

Systemy uszczelnień

w komponentach pneumatycznych

Uszczelnienia stosowane w elementach pneumatycznych są jednym z ich najważniejszych komponentów. Od nich zależy pewność pracy oraz czas eksploatacji produktu, a w konsekwencji satysfakcja użytkownika oraz producenta. Celem niniejszego artykułu jest przybliżenie podstawowych rozwiązań uszczelnień technicznych, zadań przed nimi stawianych oraz materiałów stosowanych do ich produkcji. Z uwagi na złożoność zagadnienia omówione zostaną wiadomości podstawowe. Pełne zgłębienie tematu wymaga specjalistycznej wiedzy teoretycznej oraz wieloletniego doświadczenia.

Cezary Pacholik

Uszczelnienia statyczne

Zadaniem stawianym przed uszczelnieniami statycznymi jest uszczelnienie połączenia pomiędzy dwoma, wzajemnie nieruchomymi powierzchniami.

W przypadku podzespołów wykonanych ze stosunkowo elastycznego tworzywa sztucznego (żywica acetalowa) stosuje się specjalne ukształtowanie u wylotu z gwintu co eliminuje konieczność stosowania jakichkolwiek, dodatkowych uszczelniaczy.



Rys. 1 Uszczelnienie kształtowe dla powierzchni płaskich

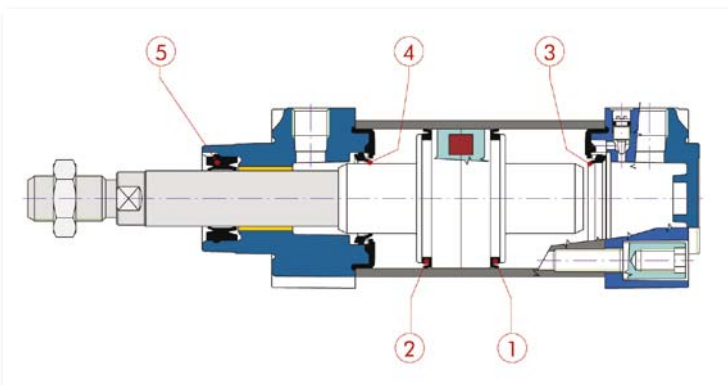
Dla elementów mniejszych rozmiarów oraz do połączeń gwintowych stosuje się uszczelnienia ciekłe np. kleje anaerobowo-stykowe. Wadą takich połączeń jest ich jednorazowość oraz dłuższy czas konieczny do utrwalenia, natomiast dodatkową zaletą (oprócz uszczelnienia) jest zabezpieczenie połączeń gwintowych przed samoodkręceniem.

Jednak najbardziej rozpowszechnionym uszczelnieniem dla połączeń statycznych jest O-ring, do którego podstawowych zalet należy wielokrotność użytku, wysoki stopień szczelności oraz niski moment montażowy. Dla połączeń gwintowych jest to klasyczny O-ring, a dla powierzchni płaskich stosuje się uszczelnienia kształtowe wykonane specjalnie dla potrzeb danej aplikacji (rys. 1).

Uszczelnienia dynamiczne

Uszczelnienia dynamiczne zapewniają szczelność połączenia pomiędzy podzespołami poruszającymi się względem siebie. Rozróżnia się uszczelnienia do ruchu obrotowego oraz liniowego; z uwagi na charakter pracy elementów pneumatycznych (dla siłowników: uszczelnienie tłoka oraz tulei, tłoczyska z pokrywą przednią, oraz zaworów rozdzielających uszczelnienie zaworów względem

Rys. 3 Przekrój typowego siłownika pneumatycznego



korpusu) w dalszej części zostaną omówione uszczelnienia dla ruchu liniowego.

Należy również podkreślić różnicę pomiędzy uszczelnieniami pneumatycznymi a hydraulicznymi. Zarówno zadania, jak i charakter ich pracy są różne. Większość elementów pneumatycznych (siłowniki oraz zawory rozdzielające) smarowane są smarem stałym, więc uszczelnienie musi przesuwać się po cienkiej warstwie filmu smarnego bez jego usuwania. Oznacza to, że uszczelnienie powinno posiadać zaokrągloną krawędź oraz przylegać do uszczelnianej płaszczyzny jak największą powierzchnią.

Uszczelnienia hydrauliczne zapobiegają wyciekom oleju, więc aby zapewnić funkcję zgarniającą kontakt pomiędzy powierzchnią uszczelnienia a płaszczyzną powinien być jak najbardziej punktowy.

Uszczelnienia typu O-ring

W odróżnieniu od uszczelnień statycznych, w aplikacjach dynamicznych stosuje się przekrój eliptyczny lub „S”. Odmienny od kołowego przekrój zapewnia wyższą elastyczność promieniową oraz dużą powierzchnię kontaktu pomiędzy uszczelnieniem a płaszczyzną. Elastyczność promieniowa jest

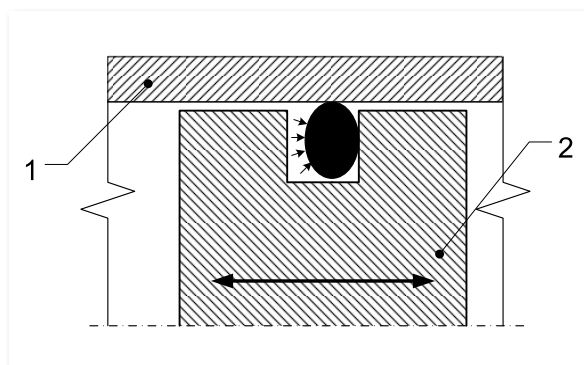
niezbędna do kompensowania odchyłek wymiarowych na całym odcinku pracy.

Dodatkowo, w aplikacjach wymagających jak najniższych wartości współczynnika tarcia bardzo często stosuje się tzw O-ring „pływający”. Zasada działania tego uszczelnienia opiera się na niewielkim oddziaływaniu z powierzchnią ruchomą (tuleją – 1) oraz bardzo niewielkim lub brakiem jakiegokolwiek oddziaływania z powierzchnią nieruchomą (tłokiem – 2). Przykład przedstawiono na rysunku 2, gdzie sprężone powietrze dociska uszczelnienie do jednej strony gniazda, zapewniając szczelność przy bardzo niskiej sile tarcia.

Wadą tego rozwiązania jest możliwość utraty szczelności połączenia przy niskich wartościach ciśnienia.

Uszczelnienia wargowe

Budowa uszczelnienia wargowego zapewnia szeroki zakres dopuszczalnych odchyłek wymiarowych uszczelnianej powierzchni oraz kompensację własnego zużycia. Wyższe ciśnienie pracy zapewnia wyższy stopień szczelności połączenia. Z uwagi na powyższe zalety jest to najczęściej stosowany rodzaj uszczelnienia w siłownikach pneumatycznych. Na rysunku 3 przedstawiono uszczelnienia wargowe w typowym siłowniku pneumatycznym: (1) oraz (2) uszczelnienia wargowe tłoka, (5) uszczelnienie dwuwargowe tłoczyśka – jedna warga uszczelniająca, druga – zgarniająca, (3) oraz (4) uszczelnienia jednokierunkowe amortyzacji pneumatycznej – zapewniają szczelność w jednym kierunku oraz swobodny przepływ w drugim.



Rys. 2 Uszczelnienie „pływające” typu O-ring

Uszczelnienia metal-metal

Jest to rodzaj uszczelnienia labiryntowego opierającego się na bardzo małej (ściśle określonej) wartości luzu pomiędzy współpracującymi powierzchniami. Stosowane w przypadku pracy w środowiskach zapyłonych oraz w aplikacjach wymagających najniższych wartości współczynnika tarcia. Rozwiązanie charakteryzuje się ciągłym upustem powietrza do atmosfery, który ulega zwiększeniu wraz z zużyciem elementów.

Podstawowe materiały stosowane do produkcji uszczelnień komponentów pneumatycznych:

Guma butadienowo-nitrylowa - NBR - najczęściej stosowany materiał do produkcji uszczelnień.

Główne cechy:

- wysoka kompatybilność z olejami, smarami oraz węglowodorami;
- elastyczność, pamięć elastyczności;
- zakres temperatur roboczych – 10 °C do + 90 °C Stosowanie specjalnych domieszek umożliwia obniżenie dolnego zakresu temperatury roboczej do – 50 °C.

Poliuretan: PU lub AU – uszczelnienia z poliuretanu charakteryzują się bardzo wysoką odpornością na ścieranie, zapewniając długi okres eksploatacji produktów.

Główne cechy:

- bardzo wysoka elastyczność;
- pamięć kształtu: powrót do pierwotnego kształtu nawet po długim czasie odkształcenia;
- wysoka odporność na ścieranie;
- możliwość stosowania przy dużych prędkościach liniowych;

- brak kompatybilności z wieloma gatunkami oleju, włączając oleje sprężarkowe;
- podatność na hydrolizę przy obecności wody;
- podatność na kruszenie przy wysokich temperaturach;
- zakres temperatur roboczych – 20 °C do + 80 °C.

Guma fluorowa - FKM/FPM – stosowana w aplikacjach wymagających wyższej odporności chemicznej lub przy wysokich wartościach temperatury otoczenia.

Główne cechy:

- bardzo wysoka odporność chemiczna, kompatybilność z wieloma substancjami;
- niższa elastyczność (w stosunku do poliuretanu);
- niższa ścieralność (w stosunku do poliuretanu);
- zakres temperatur roboczych – 10 °C do + 150 °C.

Guma nitrylowa uwodorniona - HNBR – materiał chemicznie bardzo zbliżony do NBR.

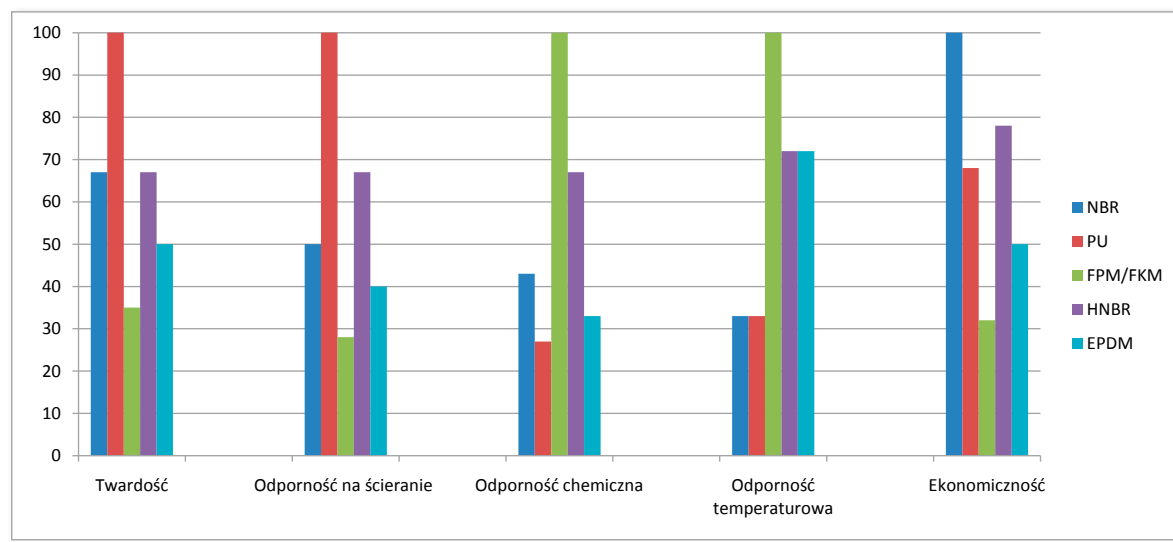
Główne cechy:

- wyższa ścieralność (w stosunku do NBR);
- zakres temperatur roboczych – 30 °C do + 150 °C.

Guma etylenowo – propylenowa - EPDM – stosowana do wysokich temperatur oraz gorącej wody i pary wodnej.

- brak kompatybilności z wieloma gatunkami oleju oraz węglowodorami;
- zakres temperatur roboczych – 30 °C do + 150 °C.

Na rysunku 4 przedstawiono porównanie podstawowych parametrów uszczelnień gdzie najlepszy materiał przyjmuje wartość 100, dla danej kategorii służąc jako odniesienie.



Rys. 4 Wykres porównawczy elastomerów



Rys. 5 Suwak zaworu pneumatycznego po obróbce powierzchniowej

Tribologia

Nawet doskonale uszczelnienie ulegnie bardzo szybkiemu zużyciu bez odpowiedniego czynnika smarnego. Trwałość uszczelnienia oraz produktu zależą w znacznej mierze od typu zastosowanego smaru.

W odróżnieniu od produktów starszej generacji, używanie smarownic jest nie tylko niekonieczne ale wręcz niezalecane. Bardzo często, wskutek usunięcia smaru stałego przez mgłę olejową ze smarownicy oraz niesystematycznego jej uzupełniania dochodzi do tarcia suchego wewnątrz elementów pneumatycznych i w konsekwencji do zakłóceń w pracy, oraz ich przyspieszonego zużycia. Stosowanie dodatkowego smarowania (poprzez smarownicę w bloku przygotowania powietrza) jest zalecane praktycznie tylko sytuacji gdy jakość sprężonego powietrza jest niezadowalająca – minimalne parametry do pracy bezolejowej określa klasa 5-4-3 wg ISO 8573 – 1.

Obecnie, właściwie wszyscy producenci komponentów pneumatycznych posiadają w ofercie siłowniki oraz zawory ze smarem stałym, przewidzianym na całą żywotność lub bardzo długi okres eksploatacji produktu.

Stosowane smary stałe, dzięki wieloletnim badaniom

oraz doświadczeniom są bardzo zaawansowanym produktem, dlatego też należy używać wyłącznie zalecanych smarów.

Ostatnim czynnikiem mającym wpływ na poprawną oraz długą pracę uszczelnienia jest chropowatość oraz twardość powierzchni współpracującej z uszczelnieniem – czynnik równie istotny jak dobór smaru oraz materiału i przekroju uszczelnienia.

Bardzo często stosuje się dodatkową obróbkę powierzchniową oraz pokrywanie wybranych powierzchni dodatkowymi powłokami o określonych parametrach fizykochemicznych. Jako przykład, na rysunku 5 przedstawiono suwak zaworu poddany chemicznemu niklowaniu i polerowaniu.

Mamy nadzieję że podane informacje okażą się pomocne dla osób poszukujących właściwych rozwiązań.

Cezary Pacholik

Metal Work Pneumatic