



Źródło: GRADOS

## Filtry do sprężarek

Istotnym etapem uzdatniania sprężonego powietrza jest filtracja, dzięki której możliwe jest uzyskanie powietrza praktycznie wolnego od zanieczyszczeń stałych oraz oleju. Używane do tego celu filtry gwarantują otrzymanie powietrza najwyższej jakości, co przekłada się na zwiększenie trwałości elementów pneumatycznych.

Marta Gajewska

Filtry używane do sprężarek umożliwiają usunięcie ze sprężonego powietrza różnego rodzaju zanieczyszczeń stałych i płynnych. Na wstępie usuwane są duże ilości kondensatu olejowego, wody i cząstek stałych, występujących w postaci takich zanieczyszczeń jak rdza, pył oraz krople oleju, a w dalszej kolejności dochodzi do filtracji drobnych cząstek stałych oraz mgły olejowej. W przypadku takich obszarów, jak branża spożywcza czy farmaceutyczna, gdzie sprężone powietrze ma kontakt z żywnością oraz lekami, zastosowanie znajdują filtry z węglem aktywnym, które eliminują zapach oraz opary oleju.

Typowa sprężarka zawiera filtr oleju i powietrza oraz separator oleju. Istotnym czynnikiem jest

również odpowiedni olej. Te elementy stanowią nierozłączną całość eksploatacyjną, która musi być rozpatrywana łącznie.

### Filtracja – sposób na czyste sprężone powietrze

Zważywszy na to, że metody produkcyjne wymagają dostarczania sprężonego powietrza najwyższej jakości, konieczne jest stosowanie odpowiednich filtrów do sprężarek.

Jak podkreśla Robert Schumann, doradca techniczno-hadlowy w firmie Filtration Group, sprężone powietrze jest jednym z podstawowych mediów używanych w każdym zakładzie przemysłowym. Wraz z postępowaniem technologicznym wzrasta zapo-

trzebowanie na powietrze o coraz wyższych klasach czystości i wilgotności. Stawia to liczne wyzwania przed każdym działem utrzymania ruchu. Jednym z takich wyzwań jest kwestia doboru i wymiany filtrów i elementów filtracyjnych. To właśnie filtry decydują o klasie sprężonego powietrza, jakie można uzyskać z zespołu sprężarkowego. To one pozwalają na wydłużenie okresów międzyprzegładowych i czasu eksploatacji urządzeń.

Warto przy tym podkreślić, że niezależnie od rodzaju używanego kompresora, w każdej instalacji sprężonego powietrza obecne są różnego typu zanieczyszczenia. Przykładem są cząstki stałe, które przez sprężarkę przedostają się do układów pneumatycznych z powietrza zasysanego z otoczenia. Powstają one zarówno w sprężarkach, jak i instalacjach oraz przewodach. Do ich uwolnienia dochodzi w wyniku procesów fizyko-chemicznych, do których należy zaliczyć korozję, zgorzeliny oraz cząstki starzejących się i uszkodzonych uszczelnień, a także na skutek mechanicznego zużywania się części w sprężarkach lub innych elementach pneumatyki obecnych w układzie.

Kolejnym źródłem zanieczyszczeń jest olej, który pochodzi ze sprężarek (zwłaszcza tłokowych) bądź w postaci resztkowej porywany jest przez przepływ powietrza ze ścianek przewodów. Również celowe smarowanie urządzeń pneumatycznych mgłą olejową może sprawić, że krople oleju będą wytrącać się w formie kondensatu.

W zasysanym przez sprężarkę powietrzu atmosferycznym obecna jest także woda, która występuje w postaci pary wodnej. Może ona również przedstawiać się ze zbiorników sprężonego powietrza, znajdujących się za sprężarkami.

### Od filtrów pyłowych do sterylnych

W zależności od tego, jakie zanieczyszczenia mają zostać usunięte, stosuje się odpowiednie rodzaje filtrów. Wyróżnia się cztery podstawowe typy filtrów sprężonego powietrza: pyłowe, koalescencyjne, węglowe i sterylne.

Filtry pyłowe, usuwające ze sprężonego powietrza cząsteczki stałe, zazwyczaj występują jako filtry zgrubne oraz jako filtry dokładne, o czym będzie mowa w dalszej części artykułu. Na skutek powietrza przepływającego przez wkład filtra od środka do zewnątrz dochodzi do wyłapania i zatrzymania we wkładzie cząsteczek stałych obecnych w sprężonym powietrzu. Im więcej zanieczyszczeń stałych znajdzie się na wkładzie, tym bardziej utrudnione staje się ich dalsze przechwytywanie. W konsekwencji spada też ciśnienie generowane przez filtr.

Jeśli chodzi o filtry koalescencyjne, służą one do usuwania ze sprężonego powietrza wody, aerozoli oleju oraz cząsteczek stałych. Filtry te, najczęściej występujące także jako zgrubne i dokładne, umożliwiają filtrowanie cząsteczek stałych ze sprężonego powietrza na podobnych zasadach jak w przypadku

filtrów pyłowych. Z kolei proces filtracji wody oraz aerozoli oleju odbywa się dzięki zjawisku koalescencji. Płynne aerozole, w wyniku połączenia się w filtrze w większe krople, spadają na jego dno – gromadzone są w dolnej części obudowy filtra, po czym zostają odprowadzone przez spust.

Z kolei filtry węglowe, których wkład wypełniony jest węglem aktywowanym, skutecznie radzą sobie z usuwaniem zapachów i pary oleju. Sprężone powietrze, przebywając drogę przez wkład filtra od wewnątrz do zewnątrz, trafia na porowatą powierzchnię zewnętrzną wkładu, która uniemożliwia przedostawaniu się pyłu, wytwarzanego przez węgiel aktywowany w procesie filtracji.

Jeśli chodzi o filtry sterylne, usuwające ze sprężonego powietrza cząsteczki stałe i mikroorganizmy, filtracja odbywa się tu na zasadzie retencji lub przy wykorzystaniu membran. Dzięki temu, że obudowy tych filtrów są wytwarzane ze stali nierdzewnej, bez problemu można sterylizować w miejscu pracy zarówno wkłady, jak i obudowy.

### W zależności od stopnia filtracji

Na uwagę zasługuje fakt, że cząstki zanieczyszczeń różnią się wielkością i mogą wynosić od kilkuset do nawet mniej niż jednego mikrometra. Filtry do sprężarek mają za zadanie usuwać przede wszystkim cząsteczki stałe. W zależności od stosowanych wkładów filtrujących oczyszczenie może być mniej lub bardziej dokładne.

Wyróżnia się dwie podstawowe grupy filtrów: zgrubne (40 mikrometrów i więcej) oraz dokładne. Dla większości zastosowań wystarczająca jest filtracja do 40 mikrometrów, co odpowiada 5. klasie czystości sprężonego powietrza i jest wystarczające dla prawidłowej pracy armatury pneumatycznej. W przypadku narzędzi pracujących z dużymi prędkościami lub wyposażenia kontroli procesów konieczna jest filtracja dokładna, o gradacji od 10 do 25  $\mu\text{m}$ . Filtracja rzędu 10  $\mu\text{m}$  i mniej ma zastosowanie przy ułożyskowaniach powietrznych oraz miniaturowych silnikach powietrznych. Z kolei filtracja dokładniejsza, wynosząca mniej niż 1  $\mu\text{m}$ , może być wymagana np. w branży spożywczej. W tej sytuacji zamiast filtrów standardowych powinno się używać filtry wysokowydajne (filtry usuwania oleju/koalescencyjne).

Oprócz cząsteczek stałych standardowe filtry umożliwiają usunięcie również wody w postaci cieczy, wytrąconej poprzez rozprężanie się medium roboczego, a także większych drobin oleju, które siłą odśrodkową po zawirowaniu strugi wyrzucane są na powierzchnię wewnętrzną zbiorników.

Należy podkreślić, że stopień filtracji uzależniony jest od poziomu czystości powietrza, który jest wymagany dla danego procesu. Warto dodać, że w przypadku, gdy nie zachodzi konieczność używania bardzo drobnych filtrów, nie powinno się ich stosować z uwagi na to, że dokładniejsza filtracja powoduje gromadzenie się większej ilości brudu



Filtr wirowy cyklonowy.  
Woda w stanie ciekłym  
Źródło: Parker - ZANDER



w elementach filtra, co prowadzi do jego szybszego zablokowania.

### Filtry powietrza

Regularna wymiana filtra powietrza stanowi skuteczną ochronę przed przedostaniem się do sprężarki wszelkich zanieczyszczeń zmniejszających przepływ powietrza. Zabrudzony filtr prowadzi do częstszych wymian separatora, przedwczesnej wymiany oleju i łożysk, a w rezultacie do uszkodzenia stopnia śrubowego sprężarki. Chcąc zapewnić maksymalną wydajność pracy kompresora, należy wymieniać filtr powietrza po ok. 2–3 tys. godzin pracy, jednak nie rzadziej niż raz w roku, dzięki czemu możliwa będzie efektywna praca separatora do 4 tys. godzin.

Jeśli chodzi o filtry służące do wstępnego oczyszczenia powietrza dostarczonego do sprężarki, to – zdaniem eksperta z firmy Filtration Group – najczęstszym typem stosowanym przez większość producentów są filtry patronowe, zwane również nabojowymi. Elementem filtracyjnym jest w nich wkład wymienny, wykonany z plisowanej włókniny zespolonej za pomocą metalowych lub plastikowych zakończeń. W zależności od wymagań i warunków stosuje się włókniny: celulozowe, celulozowe zbrojone tworzywem sztucznym, a także poliestrowe oraz ze stali nierdzewnej. Selektywność nominalna takich wkładów sięga od 50 mikrometrów do 0,3 mikrometra.

Zdaniem serwisanta z firmy GRADOS grono dostawców filtrów powietrza dla najlepszych producentów sprężarek jest bardzo wąskie i zalicza się do niego tylko kilka firm. Dla działów zakupów wielu firm filtr powietrza firmy X różni się od filtra powietrza firmy Y wyłącznie ceną, dlatego finalnie decydują o zakupie produktu, który jest tańszy. Niestety po pewnym czasie może okazać się, że oszczędność była tylko pozorna, ponieważ zastosowanie wybranego zamiennika w konsekwencji generuje dodatkowe koszty związane z naprawą. W takich przypadkach precyzyjne złożenia kinematyczne sprężarek zostają szybko niszczone. Efekt zastosowania nieodpowiednich filtrów powietrza ilustruje rys. 1, gdzie została



Rys. 1. Gładź cylindra zniszczona przez twarde zanieczyszczenia, które zostały przepuszczone przez nieodpowiedni filtr powietrza. Źródło: GRADOS

uszkodzona powierzchnia cylindra roboczego. Innym ważnym zagadnieniem związanym z doбором filtrów powietrza – niestety często bagatelizowanym przez osoby nastawione na doszukiwanie się wszędzie oszczędności – jest ich opór dla zasysanego medium. Jego zwiększenie powoduje spadek sprawności sprężarki. Nic nie zaoszczędzimy na złym zamienniku. Jeśli nawet nie zniszczy przedwcześnie sprężarki, to swoją decyzję odczujemy, płacąc za energię.

### Filtry oleju

Filtry oleju służą do oczyszczania oleju, będącego podstawową cieczą roboczą w sprężarkach. Pełnią one bardzo ważną funkcję w przedłużeniu czasu pracy sprężarki. Umożliwiają usunięcie zanieczyszczeń mogących dostać się do wnętrza sprężarki, a tym samym pozwalają zminimalizować potencjalne uszkodzenia łożysk oraz innych elementów sprężarki.

Filtr oleju powinien być wymieniany przy każdej wymianie oleju w sprężarce, jeżeli wyświetli się sygnalizacja serwisu sprężarki, nie rzadziej jednak niż raz na rok. Okresy te mogą być różne, na co mają wpływ takie czynniki, jak np. rodzaj filtra, gatunek używanego oleju czy sposób eksploatacji sprężarki. Najczęściej jednak filtr oleju powinno się wymieniać po ok. 2 tys. godzin pracy.

O konieczności filtracji oleju przekonał się każdy zmuszony do remontu sprężarki spowodowanego jej zatarciem. Jak zauważa Robert Schumann, stosowane obecnie reżimy wykonawcze zmuszają do stosowania coraz lepszych olejów, a co za tym idzie do coraz dokładniejszej ich filtracji. Do podstawowe rozwiązań: służących do tego celu należą filtry puszkowe oraz filtry z wymiennym wkładem. Główna różnica między nimi polega na budowie wymiennego elementu filtrującego. W filtrach z wymiennym wkładem filtr składa się z głowicy, korpusu i elementu filtrującego. W filtrze puszkowym element filtrujący i korpus stanowią całość i są razem wymieniane. Głównym materiałem przegrody filtracyjnej są włókniny celulozowe. Sprężone powietrze powinno być oczyszczone z wszelkich ciał obcych, jakie mogły się do niego dostać podczas kompresji. Służą do tego filtry cząstek stałych, które mogą być wykonane jako wkłady z polietylenu zbrojonego siatką stalową.

Jeśli chodzi o np. sprężarki łopatkowe, ich konstrukcja jest niewątpliwie specyficzna z uwagi na niskie ciśnienie systemu wtrysku oleju przy pracy. Dla użytkowników oznacza to niższe zużycie energii elektrycznej i możliwość pracy przy niższych ciśnieniach roboczych  $\geq 3$  bar. Dla konstruktora to poważne wyzwanie techniczne, gdyż układ olejowy musi zapewniać, z dużym zapasem bezpieczeństwa, odpowiednie chłodzenie, doszczelnianie i smarowanie elementów roboczych. Jak podkreśla przedstawiciel firmy GRADOS, stosując filtry oleju o obniżonych oporach przepływu przy jednoczesnym zachowaniu bardzo wysokiej zdolności filtracji w dłuższym czasie



pracy, podnosi to jego cenę, ale zapewnia bezawaryjne funkcjonowanie nieporównywalnie droższych elementów stopnia sprężającego. Niespełnienie tego wymogu przez użytkownika wpływa na skrócenie okresu ochrony gwarancyjnej. Niestety, zamiennik dobrany według kryterium wymiarów zewnętrznych i gwintu w tym przypadku spowoduje jedynie zadowolenie mniej lub bardziej świadomego handlowca, który sprzeda swój produkt za wszelką cenę, weźmie premię, natomiast nie weźmie żadnej odpowiedzialności za przyspieszoną destrukcję urządzenia. W takich przypadkach trudno dyskutować z inwestorem, który szuka wszędzie oszczędności, nie przyjmując do wiadomości racji technicznych.

– Podczas przeglądu sprężarki u jednego z naszych klientów, wychyłem charakterystyczny dźwięk zużycia panewek już po 60 tysiącach godzin pracy tego urządzenia. Jest to zdecydowanie za wcześnie na interwencję w mechanizmy sprężarki. Te maszyny, przy zgodnej z zaleceniami producenta obsłudze serwisowej, bez jakichkolwiek objawów zużycia stopni sprężających pracują ponad 200 tysięcy godzin – mówi serwisant z firmy GRADOS, oferującej przemysłowe kompresory do powietrza oraz kompletne wyposażenie sprężarkowni i sprężarki do małych warsztatów. – Jednak po demontażu okazało się, że nie myliłem się, a potężne panewki rzeczywiście są zużyte. Ponadto łopatki i pokrywy boczne wykazywały ślady zacierania. Diagnoza była jednoznaczna. Stosowanie od dłuższego czasu tanich zamienników filtrów oleju spowodowało redukcję ciśnienia smarowania i w konsekwencji efekt zatarcia. Wysokich kosztów naprawy można było bardzo łatwo uniknąć, wybierając sprawdzonego producenta lub doświadczoną dostawcę filtrów – dodaje ekspert.



Rys. 2. Wyraźne ślady zacierania przy końcach łopatek spowodowane za niskim ciśnieniem w układzie olejowym, związanym z zastosowaniem nieodpowiednich filtrów oleju. Źródło: GRADOS

### Separatory oleju

Warto wspomnieć też o separatorach oleju, służących do oczyszczenia sprężonego powietrza z mgły olejowej. Należą do nich filtry absorpcyjne, koalescencyjne i odśrodkowe. Jak podkreśla ekspert z firmy Filtration Group, najprostszą budowę mają filtry odśrodkowe – ich kształt powoduje pojawienie się przepływającym powietrzu siły odśrodkowej,

co prowadzi do odrzucenia na zewnątrz cięższych cząsteczek oleju. Ten typ filtra znany jest również pod nazwą cyklon.

Filtr absorpcyjny wyposażony jest we wkład wykonany z materiału pochłaniającego olej, takiego jak: celuloza, polipropylen lub polimery. Po przekroczeniu możliwej do pochłonięcia ilości oleju element ten należy wymienić. Jeśli chodzi o filtry koalescencyjne, ich działanie sprowadza się do przechwycenia cząsteczek oleju z mgły olejowej, zgromadzenia ich poprzez koagulację i usunięcia. Teoretycznie tego typu filtr mógłby pracować nieograniczony czas, jednak uniemożliwiają to zanieczyszczenia znajdujące się zarówno w oleju, jak i przepływającym powietrzu.

Elementy takich filtrów wykonywane są z wysokoprzetworzonych tworzyw sztucznych poddanych komputerowo sterowanej obróbce w celu uzyskania optymalnego efektu pozwalającego na rozdział faz. Zewnętrzny wygląd dwóch ostatnich rodzajów separatorów może być bardzo zbliżony, dlatego wymieniając elementy filtracyjne, należy zwrócić baczną uwagę na oznaczenia.

W opinii przedstawiciela firmy GRADOS na stopień odolejania ma wpływ konstrukcja sprężarki, budowa i wielkość separatorów oraz temperatura pracy. Generalnie, przy prawidłowo rozwiązanym systemie separacji oleju w sprężarce (bezwładnościowym czy grawitacyjnym), separator ma do odfiltrowania i zatrzymania w sprężarce około 2+5% oleju ze sprężanego powietrza. Olej jest odseparowywany na tkaninie borosilikatowej i zwracany do zbiornika oleju. Im większa powierzchnia filtracyjna, tym lepiej; im temperatura pracy niższa, tym lepiej; im ciśnienie sprężania wyższe, tym lepiej. Jeśli chodzi o sprężarki łopatkowe, to ze względu na niską temperaturę pracy (oleju) wynoszącą około 70°C oraz duże, celowo przewymiarowane separatory, rezydualną jego pozostałość w sprężonym powietrzu uzyskują one na poziomie mniejszym jak 1 ppm.

Warto dodać, że nie jest łatwo dobrze wykonać element separujący. Praktycznie niewiele firm opanowało jego wytwarzanie na wysokim poziomie jakości.

### Warto zadbać o filtry

Niesprawność układów filtracji może prowadzić do znacznego spadku wydajności urządzenia, przyspieszonego zużycie elementów roboczych, takich jak łopatki, cylindry, tłoki, a także całkowitego zniszczenia maszyny w wyniku zatarcia. Konsekwencją może być również pogorszenie warunków pracy wszystkich urządzeń odbierających sprężone powietrze.

Zdaniem przedstawiciela firmy Filtration Group samodzielny dobór filtrów i wkładów filtracyjnych nie jest dobrym rozwiązaniem. Włókny filtracyjne nieróżniące się wyglądem mogą mieć całkowicie odmienne właściwości fizyczne i chemiczne. Nieodpowiedni wybór może spowodować uszkodzenie sprężarki i urządzeń peryferyjnych. ■



Schemat działania filtra sprężonego powietrza  
Źródło: Ingersoll Rand