm}^3/\text{m}^2 \times \text{h}$$

Ilość smaru podawanego przez rozdzielacze dozujące do łożysk w czasie jednego cyklu smarowniczego

$$V = F \cdot q \cdot T = m \cdot T \quad \text{cm}^3/\text{cykl}$$

Powierzchnia łożyska

(W przypadku łożysk tocznych „d” przyjmuje się średnicę otworu łożyska)

$$F = (\pi \times d \times L) / 2 = (3,14 \times 0,1 \times 0,052) / 2 = 0,008 \text{ m}^2$$

Ilość smaru jaką należy odprowadzić do łożyska w ciągu 1 godziny pracy

$$m = F \times q \quad \text{cm}^3/\text{h}$$

$$m_{(1)} = 0,008 \times 12,1 = 0,1 \quad \text{cm}^3/\text{h}$$

$$m_{(2)} = 0,008 \times 30,25 = 0,24 \quad \text{cm}^3/\text{h}$$

Ilość smaru jaką należy doprowadzić do łożysk w jednym cyklu smarowniczym

$$V = m \times T \quad \text{cm}^3/\text{cykl}$$

Ustala się częstotliwość smarowania na:

$$T = 12 \text{ h}$$

$$V_{(1)} = m_{(1)} \times T = 0,1 \times 12 = 1,2 \quad \text{cm}^3/\text{cykl}$$

$$V_{(2)} = m_{(2)} \times T = 0,24 \times 12 \cong 3 \quad \text{cm}^3/\text{cykl}$$

Dobór rozdzielaczy dozujących (dozowników) typu DD

- 1) Dla łożysk wału napędowego należy zastosować dozowniki **DD21** (2-wu wylotowe o max wydajności 2 cm³/cykl)
- 2) Dla łożysk wału tylnego należy zastosować dozowniki **DD22** (2-wu wylotowe o max wydajności 4 cm³/cykl)

3. DOBÓR ŚREDNIC PRZEWODÓW RUROWYCH

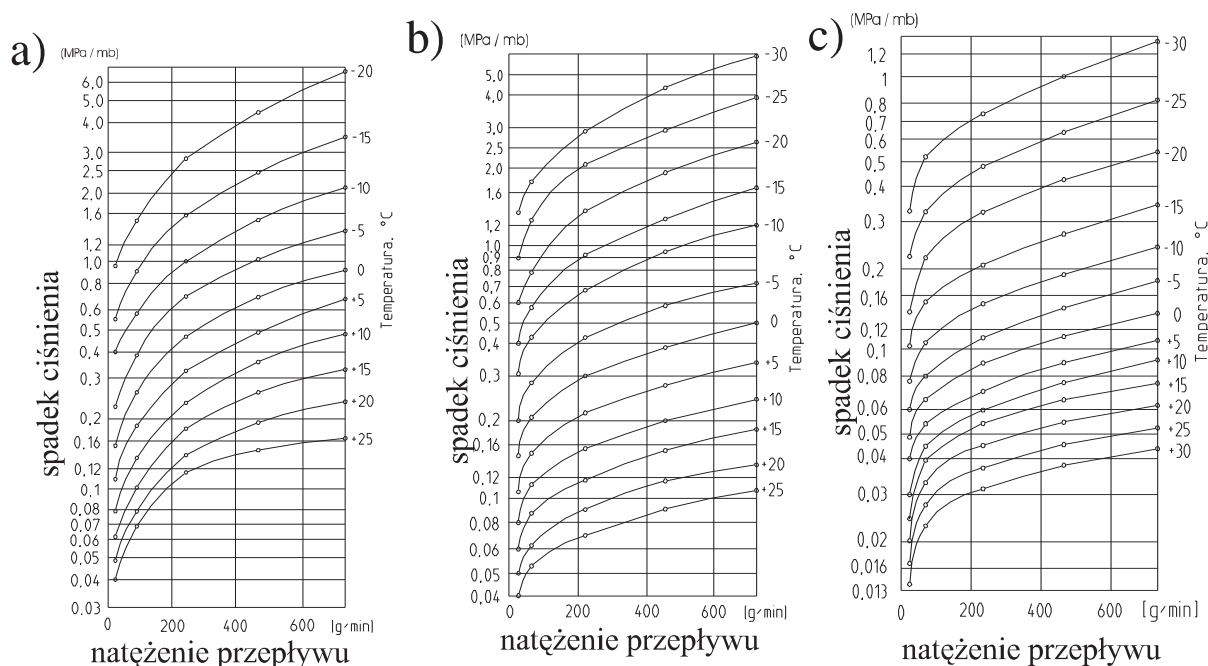
Po wstępnym opracowaniu koncepcji przebiegu rurociągów, którymi będzie transportowany smar w układzie smarowniczym, należy określić ich średnice, w zależności od długości i oporów przepływu.

Pompa w czasie tłoczenia smaru powinna pokonać następujące opory: [1]

1. Opór przepływu smaru w przewodzie zasilającym (aktywnym), przed ostatnim rozdzielaczem. Opór ten w poprawnie zaprojektowanym układzie wynosi: $p_1 = 0,1 - 0,3 \text{ MPa}/\text{mb}$

2. Opór w rozdzielaczu dozującym: $p_2=0,2 - 0,6 \text{ MPa}$
3. Opór w przewodzie za rozdzielaczem: $p_3=0,1 - 0,3 \text{ MPa/mb}$
4. Opór w punkcie odbioru smaru: $p_4=0,2 - 0,4 \text{ MPa}$
5. Opory miejscowe w przewodzie aktywnym (zmiana kierunku przepływu, zmiana przekrojów rur itp.): p_5
6. Opory w przewodzie nieaktywnym, w czasie powrotu smaru: $p_6= \text{ok. } 0,05 \text{ MPa/mb}$

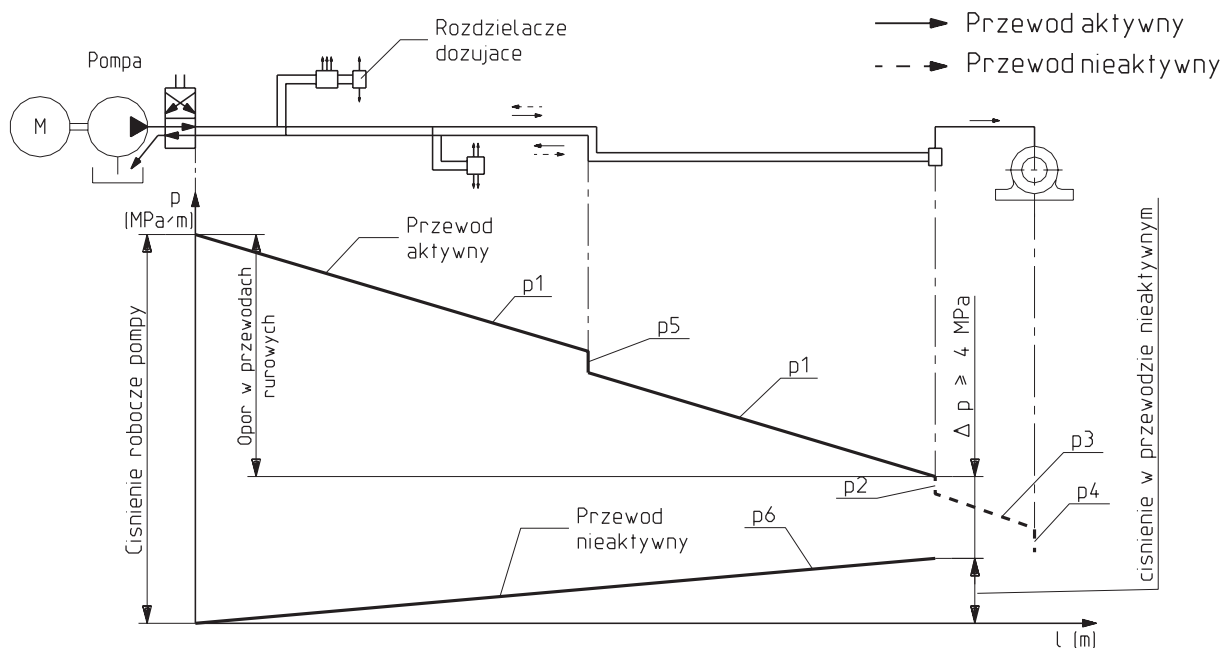
Opór przepływu w przewodzie rurowym zależy w głównej mierze od natężenia przepływu, rodzaju smaru (jego penetracji) oraz temperatury. Do określenia strat ciśnienia posługujemy się wykresami [5]. Przykłady tych wykresów, dla najczęściej występujących w układach smarowniczych przewodów są podane na rys. 2. Wykresy te zostały sporządzone przy przetłaczaniu smaru plastycznego o symbolu IP1-Z (smar wapniowo-sodowy na bazie oleju cylindrowego, o penetracji 310-360/50°C, produkcji byłego ZSRR)



Rys. 2 Wykresy spadków ciśnienia przy przetłaczaniu smaru plastycznego IP1-Z rurami o średnicach nominalnych: a=9 mm; b=13 mm; c=25 mm.

Dokładne ustalenie rzeczywistych oporów przepływu, z uwagi na złożone własności reologiczne smaru (lepkość strukturalna, własności tiksotropowe, a także właściwości przyścienne warstwy smaru) jest bardzo trudne [2]. Podanie, zatem w punktach 1-6 i wyznaczone z wykresów (rys. 2) wartości należy traktować jako przybliżone, a w projektowanym układzie powinno się uwzględnić pewną nadwyżkę ciśnienia (generowaną przez pompę) zapewniającą poprawne działanie układu smarowniczego.

W celu sprawdzenia poprawności dobranych parametrów w projektowanym układzie należy sporządzić, w oparciu o uzyskane z obliczeń wyniki, wykres spadków ciśnienia wg rys. 3 [1]



Rys. 3 Wykres spadków ciśnień w przewodach układu c.s.

Do wstępnego określenia średnic przewodów w zależności od ich długości można posłużyć się danymi z tabl. 3 [5].

Tabl. 3. Orientacyjne wartości średnic przewodów w układach centralnego smarowania smarem plastycznym w zależności od ich długości.

Długość przewodu liczona od pompy roboczej [m]	Średnica nominalna [mm]
100 - 120	50
65 - 75	40
35 - 40	25
20	20
15	16
10	10

Podczas budowy układu smarowniczego należy dążyć do tego, aby w każdej gałęzi układu różnica wartości ciśnienia na końcach przewodów - aktywnego i nieaktywnego (w ostatnim rozdzielaczu dozującym) - nie była niższa niż 4 MPa (rys.3). Jest to podstawowy warunek poprawnego działania dwuprzewodowego układu centralnego smarowania.

Na podstawie doświadczeń wyniesionych z budowy instalacji stwierdzono, że obszar smarowanych urządzeń objęty jednym układem nie powinien być większy niż 80m, a długości poszczególnych gałęzi (odległość od pompy do najbardziej oddalonego rozdzielacza dozującego) nie mogą przekraczać 40 m. Na przykład w układzie, w którym zastosowano pompę PD 31, o wydajności 150 cm³/min i ciśnieniu do 32 MPa, sprawdzily się następujące wymiary rurociągów:

- przewody główne (magistralne) - d_w 33 (rura 38 x 2,5), długość - 40 m,
- przewody łączące dozowniki z magistralą główną - d_w 13 (rura 16 x 1,5), długość - 10 m
- przewody łączące wyloty dozowników z obudowami łożysk - d_w 8 (rura 10 x 1), długość - 2,5 m.

4. DOBÓR POMPY

Podczas projektowania układu smarowniczego należy tak dobierać pompę, aby dostarczała ona środek smarny w ilości wynikającej z potrzeb smarowanych przez układ maszyn i urządzeń oraz stwarzała ciśnienie o wartości zapewniającej podanie tego środka do wszystkich punktów odbioru, wg wykresu (rys. 3) [6].

5. LITERATURA:

- [1] BESSER H., „Zachowanie się smarów plastycznych podczas przetłaczania i jego oddziaływanie w urządzeniach centralnego smarowania”, materiały III smarowniczej konferencji n-t „Postęp w konstrukcji urządzeń smarowniczych”, Katowice, 1971.
- [2] CZARNY R., (red), „Systemy centralnego smarowania maszyn i urządzeń” rozdział A i B „NAVIGATOR”, Wrocław 2000.
- [3] NAUMOWICZ W. „Stan i perspektywy rozwoju krajowej produkcji urządzeń i układów centralnego smarowania” *Hydraulika i Pneumatyka* 4/2002 str. 22, 23.
- [4] WOŁKOW J.R., „Projektowanie, montaż i eksploatacja centralizowanych systemów smarowania” Rozdział III ORGERMET. Moskwa, 1952.
- [5] WYSOCKI M., „Systemy smarowania w przemyśle ciężkim”, „Śląsk”, Katowice, 1971.
- [6] „Urządzenia centralnego smarowania”, (Katalog), ZAKŁADY AUTOMATYKI „POLNA” S.A.,Przemyśl 2007.