

# SMAROWANIE UKŁADÓW PNEUMATYCZNYCH



## 14.1 Napędy i układy pneumatyczne

W napędzie pneumatycznym, źródłem energii mechanicznej jest silnik pneumatyczny. Napęd pneumatyczny jest zasilany z centralnego układu sprężonego powietrza, ze zbiornika gazu (np. butli gazowej) lub bezpośrednio ze sprężarki. Sprężony gaz jest doprowadzany do silnika pneumatycznego, gdzie w rezultacie rozprężania uzyskuje się energię mechaniczną.

Napędy pneumatyczne charakteryzują się wieloma zaletami:

- prostotą budowy,
- niskim kosztem wykonania,
- niezawodnością działania,
- dużą trwałością,
- łatwością obsługi i sterowania,
- elastycznością w dostosowywaniu do warunków pracy,
- małym ciężarem narzędzi,
- małym kosztem konserwacji i remontów,
- łatwością rozruchu.

Istotną wadą napędów pneumatycznych jest duża zależność prędkości narzędzia od obciążenia, co ma związek ze ściśliwością gazu. Problemowi temu przeciwdziała się poprzez zastosowanie zaworów redukcyjnych, utrzymujących w układzie stałe ciśnienie lub poprzez stosowanie układów pneumo-hydraulicznych.

Wśród napędów pneumatycznych wyróżnia się:

- napędy elektropneumatyczne, w których silnik elektryczny napędza sprężarkę, a sprężony przez nią gaz napędza silnik pneumatyczny i narzędzie,
- napędy pneumo-hydrauliczne, w których silnik pneumatyczny, najczęściej zasilany z układu centralnego, napędza pompę cieczową, a pompowana przez nią ciecz napędza silnik hydrauliczny i narzędzie,
- napędy elektro-pneumo-hydrauliczne, w których sprężony gaz ze sprężarki napędzanej silnikiem elektrycznym jest podawany do silnika pneumatycznego, który z kolei napędza silnik hydrauliczny i narzędzie.

W napędach pneumatycznych energia sprężonego powietrza (lub innego gazu np.: ditlenku węgla, azotu, argonu) jest wykorzystywana do wprowadzenia w ruch części maszyny. Maszyny i urządzenia z napędem pneumatycznym są stosowane w celu uzyskania energii do wywarcia nacisku, przesuwu mechanizmów, wywołania ruchu obrotowego w:

- obrabiarkach,
- urządzeniach transportowych podajników, podnośników itp.,
- układach hamulców pneumatycznych w kolejnictwie i innych środkach transportu,
- mechanizmach poruszania drzwi, okien, zasuw,

- napędach zaworów i zasuw w przemyśle chemicznym i spożywczym,
- napędach wyłączników na stacjach wysokiego napięcia,
- napędach narzędzi ręcznych (wirujących i udarowych),
- elementach sterujących i pomiarowych.

Napędy pneumatyczne są stosowane w wielu typach narzędzi, np.:

- młotach pneumatycznych,
- dźwignicach,
- szlifierkach,
- pilnikarkach,
- wiertarkach,
- pistoletach natryskowych,
- i innych.

Napędy pneumatyczne często są stosowane w miejscach, w których stosowanie innych napędów stanowi zagrożenie wybuchem, np. kopalniach, a także w miejscach o dużej wilgotności, a nawet pod wodą.

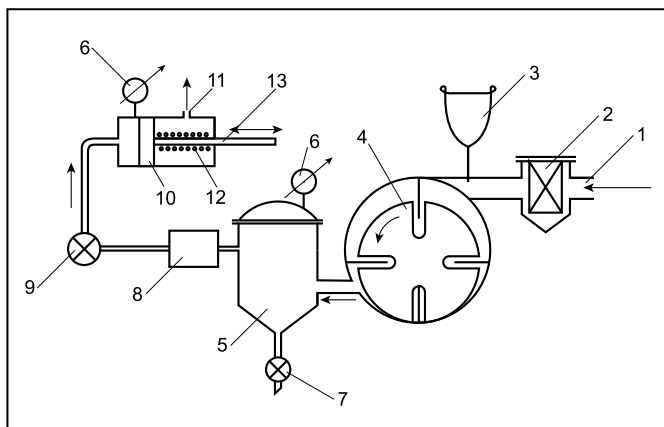
W zakładach przemysłowych najczęściej stosowanym źródłem sprężonego gazu jest zakładowa instalacja sprężonego powietrza. W instalacji takiej utrzymywane jest ciśnienie 4...10 barów.

W niektórych przypadkach energia do silnika pneumatycznego jest generowana przez podciśnienie.

Maszyny i urządzenia z napędem pneumatycznym są wyposażone w silniki pneumatyczne, w których wyróżnia się dwa podstawowe rodzaje ruchu: posuwisto-zwrotny (udarowy) i obrotowy (rotacyjny). Odrębnym rodzajem silnika pneumatycznego jest turbina pneumatyczna. W każdym z tych przypadków może być stosowane smarowanie automatyczne lub ręczne.

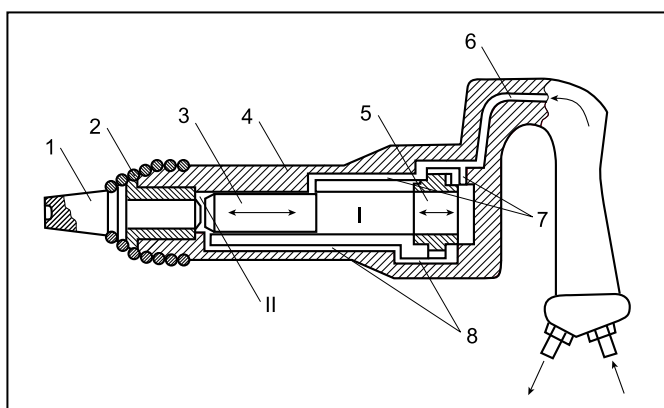
Urządzenia z napędem pneumatycznym pozwalają na uzyskanie prędkości obrotowej narzędzia do 15 000 obr/min, rotacyjne od 6 000 do 30 000 obr/min, a w przypadku turbin pneumatycznych są osiągnięte prędkości do 150 000 obr/min. W przypadku narzędzi pneumatycznych o ruchu posuwisto zwrotnym prędkość liniowa narzędzia dochodzi do 400 m/min.

Pneumatyczny silnik tłokowy, jednostronnego lub dwustronnego działania, stanowi odwrócenie spalinowego silnika tłokowego. Podawane do cylindra sprężone powietrze wywołuje ruch tłoka. Pneumatyczne silniki tłokowe są stosowane zarówno do napędu narzędzi o ruchu posuwisto zwrotnym jak i obrotowym. Mogą one stanowić część narzędzia pneumatycznego lub wydzielonej maszyny, którą można zastosować do napędu różnych narzędzi. Tego typu silniki pneumatyczne są czasami nazywane cylindrami pneumatycznymi. Pneumatyczne silniki tłokowe stosowane jako napęd narzędzi o ruchu obrotowym są wielocylindrowe, najczęściej o widlasto-rzędowym układzie cylindrów i wyposażone w mechanizm korbowy. W przypadku silników jednocylinrowych są stosowane specjalne mechanizmy umożliwiające uzyskanie wstępnego ruchu obrotowego narzędzia.



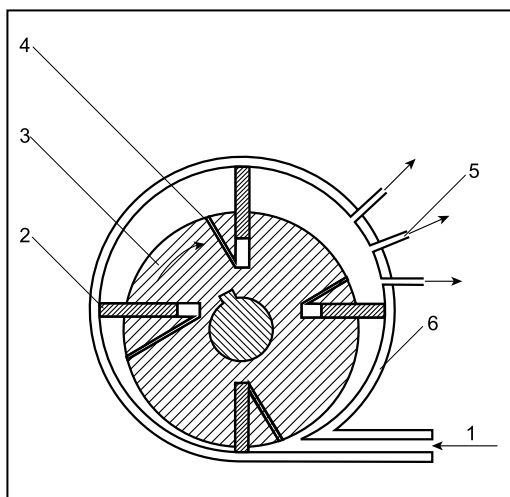
**14.1 Schemat przemysłowego układu pneumatycznego z tłokiem zawracanym sprężyną**

1 – wlot powietrza, 2 – filtr, 3 – wkraplacz oleju, 4 – sprężarka, 5 – zbiornik sprężonego powietrza, 6 – manometr, 7 – zawór odstojnika, 8 – reduktor ciśnienia, 9 – rozdzielacz (zawór rozrządu), 10 – pneumatyczny silnik tłokowy, 11 – wylot powietrza, 12 – sprężyna zapewniająca powrót tłoka, 13 – narzędzie



**14.2 Nitownica pneumatyczna**

I – komora powietrzna przed bijakiem, II – komora powietrzna za bijakiem; 1 – głowica nitująca, 2 – sprężyna powodująca powrót głowicy, 3 – bijak, 4 – lufa, 5 – suwak rozrządczy, 6 – kanał doprowadzający powietrze, 7 – kanał doprowadzający powietrze przed suwak rozrządczy oraz do komory powietrznej I, 8 – kanał doprowadzający powietrze za suwak rozrządczy i do komory powietrznej II

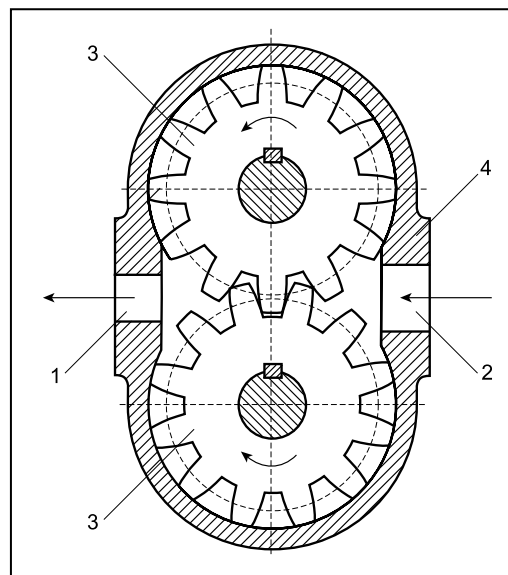


**14.3 Zasada działania pneumatycznego silnika łopatkowego**  
1 – wlot sprężonego powietrza z mgłą olejową, 2 – łopaska, 3 – wirnik, 4 – otwory umożliwiające ruch łopatek, 5 – wylot rozprężonego powietrza, 6 – korpus silnika

Tłok w układzie pneumatycznym może być zawracany sprężyną lub sprężonym powietrzem. Przykładowy schemat tłokowego układu pneumatycznego z tłokiem zawracanym sprężyną, przedstawia rys. 14.1.

Przykładem narzędzia pneumatycznego wyposażonego w silnik pneumatyczny tłokowy, może być nitownica pneumatyczna, której konstrukcję przedstawia rys. 14.2.

Pneumatyczny silnik rotacyjny jest analogiem rotacyjnej sprężarki o odwróconym działaniu. Na wlocie jest podawany sprężony



**14.4 Zasada działania pneumatycznego silnika zębatkowego**  
1 – wlot sprężonego powietrza, 2 – wylot powietrza, 3 – napędzane koła zębate, 4 – korpus silnika

gaz, który rozprężając się obraca wirnik. Rozprężony gaz jest wydany na zewnątrz. Najczęściej są stosowane silniki łopatkowe (rys. 14.3), będące analogami sprężarek łopatkowych, zwane pneumatycznymi silnikami łopatkowymi.

W niektórych rozwiązaniach są stosowane silniki pneumatyczne zębatkowe (rys. 14.4), będące analogami sprężarek zębatkowych. Silniki rotacyjne są stosowane jako napędy narzędzi o ruchu obrotowym. Ze względu na dużą prędkość obrotową silników łopatkowych, między nimi a narzędziem wykonawczym najczęściej są stosowane przekładnie redukcyjne (reduktory).

Pneumatyczny silnik turbinowy, niekiedy nazywany turbiną pneumatyczną, działa na zasadzie odwróconej turbiny cieplnej. Sprężone powietrze jest podawane dyszami na wieniec łopatkowy wirnika, na którym się rozpręża i jest usuwane do atmosfery (rozprężanie jednokrotne) lub jest zawracane przez aparat kierowniczy (łopatki kierownicze), ponownie na łopatki wirnika (rozprężanie dwukrotne).

## 14.2 Smarowanie urządzeń pneumatycznych

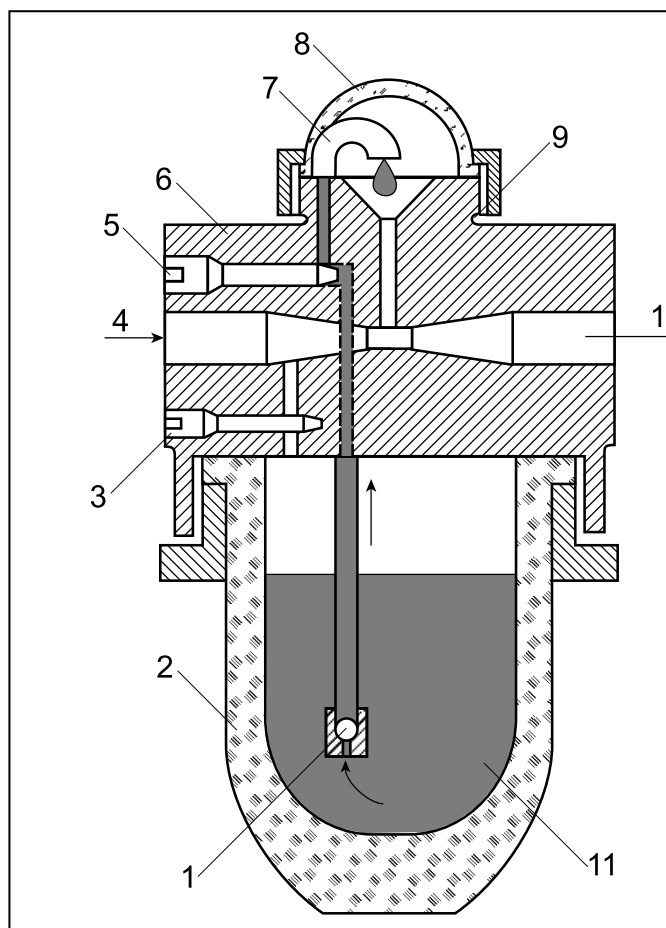
Smarowanie urządzeń pneumatycznych ma na celu:

- zmniejszenie tarcia między współpracującymi powierzchniami,
- zmniejszenia zużycia trących powierzchni,
- usunięcie wody, skraplającej się w mechanizmach wykonawczych (narzędziach) w rezultacie obniżenia temperatury gazu wskutek rozprężania,
- usunięcie zanieczyszczeń mechanicznych spomiędzy współpracujących części ruchomych,
- chłodzenie niektórych skojarzeń trących urządzeń sprężających,
- ochronę przeciwkorozyjną i przeciwdrdzewną.

Ze względu na spełniane funkcje, od olejów do układów pneumatycznych wymaga się:

- odpowiedniej lepkości,
- dobrych właściwości przeciwwżyciowych,
- dobrych właściwości ochronnych (przeciwdrdzewnych i przeciwkorozyjnych),
- braku skłonności do rozpuszczania i emulgowania wody,
- braku skłonności do pienia.

Wymaganiem stawianym olejom do układów pneumatycznych jest nietoksyczność. Wymaganie to jest stawiane ze względu na możliwość wdychania mgły olejowej przez operatora maszyny. W warunkach wymagających szczególnej ochrony środowiska (atmosfery) są stosowane biodegradowalne oleje syntetyczne lub pochodzenia roślinnego.



**14.5 Zasada działania smoczkowej smarownicy do naoliwiania sprężonego powietrza**

1 – zawór kulowy, 2 – szklany pojemnik na olej, 3 – zawór do regulacji ciśnienia powietrza w pojemniku, 4 – wlot powietrza, 5 – zawór dławiący do regulacji dopływu oleju, 6 – korpus, 7 – wkraplacz oleju, 8 – szklany wziernik, 9 – zwężka iniektora (wtryskiwacza), 10 – wylot naoliwionego powietrza, 11 – olej

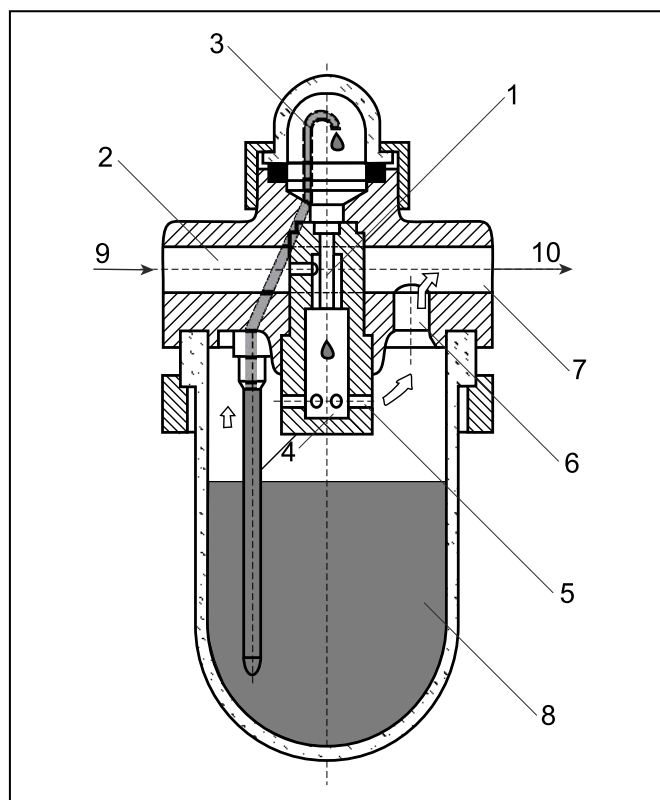
W przypadkach szczególnych, są stosowane oleje o specjalnych właściwościach, np. zdolności do pochłaniania kondensującej wody w urządzeniu wykonawczym. Oleje takie najczęściej są produkowane na bazie mieszających się z wodą poliglikoli. Zapobiega to powstawaniu lodu na wylotach, z powodu niskiej temperatury krzepnięcia mieszanek glikol-woda.

W układach pneumatycznych, powietrze (gaz) podawane do urządzeń wykonawczych, powinno zawierać określone dla każdego urządzenia optymalne ilości środka smarnego, w postaci mgły olejowej. Najczęściej środek smarny jest doprowadzany do określonych miejsc maszyny:

- wirników, tłoków, suwaków, grzybków, uszczelnień itp.,
- łożysk tocznych i ślizgowych,
- przekładni,
- sprzęzarek.

Olej jest wprowadzany do powietrza będącego roboczym medium, poprzez specjalne smarownice smoczkowe, umożliwiające tworzenie mgły olejowej, o konstrukcji przykładowo pokazanej na rys. 14.5.

Sprężone powietrze, przepływając przez zwężkę iniektora (wtryskiwacza) 9, wytwarza w przestrzeni wkraplacza 7, ciśnienie niższe, niż panujące w pojemniku na olej 2, w którym ciśnienie jest regulowane zaworem 3. W wyniku różnicy ciśnień, olej ze zbiornika, poprzez zawór kulowy 1, jest zasysany do wkraplacza i porywany w zwężce iniektora strumieniem przepływającego powietrza. Stężenie oleju w powietrzu jest regulowane zaworem dławiącym 5, na podstawie zliczania spadających kropli oleju przez szklany wziernik 8. Istnieje wiele rozwiązań konstrukcyjnych tego typu smarownic. Niektóre są wyposażone w układ zaworków, umożliwiających napełnienie zbiornika olejem, bez przerywania pracy napędzanych mechanizmów.



**14.6 Przekrój i zasada działania smarownicy typu selekcyjnego**

1 – spłaszczona tuleja (zwężka), 2 – cylindryczny przewód powietrzny, 3 – wkraplacz, 4 – osadnik, 5 – otwory w tulei, które dostarczają krople oleju do przestrzeni powietrznej zbiornika, 6 – otwór w przewodzie powietrznym, którym mikrokropelki oleju dostarczają się do sprężonego powietrza, 7 – przewód powietrza, 8 – zbiornik oleju, 9 – wlot powietrza, 10 – wylot powietrza

W tego typu smarownicach, powietrze jest nasycone kropelkami oleju o różnych średnicach. Część oleju, w wyniku opadania większych kropli na ścianki, pozostaje w przewodach. W celu uniknięcia tego zjawiska, zwłaszcza w układach pneumatycznych, o długości przewodów większej niż 4 m, w których jest wiele zagięć, kolanek, rozgałęzień rozdzielaczy itp. i w układach o bardzo małym przepływie powietrza, są stosowane smarownice o specjalnej konstrukcji, zwane selekcyjnymi, wytwarzające mgłę olejową o małym rozrzucie średnic kropelek, rzędu kilku mikrometrów. Konstrukcję i zasadę działania smarownicy selekcyjnej przedstawiono na rys. 14.6.

W smarownicy selekcyjnej, strumień sprężonego powietrza przepływa przewężeniem między zewnętrzną powierzchnią spłaszczoną tulei 1, a cylindrycznym przewodem powietrznym 2, co powoduje zassanie oleju do wkraplacza 3. Krople oleju spadają do osadnika 4 i tulei 1, skąd otworem 5 a następnie 6 są podawane do przewodu powietrza 7. Do przewodu powietrza dostają się tylko krople o małej średnicy (5...10% oleju przepływającego przez wkraplacz), większe osiadają w zbiorniku oleju 8.

Ustawienie intensywności smarowania zależy od: budowy układu, rodzaju smarownicy, natężenia przepływu powietrza, ciśnienia roboczego, temperatury, konstrukcji smarowanego mechanizmu itp. Przyjmuje się, że średnio, w jednym metrze sześciennym powietrza powinno znajdować się 0,02...0,4 g oleju.

W praktyce przemysłowej kontrolę zawartości oleju w powietrzu przeprowadza się przystawiając kartkę papieru do otworów wylotowych zaworów sterujących. Na kartce, po określonym czasie, powinien pojawić się delikatny, równomierny nalot oleju.

W przypadku smarowania skojarzeń trących siłowników, znajdujących się w dużej odległości od sprężarki, niekiedy są stosowane urządzenia wtryskujące olej przy każdym ruchu roboczym maszyny, umieszczone w pobliżu otworów wlotowych siłownika.

W nowoczesnych konstrukcjach siłowników, zaworów, układów sterujących itp. są stosowane rozwiązania konstrukcyjne, nie wymagające smarowania mgłą olejową. Jest to spowodowane wyma-

**Tabela 14.1 Klasyfikacja olejów przemysłowych wg ISO 6743/11:1990**

Symbol ISO	Skład i właściwości	Zastosowania
<b>Narzędzia pneumatyczne udarowe, smarowanie automatyczne lub ręczne</b>		
PAA	Nieinhibitowane, zwykłe oleje mineralne.	Narzędzia pracujące przy niewielkich obciążeniach, z powietrzem nie zawierającym kondensatu pary wodnej.
PAB	Oleje mineralne z właściwościami przeciwkorozyjnymi i przeciwzużyciowymi.	Narzędzia pracujące przy wysokich obciążeniach, z powietrzem zawierającym kondensat.
PAC	Mineralne oleje posiadające właściwości przeciwkorozyjne, przeciwzużyciowe, emulgujące i przeciwpienne	Narzędzia pracujące w długich cyklach, pod obciążeniami od umiarkowanych do dużych, z powietrzem zawierającym kondensat.
PAD	Ciecze na bazie syntetycznej.	Specjalne do pracy na otwartym powietrzu przy temperaturach poniżej zera.
PAE	Smary półpłynne.	Do specjalnych zastosowań, np. tam gdzie wymagane jest obniżone wydzielanie mgły olejowej.
<b>Narzędzia pneumatyczne rotacyjne i pneumatyka powietrzna</b>		
PBA	Nieinhibitowane, zwykłe oleje mineralne.	Narzędzia pracujące przy niewielkich obciążeniach, z powietrzem nie zawierającym kondensatu.
PBB	Oleje mineralne z właściwościami przeciwkorozyjnymi i przeciwzużyciowymi.	Narzędzia pracujące przy wysokich obciążeniach, z powietrzem zawierającym kondensat.
PBC	Mineralne oleje posiadające właściwości przeciwkorozyjne, przeciwzużyciowe, emulgujące i przeciwpienne.	Narzędzia pracujące w długich cyklach, pod obciążeniami od umiarkowanych do dużych, z powietrzem zawierającym kondensat.
PBD	Ciecze na bazie syntetycznej.	Do specjalnych zastosowań.

ganiami w zakresie zapewnienia właściwych warunków zdrowotnych w przemyśle, a także wymaganiami niektórych przemysłów np.: spożywczego, farmaceutycznego, jądrowego itp.

Klasyfikację środków smarnych rodziny P, według ISO 6743/11, przytoczono w tabeli 14.1.

Przykładem symbolu klasyfikacyjnego oleju z rodziny P, rodzaju AD, może być:

L –	PAD –	22
-----	-------	----

odpowiadający syntetycznemu olejowi, na bazie poliglikoli.

### 14.3 Klasyfikacja

Do smarowania układów pneumatycznych są stosowane oleje o specjalnych właściwościach, sklasyfikowane normy ISO 6743/11 (klasa P lub często jeszcze wg DIN 51 502 klasa D). W niektórych rozwiązaniach konstrukcyjnych pneumatycznych maszyn udarowych, przewiduje się stosowanie półciekłych smarów plastycznych wg klasyfikacji ISO L-XBIB 000.

Obok specjalnych olejów do układów pneumatycznych, w niektórych typach urządzeń napędzanych sprężonym gazem, do naoliwiania powietrza także są stosowane oleje hydrauliczne lub wrzecionowe.

W klasyfikacji wg ISO 6743/11 rodziny P, środki smarowe są oznaczone symbolem, składającym się z litery oznaczającej klasę (L), kodu oznaczającego rodzinę (P) oraz dwoma literami, z których pierwsza (A lub B) jest przypisana odpowiedniemu rodzajowi i oznacza odpowiednio:

A – środki smarne do urządzeń udarowych,

B – środki smarne do urządzeń rotacyjnych i silników napędzanych sprężonym powietrzem.

Druga litera w symbolu klasyfikacyjnym (A, B, C, D lub E) nie ma samodzielnego znaczenia.

Symbol środka smarnego jest uzupełniany liczbą, oznaczającą klasę lepkościową oleju, według ISO 3448.

### 14.4 Dobór

Do smarowania urządzeń pneumatycznych są stosowane rafinowane oleje mineralne, syntetyczne (estrowe lub poliglikolowe) oraz roślinne. W bardziej wymagających urządzeniach oleje te, typowo klas lepkościowych VG 68, VG 100 lub VG 150, zawierają dodatki przeciwzużyciowe i przeciwkorozyjne oraz przeciwutleniające; nie zawierają one dodatków polimerowych ani smarów stałych typu: grafitu lub disiarczku molibdenu itp.

Oleje na bazie poliglikoli są stosowane w przypadkach konieczności wyeliminowania zjawiska powstawania lodu na dyszy wylotowej, gdy sprężone powietrze ma dużą wilgotność. Oleje na bazie poliglikoli nie mieszają się z olejami mineralnymi i innymi olejami syntetycznymi. W większości przypadków przejście z oleju mineralnego na poliglikolowy i odwrotnie wymaga specjalnych zabiegów mycia układu. Są także produkowane oleje syntetyczne, które podczas przejścia w eksploatacji z oleju mineralnego nie wymagają mycia układu.