

Prawda i sprężanie*

Robert Hilfiker

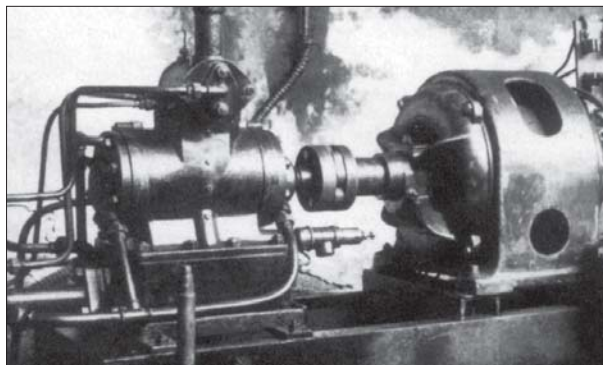


Life cycle cost: we always win.

Prawda i sprężanie *

Robert Hilfiker

Artykuł napisany z okazji 75-lecia założenia firmy Pneumofore w Turynie we Włoszech, opisujący szereg rozważań na temat techniki sprężania oraz osobiste doświadczenia szefa firmy, który odegrał kluczową rolę w ciągu 40 lat działania firmy Pneumofore. Porównany został cały szereg sprężarek, nie tylko z punktu widzenia ich osiągnięć, lecz także z uwagi na możliwość ich przystosowania do nowych wyzwań takich jak oszczędność energii i ochrona środowiska.



Rys. 2 - Pierwsza na świecie jednostopniowa sprężarka łożatkowa z chłodzeniem za pomocą wtrysku oleju (1927, Model A12, 27KM Pneumofore)

Rozwój konstrukcji sprężarek

Pierwsze sprężarki tłokowe były urządzeniami jednostopniowymi pracującymi w warunkach niemal inżenierskich. Zostały zastąpione dwustopniowymi sprężarkami z bezpośrednim chłodzeniem osiągając wyższą sprawność (patrz zamieszczony wykres entropii, Rys. 1), na którym obszar poniżej linii opowiada wykonanej pracy). Jednakże ich konstrukcja była skomplikowana, będąc przyczyną np. kłopotliwych wibracji i kosztownej obsługi serwisowej. Z tych powodów, dzisiejsze sprężarki dwustopniowe produkowane są jedynie, niemal wyłącznie, dla specjalnych zastosowań.

We wszystkich krajach, gdzie wcześniej rozpoczął się proces uprzemysłowienia, istnieli liczni producenci sprężarek. W tym czasie sprężarki obrotowe były synonimem sprężarek łożatkowych. Pierwsze dwustopniowe sprężarki łożatkowe były wyposażone w urządzenie smarowania kropłowego i system smarowania pośredniego. Później dopiero opracowano jednostopniowe sprężarki łożatkowe z zamkniętym obiegiem smarowania. Jedynie kilku producentów rozwinęło konstrukcję sprężarki i osiągnęło stadium produkcyjne.

Około 35 lat temu, pojawiły się jednostopniowe sprężarki śrubowe z wtryskiem oleju. Uważane były za następczynię sprężarek tłokowych. Z punktu widzenia oszczędności energii jednak, ten etap rozwoju sprężarek był rozpatrywany nie jako jeden, ale dwa kroki wstecz. Dlaczego? Sprężarki tłokowe ze sprężystymi pierścieniami tłokowymi, podobnie jak w silnikach spalinowych, posiadają aktywne uszczelnienie. Wimiki w sprężarce śrubowej,

dla kontrastu nie mogą dotykać zewnętrznych ścian – które pełnią porównywalną funkcję z biernym uszczelnieniem, co prowadzi do utraty mocy i powrotu powietrza do króćca ssawnego. Sytuacja staje się jeszcze bardziej problematyczna, gdy na skutek zużycia materiału wału, powiększają się luzy poprzeczne łożysk. Skutkiem tego żywotność sprężarek śrubowych rzadko przekraczała 25.000 roboczogodzin, co jest istotnym ograniczeniem.

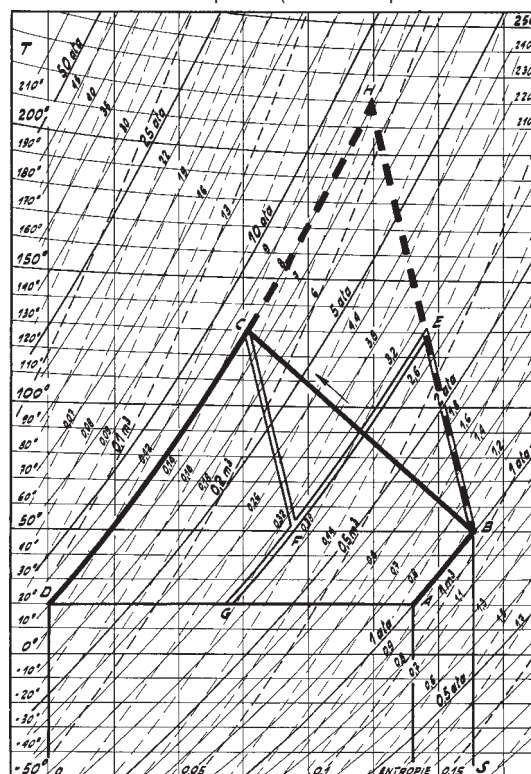
Klientom wydaje się znacznie bardziej opłacalnym kupowanie sprężarek śrubowych niż ponosić koszty ciągle rozwijających się sprężarek obrotowych. I dlatego większość dzisiejszych dostawców sprężarek śrubowych produkuje sprężarki w oparciu o standardowe komponenty.

Jedynie sprężarki obrotowe, są zdolne pozostać na rynku. Wraz z Pneumofore jedynymi skutecznie działającymi producentami sprężarek obrotowych w Europie są Wittig, Hydrovane i Mattei.

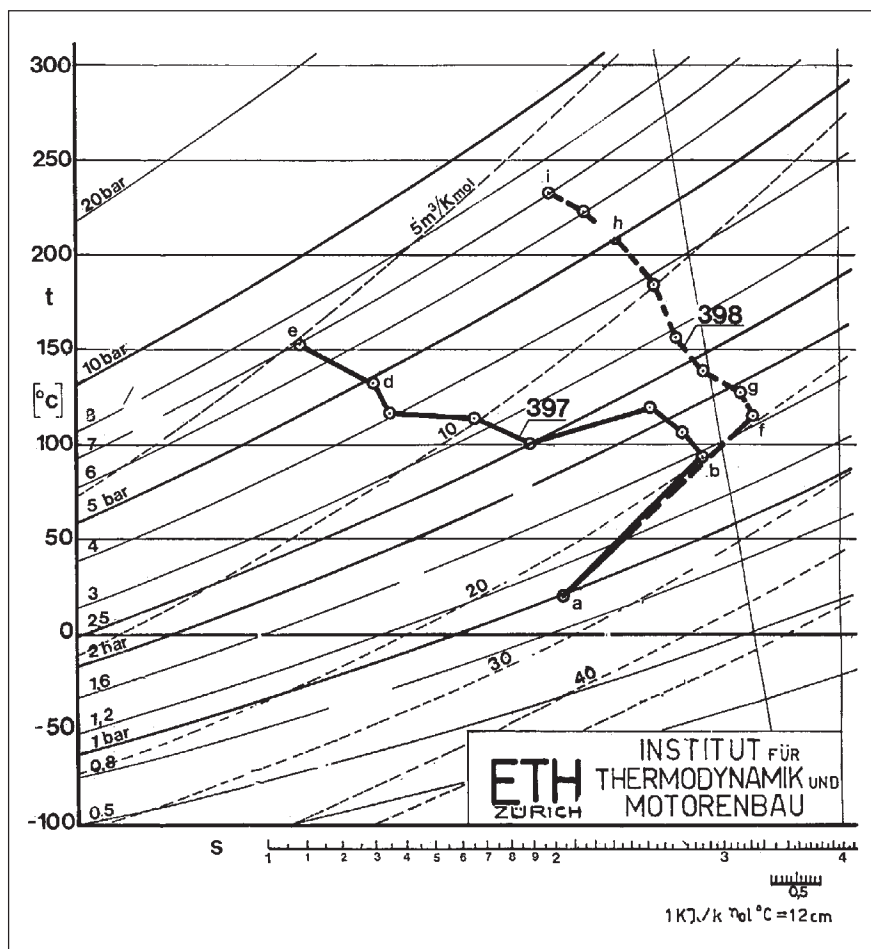
Rozwój sprężarki łożatkowej

Dziewięćdziesiąt lat temu, Wittig opracował sprężarkę łożatkową, dwustopniowe urządzenie z układem pośredniego chłodzenia, które osiągnęło ciśnienie 7 at. Tuzin firm zaadaptowało tę zasadę i produkowało dwustopniową sprężarkę z układem kropłowego smarowania i 24 stalowymi

łożatkami. W 1927 roku w Turynie, Pneumofore opracował pierwszą na świecie jednostopniową sprężarkę obrotową z układem wtrysku oleju chłodzącego, posiadającą 15 łożatek wykonanych z aluminium. (Rys. 2, sprężarka A12, o wydajności 156 m³/h, i mocy 25 KM). Już w 1930 roku, Pneumofore uzyskało niemiecki patent (German Imperial Patent



Rys. 1 - Zależność temperatury i entropii dla jednostopniowej sprężarki tłokowej, dwustopniowej z chłodzeniem pośrednim i jednostopniowej sprężarki z chłodzeniem za pomocą intensywnego wtrysku oleju



Rys. 3 - Zależność temperatury i entropii. Pomiary wykonane za pomocą piezoelektrycznych kryształów kwarcu, 398 = klasyczny wtrysk oleju, 397 = chłodzenie za pomocą intensywnego wtrysku oleju

510603) za własne opracowanie systemu separacji oleju. Przez kolejne lata produkowane modele sprężarek rosły aż do osiągnięcia mocy 400 kW. Sprężarki te pracowały przez kolejne dziesięciolecia bijąc na głowę żywotnością, dwustopniowe sprężarki tłokowe.

Ponad 60 lat temu, w Anglii opracowano dla celów wojskowych sprężarkę łożatkową. Urządzenie posiadało 8 żeliwnych łożatek i możliwość płynnej regulacji wydajności.

Podstawowe badania prowadzone wspólnie przez Pneumofore i Szwajcarski Instytut Termodynamiki wprowadziły rewolucyjne zmiany do świata sprężarek. System chłodzenia za pomocą intensywnego wtrysku oleju, jest jedynym udoskonaleniem wprowadzonym w ciągu ostatnich paru dziesięcioleci, które wywarło pozytywny wpływ na proces sprężania termodynamicznego. (Rys. 3, Wykres entropii). System chłodzenia za pomocą intensywnego wtrysku oleju jest trafnie nazwany „natryskiem szczotkowym”, w którym olej jest natryskiwany w sposób przypominający szczotkę, poprzez system kapilar. W procesie tym, liczne drobne strugi oleju, chłodzą powietrze we wnętrzu sprężarki, w strefie w której występuje największy wzrost ciśnienia.

We większości sprężarek, olej wstrzykiwany jest poprzez osiowe otwory o średnicy od 6 do 8 mm. W tym przypadku – pomimo przeciwnych twierdzeń, rozpylenie

nie jest możliwe, wskutek zbyt niskiego ciśnienia.

Z tych powodów olej pełni jedynie funkcję czynnika uszczelniającego i smarującego linię kontaktu wirników i chłodzi sprężone powietrze jedynie w nieznacznym stopniu.

Dodatkowe badania podstawowe ustaliły poza wszystkim, że duże, łożatkowe stopnie sprężające są znacznie pewniejsze w działaniu niż duże stopnie sprężające śrubowe. Może to być wyjaśnione w oparciu o geometrię i przebieg procesów termicznych. W przypadku sprężarek łożatkowych, powietrze jest zasysane równomiernie prostopadle do osi ruchu obrotowego wirnika. Podobna zasada dotyczy wyrzutu sprężonego powietrza. Ruch łożatek również w pewnym stopniu kompensuje wpływ czynnika rozszerzalności liniowej. W stopniu sprężającym sprężarki śrubowej wlot powietrza znajduje się na jednym końcu, natomiast wyrzut sprężonego powietrza na drugim jego końcu. Przepływ powietrza po przekątnej przez stopień sprężający nagrzewa i wypacza geometrię stopnia sprężającego. Dodatkowe straty mocy powstają wskutek nieszczelności promieniowej oraz miejsca lokalnych przedmuchów występujące w procesie.

Wkład Pneumofore w rozwój sprężarki łożatkowej

Spadek zużycia energii elektrycznej przez

jednostopniową sprężarkę Pneumofore w stosunku do dwustopniowej sprężarki tłokowej był istotnym wezwaniem dla Pneumofore. Po wielu latach podstawowych badań we współpracy z Szwajcarskim Federacyjnym Instytutem Technologii w Zurychu, wprowadzono system intensywnego wtrysku oleju. (Rys. 5)

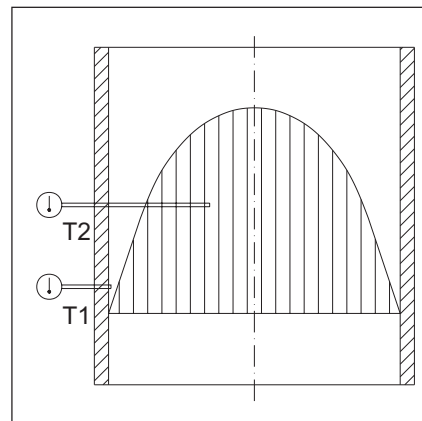
Wielokrotne pomiary wykazały, że sprężanie jest procesem izotermicznym w strefie wtrysku oleju. Nawet dla osób z podstawową wiedzą w zakresie termodynamiki, oczywiste są znaczne oszczędności energii. Niska temperatura sprężonego powietrza na wylocie ze stopnia sprężającego, ponadprzeciętna zdolność chłodzenia dużej chłodnicy oleju i wyjątkowa skuteczność we wstępnym oddzielaniu oleju są podstawowymi wymogami dla optymalnego oddzielania oleju. Niska temperatura skutkuje dużymi kroplami oleju, i stąd braku aerozolu olejowego. Fakt, że sprężanie jest niemal izotermiczne w obszarze szczotkowego natrysku oleju jest potwierdzone powstałymi oszczędnościami energii.

Dzisiaj, Pneumofore produkuje wyłącznie jednostopniowe, chłodzone powietrzem, sprężarki łożatkowe o wielkościach od 5,5 kW do 315 kW. Duże powierzchnie wymiany ciepła pozwalają na pracę sprężarek pod pełnym obciążeniem w temperaturach sięgających nawet 40°C (Rys. 6).

Współczesne sprężarki Pneumofore zapewniają potwierdzone korzyści przebijające cechy konwencjonalnych sprężarek śrubowych.

Wykonanie w pionowej konfiguracji sprężarki Pneumofore, chłodzonej powietrzem które z powodzeniem jest stosowane stale od 1970 roku stanowi przełom. Oprócz zwartej budowy o małym obrysie podstawy – co było od lat poszukiwanym rozwiązaniem – pionowa konfiguracja urządzenia pozwala na zastosowanie dużych chłodnic oleju i powietrza. Niejako, również przy okazji, zoptymalizowano proces wstępnej grawitacyjnej separacji oleju, co oznacza kolejny krok do przodu w jakości dostarczanego sprężonego powietrza.

W 2006 roku Pneumofore jest już daleko od swojej 80 rocznicy powstania. W ciągu ośmiu dziesięcioleci od momentu swojego



Rys. 4 - Rozkład laminarny przepływu w rurze cylindrycznej; T1 pomiar przy ścianie rury; T2 pomiar w osi rury



Rys. 5 - Przekrój modelu stopnia sprężającego sprężarki UR26, 160kW, system intensywnego wtłuszczenia oleju widoczny jest po lewej stronie w ścianie cylindra

powstania, Pneumofore kontynuuje ulepszanie swoich sprężarek łożatkowych i wiadomo, że znacznie wyprzedza dzisiejsze wymagania jakie stawia się sprężarkom.

Zamieszanie zamiast informowania

Pierwsze stopnie sprężające sprężarek śrubowych miały asymetryczny profil i ogłoszono, że miały o 16 % większą wydajność. W rzeczywistości sprężarki zasysały o 16 % więcej powietrza i daleko były od poziomu wydajności jaką rzekomo miały osiągać. Innego typu nieporozumienie, które często ma miejsce gdy podaje się liczby ilustrujące objętość dostarczanego sprężonego powietrza: pomiary wykonuje się bezpośrednio na wylocie ze sprężarki – praktyka stosowana od dziesięcioleci.

W przypadku sprężarek tłokowych, ten sposób jest poprawny, oczywiście z uwagi na pulsacyjny przepływ powietrza. Zgodnie z niemiecką normą DIN 1952, faktyczna ilość dostarczonego powietrza jest równoważna objętości zassanego powietrza, ponieważ ilość dostarczonego powietrza jest mierzona w warunkach ciśnienia atmosferycznego. Pomiar na wylocie ze sprężarki zalecany przez Pneurop i normy ISO, wymagają przeliczeń z zastosowaniem wielu współczynników, mnożników i dzielników, itp.

Na czym więc polega problem? Ciśnienie rozkłada się równomiernie w poprzek średnicy rurociągu wylotowego i może być dokładnie zmierzone z dokładnością oferowaną przez barometr. W przepływie laminarnym, rozkład temperatury w przekroju rury ma kształt paraboli, proporcjonalnie do prędkości powietrza. (Rys. 4) Wzdłuż ścian na przykład, można odnotować temperaturę 40°C (T1), ale w osi rury temperatura może osiągać wartości około 70°C – 80°C (T2) w warunkach izobarycznych, objętość powietrza waha się w granicach 1% na 3 stopnie zmiany

temperatury. Dlatego, jeśli temperatura powietrza wylotowego podana jest jako 40°C na wylocie ze sprężarki, to rzeczywista temperatura ma wartość bliską 70°C, 10 % większą objętość, rozpatrując jakąkolwiek normę. Następnie, pomiary takie muszą być przeliczone i odniesione do warunków ciśnienia atmosferycznego z zastosowaniem formuł i współczynników, w której to procedurze dodatkowe współczynniki mogą być wprowadzone z „kosmetycznych” powodów.

Boom na sprężarki napędzane z zastosowaniem falowników

Instalując dowolną sprężarkę, parametry są dostosowywane i regulowane w ten sposób by w każdym przypadku sprężarka osiągała maksymalną wydajność w trakcie pracy. Przy wyższych i niższych prędkościach obrotowych tzn. ciśnieniu roboczym, jednostkowe zapotrzebowanie na energię wzrasta.

Skąd wobec tego takie przywiązywanie wagi do falowników? W przypadku sprężarek śrubowych falownik od ręki rozwiązuje dwa problemy:

a) z uwagi na konstrukcję, sprężarka może być włączana i wyłączana jedynie 6-8 razy na godzinę.

b) na biegu luzem, zużycie energii osiąga i przekracza zużycie odpowiadające pełnemu obciążeniu większości sprężarek a w przypadku sprężarek łożatkowych od 30 do 40%.

W odniesieniu do pkt. a.: W przypadku sprężarek śrubowych z wtłuszczeniem oleju, wirnik główny napędza drugi wirnik poprzez bezpośredni kontakt. Różnica w liczbie wyżłobień i występów w wirnikach powoduje ruch osiowy pomiędzy wirnikami. W trakcie ruchu wirnik główny mocno uderza w drugi wirnik a uderzenie to jest w pewnym stopniu tłumione warstwą oleju pomiędzy wirnikami. Sprężarka może być włączana i wyłączana 6 do 8 razy na godzinę, żeby ograniczyć liczbę wzajemnych uderzeń wirników. Nawet dla kogoś z podstawową znajomością techniki jest jasne, że powtarzające się uderzenia muszą powodować negatywne skutki działania mechanizmów sprężarki.

W odniesieniu do pkt. b.: Praca na biegu luzem sprężarek śrubowych w sposób oczywisty różni się od nowoczesnych sprężarek łożatkowych. Dzięki niższej liczbie obrotów na biegu luzem sprężarek śrubowych zasilanych falownikami jednostkowe zużycie energii spada z 40 do 25 % dla zużycia odpowiadającego pełnemu obciążeniu. (Współczesne sprężarki łożatkowe zużywają jedynie połowę tej wielkości: 12 %)

Innymi sposobami rozwiązania problemów w pkt. a. i b. jest zawór dławiący. Stopniowo obniża ilość dostarczanego powietrza, ograniczając ilość przerw nie mając równocześnie negatywnego wpływu na ogólną wydajność.

Ze swoim aktywnym uszczelnieniem olejowym, pompy próżniowe które są zwykle urządzeniami łożatkowymi, cechuje możliwość osiągnięcia wysokiej próżni. Na

biegu luzem, sprężarki łożatkowe stają się pompami próżniowymi wymuszając odpowiedni obieg oleju. Na tym polu Pneumofore ma wieloletnie, znaczące doświadczenie. Sprężarki śrubowe oraz niektóre sprężarki łożatkowe rzeczywiście rzadko pracują na biegu luzem raczej kontynuują pracę sprężając powietrze do ok. 2 barów celem zapewnienia smarowania elementów wirujących. W cyklu pracy na biegu luzem, stałe zapotrzebowanie mocy wynosi 30 do 40 %. W trakcie pracy na biegu luzem, ciśnienie oleju musi kompensować obciążenia osiowe.

Przy zmianie prędkości wirowania, obieg oleju pozostaje stały, powodując jedynie przedostawanie się zbyt małej lub zbyt dużej ilości oleju do przestrzeni międzyłożatkowej. Zbyt duża ilość oleju prowadzi do sprężania oleju tj. do większego zapotrzebowania mocy i odwrotnie, zbyt mała ilość oleju może spowodować wzrost temperatury procesu sprężania.

Jest oczywiście, że włączanie i wyłączenie maszyn 20 razy na godzinę, może na przykład zniszczyć styczniki i silnik elektryczny. W przypadku sprężarek łożatkowych nie wynikają z tego powodu komplikacje natury mechanicznej. Poprzez odpowiednią regulację prędkości obrotowej, ciśnienie robocze może zostać utrzymane na stałym poziomie, co jest istotne w pewnych zastosowaniach. Oszczędność energii jest tym niemniej życzeniem dalekim od rzeczywistości.

Co oznacza ochrona środowiska

Wszyscy mówią o ochronie środowiska, lecz jedynie niewielu podejmuje działanie. To stwierdzenie również odnosi się do producentów sprężarek. Znacomitem przykładem były Targi Handlowe w Hanowerze w 1994 roku, gdzie po raz pierwszy zaprezentowano sprężarki śrubowe z wtłuszczeniem wody. Dlaczego Pneumofore nie podjęło tego pomysłu? Ponieważ wtłuszczenie wody to „stary kapeluszek z wieloma dziurami”. Oto dlaczego pomysł ten zniknął przed Targami Handlowymi w Hanowerze w 1997 roku. Prezentowanie modnych rozwiązań, które nie są w pełni dojrzałe do wejścia na rynek, wymaga mniej wysiłku niż rozwijanie nowych rozwiązań w oparciu o mechanikę cieczy, termodynamikę i adekwatnego doświadczenia. Niedrogie jednostki o kompaktowej budowie zazwyczaj mają kiepskie wyniki w separacji oleju. Jakość implikuje większy wysiłek i wyższe koszty.

Dzisiaj, większość sprężarek chłodzona jest olejem. Problemem obecnie jest sztuka separacji oleju ze sprężonego powietrza do najwyższego, możliwego stopnia za pomocą paru, prostych środków. Olej przemieszcza się w postaci dużych lub małych kropli oraz w postaci oparów. Opary powstają gdy sprężarki wyposażone są w nieskuteczny system chłodzenia, małe chłodnice olejowe oraz gdy rośnie luz poprzeczny wirników sprężarki (ilość oparów rośnie 2-3 krotnie). Niska temperatura sprężania wymaga dużej gęstości w strefie sprężania podobnie jak w dwustopniowym sprężaniu ze skutecznym międzystopniowym chłodzeniem i



Rys. 6 - Sprężarka UR9, 55kW

optymalnym wtryskiem oleju, dla konieczności chłodzenia sprężarki. Należy pamiętać, że termometr na wylocie ze sprężarki nie mierzy temperatury powietrza lecz raczej oleju, ponieważ olej przylega do czujnika a powietrze opływa go. Jak już wspomniano, Pneumofore przeprowadziło intensywne badania na temat separacji oleju w sprężarkach chłodzonych olejem już w 1930 roku, zdobywając wielkie doświadczenie, które uczyniło Pneumofore liderem już wtedy i obecnie. System intensywnego wtrysku oleju, był wielkim krokiem naprzód w separacji oleju. Temperatury, które są o około 50°C niższe, powodują powstawanie większych kropli oleju, które mogą być znacznie łatwiej wychwytywane niż małe krople oparów czy wręcz aerozol. Większe krople oleju mogą być oddzielone dzięki siłom odśrodkowym lub grawitacji. Niezbędne wysokości konstrukcyjne sprężarek konieczne dla zoptymalizowania procesu prowadziły wprost do skonstruowania sprężarki o pionowej konfiguracji. Taka konstrukcja pozwoliła jednocześnie na uzyskanie większej przestrzeni dla chłodzenia. Ochrona środowiska wymaga również oszczędzania energii ale nie wyłącznie na papierze. Intensywny wtrysk oleju jest jedynym znanym sposobem wpływania na termodynamikę procesu sprężania. Jak można zauważyć na wykresie entropii (Rys. 3) sprężanie ma przebieg izotermiczny w obszarze intensywnego wtrysku oleju. Bezpośrednie sprzężenie silnika i stopnia sprężającego podnosi koszty urządzenia, ponieważ każde urządzenie potrzebuje silnika różnej wielkości. Korzyścią jest jednak wydajność sprawność i bezproblemowe przekazanie momentu obrotowego. Napęd pasowy stosowany w sprężarkach śrubowych do mocy 400 kW pozwala producentowi zbudować wiele urządzeń stosując jeden stopień sprężający, rzadko zmieniając przełożenie. Straty energii (2 – 4 %) poprzez napęd pasowy są wadą, która ma

znacznie większe znaczenie w przypadku dużych jednostek i prowadzi do wymiany już po 5.000 roboczogodzin.

Gdy ten sam stopień sprężający zastosowany jest w przedziale obrotów 3.000 do ponad 6.000 1/min, często zapomina się, że stopień sprężający (przyczyna marnowania energii) również posiada idealną prędkość przy której zużycie jednostkowe energii jest najmniejsze.

Oszczędzanie energii – nasze doświadczenie!

Świadomy producent sprężarek zastosuje wyłącznie sprężarki z silnikiem bezpośrednio sprzężonym, produkuje sprężarki chłodzone powietrzem z wydajnymi systemami sterowania. W tych obszarach istnieją oczywiste cele dotyczące środowiska i oszczędności energii. Jedynie niewielu producentów jest w stanie osiągnąć te cele.

Napęd pasowy czy napęd bezpośredni

Napędy pasowe zapewniają większą elastyczność, ponieważ zmiana przełożenia przekładni pasowej powoduje, że ten sam stopień sprężający może być użyty do wytworzenia ilości jak 1 do 3. Poprzez optymalizację systemu napędu pasowego, można obniżyć poślizg. Ale ponieważ szczytkowy poślizg zawsze pozostaje – chociaż został zredukowany – ponieważ pasy klinowe nie są jednakowej długości, około 4 % mocy jest tracone w przekładni pasowej. Ci którzy nie wierzą, powinni dotknąć takich pasów, po tym gdy były eksploatowane przez dłuższy czas. Jeśli pasy są ciepłe to niewątpliwie wystąpiła strata energii. Nie ma to większego znaczenia dla urządzeń 4kW, ale jest to znacznie bardziej ważne w przypadku urządzeń 250 kW: 4 % z 250 kW to już 10 kW!

Chłodzenie wodne czy powietrzne?

„Pochodzi z nieba i do nieba wraca” Używamy tej samej wody która utworzona została przed milionami lat. Liczba mieszkańców Ziemi wzrosła tysiąckrotnie, lecz towarzyszy nam stale ta sama ilość wody, która stopniowo staje się coraz bardziej zanieczyszczona. Oczyszczanie brudnej wody jest bardzo drogą procedurą. Jest obowiązkiem ludzkości oszczędzać wodę i energię. Zbyt często słyszy się bezmyślne wypowiedzi: „Po co oszczędzać energię? Mamy ją w stałej dostawie...”

Dlatego, Pneumofore zobowiązało się produkować sprężarki jedynie chłodzone powietrzem do mocy 315 kW i pompy próżniowe do wydajności 3240 m³/h. Jest oczywiście jasne, że systemy chłodzenia powietrzem, przemysłowych sprężarek pracujących pod pełnym obciążeniem, implikuje wyższe koszty chłodnic niż koszty małych wymienników wodno olejowych. Ponadto oczyszczanie wody chłodzącej, która może zwierać olej i pozostałości metali są

również kosztowne.

Woda zawierająca węglan wapnia powoduje powstawanie kamienia i przegrzewanie. Zmiękczona woda, uwalnia korozyjne wolne jony. Chłodnice wieżowe oddestylowują wodę, która tworzy pozostałości węglanu wapnia, słona woda natomiast ma własności korozyjne. Już wysokie koszty oczyszczania wody, rosną jeszcze bardziej. Argumenty te przemawiają za chłodzeniem powietrzem. Rozwiązanie to wymaga jednak stosowania wielkich chłodnic oleju.

Z uwagi na koszty, montowane chłodnice olejowe są zwykle za małe. W lecie lub w rejonach ciepłych lub gorących klimatów, sprężarki pracują w pomieszczeniach, których drzwi są stale otwarte na oścież. Współczesne sprężarki są łatwiejsze w obsłudze i serwisowaniu, ponieważ temperatury regulowane są automatycznie układami termostatowymi. (Rys. 6, Model UR9, 35 – 55 kW)

Układy sterowania

Dla celów oszczędności energii stosuje się szereg różnych systemów sterowania. np.: poprzez zawory regulacyjne (dławiące), obniżanie temperatury pracy, unikanie długich okresów pracy jałowej czy stosowanie najmniejszych sprężarek dla danego zastosowania. Tym niemniej wszystkie te rozwiązania są drugorzędne; nie rozwiązują przyczyny problemu.

Dlaczego nie zbadać szczegółowo zjawisk będących główną przyczyną zużycia energii w procesie sprężania oraz sterować procesem termodynamicznie? Kosztowne badania podstawowe niekoniecznie prowadzą bezpośrednio do wyników: konieczna jest harmonijna współpraca pomiędzy teorią i doświadczeniem praktycznym. Łatwo powiedzieć, lecz trudniej przeprowadzić (Rys. 5, Model UR 26).

Osiemdziesiąt lat doświadczeń, projektowania i produkcji Pneumofore stworzyło podwaliny dla dalszego postępu w ograniczeniu zużycia energii i zapewnieniu najwyższej czystości sprężonego powietrza. Wprowadzanie ulepszeń w produktach Pneumofore i satysfakcja klienta, pozostanie pełną wyzwaniem dla kolejnego pokolenia firmy.

Robert Hilfiker uzyskał tytuł inżyniera w ETH (Szwajcarski Federacyjny Instytut Techniki) w Zurychu i odbył praktykę zagraniczną przed podjęciem pracy w Pneumofore, firmie założonej przez jego ojca w Turynie we Włoszech. Jako Dyrektor Zarządzający Pneumofore, Robert Hilfiker w ciągu 50 lat pracy doprowadził do rozwoju i sukcesu firmy. Zmarł w czerwcu 2006 jego sukcesorem jest jego syn Daniel Hilfiker, który w czynny sposób włączył się do pracy w firmie w 1995 roku.

* Uwaga tłumacza: Niemiecki tytuł „Verdichten und Wahrheit” odnosi się do pracy literackiej Johanna Wolfganga Goethego „Dichtung und Wahrheit” (Poezja i prawda)



since 1923

Pneumofore Aria

Pneumofore Vacuum

Pneumofore Service

Plant Engineering

ISO 9001 and ISO 14001 certified company

Trademark and logo Pneumofore® are registered worldwide.
© Pneumofore SpA. Any unauthorised reproduction or dissemination is strictly prohibited.

LOCAL CONTACT
