AMET®
PNEUMATYKA
AUTOMATYKA
HYDRAULIKA

Nowy moduł w stacjach przygotowani

- Radełkowane pokrętło z systemem zatrzaskowym.

Energooszczędne systemy zasilania pneumatycznego

In-Tech
Andrzej M. Araszkiewicz
01-652 Warszawa
ul. Potocka 4 m. 1
tel./fax +48 22 8 333 531
kom. +48 503 123 320
e-mail: araszka@polnet.cc

Punkty konsultacyjno – serwisowe
Gdynia
Turek
Łódź
Mysłowice
Bielsko-Biała

KALTECH BIURO TECHNICZNO HANDLOWE
Zygmunt Kalemba

SYSTEMY SPRĘŻONEGO POWIETRZA

- doradztwo
- ekspertyzy
- pomiary
- badania
- analizy

- analizy kosztów wytwarzania
- modernizacje systemów sprężonego powietrza
- montaż układów pomiarowych
- ocena efektywności wytwarzania
- opracowanie bilansów sprężonego powietrza
- określenie zapotrzebowania sprężonego powietrza

62-065 Grodzisk Wlkp.
Os. Wojska Polskiego 1/8
tel./fax.: (061) 444 51 89
GSM: 0601 766 264

z nowościami i nowymi trendami na rynku. Takiej odpowiedzi udzieliło 57,7% zwiedzających. Dalsze 13% zwiedzających deklarowało zainteresowanie informacjami o produktach. Z kolei 14% zwiedzających przybyło w celu przeprowadzenia rozmów biznesowych i zawarcia kontraktów. Więcej niż 86% respondentów zadeklarowało swój udział w następnej edycji Targów, połowa z nich jest przekonana, że znaczenie tych Targów wzrośnie w ciągu następnych dwóch lat. Kim byli zwiedzający?

- ponad 78% zwiedzających to profesjonaliści w swojej branży;
- 21% to osoby odpowiedzialne za podejmowanie decyzji o inwestycjach w swoich firmach;
- 26% to osoby współdecydujące o inwestycjach;
- ponad 30% to konsultanci.

Około 11,4% całkowitej liczby zwiedzających targi to goście zagraniczni – najwięcej ze Słowacji, Niemiec, Polski, Austrii, Niderlandów, Włoch, Litwy, Wielkiej Brytanii, Szwajcarii i Słowenii. Wzrosła znacznie ilość zwiedzających z Białorusi, Danii, Indonezji, Irlandii, Niderlandów, Polski, Rumunii, Słowacji i Słowenii.

Następna edycja Targów Maszynowych MSV odbędzie się w dniach od 20 do 24 września 2004 roku. Głównym tematem Targów w 2004 roku będzie Automatyzacja. W 2004 roku równoległe z Targami MSV będą się odbywały Targi Obrabiarek i Maszyn do Obróbki Plastycznej IMT. Kolejne Targi Transportu

Targi w Czech

W dniach 15-19 w
2003 r. odbyły się 45
narodowe Targi Mas
MSV i 2 Międzyna
Targi Transportu i L
Zgromadziły łączni
wystawców z 36 kraj
rzy zajęli w sumie 6
kw. powierzchni wys
niczej. Targi odwied
100 000 zwiedzający

Wobec ogólnej d
w Polsce na temat ro
w dzisiejszych czasa
przyjrzeć się badani
prowadzonym w Br
nika z nich, że wystaw
li udział w Targach w

- budowania i uma
wizerunku firmy
wystawców na
69,6% wystawców
Transportu i Logis
- znalezienia nowyc
tów - 82,1% wysta
MSV; 73,9% wysta
Targach Transport
styki;
- prezentacji pro
– 74% wystawców
56,5% wystawców
gach Transportu i L
- zdobycia informa
tuacji i trendach n
56,6% wystawc
MSV; 69,6% na
Transportu i Logis

Około 80% wyst
stwierdziło, iż udzia
gach MSV oraz
Transportu i Logis
zwolił im osiągnąć
założone przez ni
61,3% wystawców
dowolonych z nawia
na targach kontaktó
z informacji marketi
54 % z jakości prez
nych na targach n
a 65,2% pytanych
ców docenia obecn
nych firm i konsorcj
łem około 74% wys
wyraziło satysfakcję
łu w targach, a okoł
nich deklaruje chęć
w następnej edycji

Z kolei z badań
wych osób zwiedz
targi wynika, iż g
celem ich uczestn

Europejski potentat z Kozietuł

Wyobraźmy sobie, że znajdujemy się pośrodku morza sadów jabłkowych. Czerwonozielone jabłka są wszędzie – na samochodach czekających przed bramą zakładu, na niskich drzewkach ciekawie zaglądając przez płot do środka fabryki, gdzie dzieje się wiele interesujących rzeczy. Potężna 60-tonowa ciężarówka, uginająca się pod ciężarem owoców wjeżdża tyłem na metalową konstrukcję, do której przypinana jest do niej mocnymi pasami, a następnie jak piórko jest podnoszona do góry poprzez ramię wielkiego siłownika.

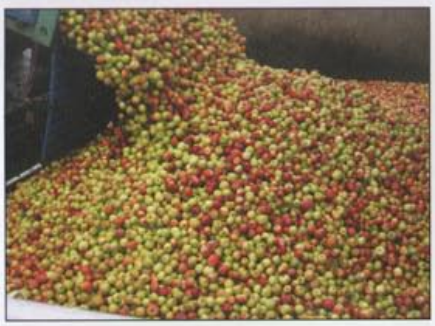
W ten sposób przez tylną burtę w ciągu kilku chwil wysypują się jabłka do wielkiego zasobnika surowca - spławiaka.

Pierwsza tego typu wywrotnica została zbudowana w Polsce właśnie tu w Zakładach Jahnckepol w Kozietułach Nowych. Umożliwia ona dobowy przerób ponad 2,5 tysiąca ton jabłek. Jahnckepol jest zakładem produkcji koncentratów owocowych o największej dobowej zdolności przerobowej jabłek w całej Europie. W zależności od sezonu, produkuje również koncentraty: truskawkowe, malinowe, porzeczkowe, aroniowe, śliwkowe lub wiśniowe.

Fot. 1 Dmuchawy walcowe KAESER KOMPRESSOREN typu FB 440 Plus

Wyroby produkowane przez Jahnckepol posiadają parametry poszukiwane zwłaszcza na Zachodzie, stąd ponad 90% produkcji jest sprzedawane poza Polską. Najlepszym świadectwem jakości produkcji są uzyskane zarządzania jakością ISO 9001:2000 oraz certyfikat zapewnienia jakości produkcji koncentratów HACCP. Produkcja została rozpoczęta w 1996 r., kiedy popłynął pierwszy koncentrat jabłkowy . Obecnie zakład prowadzi produkcję, używając najnowocze-

Fot. 2 Wywrotnica do rozładunku jabłek



Fot. 3 Wodospad jabłek

śniejszych urządzeń, m.in. zastosowano sterowane komputerowo prasy filtracyjne firmy Bucher do wyciskania soku. Nowoczesna kotłownia olejowa, wyposażona w dwa kotły firmy Loos, sprawnie produkuje ponad 20 ton pary na godzinę. Do produkcji sprężonego powietrza zastosowano dwa nowoczesne kompresory firmy Kaeser Kompressoren typu AS36. Sprężone powietrze służy do sterowania automatyką przemysłową całego zakładu i do zasilania siłowników pneumatycznych. Często również

Fot. 4 Nowoczesna oczyszczalnia ścieków

sprężone powietrze jest wykorzystywane przy rozładunku samochodów ciężarowych. Pod koła pojazdów podkładane są specjalne poduszki powietrzne. Dzięki temu samochody przechylają się, umożliwiając rozładunek przez boczną burtę.

Rozpoczęcie produkcji nierozłącznie było związane z dbałością o ochronę środowiska. Dlatego od początku produkcji pracowała biologiczno-mechaniczna oczyszczalnia ścieków. Zwiększenie produkcji koncentratów owocowych spowodowało konieczność jej modernizacji i rozbudowy.

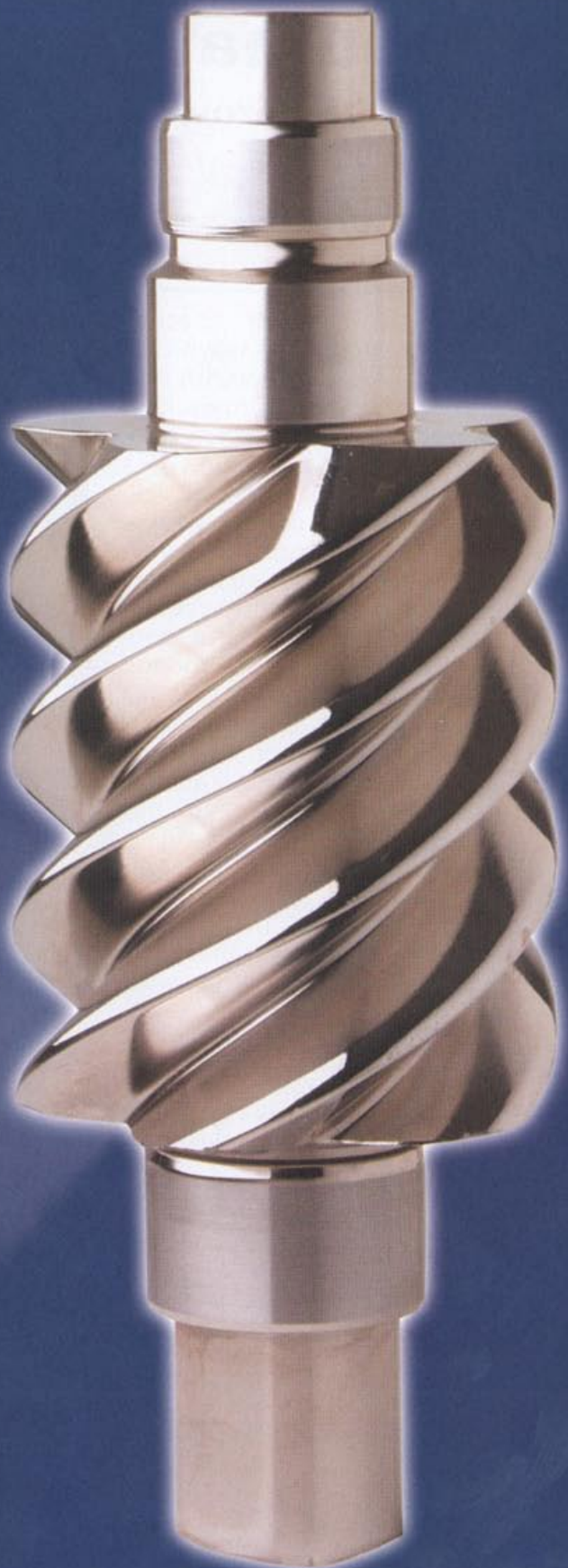
W roku 2002 przeprowadzono prace umożliwiające oczyszczanie 1400 m^3 ścieków w ciągu doby. Zastosowano nowoczesną stację dmuchaw Kaeser Kompressoren do napowietrzania ścieków w nowym odstojniku zbiorczym objętości 3000 m^3.

Tajemnicą sukcesu firmy Jahnckepol jest produkcja koncentratu o najwyższych parametrach jakościowych. Nie byłoby to możliwe bez zakupu niezawodnych i solidnie wykonanych urządzeń produkcyjnych. Dobre rozpoznanie ofert na rynku umożliwiło wyłonienie właściwego dostawcy urządzeń do wytwarzania i oczyszczania sprężonego powietrza. Praca urządzeń oraz współpraca z działem serwisu potwierdziła dobrą opinie o produktach firmy Kaeser Kompressoren.

Artykuł promocyjny Kaeser Kompressoren

KAESER
KOMPRESSOREN

Technologia na wiek XXI – profil Sigma



Technologia 150 milionów lat p.n.e.

Amonit z rejonu Coburg/Staffelstein

Kaeser Kompressoren Spółka z o.o.
02-829 Warszawa, ul. Taneczna 82
tel. (0-px-22) 322 86 65
fax (0-px-22) 322 86 66
serwis całodobowy: 0502 22 43 59
info.poland@kaeser.com
http://www.kaeser.com

Pneumatyka Rexroth

Wyspy zaworowe „clean line" CL03

W czasie naszych spotkań z konstruktorami maszyn często pojawia się pytanie, jak sterować pracą siłowników w środowisku wilgotnym, powodującym przyspieszoną korozję? W jaki sposób uzyskać odporność na wysokie ciśnienie, temperaturę oraz skład chemiczny strumienia środków myjących stosowanych do mycia maszyn spożywczych? W jaki sposób osiągnąć trwałość i wysoką niezawodność zaworów rozdzielających pracujących w tak trudnych warunkach w przemyśle spożywczym czy chemicznym.

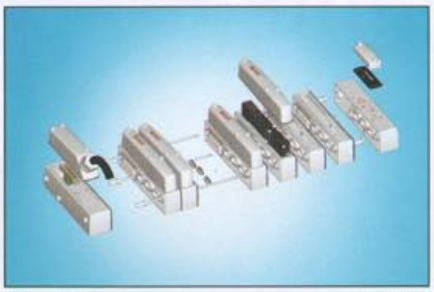
Ktoś powie – przecież to proste. Wystarczy umieścić zwykłe zawory w nierdzewnej szafie i podłączyć przewody pneumatyczne i elektryczne. Ale okazuje się, że nie jest to takie proste.

Pojawiają się wtedy problemy szczelności, temperatury i wentylacji. Jak więc je rozwiązać?

Firma Bosch Rexroth i tym razem podejmuje wyzwanie, oddając do dyspozycji swoich klientów kolejny nowy produkt – wyspę zaworową „clean line" CL03.

Głównymi elementami sterującymi tej wyspy są zawory HF03 o bardzo dobrych parametrach przepływu, zabezpieczone szczelnymi osłonami przed wpływem czynników zewnętrznych, okablowane i połączone z płytami przyłączeniowymi, zwarte w zabudowie i gotowe do podłączenia do układu pneumatycznego i elektrycznego.

Rys.1 Wyspa zaworowa CL03



Rys. 2 Budowa wyspy zaworowej CL03

Nowy, niespotykany dotąd *design* oraz doskonałe parametry techniczne powodują, że jest to produkt na wskroś nowoczesny.

Przemysł spożywczy stawia bardzo wysokie wymagania produktom technicznym pracującym w urządzeniach mających kontakt z żywnością.

Takie wymagania spełnia wyspa zaworowa CL03. A oto jej główne parametry techniczne:

- stopień ochrony IP69K;
- zakres temp. pracy -10 do + 50 °C;
- zakres ciśnienia pracy 2,5 – 10 bar, a przy ciśnieniu wspomagającym: – 1 do 10 bar;
- nie wymagane jest smarowanie mgłą olejową;
- przepływ w zależności od funkcji 5/3, 5/2, 2×3/2 : 750 – 850 Nl/min
- maks. ilość zaworów w wyspie – 16 (dwucewkowych);
- przyłącza zasilające G1/2, robocze G1/4 od dołu płyty przyłączeniowej;
- uszczelnienia w wersji higienicznej HNBR;
- materiał osłon zaworów i płyt przyłączeniowych wzmocniony PA6 i PA12 wzmocniony włóknem szklanym, śruby mocujące i montażowe ze stali kwasoodpornej;
- połączenie elektr. poprzez wtyczkę 49 – pinową lub złącze Fieldbus z protokołem PROFIBUS DP, DeviceNet, CANopen, INTERBUS, ASI;
- napięcie zasilania 24V, DC (-15% /+20%), pobór mocy 0,35W, sygnalizacja LED;
- okablowanie wewnętrzne pod osłonami i w płycie przyłączeniowej;
- jest możliwe zasilanie każdego zaworu oddzielnym ciśnieniem;
- wyspa możliwa do konfigurowania w Internecie na stronach firmy Bosch Rexroth;

Wyspa zaworowa CL03 jest przystosowana do pracy w mokrej i agresywnej strefie urządzenia, jest gotowa do pracy po zainstalowaniu bezpośrednio na maszynie, przeznaczona jest do pracy w urządzeniach branży spożywczej

Rys. 3 Połączenie sieciowe wyspy CL03

i chemicznej na liniach technologicznych, pakujących i rozlewniczych.

To produkt najwyższej klasy w grupie wysp zaworowych.

Artykuł promocyjny BoschRexroth

Centrala:
BOSCH REXROTH Sp. z o.o.
ul. Staszica 1, 05-800 Pruszków
tel. (022) 738 18 00,
fax (022) 758 87 35
e-mail: info@boschrexroth.pl
www.boschrexroth.pl
Biura Regionalne:
Biuro Gdańsk: tel. (058) 552 70 87
Biuro Gliwice: tel. (032) 231 81 30
Biuro Poznań: tel. (061) 847 64 02
Biuro Pruszków: tel. (022) 738 19 00
Biuro Rzeszów: tel. (017) 865 86 07
Biuro Szczecin: tel. (091) 483 67 82
Biuro Wrocław: tel. (071) 782 38 80

Atlas Copco

urządzenia uzdatniania powietrza

Atlas Copco Polska Sp. z o.o.
Aleja Krakowska 61 A
Sękocin Nowy, 05-090 Raszyn
tel. (22) 5726800, fax (22) 5726809
email: acpoland@atlascopco.com
www.atlascopco.com

Atlas Copco

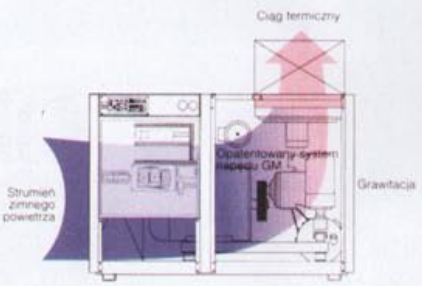
Zalety i korzyści stosowania sprężarek śrubowych BOGE

Ekonomiczne i niezawodne sprężarki firmy BOGE są wynikiem wieloletniego doświadczenia w konstruowaniu urządzeń dla budownictwa i innych dziedzin przemysłu. Połączenie wypróbowanych rozwiązań z innowacjami i nowoczesną technologią produkcji przyczynia się do tworzenia wyrobów trafiających w zapotrzebowanie dzisiejszych użytkowników sprężonego powietrza.

Poniżej wymieniamy kilka cech technicznych sprężarek BOGE, zapewniających ich długotrwałą i komfortową eksploatację.

Przepływ powietrza chłodzącego

Powietrze chłodzące przepływa przez szafę elektryczną i silnik napędowy, a następnie kierowane jest na chłodnice i wyrzucane przez wentylator. Dzięki temu silnik, szafa elektryczna i inne podzespoły bez przerwy znajdują się w strumieniu zimnego powietrza. Niska temperatura pracy podzespołów to duża trwałość całej sprężarki. Wylot do góry powietrza chłodzącego z wykorzystaniem naturalnego ciągu termicznego jest dodatkową zaletą. Dzięki temu nie występuje nagrzewanie elementów w czasie postoju, a zainstalowany kanał odbioru ciepła ułatwia przepływ powietrza chłodzenia.



Stopień sprężania odpowiednio dobrany do wydajności

Dzięki współpracy z ośrodkami badawczo-naukowymi i użyciu do produkcji bardzo dokładnych maszyn sprężarki BOGE charakteryzują się najlepszym, możliwym obecnie do uzyskania stopniem sprężania z jednoczesnym wykorzystaniem optymalnych zakresów prędkości. Bezpośredni montaż stopnia sprężania na zbiorniku olejowo-powietrznym umożliwia eksploatację sprężarki bez zbędnych, pośrednich połączeń.

Poziomy zbiornik – innowacyjny układ wytrącania oleju

Podstawowym elementem w systemie wytrącania oleju jest leżący zbiornik, który ma bezpośrednio zamontowany separator do wytrącania resztek oleju. Poprzez takie rozwiązanie osiąga się wytrącanie oleju praktycznie bez strat ciśnienia, a pozostałość oleju utrzymuje się na stałym poziomie i wynosi tylko 1-3 mg/m^3.

Napęd pasków systemu GM – patent BOGE

Zębaty pas klinowy dużej mocy, dzięki geometrycznemu układowi napędu GM, jest w czasie postoju optymalnie naprężony wyłącznie ciężarem silnika. Podczas rozruchu i w trakcie normalnej pracy uwzględniane są różnice sił wywoływane ciężarem silnika i momentem obrotowym. Dzięki temu w każdej fazie pracy czy postoju zespół pasków jest optymalnie napięty, co do minimum redukuje efekt poślizgu i wydłuża żywotność pasków.

Wielofunkcyjny regulator ssania

Regulator zamyka wlot absolutnie hermetycznie i uniemożliwia wystąpienie pary olejowej. Umożliwia również energooszczędny, bezobciążeniowy rozruch sprężarki. Praktycznie nie występują nieszczelności w systemie i możliwy jest bezzaworowy obieg oleju przy minimalnych stratach ciśnienia.

ARS – mikroprocesorowe sterowanie sprężarką

Sterowanie ARS to ekonomiczny tryb pracy i system nadzoru oraz kontroli pracy każdej oddzielnej sprężarki. Sterowniki ARS – czyli AUTOTRONIC, RATIOTRONIC i SUPERTRONIC, we wszystkich sprężarkach śrubowych BOGE są wyposażone zawsze w taki sam mikroprocesor. Za pomocą mikroprocesora przewidywany jest bieg jałowy i praca pod obciążeniem. ARS dąży do energooszczędnej eksploatacji, uwzględniając dopuszczalne obciążenie silnika. Sterowniki są samouczące się i dynamicznie dostosowują się do danych warunków, przy czym sterownik, kierując się obciążeniem silnika,

zawsze daje pierwszeństwo ekonomicznej pracy przerywanej. System BOGE ARS działa tak, aby oszczędzać silnik, obniża koszty biegu luzem do minimum i przedłuża czas eksploatacji sprężarki śrubowej. Sterowniki różnią się jedynie komfortem funkcjonowania. I tak SUPERTRONIC realizuje m.in. wskazania ciśnienia, temperatury sprężania, tryby pracy, godziny ruchu, nadzoruje pracę silnika głównego, silnika wentylatora, filtra ssania, filtra oleju, separatora oleju i wiele innych wg wyboru.

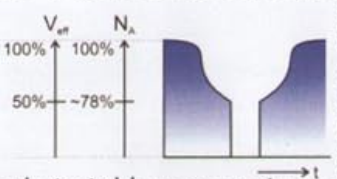
MCS – nadrzędne systemy ekonomicznego sterowania wieloma sprężarkami

MCS to sterownik nadrzędny do sterowania większą liczbą sprężarek w myśl zasady, że „kilka mniejszych sprężarek pracuje ekonomiczniej niż jedna duża". MCS optymalnie steruje każdą sprężarką, uwzględniając kryteria ekonomiczne w ramach ogólnej, szczegółowo zaprogramowanej koncepcji pracy i regulacji zespołu sprężarek. MCS stara się o równomierne obciążenie sprężarek i przejrzyście informuje o pracy stacji sprężonego powietrza. Dodatkowymi zaletami są:

- równomierne obciążenie sprężarek mocy podstawowej, średniej i szczytowej;
- stałe, równomierne ciśnienie w sieci, dzięki pasmowej regulacji nie potrzeba nadmiernie podnosić ciśnienia;
- oszczędność energii: obniżenie ciśnienia o 1 bar oznacza 6% energii mniej.

Bezstopniowa regulacja wydajności – regulator proporcjonalny

Regulator proporcjonalny montowany jest w układzie ssącym i steruje przepływem ilości powietrza zasysanego w zakresie regulacji 50-100% wydajności sprężarki. Większe ciśnienie w sieci oznacza mniejszy pobór powietrza, wtedy następuje przymknięcie klapy na ssaniu – zmniejsza się pobór energii elektrycznej. W zakresie regulacji 50-100% następuje obniżenie poboru energii elektrycznej do 22%. W efekcie, ciśnienie sprężania jest stabilne – nawet przy mocno zróżnicowanym poborze.



Eko-zalety

- prosty montaż bez fundamentu, praktycznie w każdym miejscu.
- osłona wyciszająca wykonana ze stabilnej powlekanej nylonem maty z włókna szklanego zapewnia przyjazny dla otoczenia poziom hałasu.
- rama wykonana jako starannie uszczelniona wanna służy do kontroli ewentualnych wycieków.

Artykuł promocyjny
PNEUMATIK SA

PNEUMATIK SA
Wysogotowo, ul. Kamienna 28
62-081 Przeźmierowo k. Poznania
tel. (061) 816 12 55, 816 12 46
fax (061) 816 17 71
Częstochowa
(034) 322 06 26
(034) 372 14 36
Jarosław
(016) 624 22 60

Zagraniczna firma
działająca w dziedzinie technologii sprężonego powietrza,
nie mająca przedstawicielstwa w Polsce

poszukuje
osoby na stanowisko
kierownika serwisu bezpośredniego
na terenie Polski.

Wymagana umiejętność prowadzenia interesów z klientami i silna motywacja do dalszego rozwoju i doskonalenia zawodowego. Jako ważny atut traktowane będzie doświadczenie w dziedzinie turbosprężarek.
Inne wymagania:

- 5-10 lat doświadczenia w serwisowaniu i kierowaniu serwisem o podobnym charakterze.
- Zdolność i chęć kierowania małym zespołem serwisu bezpośredniego, włączając w to zadania administracyjne, planowanie, i raportowanie z jednoczesną samodzielną obsługą głównych klientów.
- Płynna znajomość w mowie i piśmie języków angielskiego i polskiego.
- Zamieszkanie w Polsce.

Oferujemy bardzo atrakcyjny pakiet wynagrodzeń i natychmiastową możliwość szybkiej kariery zawodowej i rozwoju w skali międzynarodowej.
Jeżeli czujesz, że spełniasz te wymagania i gotów jesteś dbać o interesy firmy, utożsamiając się z nią - prześlij swoje CV i list motywacyjny pod adresem redakcji „Pneumatyki" w zamkniętej kopercie z dopiskiem „Ogłoszenie 1".
Gwarantujemy całkowitą dyskrecję. Skontaktujemy się wkrótce.

Żeby pieniądze nie wyciekały

Badania zachodnioeuropejskie wykazują, że w przeciętnym systemie sprężonego powietrza wskutek istnienia przecieków traci się ok. 30% zużywanego powietrza, a często są to straty znacznie większe.

W polskich warunkach otwór o średnicy 3mm w instalacji o ciśnieniu 6 bar, pracującej 7200 godzin rocznie jest źródłem strat przekraczających 17 000,00 zł.
Firma SONOTEC oferuje urządzenia pozwalające określić problemy występujące w sieci przesyłowej sprężonego powietrza.

Monitorowanie zużycia powietrza

Kompletny system pomiaru przepływu – SONOAIR pozwala monitorować konsumpcję sprężonego powietrza w każdym istotnym węźle instalacji. Urządzenie mierzy zarówno przepływ chwilowy jak i całkowite zużycie w określonym czasie. Dzięki możliwości porównania przepływów w różnych punktach instalacji można natychmiast określić prawdopodobny obszar występowania wycieków sprężonego powietrza. SONOAIR działa w oparciu o pomiar kalorymetryczny – strata energii termicznej czujnika spowodowana przepływem gazu jest proporcjonalna do masowego przepływu tego gazu. Jest wyposażony zarówno w wyjście 4..20mA jak i RS-485 z zaimplementowanym protokołem MODBUS i z możliwością łatwego utworzenia sieci przyrządów składającej się z max. 32 czujników. System SONOAIR jest dostępny dla średnic od 15 do 400mm, przepływów w zakresie od 1 do 34000 Nm^3/h, oraz jest dostępny w wykonaniach stacjonarnych lub przenośnych.

Lokalizowanie przecieków

Fot. 1 Detektor SONAPHONE

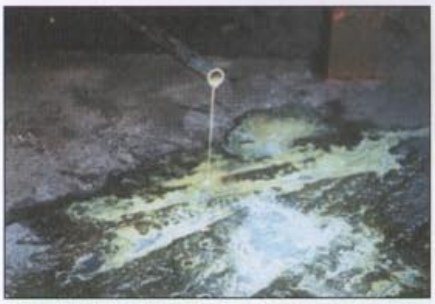
Przecieki powstające w sprężarkowni, na liniach przesyłowych i w urządzeniach odbiorczych są zwykle trudno wykrywalne, a prowadzą do znaczących strat tego medium.
Środkiem zaradczym jest detektor wycieków sprężonych, gazów, powietrza – SONAPHONE. Dzięki zastosowaniu niezwykle czułego i selektywnego czujnika ultradźwiękowego możliwe jest precyzyjne określenie miejsca wycieku sprężonego gazu, które jest źródłem fali ultradźwiękowej o określonej charakterystyce, nawet w przypadku silnego hałasu pochodzącego z przemysłowego otoczenia.
Urządzenie jest niezastąpione dla służb utrzymania ruchu i oprócz detekcji wycieków gazów i pary, może służyć do kontroli stanu łożysk i innych stanów awaryjnych.
SONAPHONE zamienia wykryte fale ultradźwiękowe na dźwięk słyszalny dla człowieka (dostępny we wbudowanym głośniku lub w wysokiej jakości słuchawkach dodatkowo tłumiących hałas zewnętrzny) oraz na wskazanie cyfrowe (opcja).
Wbudowany interfejs PC oraz oprogramowanie umożliwiają zapamiętywanie wyników, monitoring trendów itp.
Pieniądze wydane na zakup urządzeń SONOAIR i SONAPHONE zwracają się już po kilkutygodniowym okresie eksploatacji.

Artykuł promocyjny
Nivelco

Brudne sprężone powietrze drogo kosztuje

Sprężone powietrze jest znaczącym źródłem energii szeroko stosowanym we wszystkich gałęziach przemysłu. Takie jego cechy jak bezpieczeństwo, użyteczność i niezawodność mogą okazać się najważniejsze w procesie produkcyjnym.

Nieoczyszczone sprężone powietrze zawiera wodę, zanieczyszczenia stałe, produkty zużycia, brud, bakterie, a nawet zużyty olej, który wszystko łączy w niepożądany szlam. Ma on często bardzo kwaśny odczyn i jest przyczyną szybkiego zużycia narzędzi i maszyn pneumatycznych, zaworów i dysz oraz korozji rurociągów. Podwyższa to koszty obsługi i powoduje straty w wyniku przecieków sprężonego powietrza, a w skrajnym przypadku może doprowadzić proces produkcyjny do kosztownego przestoju. Wszystkich tych problemów można uniknąć stosując odpowiednie filtry do sprężonego powietrza. Firma domnick hunter, jeden ze światowych liderów w zakresie oczyszczania powietrza, oferuje całą gamę filtrów OIL-Xplus, które usuną wszelkie szkodliwe zanieczyszczenia sprężonego powietrza.



Fot. 1 Niepożądany agresywny szlam

W 1963 roku firma domnick hunter jako pierwsza zastosowała borosilikatowe mikrowłókna szklane do oczyszczania sprężonego powietrza. Aż do dzisiaj ta technologiczna innowacja w swojej najbardziej zaawansowanej formie pozostaje na czele zastosowań w bardzo wymagającej technologii filtracji.

Domnick hunter stale inwestuje znaczące środki w poszukiwanie nowych materiałów i mediów filtracyjnych oraz metod i technologii produkcji w celu dostarczenia klientowi najlepszego produktu do oczyszczania sprężonego powietrza i gazów.

Oprócz kompletnych filtrów, firma oferuje zamienne wkłady filtracyjne pasujące do obudów wielu innych producentów. Zamiana w starym filtrze wkładu filtracyjnego na oferowany przez domnick hunter podwyższa skuteczność filtracji i przynosi duże efekty ekonomiczne.

Do najważniejszych zalet wkładów filtracyjnych domnick hunter należą:

- Podwyższona skuteczność
- Wysoki stopień uniwersalności
- Szeroki asortyment
- Natychmiastowa dostawa

Klasa	Typ filtra	Skuteczność filtracji		
		Pył (µm)	Olej – aerozol (mg/m³ w temp. 21°C/ppm)	Olej - para
PF	zgrubny	25	—	—
AO	ogólnego zastosowania	1	0,5	—
AA	wysokiej skuteczności	0,01	0,01	—
AX	ultra wysokiej skuteczności	0,01	0,001	—
AC	usuwający opary	—	—	0,003
ACS	węglowy	—	—	0,003
AR	suchego odpylania	1	—	—

Tabela 1 Klasy filtrów OIL-Xplus

Fot. 2 Konstrukcja filtra OIL - Xplus

- Doradztwo i serwis na całym świecie i w Polsce

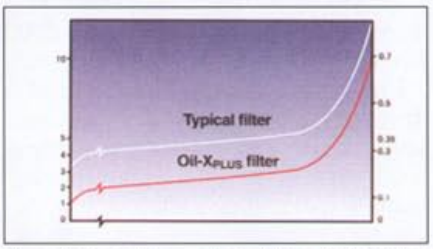
Wszystkie wkłady filtracyjne domnick hunter są produkowane według wymagającego programu zapewnienia wysokiej jakości oraz z uwzględnieniem w maksymalnym stopniu wymagań ochrony środowiska. Nasze procedury zostały zatwierdzone przez British Standards Institute i zarejestrowane według BS EN ISO 9001:1994. Parametry robocze każdego wkładu

Fot. 3 Zamienne wkłady filtracyjne domnick hunter pasujące do obudów innych producentów

filtracyjnego OIL-Xplus są objęte roczną gwarancją.

Porównanie spadku ciśnienia filtrów

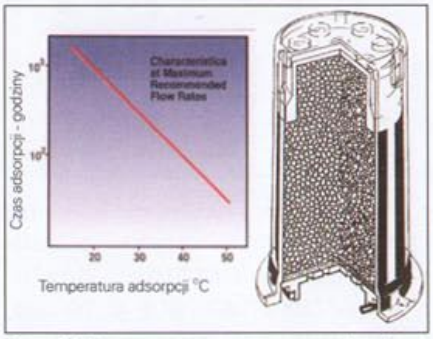
Filtry OIL-Xplus podczas normalnej pracy w okresie 1 roku gwarantują spadek ciśnienia średnio o 0,2 bar niższy niż filtry typowe. Zastosowanie specjalnie przygotowanego mikrowłókna borosilikatowego, które nie ulega zwilżeniu olejem i wodą, zmniejsza roboczy spadek ciśnienia i minimalizuje koszty eksploatacyjne do absolutnego minimum. Umożliwia to radykalne zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych instalacji sprężonego powietrza, gdyż każdy dodatkowy spadek ciśnienia o 0,1 bar powoduje zwiększone zużycie energii elektrycznej przez sprężarkę powietrzną aż o 1%, dla danego strumienia powietrza.



Rys. 1 Charakterystyka filtra OIL-Xplus i filtra typowego w okresie ponad 1 roku normalnej pracy

Filtry węglowe

Filtry węglowe AC i ACS przeznaczone są do usuwania par i zapachu oleju. Dzięki wysokiej zawartości węgla aktywowanego charakteryzują się wydłużonym czasem pracy filtra. Im niższa temperatura adsorpcji tym czas pracy dłuższy.



Rys. 2 Typowy czas pracy węgla aktywowanego

Duży magazyn w Opaczy koło Warszawy gwarantuje krótkie terminy dostawy. Nasi wysoko wykwalifikowani inżynierowie doradzą Państwu jaki zastosować najbardziej efektywny sposób filtracji w Waszym przypadku, a profesjonalny serwis zapewni sprawną obsługę gwarancyjną i pogwarancyjną.

nasza reklama na str. 15

Artykuł promocyjny domnick hunter

HIROSS
Compressed Air Treatment
Filtry sprężonego powietrza

filtry Hyperfilter 2000
odwadniacze Hypersep
dreny kondensatu
odolejacze kondensatu
chłodnice końcowe:
chłodzone wodą i powietrzem

dh Group Polska Sp. z o.o., ul. Ryżowa 87, 05-816 Opacz k/Warszawy
tel. (022) 723 03 67, fax (022) 723 03 68, e-mail: info@dhgroup.pl

Od lat na rynku pneumatyki

O firmie BP Techem S.A. na łamach „Pneumatyki" pisaliśmy już wielokrotnie. Jesteśmy przekonani, że o naszej działalności w zakresie sprężonego powietrza wielu z naszych klientów dowiedziało się właśnie z łamów tego pisma.

W trakcie ponad dziesięcioletniej działalności na rynku oferowaliśmy wiele urządzeń wytwarzających sprężone powietrze, począwszy od najprostszych tłokowych, poprzez popularne rozwiązania śrubowe, do najnowocześniejszej technologii łopatkowej. W naszej ofercie znalazły się także na krótko sprężarki łopatkowe o nieco innej technologii.

Jesteśmy przekonani, że właśnie nasze doświadczenie oraz zamiłowanie do sprężarek łopatkowych z fabryki w Redditch przyczyniły się do podjęcia przez koncern CompAir decyzji o przekazaniu w ręce BP Techem S.A. wyłącznego prawa do oferowania sprężarek łopatkowych koncernu na terenie Polski.

Na podstawie specjalnej umowy CompAir zlecił właśnie naszej firmie pełne prawo do oferowania i opieki serwisowej w okresie gwarancyjnym i pogwarancyjnym nad wszystkimi sprężarkami łopatkowymi Hydrovane na terenie RP.

Wprowadzony w roku 2003 w firmie BP Techem S.A. system zarządzania ISO 9001-2001 przyczyni się niewątpliwie do jeszcze lepszej obsługi naszych klientów i w połączeniu z unikalną jakością sprężarek Hydrovane wyniki sprzedaży roku 2004 będą jeszcze lepsze od aktualnych.

Przyczyną sukcesu sprężarek Hydrovane jest wyjątkowa żywotność stopnia sprężającego. Dzięki trwałości wirnika oraz łopatek stosowanych w sprężarkach ich wydatek pozostaje niezmienny przez okres ponad 100 000 roboczogodzin.

Stosowanie odpowiedniego oleju oraz oryginalnych części zamiennych zapewnia bezawaryjność sprężarek w okresie 100 000 roboczogodzin na poziomie 97%, natomiast ich stopni sprężających do 99%.

CompAir Hydrovane wierny technologii łopatkowej przyzwyczaił nas do częstych modernizacji swych produktów i raz na 2-3 lata wprowadza na rynek nowy typ maszyn. Dzięki tej dalekowzrocznej polityce utrzymuje się w czołówce światowych producentów sprężarek i odpowiada na zwiększające się wymagania klientów.

W wyniku ciągłych prac fabryki z Redditch w 2003 roku powstała całkiem nowa gama pionowych sprężarek o większej integracji napędu i układu sprężającego, zapewniających efektywną i bezobsługową pracę, a zajmująca o połowę mniejszą powierzchnię zabudowy w porównaniu z konwencjonalnymi sprężarkami poziomymi. O tym rozwiązaniu pisaliśmy już w poprzednich numerach „Pneumatyki".

Aktualna gama produktów pod znakiem Hydrovane przedstawia się następująco:

- HV01–HV02 małe i ciche sprężarki na zbiorniku wydajności do 220 l/min;
- HV04–HV07 idealne rozwiązania dla warsztatów samochodowych i małych zakładów do 1000 l/min;
- HV11–HV22 sprawdzone maszyny dla zakładów przemysłowych o zapotrzebowaniu do 3500 l/min;
- HV30–HV45 najpopularniejsze bezdozorowe sprężarki do 7000 l/min;
- HV55–HV75 niezawodne sprężarki łopatkowe wydajności do 12,5 m³/min o bezawaryjności do 98% w okresie 100 000 godzin ciągłej pracy.

Powyższa oferta poszerzona jest o rozwiązania z regulowaną prędkością obrotową i zmienną wydajnością o mocach 7,5-15-22 i 37 kW. Maszyny wyposażone są w falownik do regulacji prędkości obrotowej silnika w odpowiedzi na zapotrzebowanie na sprężone powietrze, co gwarantuje maksymalną efektywność i minimalne koszty eksploatacji.

Oprócz prezentowanych powyżej sprężarek firma oferuje:

- zestawy uzdatniania powietrza;
- zbiorniki;
- pompy próżniowe;
- dmuchawy bocznokanałowe;
- sterowniki wielo sprężarkowe;
- akcesoria pneumatyczne;
- akcesoria do instalacji próżniowych.

Pełna oferta na stronie internetowej: www.techem.com.pl

Ponadto jako jedna z nielicznych firm oferujących sprężarki na rynku zapewniamy możliwość dzierżawy kompletnej stacji sprężonego powietrza na okres od 3 do 5 lat. Nasz system finansowy pomaga nowym zakładom na sfinansowanie inwestycji z zysków.

Artykuł promocyjny BP Techem S.A.

www.Hydrovane.pl
BP Techem S.A., ul. Ludwinowska 17, 02-856 Warszawa, tel. (022) 648 83 38, fax (022) 648 83 78

domnick hunter

dh Group Polska Sp. z o.o.,
ul. Ryżowa 87, 05-816 Opacz k/Warszawy,
tel. (022) 723 03 67, fax (022) 723 03 68
e-mail: info@dhgroup.pl

Oczyszczanie sprężonego powietrza

Branża pneumatyczna w Polsce Region – Wielkopolska

W numerze 4/2003 Pneumatyki, zamieściliśmy zestawienie firm z branży pneumatycznej działających na terenie Śląska. Zgodnie z zapowiedzią rozszerzamy zestawienie. Tym razem prezentujemy region Wielkopolski, a w następnych wydaniach „Pneumatyki" przedstawiać będziemy kolejne regiony Polski.

Przypominamy, że w zestawieniach podajemy jedynie lokalizację firm i podstawową informację o branżowym zakresie działania. Dokładniejsze dane o ofercie i kontakty mogą Państwo znaleźć w materiałach tych firm publikowanych w Pneumatyce.

Lp.	Firma	Adres	Podstawowy zakres działalności					
			sprężarki	dmuchawy	uzdatnianie sprężonego powietrza	narzędzia pneumatyczne	siłowniki, zawory	elementy instalacji pneumatycznych
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	**Airpol Przedsiębiorstwo Produkcji Sprężarek Sp. z o.o.** Centrala	ul. Krańcowa 15, 61-022 Poznań	×		×			
2.	**ASPAR P.H.U.** Centrala	ul. Jawornicka 8, 60-161 Poznań	×		×			
3.	**AUTO-MOTO NARZĘDZIA S.C.** Centrala	ul. Sienkiewicza 20, 60-818 Poznań	×	×	×	×		×
4.	**Biuro Handlowe Jerzy Piwosz** Oddział Poznań	ul. Hetmańska 23, 60-251 Poznań	×		×	×		×
5.	**ERKOMP** Centrala	ul. F. Chopina 24, 62-030 Luboń	×		×			
6.	**Esko Sp. z o.o.** Centrala	ul. Andersena 25, 60-193 Poznań	×	×	×			×
7.	**EWPA Maszyny Budowlane Sp. z o.o.** Centrala	ul. Poznańska 152, 62-052 Komorniki obok Poznania	×			×		
8.	**Fachowiec F.H.W. Zenon Świętek** Centrala	ul. Głogowska 153, 61-126 Poznań	×		×	×		×
9.	**GRAFAIR Jacek Kowal** Centrala	ul. Langego 22, 62-041 Puszczykowo obok Poznania						×
10.	**HAKO** Centrala	ul. Zakopiańska 9, 60-474 Poznań	×		×	×	×	×
11.	**HYDRO P.H.P. Eugeniusz Dobroń** Centrala	ul. Gronowska 4a, 64-100 Leszno	×	×			×	
12.	**Inter-Air Przedsiębiorstwo** Innowacyjno-Wdrożeniowe Centrala	ul. Krańcowa 15, 61-022 Poznań	×	×	×			
13.	**Kaeser Kompressoren Sp. z o.o.** Oddział	ul. M. Rataja 6, 61-695 Poznań	×	×	×			×
14.	**Kaltech Biuro Techniczno-Handlowe** Centrala	os. Wojska Polskiego 1/8, 62-065 Grodzisk Wlkp.	×	×	×			×

1	2	3	4	5	6	7	8	9
15.	**Kompresjan PPHU J. Kostrowicki, L. Kostrowicki** Centrala	Słupia 74, 63-642 Perzów	×					×
16.	**NOK Firma Usługowo-Handlowa** Konrad Ogórkiewicz Centrala	ul. Armii Poznań 70, 62-010 Pobiedziska	×		×			×
17.	**Pneumatik S.A.** Centrala	ul. Kamienna 28, 62-081 Przeźmierowo obok Poznania	×	×	×			×
18.	**PREBENA-POLSKA** Centrala	ul. Grunwaldzka 495, 62-064 Plewiska	×			×		×
19.	**SELLTECH P.H.** Centrala	os. Konstytucji 3 Maja 31, 63-200 Jarocin			×		×	×
20.	**SELLTECH P.H.** Oddział	ul. Mostowa 11, 61-854 Poznań			×		×	×
21.	**SOFTRADE Sp. z o.o.** Centrala	ul. Grunwaldzka 391, 60-173 Poznań	×	×				
22.	**SPOMAX S.A.** Centrala	ul. Kaliska 61/63, 63-400 Ostrów Wlkp.		×				
23.	**Suw-Hak Zakład Usługowy** Centrala	ul. Wojska Polskiego 16, 62-500 Konin	×	×	×		×	×
24.	**Systemy Pneumatyki P.H.U.** Centrala	ul. Kościuszki 20, 63-400 Ostrów Wlkp.	×		×	×	×	×
25.	**TE-HA-BUD Sp. z o.o.** Centrala	ul. Gronowa 22, 61-655Poznań		×	×		×	×
26.	**Vector Technika Sprężonego** Powietrza Sp. z o.o. Centrala	ul. Rokietnicka 21, 62-080 Tarnowo Podgórne obok Poznania	×	×	×			×
27.	**VERCOMP Firma Usługowo-Handlowa** Centrala	ul. Ratajczaka 26/73, 61-815 Poznań	×	×	×			
28.	**WODOMAX P.H.U.** Centrala	ul. Kopernika 26, 63-400 Ostrów Wlkp.	×		×	×		×

Sprostowanie i uzupełnienie zestawienia z nr 4/2003 – Region Śląsk

Lp.	Firma	Adres	Podstawowy zakres działalności					
			sprężarki	dmuchawy	uzdatnianie sprężonego powietrza	narzędzia pneumatyczne	siłowniki, zawory	elementy instalacji pneumatycznych
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	**CompAir Polska** Oddział Śląsk	przedstawiciel terenowy, kontakt przez centralę ul. Pachońskiego 65, 31-223 Kraków	×		×	×		×
2.	**dh Group Polska Sp. z o.o.** Oddział Śląsk	przedstawiciel terenowy, kontakt przez centralę ul. Ryżowa 87, 05-816 Opacz obok Warszawy			×			
3.	**Kaeser Kompressoren Sp. z o.o.** Oddział Śląsk	przedstawiciel terenowy, kontakt przez centralę ul. Taneczna 82, 02-829 Warszawa	×	×	×			×

Górnictwo potrzebuje powietrza

Rozmowa z Jerzym Szwedą prezesem firmy BRS

Od jak dawna ma Pan do czynienia ze sprężarkami?

Od trzydziestu lat. Najpierw w CZNBG, późniejszym PRUG, który zajmował się między innymi remontami sprężarek powszechnie stosowanych w górnictwie. Były to tzw. tłokówki – WEK, jeszcze do dzisiaj spotykane w polskich kopalniach. W kulminacyjnym momencie PRUG wynajmował około 1300 maszyn tego typu.

Jak wyglądało zaopatrzenie w sprężone powietrze i sprężarki w górnictwie przed „erą" sprężarek śrubowych?

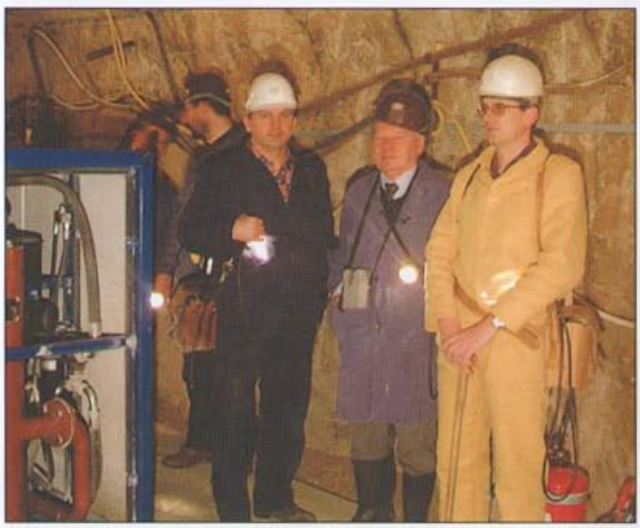
W polskich kopalniach węgla kamiennego typowym sposobem zaopatrywania w sprężone powietrze były i do dzisiaj w większości pozostały tzw. centralne sprężarkownie, w których pracują różne typy sprężarek od Atlas-Copco poprzez, Ingersoll'e, Öeksner'y do WEK-ów o mocach od 75kW do 4800kW. Sprężone powietrze doprowadza się do punktów odbioru rurociągami.

Do czego w górnictwie używa się sprężonego powietrza i jakie są tam szczególne wymagania?

W latach 70. urządzenia na sprężone powietrze zaczęło przegrywać z układami hydraulicznymi. Wciąż jednak pozostało niezbędne do wentylacji i przewietrzania w kopalniach gazowych. Istniejąca sieć sprężonego powietrza w sposób naturalny stanowi atrakcyjne źródło energii dla napędu urządzeń i narzędzi (młotki, wiertarki, pompy pneumatyczne, stojaki, systemy małej mechanizacji, a nawet duże wiertnice). Wymagania techniczne dotyczące standardu powietrza były i są niewielkie i dotyczą jedynie wielkości ciśnienia(od 3 do 7,5 bara) i zawartości wilgoci. Wodę z układów pneumatycznych usuwa się prostymi odwadniaczami.

Wymiana starej generacji urządzeń na nową tak dużej gałęzi gospodarki jak górnictwo musiała angażować wiele instytucji i osób.

W polskim górnictwie promotorem otwarcia na Zachód w latach 70. był ówczesny Dyrektor Departamentu Energomaszynowego w Ministerstwie Górnictwa i Energetyki, Antoni Kandzia. W 1981 roku otrzymałem najpierw polecenie przygotowania raportu o możliwościach zastąpienia sprężarek tłokowych, sprężarkami śrubowymi, a następnie firmie, w której pracowałem powierzono wdrożenie tego procesu. Była to decyzja trafna i pozwalała na zaoszczędzenie co najmniej kilkunastu lat, gdyż CZNBG-PRUG były właścicielem większości sprężarek WEK pracujących w polskim górnictwie.



Fot. 1 Prezes Jerzy Szweda (w środku) w Kopalni Soli „Kłodawa", po prawej stronie dyrektor kopalni – Andrzej Sadowski

Niestety, z uwagi na okoliczności polityczne zamiar ten został wcielony w życie dopiero po transformacji systemowej. Podjąłem go w 1991 roku, kiedy zostałem dyrektorem PRUG. Muszę tu wspomnieć, że jeszcze w latach 80., będąc dyrektorem ds. koordynacji produkcji EMAG, a następnie POLMAG-EMAG, miałem okazję poznać wiele kompetentnych osób z podległych mi jednostek, co zaowocowało utworzeniem grupy najlepszych ówcześnie fachowców. Jednakże entuzjazm zespołu musiał być wsparty doświadczeniem i dobrą wolą renomowanego zachodniego producenta stopni śrubowych. Takim wymaganiom sprostał jedynie fiński producent stopni sprężających i sprężarek przemysłowych Tamrotor OY. Dosięgły go dotkliwie skutki kryzysu radzieckiego, bowiem w 80% jego produkcja przeznaczona była na tamten rynek. We współpracy ze specjalistami z Tamrotor szybko stworzyliśmy własną nowoczesną sprężarkę S75UG, poddaną następnie badaniom w stacji badawczej Tamrotor i w warunkach ruchowych w polskich kopalniach. Nieomal równocześnie wyprodukowaliśmy informacyjną serię 10 sztuk tych agregatów. Wsparcie finansowe KBN umożliwiło szybkie wdrożenie serii informacyjnej do polskich kopalń.

Czasy gorsze dla górnictwa musiały też odbić się na zapotrzebowaniu na sprężarki.

Wkrótce skończył się okres względnej koniunktury. Drugi, znacznie głębszy kryzys w górnictwie w latach 1993-1994, zahamował proces wymiany starej technologii na nową – śrubową. Zaprzestanie spłaty zobowiązań przez kopalnie było przyczyną likwidacji wielu firm okołogórniczych, w tym także PRUG. Rynek potrzeb na sprężarki górnicze ustabilizował się na pewnym niewielkim poziomie.

W jakich warunkach powstaje BRS ?

Po licznych perturbacjach podjąłem samodzielną działalność gospodarczą zakładając wspólnie z pp. R. Kazimierczakiem i A. Barcikowskim firmę BRS. Rozpoczynaliśmy od przysłowiowego „zera", wykorzystując jedynie własny zapał i doświadczenie, w tym również negatywne doświadczenie dotyczące sprężarek śrubowych poprzedniej generacji.

Dwa kolejne pożary sprężarek śrubowych (raport amerykańskiej agencji rządowej MSHA), a także wytyczne i sugestie prof. P. Krzystolika z Kopalni Doświadczalnej „Barbara" pozwoliły ustalić zaostrzone kryteria, jakim powinny odpowiadać sprężarki śrubowe nowej generacji. Stworzyliśmy nowoczesny typoszereg sprężarek śrubowych OAS i sprzedaliśmy kilkadziesiąt urządzeń, w tym pierwszych 10 sztuk na rynek rosyjski. Okazały się one bezpieczniejsze i jak dotąd nie uległy większym awariom. Znaczna w tym zasługa moich pracowników-wychowanków, których pełna zaangażowania praca montażowa i obsługa serwisowa przekładają się bezpośrednio na jakość produkowanych sprężarek.

Jakie prace firma prowadzi i jaką ma ofertę?

Trzeba zacząć od tego, że coraz bardziej uświadamialiśmy sobie fakt potencjalnego niebezpieczeństwa tkwiącego w sprężarkach śrubowych. Szczególnie z upływem czasu eksploatacji niebezpieczeństwo to wynika z wysokiej prędkości obrotowej wirników stopnia sprężającego. W przypadku długotrwałej eksploatacji bez odpowiednich zabezpieczeń może dojść do awarii kończących się często pożarami. A wtedy – jak to żartobliwie radził mój przyjaciel z Tamrotora – Antti Rämä – „nic tylko wiać". Okoliczności te skłoniły nas do szukania alternatywy dla śrubowego stopnia sprężającego.

Dzięki nawrotowi do gospodarki rynkowej, nastąpiło w Polsce odrodzenie technologii łopatkowej. Sprzyjała temu również dostępność produktów materiałowej inżynierii kosmicznej. Technologia łopatkowa posiada bezspornie wiele zalet, m.in. efektywność energetyczna, niższą prędkość obrotową stopnia obrotowego, niższy poziom hałasu, a ponadto istotnie większą żywotność.

Podobnie jak w przypadku sprężarek śrubowych zdecydowaliśmy się na współpracę z zagranicznym partnerem, pionierem technologii łopatkowej, firmą Pneumofore. Nawiązałem przyjacielskie kontakty z ówczesnym właścicielem firmy p. Robertem Hilfikerem, Szwajcarem z pochodzenia, Włochem z wyboru, synem założyciela firmy, twórcy wielu patentów związanych z technologią łopatkową. Jego pionierskie rozwiązania są obecnie stosowane przez wielu dostawców sprężarek łopatkowych.

Pierwszym owocem współpracy była adaptacja produkowanej przez Pneumofore sprężarki UR12 do polskich warunków górniczych. Sprężarka, to nazwana przez nas AS75/V, uzyskała certyfikat bezpieczeństwa „B" i dopuszczenie WUG-u do stosowania w pomieszczeniach kategorii „a" zagrożenia wybuchem metanu.

Pierwsze trzy sztuki tych agregatów zakupiła Kopalnia Soli „Kłodawa". Mam wielkie uznanie dla odważnej i, jak się okazało, słusznej decyzji dyrektora KS „Kłodawa", p. Andrzeja Sadowskiego. Po półtorarocznym doświadczeniu w eksploatacji sprężarek łopatkowych dyrekcja kopalni zamierza zastąpić sprężarki śrubowe - łopatkowymi. Podobne decyzje podjęły kolejno dyrekcje ZGE Sobieski Jaworzno III i próbnie kopalnie Piast i Ziemowit w Tychach.

W zasadzie jedynym problemem w naszej inicjatywie szerokiego promowania technologii łopatkowej jest finansowanie, co wynika z zachowawczej postawy banków, a zwłaszcza lokalnych. Sprzyjającym okazał się jedynie warszawski Bank Handlowy.

Czy w dziedzinie sprężarek dla górnictwa można mówić o dużej konkurencji?

Nie. Chociaż pozornie oferta dostawców jest liczna to ma raczej charakter zachowawczy. Proponuje się bowiem sprężarki dołowe lub powierzchniowe starej generacji, bez dbałości o kompleksowość rozwiązań, bezpieczeństwo obsługi i pracy czy efektywność energetyczną. Dlatego też o naszą pozycję na polu zastosowań górniczych jestem spokojny.

Na jakim etapie, Pana zdaniem, jest polska gospodarka?

Wdzięczny jestem za to pytanie i chętnie wyrażę swoją opinię. Sytuacja polskiej gospodarki przypomina alpinistę na półce skalnej; przed sobą ma piękną perspektywę lecz i przepaść blisko. Uważam możliwość rozwoju w stylu Irlandii czy Łotwy za równie prawdopodobną jak krach w stylu argentyńskim.

Aby uchronić się od tego ostatniego, w zarządzaniu państwem, musiałyby zostać bezwzględnie spełnione co najmniej trzy warunki:

- natychmiastowe wdrożenie procesu uzdrawiania finansów publicznych poprzez redukcję podatków PIT, CIT i VAT do poziomu maksymalnie 17%, likwidacja wszystkich ulg za wyjątkiem oświaty i dotyczących ochrony zdrowia oraz likwidacja funduszy i agencji;
- komercjalizacja pozostałości gospodarki państwowej a szczególności górnictwa i kolei;
- nowe otwarcie na rozwój dróg i budowę autostrad oraz budownictwo mieszkaniowe.

Wracając do postulowanej komercjalizacji polskiego górnictwa, czy nie obawia się Pan bałaganu i walki na śmierć i życie poprzez stosowanie dumpingu?

Absolutnie nie. Znam doskonale wiele środowisk górniczych od przysłowiowych „szleprów" do dyrektorów kopalni czy spółek. Dlatego nie boję się bałaganu czy też walki dumpingowej o rynki zbytu. Nie dość tego! Twierdzę, że wcale nie trzeba dalszej administracyjnej redukcji wydobycia. Wśród braci górniczej są dziesiątki pomysłów organizacyjno technicznych. Każdy, kto widział ostatnie wydanie „Sprawy dla reportera" pani redaktor Jaworowicz i słyszał wypowiedzi górników z Bolesława Śmiałego, przyzna, że były bardziej dojrzałe niż niejednego przedstawiciela administracji państwowej. Nie wszyscy zdają sobie sprawę, że:

- górnicy z Warszawy liczą koszty (ceny) niezgodnie z dyrektywami unijnymi;
- na Śląsku znowu odżyły komitety kolejkowe za... węglem, grubym czy groszkiem;
- posiłkując się GUS-em, można łatwo znaleźć przepis na uzyskanie rentowności przez PKP i górnictwo, a jednocześnie p. ministrowi skarbu nie będzie groził proces za niewykorzystanie środków unijnych na budowę autostrad.

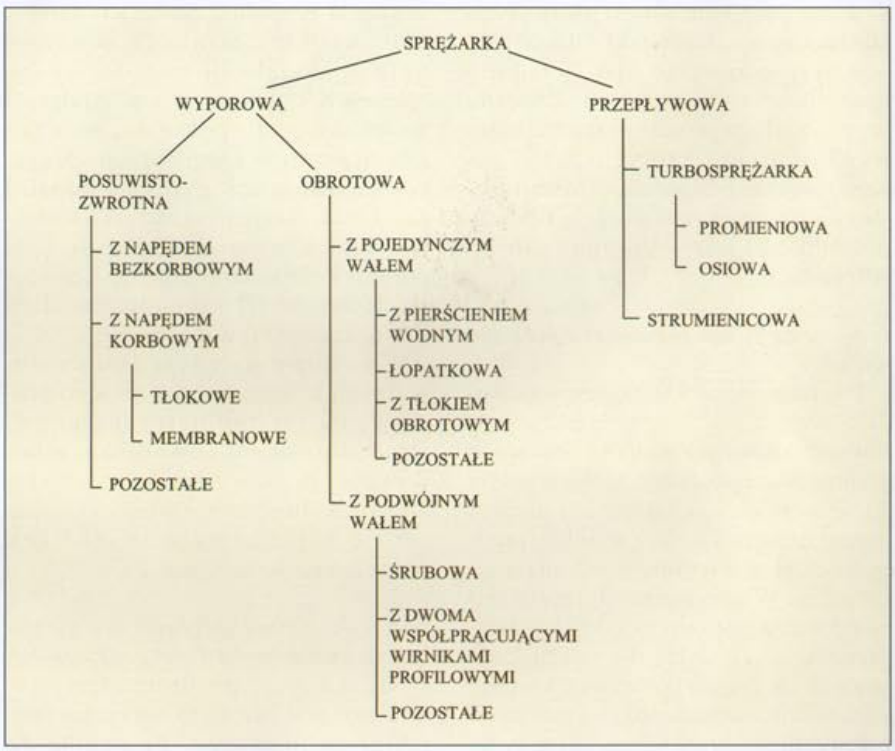
Nieprzypadkowo postawiłem obok siebie te trzy dziedziny, gdyż dotyczą one sieci wzajemnych powiązań w gospodarczym krwioobiegu. Realizacja pomysłów nazwijmy ich grupą „Śląskich entuzjastów, polegających na przymusie ekonomiczanym do wzrostu przewozów kolejowych i ograniczenia drogowych oraz natychmiastowa komercjalizacja polskich kopalń, da asumpt do tego, że w ciągu 2 – 3 lat zarówno PKP, jak i górnictwo wyjdą na prostą samofinansowania, a siły i środki marnotrawione na remonty dróg będą spożytkowane na budowę nowych i autostrad. Ale jest to zaledwie część znacznie szerszej dyskusji. Szczegóły pozostawmy sobie na inną okazję.

Rozmawiał Zdzisław Chrapkiewicz

Techniki wytwarzania sprężonego powietrza

cz. I

W pneumatyce, podobnie jak w innych dziedzinach techniki, mamy do czynienia z ciągłym i szybkim rozwojem stosowanych rozwiązań i technologii. Najnowocześniejszy produkt szybko okazuje się być przestarzały. Producenci prześcigają się w oferowaniu coraz nowych wyrobów, o coraz to wyższych walorach użytkowych. Potencjalny użytkownik jest dosłownie zalewany informacjami o coraz to nowych produktach i udoskonaleniach. Przy tym często spotyka się z wieloma określeniami stosowanymi dla tego samego parametru czy rozwiązania technicznego. To dodatkowo utrudnia obiektywne porównanie ofert i dokonanie odpowiedniego wyboru.



Rys. 1 Podział sprężarek

Na prośbę czytelników, postaramy się przedstawić w kolejnych numerach „Pneumatyki" kompendium wiedzy z zakresu szeroko rozumianych technik wytwarzania sprężonego powietrza. Z tą dziedziną, w różnym zakresie, zetknęli się już Państwo w innych publikacjach, także na łamach tego czasopisma. Podejmiemy też próbę usystematyzowania pojęć z tego zakresu.

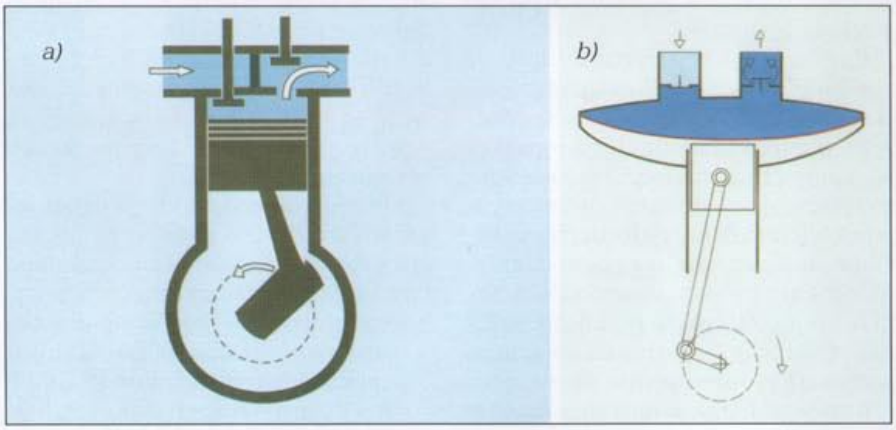
Mamy także nadzieję na współpracę z wiodącymi producentami z tej branży, aby prezentowany materiał był jak najbardziej rzetelny i aktualny.

Cykl artykułów rozpoczynamy od zaprezentowania urządzeń do wytwarzania sprężonego powietrza, przedstawiając ich podział oraz obszary zastosowań.

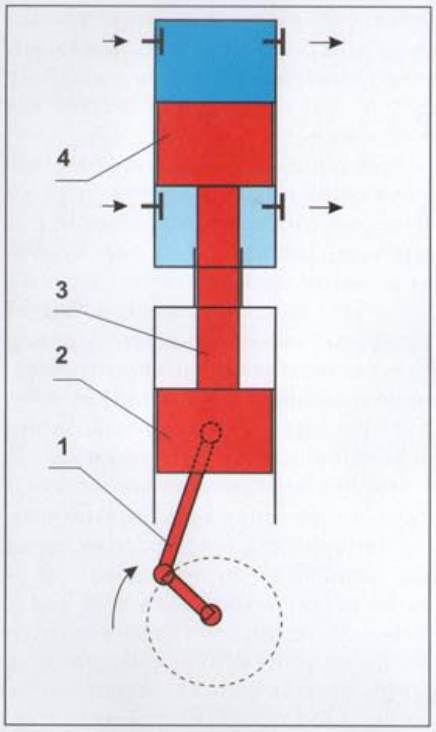
Źródła sprężonego powietrza

Podstawowym urządzeniem, służącym do wytworzenia sprężonego powietrza, jest sprężarka. Zgodnie z definicją sprężarka jest maszyną, która zwiększa ciśnienie czynnika sprężanego powyżej ciśnienia początkowego, równego lub bliskiego ciśnieniu atmosferycznemu. Głównym kryterium podziału sprężarek jest ich konstrukcja i zasada działania. Schemat podziału według tego kryterium, zgodny z normą PN-89/M-43100, pokazano na rys.1. Należy podkreślić, że jest to podział tradycyjny i nie wszystkie wymienione w nim typy sprężarek są powszechnie stosowane. Decydują o tym przede wszystkim wady i zalety poszczególnych rozwiązań konstrukcyjnych.

Zgodnie z podziałem przyjętym w normie PN-89/M-43100 można wyróżnić dwie podstawowe grupy sprężarek: sprężarki wyporowe i sprężarki przepływowe.



Rys. 2 Sprężarka tłokowa (a), sprężarka membranowa (b)



Rys. 3 Sprężarka tłokowa wodzikowa dwustronnego działania

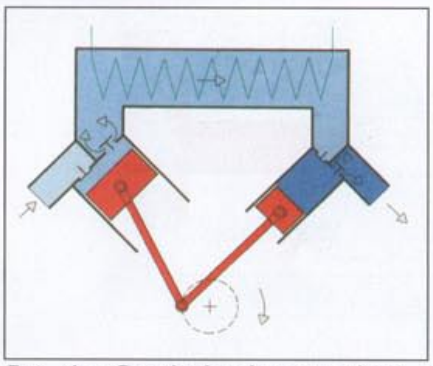
W sprężarkach wyporowych zwiększenie ciśnienia statycznego uzyskuje się przez zasysanie i wypieranie kolejnych objętości gazu w zamkniętej przestrzeni za pomocą elementu wyporowego członu napędzanego. Sprężarki przepływowe umożliwiają sprężanie gazu dzięki przemianie energii kinetycznej w energię potencjalną ciśnienia przy ciągłym przepływie gazu przez sprężarkę.

Ze względu na rodzaj wykonywanego ruchu przez element wyporowy, sprężarki wyporowe można podzielić na posuwisto-zwrotne i obrotowe. W sprężarkach posuwisto-zwrotnych zasysanie i sprężanie gazu osiąga się przez ruch posuwisto-zwrotny elementu roboczego poruszającego się w przestrzeni tworzącej komorę sprężania. Natomiast w sprężarkach obrotowych elementem roboczym jest obracający się w obudowie jeden lub kilka wirników, a wypieranie gazu uzyskuje się za pomocą łopatek, elementów zazębiających się lub za pomocą ruchu obrotowego samego wirnika.

Sprężarki wyporowe posuwisto-zwrotne

Sprężarki posuwisto-zwrotne można podzielić na sprężarki z napędem korbowym i bezkorbowym.

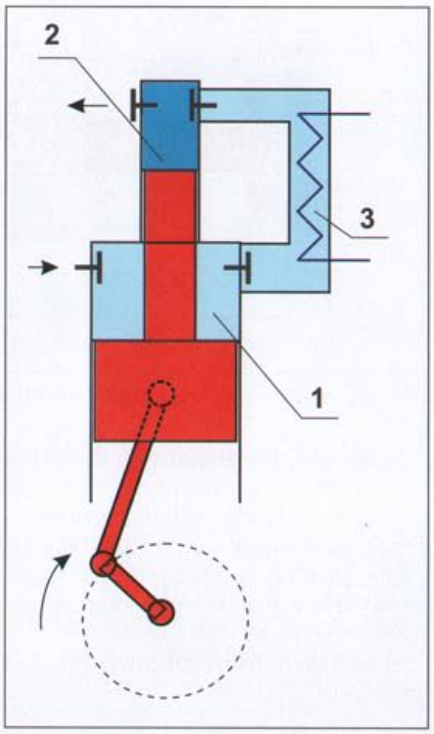
Elementem roboczym sprężarek z napędem korbowym jest tłok (sprężarki tłokowe, rys. 2a), który wykonując w cylindrze ruchy posuwisto-zwrotne, powoduje na przemian zasysanie gazu z obszaru ssania do przestrzeni roboczej cylindra i wytłaczanie go z tej przestrzeni do obszaru tłoczenia. Obszary te są od siebie oddzielone zaworami ssawnymi i tłocznymi. W przypadku sprężarek membranowych (rys. 2b) dodatkowo występuje membrana, która oddziela przestrzeń roboczą cylindra od komory sprężania gazu.



Rys. 4 a Sprężarka dwustopniowa z chłodzeniem

Ze względu na rozwiązania konstrukcyjne, sprężarki posuwisto-zwrotne z napędem korbowym można podzielić na:

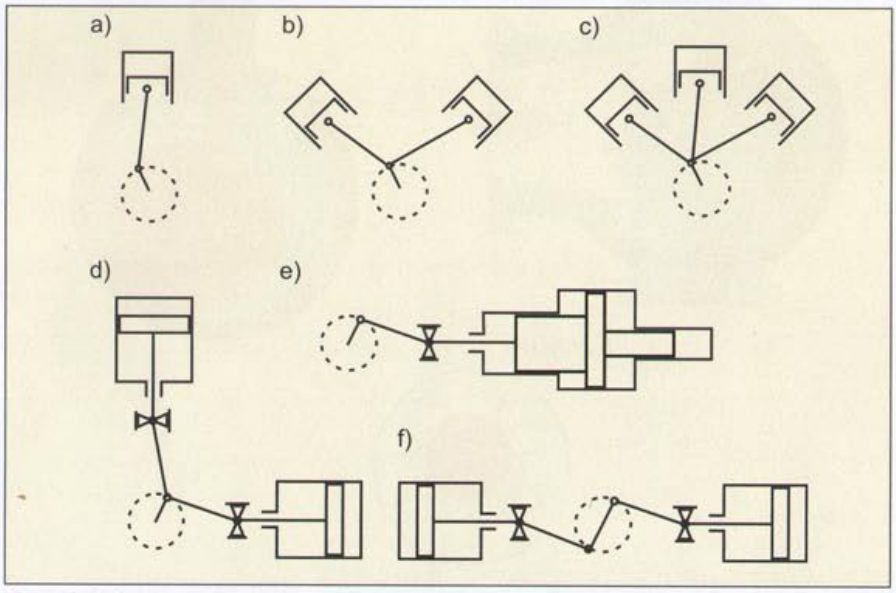
- bezwodzikowe i wodzikowe,
- jednostopniowe i wielostopniowe,
- chłodzone powietrzem lub wodą,
- jednostronnego lub dwustronnego działania,
- poziome, pionowe lub inne (V,W,L),
- smarowe lub bezsmarowe,
- z tłokiem różnicowym.



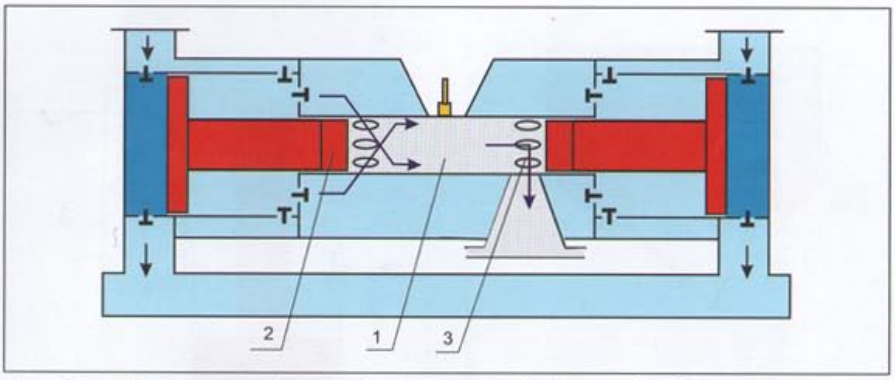
Rys. 4 b Sprężarka dwustopniowa z tłokiem różnicowym i chłodzeniem

Sprężarka wodzikowa (rys. 3) tym różni się od sprężarki bezwodzikowej (pokazanej na rys. 2 a), że w jej skład oprócz korbowodu (1) wchodzi także wodzik (2) z tłoczyskiem (3), które jest połączone z tłokiem (4) na sztywno.

W sprężarkach jednostronnego działania (rys. 2 a) przy jednym suwie tłoka odbywa się ssanie powietrza do cylindra, natomiast przy drugim suwie – sprężanie i wytłaczanie.



Rys. 5 Schematy układów kinematycznych sprężarek tłokowych: pionowy (a), widlasty V (b), widlasty W (c), kątowy L (d), poziomy z tłokiem różnicowym (e), układ poziomy – przeciwległy (f)

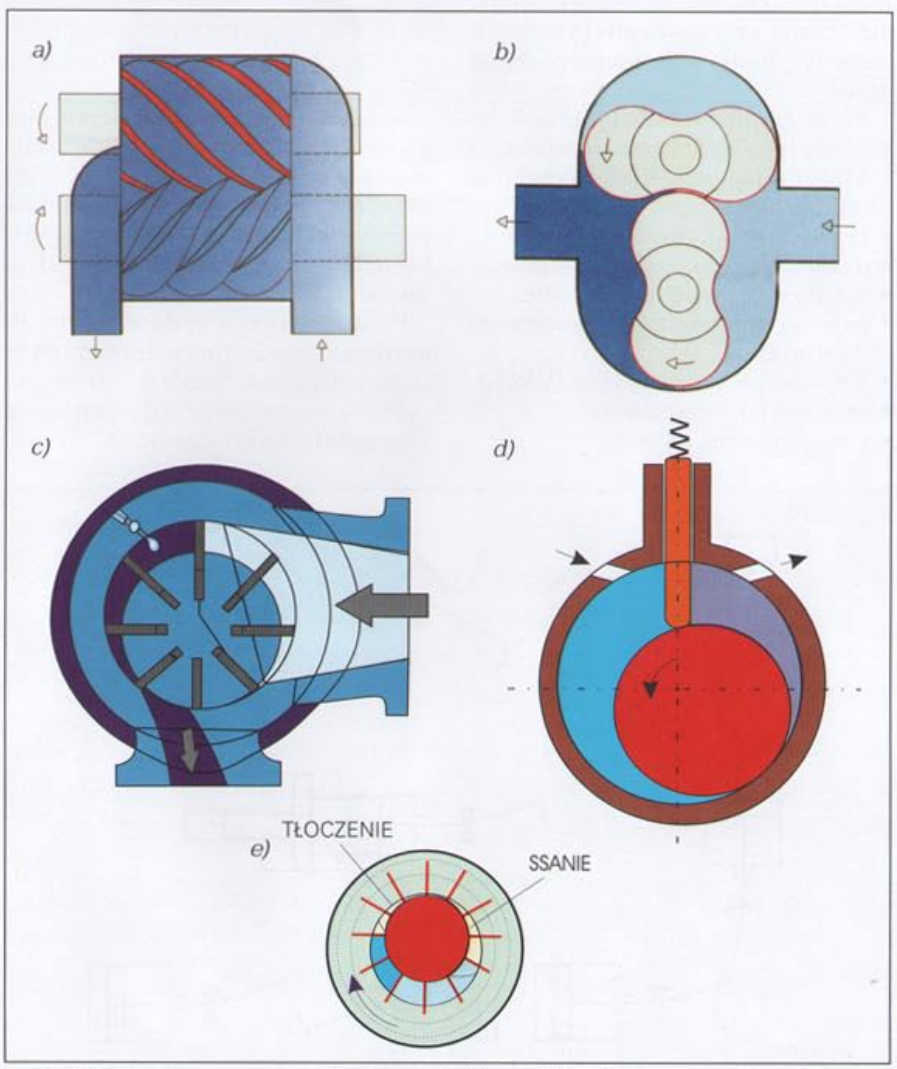


Rys. 6 Sprężarka z napędem bezkorbowym – silnikosprężarka

Sprężarki dwustronnego działania (rys. 3) sprężają powietrze na przemian w dwóch rozdzielonych tłokiem roboczych przestrzeniach cylindra, najpierw z jednej, a następnie z drugiej strony tłoka, przy czym ciśnienie powietrza działa na tłok z obu stron.

Sprężarki jednostopniowe (rys. 2 a) zasysają powietrze z atmosfery do cylindrów i w tych cylindrach odbywa się sprężanie od razu do takiej wartości ciśnienia tłoczenia, jaka jest wymagana.

W sprężarkach wielostopniowych proces sprężania jest złożony z kilku cząstkowych procesów sprężania, nazywanych stopniami, w których następuje kolejno zwiększanie początkowego ciśnienia powietrza o ustalony przyrost aż do osiągnięcia ciśnienia końcowego.



Rys. 7 Sprężarki wyporowa obrotowa: śrubowa (a); z dwoma współpracującymi wirnikami profilowymi (b); łopatkowa (c) z tłokiem obrotowym (d); z pierścieniem wodnym (e)

Sprężanie wielostopniowe przebiega na ogół z międzystopniowym chłodzeniem powietrza (chłodzenie powietrzem lub wodą) i ma na celu zbliżenie sprężania rzeczywistego do sprężania izotermicznego, wymagającego wykonania mniejszej pracy. Przykładem rozwiązania konstrukcyjnego sprężarki wielostopniowej może być sprężarka dwustopniowa, której schemat pokazano na rysunku 4 a.

Innym rozwiązaniem konstrukcyjnym, które umożliwia dwustopniowe sprężanie gazu, jest sprężarka z tłokiem różnicowym (rys. 4 b). Sprężarka ta jest wyposażona w cylinder o dwóch średnicach i dostosowanym do niego podwójnym tłokiem. Gaz sprężony w stopniu (1) jest przesyłany do chłodnicy (3) i stąd jest zasysany do stopnia (2) sprężarki, gdzie ponownie ulega sprężeniu.

Ze względu na rozmieszczenie cylindrów wyróżnia się sprężarki o układzie osi cylindrów – poziomym, pionowym, widlastym V,W, kątowym L lub o poziomych osiach cylindrów, przy czym cylindry te mogą być położone z jednej lub z obu stron wału korbowego (rys. 5).

W sprężarkach smarowych, w przeciwieństwie do sprężarek bezsmarowych, stosuje się smarowanie gładzi cylindrowej.

Przykładem sprężarki z napędem bezkorbowym może być silnikosprężarka, której schemat pokazano na rysunku 6. Centralnie umieszczona komora spalania (1) jest ograniczona dwoma tłokami (2). Praca silnika takich sprężarek jest oparta na zasadzie dwusuwu. Po sprężeniu powietrza przez zbliżające się tłoki następuje wtrysk paliwa i jego zapłon. Rozprężające się spaliny wywołują ruch tłoków na zewnątrz i uchodzą z cylindra przez szczeliny wylotowe (3), odsłonięte krawędzią tłoka, przy czym dokładnemu usunięciu spalin sprzyja dopływ powietrza wprowadzanego przez szczeliny pod działaniem dmuchawy przepłukującej. Przesuwając się na zewnątrz, tłoki sprężarki połączone z tłokami silnika spalinowego sprężają i wytłaczają na zewnątrz czynnik sprężany. Ruch tłoków silnika ku sobie jest wywołany energią rozprężającego się czynnika pozostałego w szkodliwych przestrzeniach cylin-

drów lub czynnika w cylindrach przewidzianych specjalnie do tego celu. Ruch tłoków jest zsynchronizowany układem wahaczy lub zębatek.

Sprężarki wyporowe obrotowe

Wśród sprężarek wyporowych obrotowych można wyróżnić rozwiązania konstrukcyjne z pojedynczym wałem oraz z dwoma lub więcej wałami. Podobnie jak w sprężarkach posuwisto-zwrotnych, sprężanie gazu dokonuje się określonymi porcjami, w zmieniających swoją objętość przestrzeniach roboczych.

Na rysunku 7a przedstawiono schemat sprężarki śrubowej. Organami roboczymi są tutaj zwoje wirników śrubowych. Rolę przestrzeni roboczych spełniają międzyzwojowe komory wirników. Zmiana objętości sprężanego gazu jest osiągana w wyniku ruchu obrotowego wirników, które są sprzężone ze sobą kołami zębatymi. Porcje gazu są odcinane w przestrzeniach roboczych i przetłaczane współosiowo do króćca tłocznego.

W sprężarce z dwoma współpracującymi wirnikami profilowymi (sprężarka Rootsa, rys. 7b) przestrzeń robocza jest utworzona przez przeciwbieżne krzywkowe wirniki umieszczone w obudowie. Między wirnikami a obudową tworzą się komory zwiększające swoją objętość po stronie ssania i zmniejszające ją po stronie tłoczenia.

Sprężarka łopatkowa (rys. 7c) składa się z cylindra osadzonego w obudowie oraz wirnika z ruchomymi łopatkami płaskimi umieszczonymi w rowkach tego wirnika. Wał, na którym osadzono wirnik, jest zamontowany mimośrodowo w stosunku do osi cylindra. Łopatki pod wpływem siły odśrodkowej dociskane są w czasie obracania się wirnika do gładzi cylindra, tworząc zmienne przestrzenie, w których odbywa się sprężanie.

W sprężarce z tłokiem obrotowym (rys. 7d) organem roboczym jest mimośród osadzony na wale, którego oś obrotu pokrywa się z osią wewnętrznej powierzchni obudowy. Obracający się mimośród przylega do tej powierzchni wzdłuż linii, na której spotykają się zakończenia sierpowej przestrzeni, podzielonej na dwie części płytką dociskaną do mimośrodu sprężyną. Podczas pracy sierpowa przestrzeń przemieszcza się dookoła osi wału, czemu towarzyszą okresowe zmiany objętości przestrzeni ssawnej i tłocznej, umożliwiające zasysanie gazu przez otwór wlotowy i wytłaczanie przez otwór wylotowy.

Zasada działania sprężarki z pierścieniem wodnym (rys. 7e) jest podobna do działania sprężarki łopatkowej. W kadłubie sprężarki, którego przekrój poprzeczny jest okrągły, umieszczono wirnik z łopatkami, przy czym kadłub jest częściowo wypełniony wodą. Ruch obrotowy łopatek wirnika powoduje odrzucenie wody na ścianki kadłuba i wytworzenie uszczelniającego pierścienia wodnego, którego powierzchnia wewnętrzna spełnia rolę cylindra.

Sprężarki obrotowe wykonuje się również jako:
- jednostopniowe lub wielostopniowe,
- chłodzone powietrzem lub wodą,
- poziome lub pionowe,
- smarowe, bezsmarowe lub zalewane wodą.

Sprężarki przepływowe

Sprężarki przepływowe dzieli się na turbosprężarki i sprężarki strumienicowe. Elementem roboczym turbosprężarki jest wirnik łopatkowy. W wyniku działania sił wywołanych kształtem i obrotem wirującego wirnika na wlocie do niego powstaje podciśnienie w stosunku do ciśnienia panującego w przestrzeni, z której jest zasysany gaz. Powoduje to ciągły dopływ gazu do sprężarki. W wirującym wirniku następuje doprowadzenie do sprężanego gazu całej energii z zewnątrz od silnika napędzającego.

W zależności od kierunku przepływu gazu wyróżnia się turbosprężarki osiowe i turbosprężarki promieniowe. W turbosprężarkach osiowych (rysunek 8 a) przemiana energii kinetycznej w energię ciśnienia następuje w wirnikach i dyfuzorach przy zasadniczo osiowym kierunku przepływu gazu, natomiast w turbosprężarkach promieniowych przy promieniowym kierunku przepływu gazu (rys. 8 b). Istnieją również turbosprężarki diagonalne, w których kierunek przepływu gazu jest pośredni między osiowym a promieniowym.

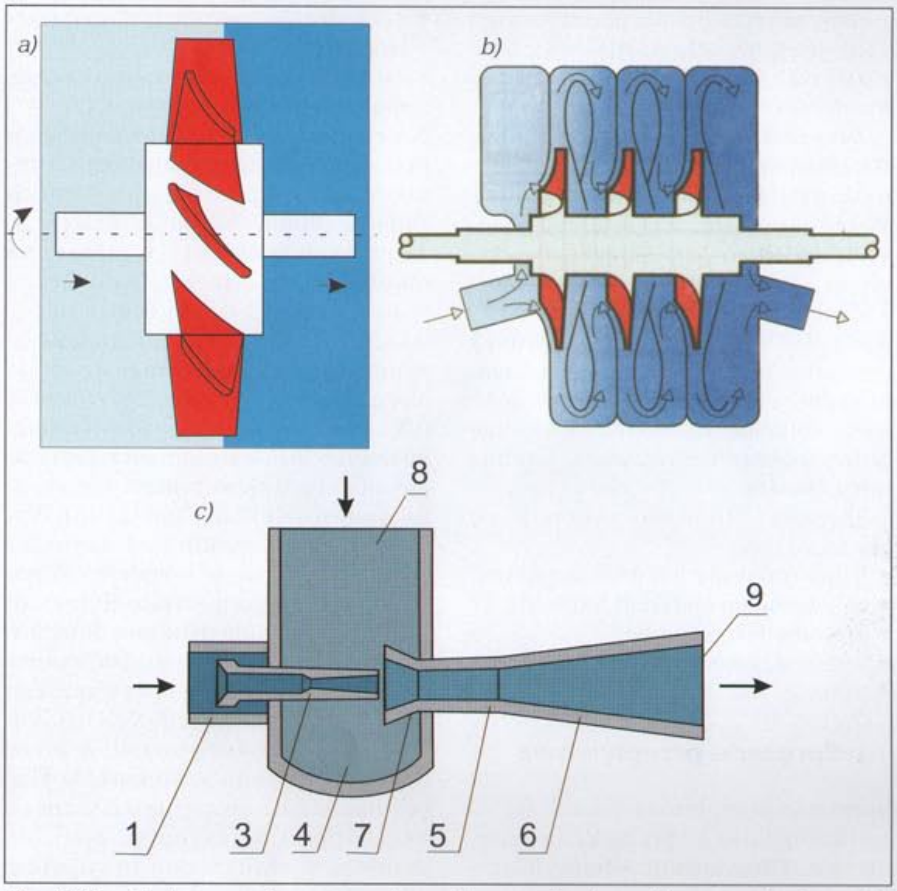
Turbosprężarki są często nazywane dmuchawami, gdy efektywne ciśnienie tłoczenia ma wartość poniżej 0,2 MPa.

Turbosprężarki promieniowe wykonuje się jako:
- jednowlotowe lub dwuwlotowe,
- jednostopniowe lub wielostopniowe,
- z chłodzeniem wewnętrznym lub zewnętrznym,
- z obudową dzieloną pionowo, poziomo lub typu beczkowatego.

Na rysunku 8 c przedstawiono schemat sprężarki strumienicowej. Czynnik roboczy – gaz o odpowiednim ciśnieniu – doprowadzony do króćca (1), rozpręża się w dyszy (3) w pierwszym momencie do ciśnienia panującego w przestrzeni (4), uzyskując odpowiednią prędkość. Strumień rozprężonego czynnika roboczego wpada do obejmującej dyszę zwężki (7) i na skutek tarcia turbulentnego wytworzonego między strumieniem gazu a otaczającym czynnikiem zabiera ten czynnik i unosi dalej kanałami (5) i (6). Wywołany w ten sposób ruch czynnika znajdującego się w komorze (4) powoduje w miejscu wylotu dyszy odpowiedni spadek ciśnienia. Spadkowi temu będzie towarzyszyć zwiększenie prędkości wypływającego z dyszy strumienia, a ten z kolei na skutek tarcia zwiększy przepływ przez zwężkę (7) czynnika z komory (4). Proces narastania ciśnienia zasysanego przez sprężarkę czynnika ustali się w miejscu określonym równaniem energii. Czynnik roboczy oraz czynnik zassany poprzez króciec wlotowy smoczka (8) mieszają się w tzw. przestrzeni mieszania (5), a następnie sprężają się w dyfuzorze (6). W opisanym urządzeniu powstanie odpowiednia różnica ciśnienień między ciśnieniami panującymi w króćcu wylotowym (9) a wlotowym (8). Przedstawiona sprężarka charakteryzuje się brakiem jakichkolwiek części ruchomych, co wpływa na niezawodność jej pracy. Wadą tych urządzeń jest ich mała sprawność.

Parametry pracy sprężarki

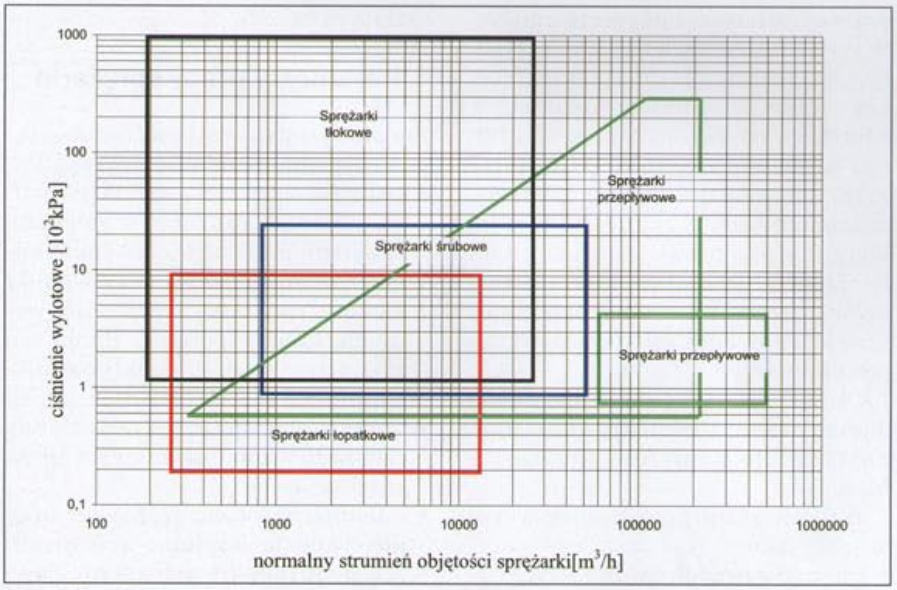
Podstawowymi wielkościami charakteryzującymi pracę sprężarki są:
- ciśnienie wlotowe – całkowite średnie ciśnienie absolutne w znormalizowanym punkcie wlotowym. Znormalizowany punkt wlotowy to punkt wlotowy uważany za reprezentatywny dla każdej sprężarki. Punkt ten zmienia się w zależności od konstrukcji sprężarki i typu instalacji;
- temperatura wlotowa – temperatura całkowita w znormalizowanym punkcie wlotowym;
- ciśnienie wylotowe – całkowite średnie ciśnienie absolutne w znormalizowanym punkcie wylotowym. Znormalizowany punkt wylotowy to punkt



Rys. 8 Sprężarka przepływowa: osiowa (a), promieniowa (b), strumienicowa (c)

wylotowy uważany za reprezentatywny dla każdej sprężarki. Punkt ten zmienia się w zależności od konstrukcji sprężarki i typu instalacji;

- temperatura wylotowa – temperatura całkowita w znormalizowanym punkcie wylotowym;
- normalny strumień objętości sprężarki (wydajność znormalizowana) – rzeczywisty strumień objętości sprężanego i wytłaczanego gazu w znormalizowanym punkcie wylotowym, odniesiony do warunków normalnych (temperatury i ciśnienia);
- spręż całkowity – stosunek ciśnienia wylotowego do ciśnienia wlotowego;
- moc efektywna – moc mierzona na wale napędowym sprężarki. Jest ona sumą mocy wewnętrznej i strat mechanicznych. Straty w zewnętrznych układach przeniesienia napędu, takich jak przekładnie zębate lub pasowe, nie są uwzględniane;
- prędkość obrotowa – prędkość mierzona na wale sprężarki;
- sprawność ogólna – stosunek teoretycznej mocy dostarczanej do mocy efektywnej.



Rys. 9 Praktyczne zakresy zastosowań sprężarek różnych typów

Zakres zastosowania

W zależności od żądanych parametrów – sprężu całkowitego i normalnego strumienia objętości – stosuje się różne typy sprężarek, których zakres zastosowań pokazano na rys. 9. Poza zaznaczone zakresy zastosowań wybiegają jedynie konstrukcje specjalne. Zakresy zastosowań poszczególnych typów sprężarek wynikają z ograniczeń konstrukcyjnych, a także ze sprawności i kosztów wytwarzania.

Analizując pola pracy poszczególnych rodzajów sprężarek, można zauważyć, że w zakresie wysokich przyrostów ciśnień i niezbyt dużych wydajności zastosowanie mają sprężarki tłokowe (wielostopniowe), natomiast sprężarki przepływowe nadają się do pracy przy dużych wydajnościach i niezbyt dużych przyrostach ciśnienia.

Podsumowanie

W pracy zaprezentowano ogólny podział sprężarek wraz z poglądowymi schematami ich budowy i działania, a także opisano podstawowe parametry charakteryzujące pracę sprężarek. Pokazano również ogólny zakres zastosowań sprężarek poszczególnych typów.

Szczegółowy opis typów sprężarek najczęściej stosowanych w przemyśle znajdą Państwo w kolejnych numerach „Pneumatyki".

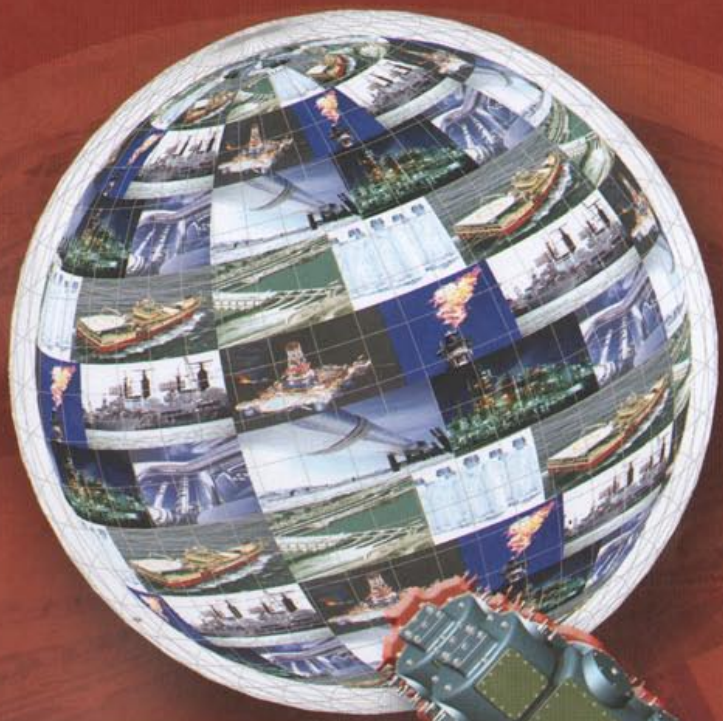
Literatura

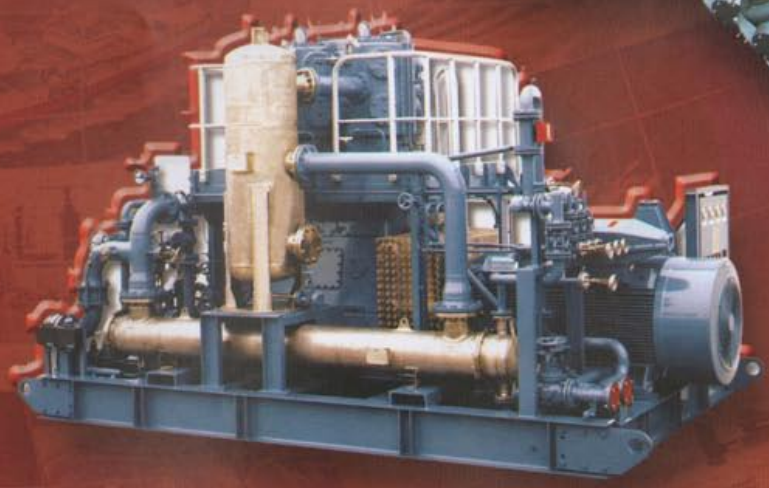
[1] Meixner H., Kobler R.: Podstawy pneumatyki, Festo.
[2] Praca zbiorowa: Encyklopedia Techniki –Budowa Maszyn, WNT, Warszawa 1968.
[3] PN-89/M-43100: Sprężarki-Podział.
[4] PN-ISO 3857-2:2001: Sprężarki, narzędzia i maszyny z napędem pneumatycznym - Terminologia - Część 2: Sprężarki.
[5]Tuliszka E.: Sprężarki, dmuchawy, wentylatory, WNT, Warszawa 1964.

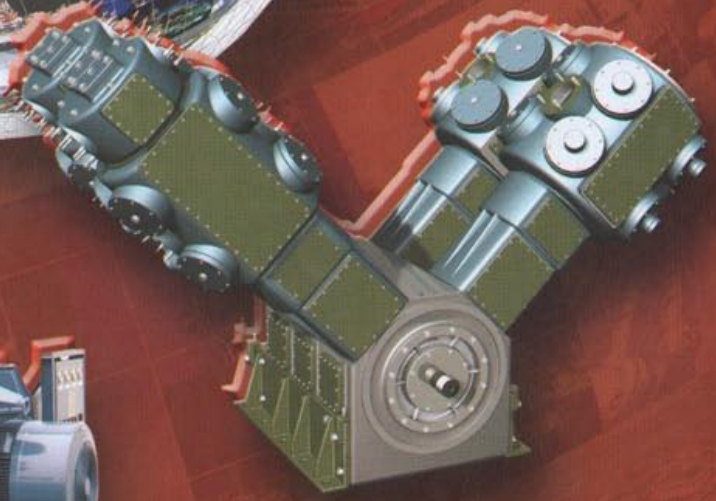
prof. dr hab. inż. Tadeusz Mikulczyński,
dr inż. Rafał Więcławek
Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji Politechniki Wrocławskiej

TECHNOLOGIE SPRĘŻANIA

"EDBU"







Jako przedstawiciel handlowy i serwisant fabryczny austriackiej firmy LMF Leobersdorfer Maschinenfabrik z Wiednia, producenta sprężarek wysokociśnieniowych i specjalistycznych urządzeń sprężarkowych świadczymy usługi w zakresie dostaw kompletnych urządzeń oraz części zamiennych.

Technologie sprężania EDBU Sp. z o.o.
ul. Wybickiego 5/6
Gorzów Wielkopolski
tel/fax (095) 722 59 76

Dmuchawy to też sprężarki

Andrzej Szczepanik

Urządzenia do tłoczenia powietrza znajdują szerokie zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu, stanowiąc nieraz serce zakładu produkcyjnego, zakładu wodociągowego, oczyszczalni ścieków itp. Potocznie przyjął się podział takich urządzeń na sprężarki i dmuchawy. Określenia te dobrze oddają różnicę w zakresie parametrów wytwarzanego strumienia powietrza. Sprężarka dostarcza bowiem powietrze „mocno sprężone", dmuchawa zaś „dmucha" dużym strumieniem mniej sprężonego powietrza. Bywa, że w zależności od zastosowania, urządzenia bardzo zbliżone konstrukcyjnie raz nazywane są sprężarkami, a innym razem dmuchawami.

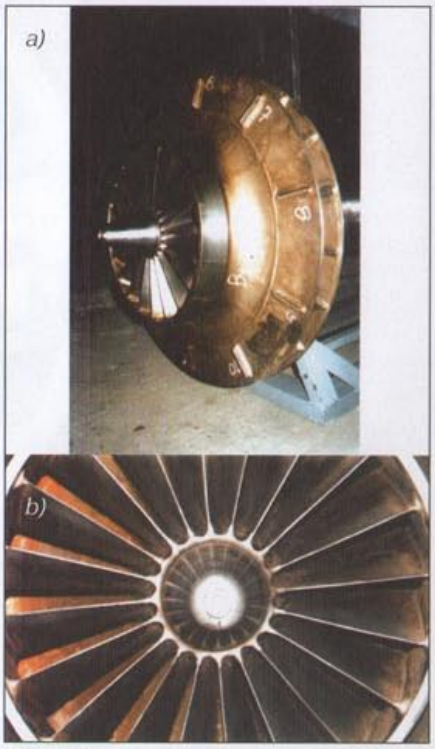
Według ścisłego podziału dmuchawy są podgrupą sprężarek o tzw. sprężu (czyli różnicy pomiędzy ciśnieniem na wyjściu i na wejściu) do 0,2 Mpa. Ze względu na zasadę działania sprężarki dzielą się na:

- Sprężarki wyporowe, w których ssanie i wytłaczanie odbywa się wskutek powiększania i zmniejszania objętości przestrzeni roboczej za pomocą ruchomego organu realizującego ruch posuwisto-zwrotny (sprężarki tłokowe, membranowe) lub obrotowy (sprężarki rotacyjne łopatkowe, łopatkowe z pierścieniem wodnym, krzywkowe, śrubowe itp.).
- Sprężarki wirowe (prędkościowe, rotodynamiczne, przepływowe) charakteryzujące się tym, że obracający się razem z wałem wirnik porywa cząstki gazu, zwiększając ich energię kinetyczną, która zamienia się częściowo na energię, ciśnienia w kanałach wirnika, kierownicach i osłonie. Sprężarki te w zależności od konstrukcji (i sposobu sprężania) mogą być promieniowe, czyli odśrodkowe, osiowe (śmigłowe) osiowo-promieniowe. Przy czym klasycznie nazwa „wirowa" odnosi się do sprężarek promieniowych z uwagi na powstawanie ruchu przymusowego zwanego wirem. Przyjęło się jednak rozciągać tę nazwę na sprężarki osiowe. Sprężarki te mogą być jednostopniowe lub wielostopniowe.

Większość konstrukcji dmuchaw należy do drugiej grupy – są to sprężarki przepływowe. Wyjątkiem są sprężarki wyporowe z wirującymi tłokami – tzw. sprężarki Rootsa (lub Roots), które zwykło się lokować również w grupie dmuchaw z uwagi na ciśnienie sprężania. Warto wspomnieć, że dmuchawy o sprężu do 0,013 Mpa są określane mianem wentylatorów, a maszyny niemal o tych samych cechach konstrukcyjnych, jak dmuchawy, ale o wyższych sprężach i wyposażone dodatkowo w system chłodzenia sprężanego gazu, nazywane są turbosprężarkami.

W zależności od konstrukcji sprężarki przepływowe można podzielić:

- w zależności od realizacji zasysania:
  - z jednostronnym wlotem i jednostronnym wirnikiem;
  - z dwustronnym wlotem i dwustronnym wirnikiem;
- w zależności od konstrukcji łopatek:
  - z łopatkami promieniowymi;
  - z łopatkami ustawianymi (tzw. łopatki akcyjne, trudne technologicznie w wykonaniu);
- w zależności od typu wirnika:
  - z wirnikami otwartymi;
  - jednostronnie zamkniętymi i obustronnie zamkniętymi;
- w zależności od liczby stopni:
  - jednostopniowe i dwustopniowe;
  - wielostopniowe;
- w zależności od dyfuzora:
  - z dyfuzorem łopatkowym;
  - z dyfuzorem bezłopatkowym;
- w zależności od technologii wykonania (dotyczy korpusu i wirnika):
  - odlewane;
  - spawane;
- nitowane (na ogół dotyczy łopatek wirników).



Fot. 1 Koło wirnikowe dmuchawy z wałem, wg dokumentacji OBR CeBeA Kraków, po wyważaniu i wirowaniu, na ramie transportowej: a) widok z boku, b) widok wlotu

O parametrach wytwarzanego strumienia powietrza, a więc i o obszarze zastosowań sprężarki (dmuchawy), decydują szczegóły konstrukcyjne.

Spręż zależny jest od prędkości obwodowej wirnika. Ograniczeniem jest tutaj wytrzymałość wirnika. Natomiast ilość energii unoszonej przez strumień zależy od współczynnika mocy, ten zaś zależny jest od liczby łopatek wirnika. Liczba łopatek jest tak dobierana w danej konstrukcji, aby uzyskać wysokie wartości przepływów, a przy tym zminimalizować wzrost oporów aerodynamicznych, jak również ograniczyć komplikacje technologiczne w procesie wytwarzania koła wirnikowego. Innym istotnym elementem konstrukcyjnym jest właściwie zaprojektowana powierzchnia i średnica otworu wlotowego do wirnika.

Dmuchawy typu Roots są sprężarkami wyporowymi z wirującymi we

wspólnej obudowie przeciwbieżnie tłokami, mających najczęściej w przekroju kształt ósemki. Między obudową a tłokami tworzą się „kieszenie" komory, zwiększające swą objętość po stronie ssania i zmniejszające po stronie tłoczenia. Synchronizacja ruchu realizowana jest przez przekładnie zębatą, uniemożliwiającą zetknięcie się ze sobą powierzchni tłoków.

W sprężarkach mających tłoki w kształcie ósemki występują pulsacje co powoduje drgania przewodów tłocznych. Dla wyeliminowania tej wady stosuje się tłoki o większej liczbie komór. Sprężarki tego typu uzyskują spręże do 0,1 Mpa przy strumieniach objętości rzędu 2 m^3/s (są również projektowane na większą wydajność).

Obydwa typy dmuchaw charakteryzują się długą żywotnością elementów ruchomych, jak również brakiem kontaktu sprężanego medium z olejem, co eliminuje konieczność stosowania dodatkowych separatorów olejowych.

Stosowanie dmuchaw w procesach technologicznych wiąże się ze spełnieniem przez te urządzenia podstawowych zadań wymaganych w tych procesach:

- zapewnienie wymaganego sprężu i wydajności medium przy wysokim stopniu sprawności;
- zapewnienie stałego i równomiernego przepływu medium (bez pulsacji) przy małych oporach hydraulicznych;
- mała czułość na zmiany parametrów otoczenia;
- małe gabaryty w stosunku do wydajności;
- prosta konstrukcja i łatwość obsługi;
- brak dodatkowych elementów ruchomych (np. zawory);
- duża niezawodność.

Dmuchawy – oprócz zastosowań w procesach technologicznych związanych z przemysłem hutniczym, górniczym, farmaceutycznym, spożywczym, chemicznym – stosowane są m.in. w procesach aeracji przy oczyszczaniu wody i ścieków.

Fot. 2 Tłumiki hałasu wg dokumentacji OBR CeBeA Kraków do instalacji dmuchawy gazowej, w wykonaniu ze stali nierdzewnej - dla energetyki

Wytwórcy dmuchaw podają parametry pracy tych urządzeń, precyzując obszar ich stosowania w zakresie parametrów wydajności i sprężu. Rodzaj wykonania, sposób napędu (bezpośredni, przez przekładnie) oraz przydatności do sprężania określonych mediów o różnym stopniu agresywności. Wiąże się to ze sposobem uszczelnienia wału, np. dla powietrza zabudowuje się uszczelnienia labiryntowe, a dla gazów – hermetyczne, np. z materiałów węglowych lub PTFE.

Istotne są w tym miejscu informacje na temat budowy wirnika, korpusu, usytuowania wylotu. Ponadto należy zwrócić uwagę na resurs poprawnej pracy poszczególnych elementów dmuchawy, zwłaszcza łożysk uszczelnień, jak również wirników, sposobów regulacji, autonomii pracy itp.

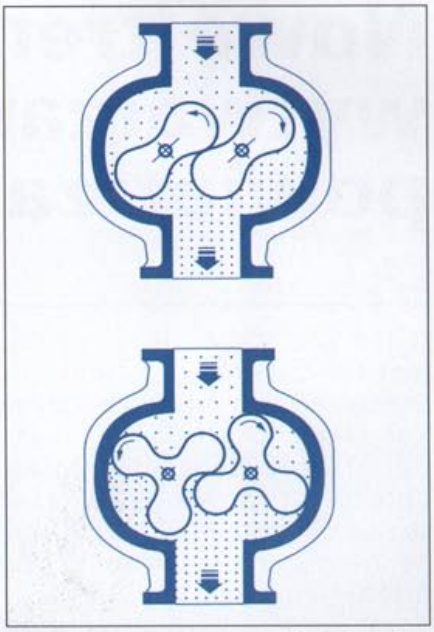
Innym ważnym zagadnieniem jest stosunkowo wysoki poziom hałasu towarzyszącego pracy tych urządzeń. Istotna jest więc jego eliminacja przez zastosowanie odpowiednich obudów dźwiękoizolacyjnych, zapewniających równocześnie dobry odbiór ciepła powstającego w procesie sprężania. Obudowy akustyczne muszą się charakteryzować dużą funkcjonalnością umożliwiającą łatwy dostęp do dmuchawy tak w procesie eksploatacji, jak i podczas czynności remontowych.

Obudowa dźwiękoizolacyjna nie eliminuje w całości zagrożenia hałasem, gdyż maszyny te, niezależnie od hałasu emitowanego przez elementy ruchome, emitują hałas pochodzący od przepływu medium. Można go wyeliminować, stosując odpowiednie tłumiki lub zespoły tłumików ssania, zintegrowane z filtrami jak również odpowiednie tłumiki tłoczenia. W przypadku dmuchaw o dużych wydajnościach, w których występuje konieczność odciążania przy rozruchu, jak również przy awaryjnym zatrzymaniu, należy stosować tłumiki zrzutu.

Tłumiki mają różne konstrukcje w zależności od zastosowania i parametrów pracy. Podstawowe wymagania to duża skuteczność, niewielkie gabaryty i możliwie niewielka masa.

* * *

Autor pracuje w Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Budowy Urządzeń Chemicznych „CeBeA" w Krakowie, gdzie przez wiele lat prowadzono prace badawczo-rozwojowe nad zagadnieniami



Rys. 1 Schematyczny przekrój dmuchawy Roots:
a) z tłokami w kształcie „ósemki"
b) z przekrojem tłoków w kształcie zwiększającym liczbę „kieszeni" komór sprężających

związanymi z projektowaniem maszyn przepływowych i eliminacją hałasu. Opracowano m.in. rozwiązania konstrukcyjne tłumików hałasu, filtrów i obudów dla różnych typów i wydajności sprężarek przepływowych, z uwzględnieniem specyfiki pracy, między innymi dla hut, kopalni, cementowni, oczyszczalni ścieków itp.

Dmuchawy konstrukcji CeBeA pracują m.in. w Zakładach Górniczo-Hutniczych „Bolesław", Oczyszczalni Ścieków „Łódź" i wielu innych, natomiast zespoły tłumiące oprócz wymienionych m.in. w KWK „Brzeszcze", Cementowni Nowa Huta , Cementowni „Wierzbica", Alstom Power Elbląg, Norgips Opole.

Literatura

[1] Tuliszka E.: Sprężarki, dmuchawy i wentylatory, WNT Warszawa.
[2] Szablowski K.: Sprężarki Wirowe, PWN Kraków-Warszawa.
[3] Zbiór prac pod redakcją prof. dr. inż. Kazimierza Oczosia, Technologia przepływowych maszyn Wirnikowych, IV Konf. Naukowo- Tech, Rzeszów.
[4] Szczepanik A., Ćwiek A., Pachacz C.: Tłumiki zrzutu, OBR CeBeA Kraków, Praca nie publikowana.

Andrzej Szczepanik
OBR CeBeA Kraków

Nowe trendy w sposobach wytwarzania sprężonego powietrza

O tym, że sprężone powietrze jest bardzo drogim nośnikiem energii nikogo nie trzeba przekonywać. Dlatego też każdy, kto ma do czynienia ze sprężonym powietrzem, stara się obniżyć koszty związane z jego wytwarzaniem. Obniżenie kosztów wytworzenia 1 m^3 sprężonego powietrza może odbywać się na różne sposoby, począwszy od najlepszego rozwiązania, czyli zastosowania sprężarki, która dostosowuje swą wydajność do zapotrzebowania, po rozwiązanie skrajne, lecz często spotykane, a mianowicie rezygnację z firmowego serwisu i korzystanie z zamienników eksploatacyjnych, co nie zawsze kończy się dobrze dla maszyny i jej użytkownika.

Na polskim rynku działa kilka firm, które w swojej ofercie posiadają sprężarki o zmiennej wydajności.

Proponowane konstrukcje koncepcyjnie są zbliżone – sprężarki produkują tylko tyle powietrza, na jakie jest w danej chwili zapotrzebowanie, lecz znacznie różnią się rozwiązaniami konstrukcyjnymi, a co za tym idzie kosztem wytworzenia 1 m^3 sprężonego powietrza. Jak wiadomo, szczegóły tworzą całość, a całością w danym przypadku jest sprężarka, która ma być niezawodna i ekonomiczna.

Od ponad dwóch lat ALUP Kompressoren ma w swojej ofercie coś więcej niż sprężarki śrubowe o zmiennej wydajności, a mianowicie posiada narzędzia do rozwiązania problemu – odpowiednia ilość powietrza, w odpowiedniej chwili, za jak najmniejsze pieniądze, w sposób niezawodny.

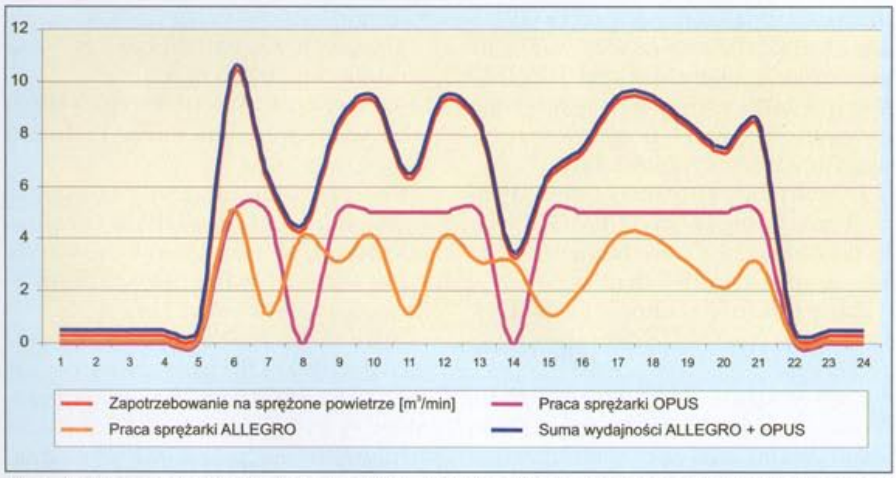
Aby sprostać tym wymaganiom, ALUP Kompressoren wprowadził na rynek sprężarki typu ALLEGRO i OPUS.

Fot. 1 Sprężarka Allegro 100

Podstawnym zadaniem sprężarki z płynną regulacja wydajności jest eliminacja biegu jałowego. Jak wiadomo, na biegu jałowym silnik sprężarki pobiera moc w wysokości ok. 25 % mocy znamionowej silnika. Można by się zastanowić, czy to dużo? Odpowiedzią niech będzie prosty przykład: na 4 000 mtg pracy sprężarki mocy np. 75 kW praca sprężania wyniosła 3000

Typ sprężarki	Ciśnienie pracy [bar]	Wydajność min./maks. [m^3/min] dla ciśnienia pracy 8 bar (zgodnie z ISO1217 aneks C-1996)	Moc silnika [kW]
ALLEGRO 16	5 – 13	0,51 / 2,49	16
ALLEGRO 20	5 – 13	0,51 / 2,96	20
ALLEGRO 24	5 – 13	0,51 / 3,42	24
ALLEGRO 28	5 – 13	0,51 / 4,10	28
ALLEGRO 32	5 – 13	0,79 / 4,80	32
ALLEGRO 38	5 – 13	0,79 / 5,10	38
ALLEGRO 30	5 – 13	0,79 / 5,70	30
ALLEGRO 40	5 – 13	0,79 / 6,00	40
ALLEGRO 60	5 – 13	1,73 / 8,80	60
ALLEGRO 80	5 – 13	1,73 / 10,70	80
ALLEGRO 100	5 – 13	3, 15 / 15,75	100
ALLEGRO 115	5 – 13	3,15 / 18 73	115
ALLEGRO 130	5 – 13	3,15 / 20,00	130
ALLEGRO 150	5 – 13	9,33 / 25,68	150 / 170
ALLEGRO 210	5 – 13	9,33 / 28,88	210
ALLEGRO 260	5 – 13	12,00 / 41,48	260

Tabela 1 Sprężarki ALUP typu ALLEGRO – zakres oferty



Rys. 1 Praca układu sprężarek OPUS + ALLEGRO a dobowe zapotrzebowanie na powietrze

mtg, czyli praca na biegu luzem wynosi 1000 mth, czyli strata = 1 000 mth (25% × 75 kW) = 18 725 kWh. Straciliśmy 18 725 kWh nie wytwarzając sprężonego powietrza! Zakładając koszt 1 kWh = 0,205 PLN, strata = 37 504 681 PLN, czyli można zaoszczędzić 46 813 750 PLN, pod warunkiem że sprężarka o zmiennej wydajności nie będzie przechodziła podczas pracy w bieg jałowy!

Pytanie: skąd bieg jałowy w sprężarkach zmiennoobrotowych? Odpowiedź jest prosta: sprężarka pracuje [illegible]

w sprężarce zmiennoobrotowej! ALUP Kompressoren poradził sobie z tym problemem, wprowadzając bardzo szeroką ofertę sprężarek ALLEGRO z możliwością pracy z minimalną prędkością obrotową silnika – efektem jest możliwość sprężania przy bardzo małych zapotrzebowaniach.

Czy tylko eliminacja biegu jałowego daje użytkownikowi wymierne korzyści? Okazuje się, że nie! Jak już wcześniej wspomniano, szczegóły tworzą całość składającą się na [illegible] ALUP

nologia SCD, a jest to zintegrowany układ:

- silnik zmiennobrotowy SCD o wysokiej wytrzymałości – posiada duże rezerwy mocy i jest przystosowany do pracy w bardzo ciężkich warunkach, wykonany w klasie ochrony IP 55, izolacji H wg ISO. Silnik naturalnie jest przygotowany do pracy w dużym zakresie prędkości obrotowych od 1000 do 7000 obr/min. Silniki są tak dobrane, aby rzeczywiste pobory mocy nigdy nie były wyższe od mocy znamionowej silnika – co daje nam to pewność, że przy 100% obciążeniu pracą nigdy nie nastąpi przeciążenie silnika!
- przetwornik częstotliwości SCD jest zintegrowany z silnikiem, praca w zakresie częstotliwości od 0 do 150 Hz pozwala na łagodny rozruch sprężarki, bo tylko pod ca. 10% obciążenia (np. dla sprężarki z silnikiem 75 kW obciążenia rozruchu są takie jak dla sprężarki 7,5 kW!), brak uderzeń zarówno prądowych, jak i przeciążeń, mechanicznych, a co za tym idzie na dłuższą niezawodną pracą sprężarki!
- sprzęgło podatne SCD – przekładnia napęd 1:1; duża swoboda w regulacji pracy silnika pozwoliła na zastosowanie w sprężarkach typu ALLEGRO przekładni napędu 1:1 (prędkość [illegible]

Fot. 2 Sprężarka Opus 132

w trafny sposób, nie narażając potencjalnego odbiorcy na ponoszenie niepotrzebnych kosztów inwestycyjnych, które byłyby wynikiem przewymiarowania sprężarki.

Razem ze sprężarkami o zmiennej wydajności typu ALLEGRO, ALUP Kompressoren wprowadził na rynek sprężarki stałoobrotowe typu OPUS.

Sprężarki ALUP typu OPUS są częściowo oparte na technologii SCD – sprzęgło podatne z przełożeniem 1:1, a zostały zbudowane z myślą do pracy jako sprężarki współpracujące ze sprężarkami typu ALLEGRO. Koncepcja jest oparta jest na współdziałaniu urządzeń – sprężarka OPUS zapewnia „tło zapotrzebowania na powietrze", a sprężarka ALLEGRO jest sprężarką zapewniającą sprężone powietrze w pikach poborów sprężonego powietrza (rysunek 1).

Zalety pracy sprężarki typu OPUS w duecie z sprężarką ALLEGRO dały taki efekt, że powstała sprężarka oszczędna i niezawodna.

Zastosowanie technologii SCD w sprężarce typu OPUS dało następujące korzyści:

- obroty silnika elektrycznego są równe prędkości obrotowej zespołu śrubowego, a co za tym idzie, zespół śrubowy ma obroty nie większe niż 3000;
- sprężarki zbudowane są na maks. ciśnienie pracy, tzn. nie ma możliwości podniesienia ciśnienia sprężania kosztem wydajności, ale obniżając, uzyskuje się efekt zwiększenia wydajności;
- sprężarki skonstruowane są w taki sposób, iż rzeczywisty pobór mocy na wale sprężarki nigdy nie przekracza mocy znamionowej silnika – daje nam to pewność bezawaryjnej pracy silnika elektrycznego;
- długie okresy pracy do remontów głównych zespołu śrubowego – do minimum 50 000 mth.

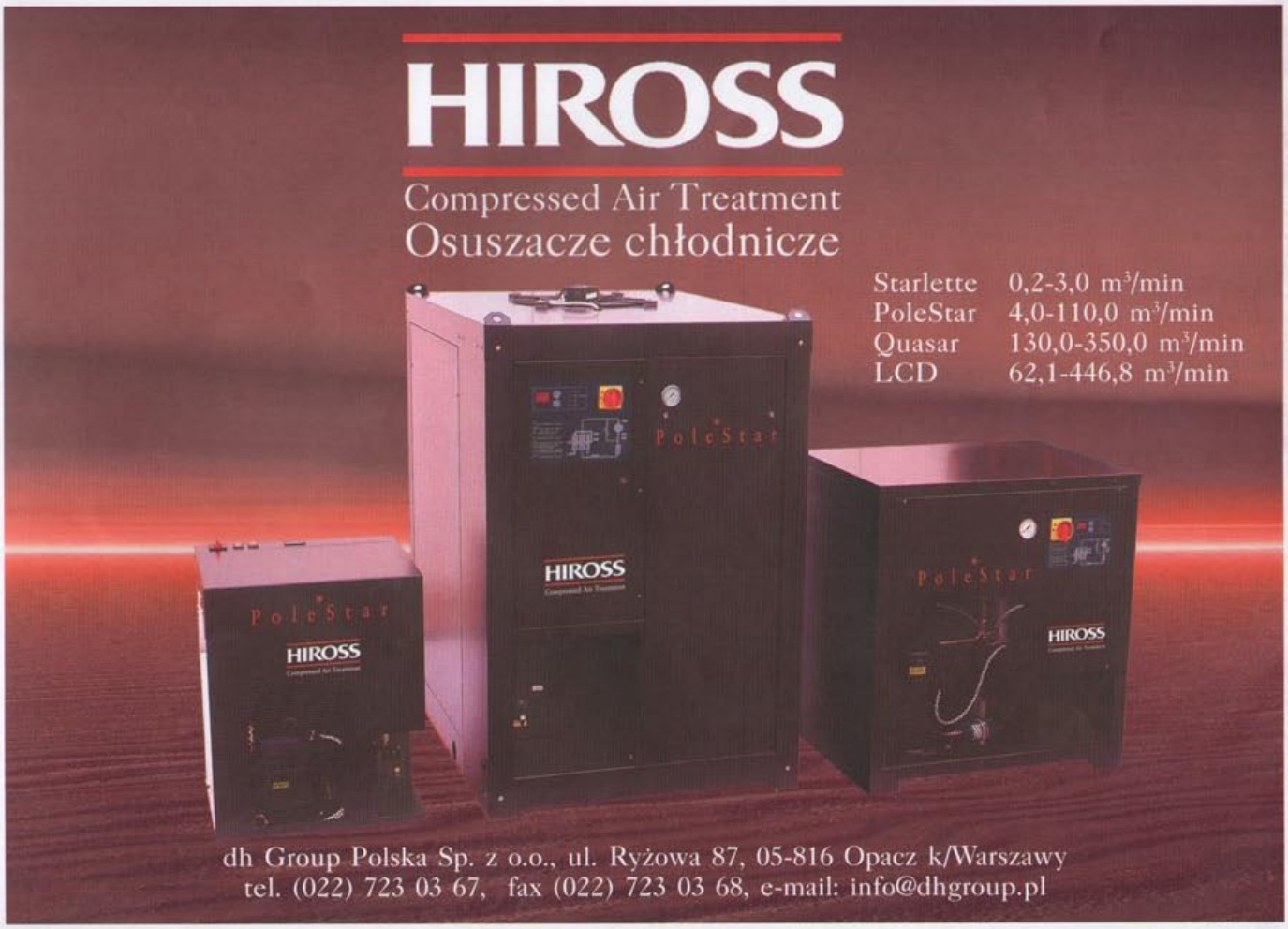
Oferta sprężarek ALUP typu OPUS to aż 16 modeli o mocach od 11 do 315 kW (tabela 2).

Poszczególne elementy konstrukcyjne sprężarki typu OPUS są zaprojektowane w taki sposób, aby były niezawodne, trwałe i przynosiły użytkownikowi wymierne korzyści.

Sprężarki śrubowe ALUP typu ALLEGRO i OPUS to coś więcej niż sprężarki – to dobrze pracujący organizm, w którym każdy element konstrukcyjny ma za zadanie wytwarzanie jak najtaniej i w sposób niezawodny sprężonego powietrza.

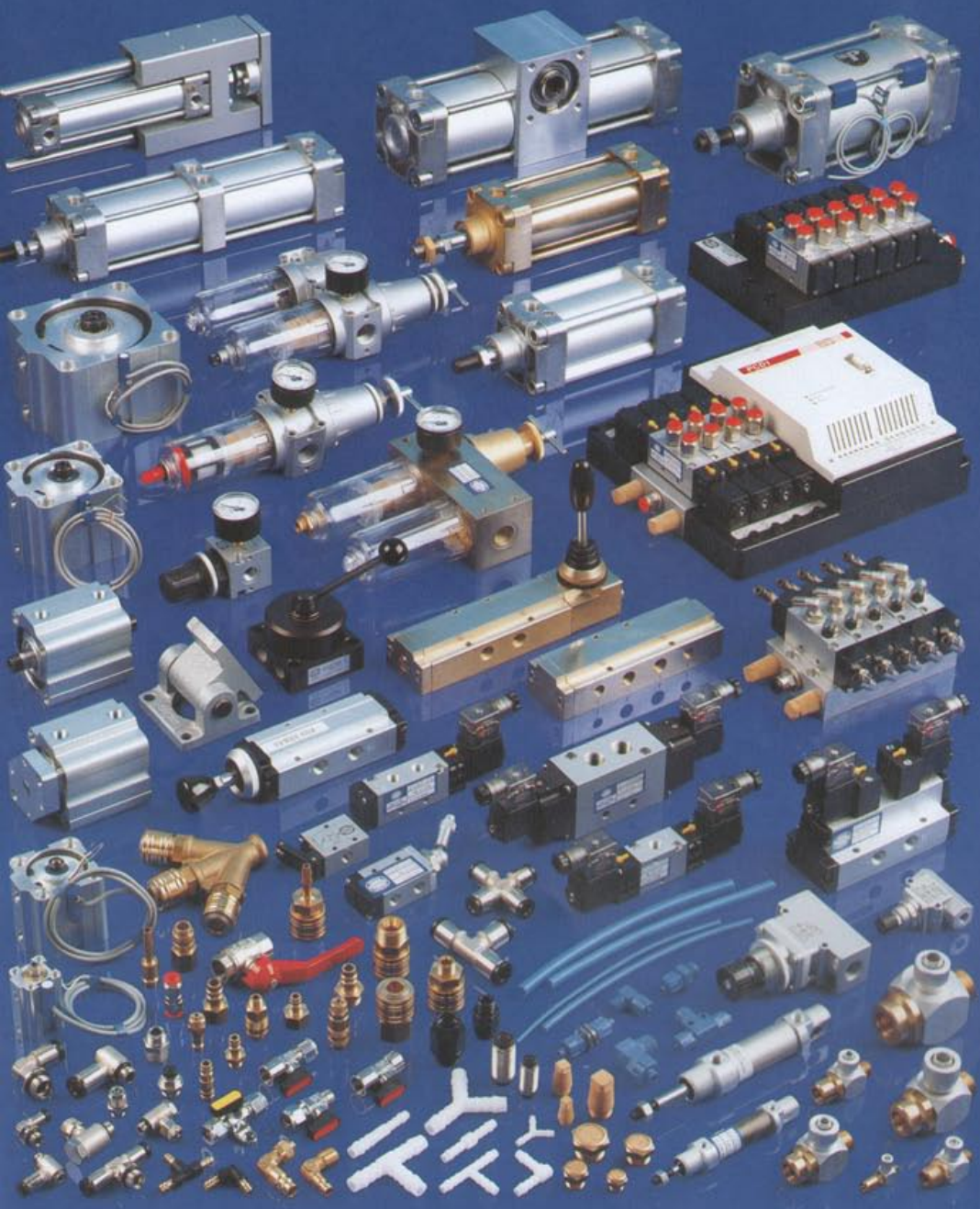
Artykuł promocyjny
PPHU KOMPRESS s.c.
mgr inż. Bogdan Noga

PPHU KOMPRESS sc.
ul. Krzysztofa Kolumba 22
02-288 Warszawa
tel./fax (022) 868 00 33, 846 62 54
www.kompress.com.pl
e-mail: kompress@kompress.com.pl



CPP KIELCE PREMA SPÓŁKA AKCYJNA

POSIADAMY CERTYFIKAT JAKOŚCI ISO 9001:2000



OFERTA HANDLOWA

- siłowniki pneumatyczne D12÷D320
- elementy mocujące do siłowników pneumatycznych D12÷D200
- zawory rozdzielające sterowane elektromagnetycznie, pneumatycznie i mechaniczne 5/2, 5/3, 3/2 G1/8÷G3/4
- wyspy zaworowe MULTIPOL
- elementy sterujące natężeniem przepływu sprężonego powietrza
- elementu złączne, przewody i akcesoria dla pneumatyki
- wyroby niekatalogowe na zamówienie Klienta
- maszyny do wycinania etykiet PHP oraz wykrojniki
- doradztwo techniczne, dobór zamienników firm konkurencyjnych
- usługi galwanicznego pokrywania metali (min.anodowanie aluminium, chromowanie, cynkowanie i czernienie)

KRAJOWY PRODUCENT ELEMENTÓW PNEUMATYKI SIŁOWEJ I STERUJĄCEJ

CENTRUM PRODUKCYJNE PNEUMATYKI PREMA S.A. w KIELCACH

ul. Wapiennikowa 90 25-101 Kielce
tel. 041 361-95-24, fax. 041 361-91-08
Marketing: 041 362-21-60
prema@prema.pl
www.prema.pl

JEDNOSTKA CERTYFIKUJĄCA

TÜV MANAGEMENT SERVICE
ISO 9001

Muskuły pneumatyczne

Charakterystyki dynamiczne

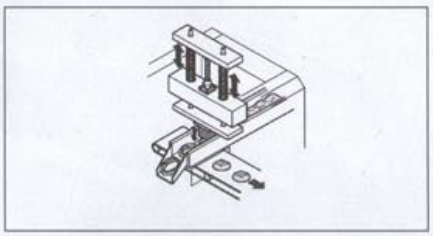
Ryszard Dindorf

Muskuły pneumatyczne generują dużą siłę osiową statyczną i dynamiczną, wykonują płynne ruchy, nie występuje w nich zjawisko stick–slip, są całkowicie szczelne oraz mogą działać jak sprężyna.

Te właściwości muskułu pneumatycznego sprawiają, że ma on duże możliwości zastosowania w różnych dziedzinach – automatyzacji produkcji, robotach, protezach, lądownikach.

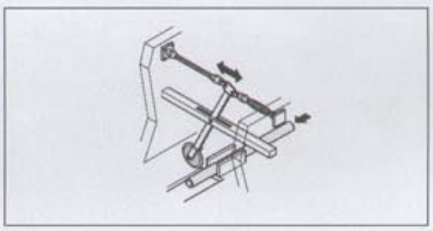
Muskuł pneumatyczny jako element dynamiczny

Dzięki dobrym właściwościom statycznym i dynamicznym muskuły pneumatyczne są wykorzystywane jako elementy napędowe w automatyzacji produkcji. Działanie muskułu pneumatycznego przyrównuje się do zasady działania mięśnia biologicznego, dzięki czemu muskuł pneumatyczny znajduje zastosowanie także w robotach antropomorficznych i humanoidalnych oraz protezach [3]. Niekonwencjonalne projekty Axela Thallemera zastosowania muskułów pneumatycznych (*Fluidic Muscle*) firmy Festo przedstawiono w serii Moderne Klassiker [7]. Projekty te dotyczą m.in. maszyny powietrznej, elementów przestrzennych konstrukcji architektonicznych, napędu pojazdu miejskiego, amortyzatorów skateboardu. Niektóre z tych projektów zostały już zrealizowane, np. lekki pojazd napędzany trzema muskułami pneumatycznymi [8]. Muskuły pneumatyczne stosowane jako siłowniki ciągnące wykonane są z gumowej elastycznej membrany. W takich siłownikach nie trzeba przestrzegać pasowania i gładkości powierzchni zalecanego dla elementów tłokowych lub suwakowych. Membrana muskułu spełnia rolę elastycznej przegrody dzielącej w sposób szczelny dwa różne czynniki robocze o różnym ciśnieniu, a także różnym stanie skupienia i różnej tem-



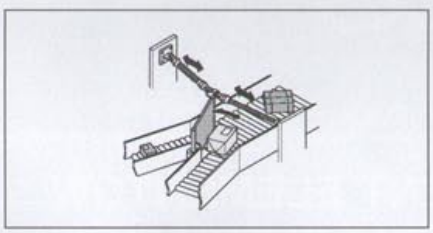
Rys. 1 Zastosowanie muskułu pneumatycznego do wykrawania [6]

peraturze. Ze względu na zmienne warunki pracy membrana muskułu pneumatycznego powinna mieć odpowiednią wytrzymałość na rozciąganie się i zmęczenie oraz odporność



Rys. 2 Zastosowanie muskułów pneumatycznych do przecinania profili z tworzyw sztucznych [6]

na starzenie się i działanie środków chemicznych. Muskuły pneumatyczne są całkowicie szczelne, dlatego mogą być wykorzystywane w miejscach produkcyjnych o dużym zapyleniu (szlifiernia, tartak, cementow-



Rys. 3 Zastosowanie muskułów pneumatycznych do sortowania paczek [6]

nia, kopalnia). Muskuły pneumatyczne mogą być stosowane również tam, gdzie wymagana jest bezwzględna czystość, np. w medycynie, elektronice, mikromontażu. Muskuły pneumatyczne znajdują zastosowanie w urządzeniach automatyzacji produkcji, w których wymagana jest duża dynamika ruchu przy małym skoku. Dzięki dużej sile początkowej, prędkości i przyspieszeniu, krótkiemu czasu odpowiedzi na sygnał sterujący muskuły pneumatyczne nadają się jako elementy wykonawcze w procesach technologicznych, wymagających odpowiedniej dynamiki działania. Na rys. 1 – 3 przedstawiono przykłady zastosowania muskułów pneumatycznych jako dynamicznych elementów wykonawczych w różnych procesach automa-tyzacji – wykrawaniu, przecinaniu i sortowaniu. Muskuły pneumatyczne mogą pracować w tych procesach z częstotliwości od 3 – 5 Hz do kilku milionów cykli [6].

Model dynamiczny muskułu pneumatycznego

Wykorzystanie muskułów pneumatycznych w automatyzacji produkcji, robotach i protezach wymaga ich analizy statycznej i dynamicznej. Analizę dynamiczną muskułu pneumatycznego przedstawiono na podstawie o jego modelu dynamicznego przedstawionego na rys. 4. Z przyjętego modelu wynika, że muskuł pneumatyczny pod obciążeniem zewnętrznym działa jak „sprężyna pneumatyczna". Dla takiego modelu dynamicznego istotna jest sztywność K muskułu pneumatycznego, która wynika z jego modelu statycznego [4]. W modelu dynamicznym uwzględniono przepływ masowy przez przyłącze muskułu, równanie ciśnienia równanie sił działających na muskuł oraz element napędzany o masie M [5].

Przepływ masowy $\dot{m}$ przez przyłącze muskułu:

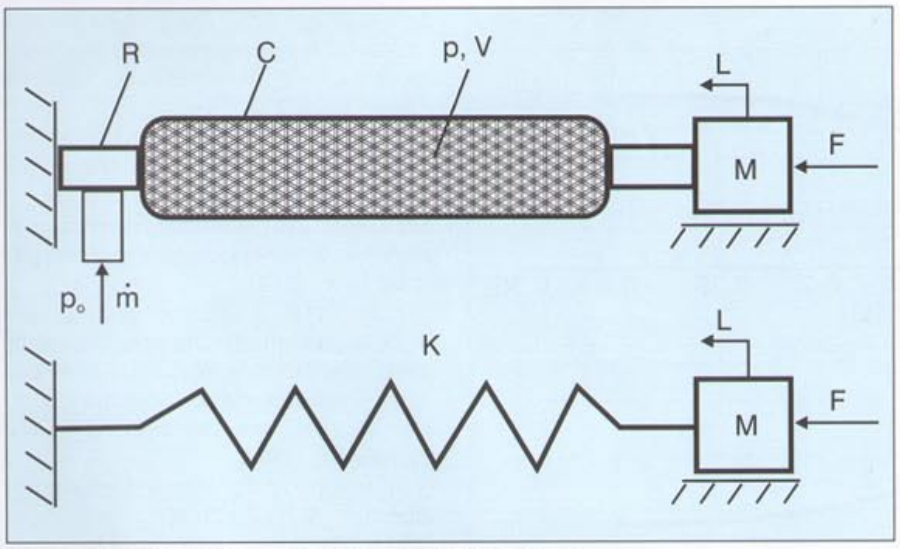
$$\dot{m} = \frac{1}{R_p}(p_o - p) \qquad (1)$$

gdzie:

p_o – ciśnienie zasilania,

p – ciśnienie panujące w muskule pneumatycznym,

R_p – opór przepływu przez przyłącze muskułu.



Rys. 4 Model dynamiczny muskułu pneumatycznego

Z I zasady termodynamiki, w postaci uproszczonej, można zapisać równanie ciśnienia w muskule pneumatycznym:

$$\dot{p}=\frac{\kappa}{V}\left[R\,T\,\dot{m}-p\,\dot{V}\right]=\frac{\kappa}{V}\left[R\,T\,\dot{m}-\frac{dV}{dL}\,p\,\dot{L}\right] \tag{2}$$

gdzie:
R – stała gazowa,
k – wykładnik adiabaty,
T – temperatura gazu w muskule,
V – objętość muskułu [4],

$$V=\frac{L\left(b^2-L\right)}{4\pi\,n^2} \tag{3}$$

L – długość muskułu,
b – długość splotu muskułu,
n – liczba zwojów splotu muskułu.

Po uwzględnieniu we wzorze (2) przepływu masowego (1) i pochodnej dV/dL z zależności opisującej zmianę objętości muskułu (3) otrzymano równanie różniczkowe ciśnienia w postaci:

$$\dot{p}=\frac{1}{RpC}\left(p_o-p\right)-\kappa\,\frac{\left(b^2-3L^2\right)}{L\left(b^2-L^2\right)}\,p\,\dot{L} \tag{4}$$

gdzie:
C – pojemność gazu dla przemiany adiabatycznej:

$$C=\frac{V(L)}{\kappa RT} \tag{5}$$

Równanie (4) można przedstawić w postaci uproszczonej jako filtr dolnoprzepustowy z pulsacją $\omega = 1/R_pC$ [2]:

$$\dot{p}=\omega\left(p_o-p\right) \tag{6}$$

Równanie sił działających na muskuł pneumatyczny według modelu dynamicznego z rys. 4 ma postać:

$$M\,\ddot{L}=F-K\,L-F_t \tag{7}$$

gdzie:
F – siła wzdłużna ciągnąca,
K – sztywność muskułu [4],

$$K=\frac{6\,L}{\left(3\,L^2-b^2\right)}\,F \tag{8}$$

F_f – siła tarcia,

$$F_t=F_c+F_v \tag{9}$$

F_c – siła tarcia Coulomba wewnątrz muskułu,
F_v – siła tarcia lepkiego w elemencie napędzanym,

$$F_v=B\,\dot{L} \tag{10}$$

B – współczynnik tarcia lepkiego,
M – masa elementu napędzanego.

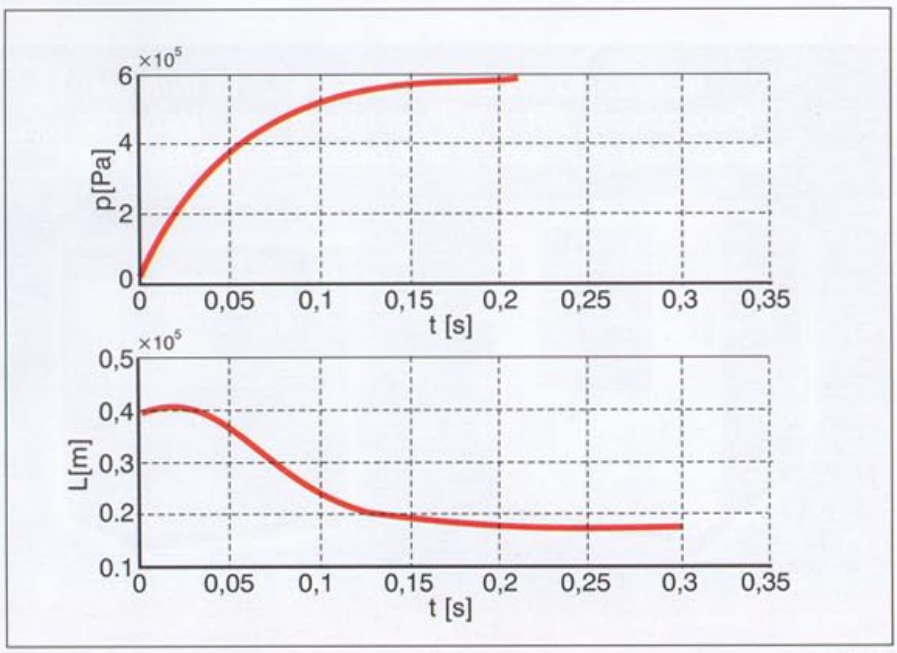
Po uwzględnieniu (8), (9) i (10) w równaniu (7) ostatecznie otrzymano:

$$M\,\ddot{L}+B\dot{L}+F_c\,\mathrm{sgn}(\dot{L})+\frac{3}{2\pi\,n^2}\,p\,L^2=F \tag{11}$$

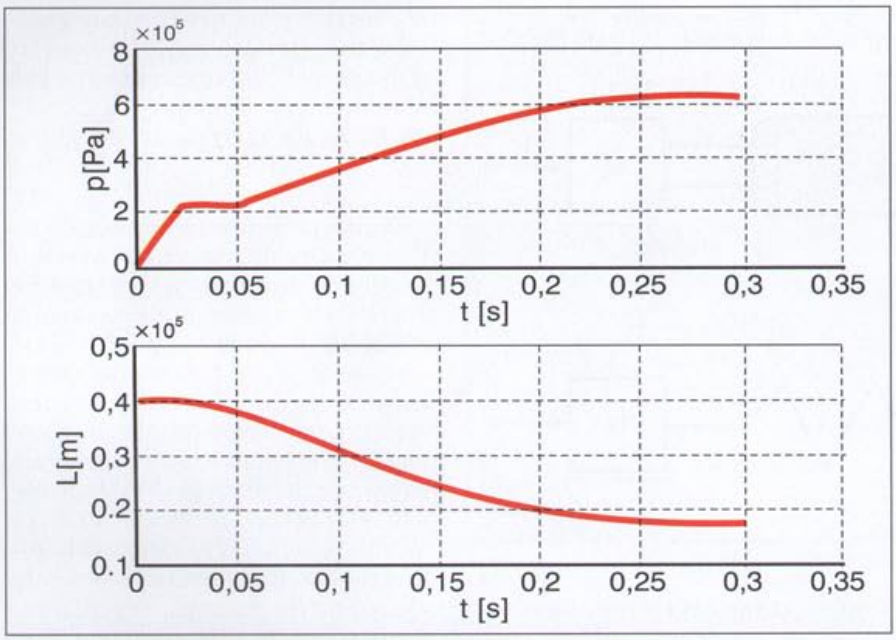
W przeprowadzonej symulacji cyfrowej na modelu dynamicznym muskułu pneumatycznego przyjęto następujące wartości parametrów: M=20 kg, F=1000 N i F_c=2.5 N [1]. Charakterystyki dynamiczne ciśnienia $p(t)$ i długości $L(t)$ muskułu pneumatycznego dla modeli I według równań (6) i (11) przedstawiono na rys. 5, natomiast dla modelu II według równań (4) i (11) przedstawiono na rys. 6. W modelach dynamicznych nie uwzględniono całego układu regulacji, w którym znaczącą rolę odgrywa zawór sterujący. Do sterowania ciśnienia w muskułach pneumatycznych stosuje się szybkoprzełączające zawory dwustanowe lub zawory proporcjonalne. Przez sterowanie ciśnienia można sterować trajektorią ruchu poszczególnych członów kinematycznymi z muskułami pneumatycznymi jako elementami napędowymi.

Podsumowanie

Muskuły pneumatyczne znajdują zastosowanie jako dynamiczne elementy napędowe w różnych urządzeniach automatyzacji. Wyprowadzony nieliniowy model dynamiczny muskułu pneumatycznego przyrównuje się do



Rys. 5 Charakterystyki dynamiczne muskułu pneumatycznego modelu I: ciśnienia p(t) i zmiany długości L(t)



Rys. 6 Charakterystyki dynamiczne muskułu pneumatycznego modelu II: ciśnienia p(t) *i zmiany długości* L(t)

modelu sprężyny obciążonej masą z dodatkowym tłumieniem. Przedstawiony model jest przydatny do określenia charakterystyk dynamicznych siły ciągnącej muskułu. Badania dynamiczne wskazują na tarcie wewnętrzne w muskule, które może mieć wpływ na jego dynamikę. Po zbudowaniu stanowiska badawczego z muskułami pneumatycznymi uwzględnione zostaną właściwości dynamiczne układu sterującego ciśnieniem. Właściwości dynamiczne muskułów pneumatycznych zależą od obciążenia zewnętrznego i zjawisk termodynamicznych w nich zachodzących. Dotychczas nie prowadzono żadnych badań zmierzających do określenia wpływu temperatury sprężanego powietrza na właściwości dynamiczne i trwałość materiałową muskułu pneumatycznego.

Literatura

[1] Chou C–P. Hannaford B.: Measurement and Modeling of McKibben Pneumatic Artifical Muscles. University of Washington, Washington 2002 (USA).

[2] Colbrunn R.W.: Design and control of a robotic leg with braided pneumatic actuators. Case Western Reserve University 2000 (USA).

[3] Dindorf R., Łaski P.: Muskuły pneumatyczne. Budowa, parametry, zastosowanie. Pneumatyka, nr 2, 2003.

[4] Dindorf R.: Muskuły pneumatyczne. Charakterystyki statyczne. Pneumatyka, nr 4, 2003.

[5] Dindorf R.: Static and dynamic models of pneumatic muscle actuator. Proc. The 18th International Conference on Hydraulics and Pneumatics, Prague, (Czech Republic) September 30 – October 1, 2003.

[6] Katalog FESTO. Muscle for automation. Info 501, 2003/04.

[7] Dale–Hampstead A.: Der Pneumatische Muskel von Axel Thallemer. Verlag form GmbH, Frankfurt am Main 2001.

[8] Schwarz S.: Entwicklung eines Zukunftantriebs auf der Basis Fluidic Muscle zum Einsatz in Leichtfahrzeugen. Diplomarbeit FHTE, Esslingen 2000.

dr hab. inż. Ryszard Dindorf,
prof. Politechniki Świętokrzyskiej
Zakład Mechatroniki,
Politechnika Świętokrzyska
dindorf@eden.tu.kielce.pl

Wielkopolski partner

Firma „Fachowiec" powstała w 1991 roku w Poznaniu jako specjalistyczna hurtownia spawalniczo-pneumatyczna i w tych dwóch dziedzinach specjalizuje się do dzisiaj. Obecnie jest to największe przedsiębiorstwo o takim profilu na terenie Wielkopolski.

Nasza firma zajęła w rejonie pozycję lidera w wyposażaniu w urządzenia spawalniczo-pneumatyczne małych i średnich zakładów rzemieślniczych różnych branż.

Jednocześnie prowadzimy import i eksport wielu artykułów pneumatycznych w ilościach, które plasują nas w czołówce importerów liczących się na rynku krajowym i w międzynarodowej współpracy.

W programie zaopatrzenia polskiego rynku wprowadzamy sprawdzone produkty najwyższej jakości, eliminując towary o słabych normatywach i parametrach, dbając, aby marka „Fachowiec" znaczyła – godny zaufania. Nasze motto „doskonała jakość – najniższa cena" to niepodważalne atuty przedsiębiorstwa

W promowanych przez nas urządzeniach znajdą państwo profesjonalną linię sprężarek tłokowych i śrubowych „Shamal" włoskiej fabryki Chinook, Spa – fabryki z własnym zapleczem konstrukcyjnym, od 40 lat sprzedającej z powodzeniem produkty do ponad 102 krajów całego świata.

Nasza oferta obejmuje jednostki od 0,5 kW do 300 kW z pełnym wyposażeniem w najnowocześniejszy osprzęt wyznaczany przez kanony obecnych wymagań europejskich. Na sprężarki posiadamy dopuszczenia Polskiego Urzędu Dozoru Technicznego, certyfikaty jakościowe i bezpieczeństwa wymagane w Unii Europejskiej.

Sprawnie realizujemy zamówienia krajowe i zagraniczne w najszerzej rozumianej gamie artykułów pneumatycznych, począwszy od złączek, przewodów, narzędzi, pistoletów natryskowych, na filtrach do dużych sprężarkowni skończywszy. W bogatym asortymencie spawalniczym możemy pochwalić się własną linią produkcyjną spawarek „Hot Spark".

Firma „Fachowiec" zaznacza swoją obecność na świecie biorąc udział w międzynarodowych targach w Kolonii, Frankfurcie, Kijowie i Polsce. Pragniemy, by nasi klienci praktycznie z dnia na dzień mogli wybierać w najnowszych na świecie rozwiązaniach technologicznych i produktach, gdyż taka powinna być rola dobrego partnera: znając potrzeby klienta – wyszukać dla niego optymalne rozwiązanie.

Dbamy o zabezpieczenie ciągłości dostaw, sprawnej dystrybucji, 24 h serwisu dla sprężarek śrubowych i napraw pogwarancyjnych. Równolegle prowadzone działy spawalniczo-pneumatyczne wymagają zatrudnienia najlepszych specjalistów-inżynierów i techników. W naszej

Fot. 1 Sprężarki śrubowe Shamal seria GK

firmie do Państwa dyspozycji stale pozostaje 14 osobowa załoga. Najlepszą rekomendacją naszej firmy i jej produktów jest ciągła współpraca z gronem najlepszych i największych odbiorców krajowych oraz przodujących hurtowni wschodnich rynków.

Firma „Fachowiec" to solidny wielkopolski partner dla każdego.

Artykuł promocyjny
Fachowiec

Tłokowe, śrubowe, łopatkowe

sprężarki dla górnictwa

Kiedy w 1991 roku w Hucie Stalowa Wola została wstrzymana produkcja sprężarek typu WEK, oznaczało to początek nowych technologii sprężania powietrza w górnictwie. Decyzja Wyższego Urzędu Górniczego o nieprzedłużaniu dopuszczenia do podziemnej eksploatacji sprężarek tłokowych typu WEK został podjęta z uwagi na ich bardzo niską efektywność energetyczną i hałaśliwość.

Kierowana wtedy przez Jerzego Szwedę firma PRUG, która w szczytowym okresie wynajmowała kopalniom około 1300 sprężarek, stanęła przed zadaniem wymiany ich na sprężarki śrubowe. Po dogłębnej analizie rynku dostawców i producentów tych maszyn, wybór padł na fińską firmę Tamrotor, gdyż jedynie on oferował współpracę kooperacyjną przy projektowaniu i produkcji. Inne firmy były zainteresowane wyłącznie sprzedażą gotowych produktów.

Sprężarki śrubowe dla górnictwa

12 grudnia 1992 roku podpisano umowę o współpracy Tamrotor – PRUG. Prace nad nową konstrukcją rozpoczął zespół mieszany, w którym uczestniczyli m.in: prof. Paweł Krzystolik z Kopalni Doświadczalnej „Barbara", Ryszard Kardasz (dyrektor OBR MZiT przy Hucie w Stalowej Woli), Władysław Mironowicz z CE i AG EMAG, Henryk Bojanowski (dyrektor handlowy PRUG), a także Antti Rämä oraz Tapani Keskinen – przedstawiciele Tamrotor OY. Po zaledwie półrocznej pracy opracowano kompletną dokumentację i wykonano prototyp sprężarki S75UG, którą następnie przebadano ruchowo w Polsce i Finlandii. Dopuszczenie Wyższego Urzędu Górniczego uzyskano 7 października 1994 roku, a pierwszy egzemplarz został uruchomiony w Kopalni Węgla Kamiennego Wesoła. Równocześnie dzięki polskim doświadczeniom Tamrotor podjął prace w zakresie opracowania i produkcji kompaktowych zespołów sprężających Tempest, będących podstawą wytwarzania zminiaturyzowanych sprężarek przodkowych S22UG.

Fot. 1 12 XII 1992 – początek historii sprężarek śrubowych w polskim górnictwie. Prezydent TAMROTOR Kimmo Laine i Dyrektor PRUG - Jerzy Szweda po wielomiesięcznych negocjacjach wymieniają kontrakt o wieloletniej współpracy

W ówczesnych realiach sprężarki śrubowe stanowiły lepsze rozwiązanie w zakresie racjonalizacji gospodarki sprężonym powietrzem.

Recesja w górnictwie zahamowała proces racjonalizacji gospodarki sprężonym powietrzem w górnictwie polskim.

Bezpieczeństwo sprężarek śrubowych

W kwietniu 2000 r. z chwilą powołania Przedsiębiorstwa Innowacyjno-wdrożeniowego BRS Sp. z o.o. ponownie zintensyfikowano prace w zakresie unowocześnienia techniki sprężania powietrza. Motywacją do wzmożenia prac stały się, niestety, przypadki pożarów z udziałem eksploatowanych w kopalniach sprężarek. Po wnikliwym przeanalizowaniu ich przez specjalistów z KD Barbara, stały się bodźcem do wprowadzenia koniecznych zmian konstrukcyjnych i technicznych, mających na celu podniesienie poziomu bezpieczeństwa eksploatacyjnego sprężarek śrubowych. Do znaczących zmian należały: rezygnacja ze szklanych termometrów na rzecz czujników temperatury, eliminacja papierowych wkładów w filtrach wlotowych na rzecz trudnopalnych oraz zmiany konstrukcyjne zaworów wlotowych i wprowadzenie tzw. łapaczy iskier.

Kolejną, istotną zmianą było wprowadzenie podwójnego zabezpieczenia termicznego oraz zastosowanie elektrycznej blokady przed włączeniem nieprawidłowego kierunku obrotów głównego silnika napędowego. Wszystkie te udoskonalenia niezwłocznie zastosowano w sprężarkach nowej generacji, typoszeregu OAS, które uzyskały wymagane certyfikaty bezpieczeństwa B oraz dopuszczenie WUG do pracy w podziemiach kategorii „a", „b" i „c" zagrożenia wybuchem metanu oraz klasy „A" i „B" zagrożenia wybuchem pyłu węglowego.

Doświadczenia nabyte od początku stosowania sprężarek śrubowych w Polsce upoważniają nas do określenia technicznych i organizacyjnych kryteriów, jakim powinny odpowiadać nowoczesne i bezpieczne sprężarki śrubowe. Są to:

- obniżona dopuszczalna prędkość obrotowa stopnia sprężającego;
- podwójne zabezpieczenia termiczne, (jedno z nich koniecznie na wylocie do chłodnicy);
- zabezpieczenie przed włączeniem nieprawidłowego kierunku obrotów silnika głównego;
- przestrzeganie przez personel serwisowy prawidłowych okresów przeglądów serwisowych sprężarki (co 1000 do maksymalnie 1500 roboczogodzin);
- właściwy (pod względem kultury technicznej) poziom obsługi serwisowej;
- zakaz wykonywania remontów śrubowych stopni sprężających w sprężarkach dla zastosowań dołowych w kopalniach gazowych;

- bezwzględne ograniczenie czasu eksploatacji śrubowych stopni sprężających do 15 000 godzin dla sprężarek przodkowych i pracujących w trudnych warunkach geologicznych i eksploatacyjnych;
- ograniczenie czasu eksploatacji śrubowych stopni sprężających do 25 000 godzin dla sprężarek pracujących w komorach i na podszybiu.

Nowe rozwiązania

Ostatni przypadek pożaru sprężarki w kopalni spowodowany był chałupniczym remontem zespołu śrubowego wbrew kategorycznym zaleceniom producenta. Anachroniczna konstrukcja zabezpieczeń nie zapobiegła kontynuowaniu pracy silnika głównego, pomimo daleko zaawansowanego pożaru całej sprężarki. Z tego względu jeden z „ojców chrzestnych" polskich sprężarek górniczych, prof. Paweł Krzystolik, zainspirował specjalistów z BRS do podjęcia prac badawczych i konstrukcyjnych nad wprowadzeniem rozwiązań sprężarek bardziej ekonomicznych i bezpieczniejszych. Fakty te zbiegły się w czasie z szybko rozwijającą się, ogólnoświatową tendencją do stosowania nowej generacji sprężarek łopatkowych. Efektem prac było powstanie projektu, dopuszczenie i zastosowanie na polskim rynku górniczym sprężarki łopatkowej AS75/V.

We wrześniu 2002 r. polskie sprężarki łopatkowe po raz pierwszy zostały wprowadzone pod ziemię w kopalni soli „Kłodawa". Konsekwentnie kontynuowane są prace nad rozwojem typoszeregu sprężarek łopatkowych w wykonaniu ognioszczelnym. Przedstawicielem tej serii jest ognioszczelna sprężarka łopatkowa OAS 75/V, która uzyskała pozytywne opinie i certyfikat bezpieczeństwa JC GIG oraz dopuszczenie WUG do pomieszczeń kategorii zagrożenia wybuchem metanu „a", „b" i „c" i kategorii zagrożenia wybuchem pyłu węglowego „A" i „B".

Dyrekcja KS „Kłodawa" zdecydowała się na wprowadzenie sprężarek produkcji PIW BRS Sp. z o.o. dla zracjonalizowania gospodarki sprężonym powietrzem. Zlikwidowano centralną sprężarkownię o łącznej mocy 6 MW, a w jej miejsce wprowadzono 2 grupy sprężarek – śrubowych OAS w podziemnym polu metanowym oraz sprężarek łopatkowych w polu niemetanowym o łącznej mocy 649 kW.

Decyzję tę podjęto z zastrzeżeniem, że w przypadku niepowodzenia sprężarek łopatkowych zostaną one bezpłatnie wymienione na sprężarki śrubowe. Zainstalowane i eksploatowane w KS „Kłodawa" sprężarki łopatkowe cieszą się tak znakomitą opinią, że podjęto decyzję o zakupie następnych.

W ślad za przykładem KS Kłodawa poszły: Zakład Górniczo-Energetyczny Sobieski w Jaworznie, gdzie zainstalowano 6 łopatkowych agregatów sprężarkowych, oraz KWK Piast i KWK Ziemowit w Tychach. W przypadkach ogłaszanych przetargów dla kopalni Kompanii Węglowej i Katowickiego Holdingu Węglowego oraz Jastrzębskiej Spółki Weglowej na dostawę sprężarek staramy się (pomimo posiadanych certyfikatów i dopuszczeń sprężarek śrubowych) oferować opcjonalnie agregaty łopatkowe, ponieważ jesteśmy przekonani o ich zasadniczej przewadze na polu konstrukcyjnym i ekonomicznym oraz w zakresie bezpieczeństwa eksploatacji.

Dzięki nawiązanej współpracy z najlepszymi producentami sprężarek łopatkowych, BRS jest przygotowany do wprowadzenia technicznej racjonalizacji systemów sprężonego powietrza, polegającej na:

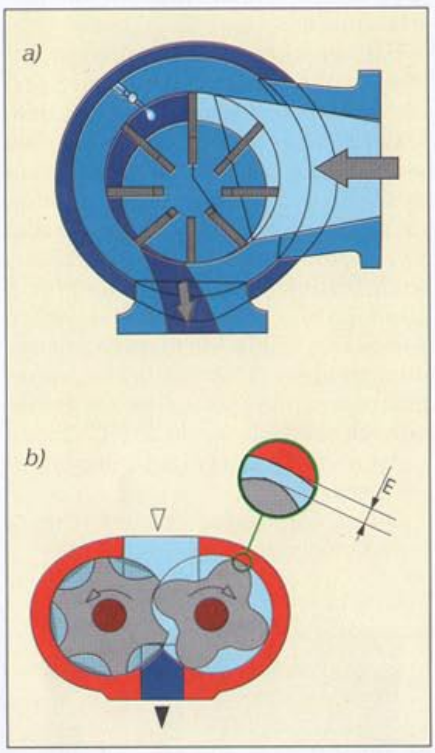
- likwidacji (w miarę możności) centralnych sprężarkowni lub w przypadku kopalni gazowych ograniczenia ich roli do zapewnienia procesu przewietrzania, poprzez zastąpienie ich systemami współpracujących kaskadowo sprężarek łopatkowych, elastycznie dopasowujących się do chwilowego zapotrzebowania na sprężone powietrze;
- zastępowaniu starej generacji sprężarek podziemnych jednostkami nowej generacji – łopatkowymi lub nowocześnie zabezpieczonymi i technicznie ulepszonymi sprężarkami śrubowymi (np. sprężarkami OAS 22 i OAS 90).

Sprężarki łopatkowe w przemyśle

Na świecie jest zaledwie kilku producentów sprężarek łopatkowych. Jednak na podstawie danych VDMA (Zrzeszenie Niemieckich Producentów Sprężarek i Elementów Branży Pneumatycznej, patrz: www.kuv.vdma.org) można wnioskować o ciągłym upowszechnianiu metody łopatkowej w przemyśle. W numerze 4(23)2000 PNEUMATYKI, w artykule „Pneumatyka na przekór światowemu spadkowi koniunktury", poinformowano, że w pierwszych trzech kwartałach 1999 roku nastąpił 5,8% wzrost eksportu sprężarek wyprodukowanych w Niemczech. Dotyczył on głównie wielostopniowych turbosprężarek, specjalistycznych maszyn tłokowych i sprężarek łopatkowych. Analogiczne zjawisko można zaobserwować także w Polsce. Praktycznie od początku 1995 roku, gdy sprężarki łopatkowe zostały wprowadzone szerzej na polski rynek, do połowy 2003 roku zainstalowano ponad 1000 tych urządzeń różnej wielkości (dane na podstawie Biuletynu Urzędu Celnego).

Zalety konstrukcji łopatkowej

Systemy zasysania powietrza, filtrowania, cyrkulacji oleju, jego separacji i chłodzenia w sprężarkach śrubowych i łopatkowych są takie same, układy sterowania podobne, stąd sprawność energetyczna zależy od sprawności ich stopni sprężających. W zespole łopatkowym gaz jest sprężany poprzecznie do kierunku



Rys. 1 Jedna z ważnych zalet sprężarki łopatkowej: a) w miarę zużycia eksploatacyjnego łopatki wciąż szczelnie przylegają do ścianki komory sprężania; b)w sprężarce śrubowej szczelina „E" stopniowo się powiększa

wirowania stopnia sprężającego. Droga sprężania gazu jest krótka. Uszczelnienie zapobiega powstaniu szkodliwego strumienia wstecznego. Konstrukcja wirników, ich precyzja wykonania, stopień dopasowania pokryw bocznych i uszczelnień determinują sprawność energetyczną procesu sprężania. Według producentów sprężarek łopatkowych ich sprawność energetyczna jest średnio od 7 do kilkunastu procent wyższa od porównywalnych zespołów śrubowych. To niewiele, jeśli rozpatrywać agregaty małych mocy, ale przy dużych mocach agregatów różnica ta jest istotna. W odróżnieniu od innych konstrukcji, w sprężarce łopatkowej stopniowe zużywanie się części roboczych nie prowadzi bezpośrednio do spadku sprawności procesu sprężania. Stąd też wynika możliwość i pewność utrzymania katalogowych parametrów wydatku, ciśnienia i mocy przez sprężarki łopatkowej wielokrotnie dłużej niż przy innych rozwiązaniach.

Bardzo ważnym parametrem decydującym o bezpieczeństwie jest temperatura w komorze sprężania. Dzięki stosunkowo niskim obrotom w sprężarkach łopatkowych z intensywnym wtryskiem oleju temperatura wewnątrz stopnia nie przekracza 120°C (dla porównania: w sprężarkach śrubowych wynosi ona ponad 200°C, a w sprężarkach tłokowych – jeszcze więcej). Ma to duże znaczenie, gdyż przy ciśnieniu 6,9 bara temperatura samozapłonu olejów mineralnych spada do około 232°C. Także zużycie oleju w wyższej temperaturze jest szybsze.

Do najważniejszych zalet stopnia łopatkowego należą:

- aktywne uszczelnienie łopatkami komór sprężania;
- brak strumienia wstecznego sprężanego medium;
- wysoka sprawność energetyczna;
- stała sprawność w czasie eksploatacji, automatyczna kompensacja zużycia części;
- brak konieczności napraw wyprzedzających;
- dwa minimalnie obciążone łożyskowania;
- napęd bezpośredni;
- brak obciążeń wzdłużnych wirnika;
- samosmarujący kontakt aluminium-żeliwo. Możliwość chwilowej pracy „na sucho";
- temperatura wewnętrzna 120°C.

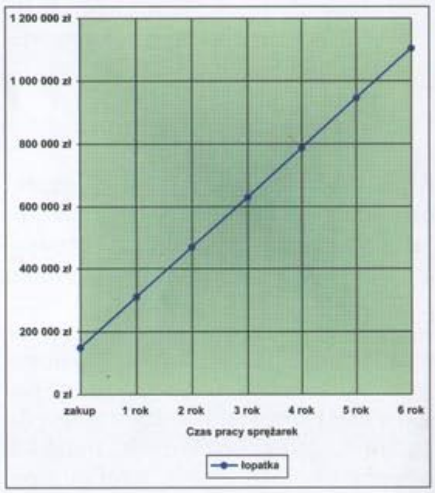
Ekonomia

Sprężarki łopatkowe nie należą do tanich. Błędem jest jednak, gdy o wyborze sprężarki decyduje wyłącznie jej cena. Jak mówił klasyk ekonomii – John Ruskin: „W biznesie starą i sprawdzoną prawdą jest, że niska cena i wysoka jakość to pojęcia wzajemnie wykluczające się".

Pomijając problem jakości tanich produktów, zastanówmy się nad aspektem energetycznym eksploatacji. Sprężarka jest maszyną bardzo marnotrawiącą energię. Tylko około 20% z zainstalowanej mocy odzyskujemy w postaci sprężonego powietrza. Najważniejszym parametrem, który powinien rozpatrzyć inwestor, jest sprawność energetyczna. Ale ta prawdziwa, pomierzona i obliczona w warunkach pracy. Można ją odnieść z pewnym przybliżeniem do wydatku podanego przez producenta. Ten niewielki trud zawsze się opłaci.

Fot. 2 Sprężarki łopatkowe o mocy 75 kW: a) AS 75/V dopuszczona do pomieszczeń zagrożonych wybuchem metanu kategorii „a", „b" i „c"; b) AS 75/V dopuszczona do pomieszczeń zagrożonych wybuchem metanu kategorii „a", „b" i „c" i zagrożonych wybuchem pyłu węglowego kategorii „A" i „B"

Od dawna pojawiają się wypowiedzi, że przy pracy sprężarki na trzy zmiany roczny koszt energii przewyższa jej cenę zakupu. Na łamach „Pneumatyki" wielokrotnie przedstawiane były porównania ekonomi-



Rys. 3 Koszty eksploatacji 90 kW sprężarki łopatkowej w ciągu 6 lat

czne różnych systemów sprężania. Tutaj na wykresie (rys. 3) przedstawiono koszty generowane przez sprężarkę łopatkową przy następujących założeniach: roczny czas pracy wynosi około 8000 godzin, wymiana oleju mineralnego 15 zł/litr odbywa się co 3000 godzin. Cenę energii elektrycznej przyjęto na poziomie 0,22 zł/kWh. Moc nominalna – 90 kW, ciśnienie – 10 barów. Koszty remontu stopni sprężających to 5% ceny zakupu po 100 000 godzin pracy dla sprężarki łopatkowej.

Podsumowanie

Technologia wykorzystująca łopatkowe stopnie sprężające okazuje się bardzo opłacalna przy intensywnym przemysłowym wykorzystaniu. Również niezawodność i trwałość, bezpieczeństwo eksploatacji (szczególnie ważne w górnictwie) zdecydowanie wskazują na trafność wyboru sprężarek łopatkowych.

Artykuł promocyjny
BRS
Jerzy Szweda
Marian Krzymiński
In-Tech
Andrzej M. Araszkiewicz

BRS
ul. Oświęcimska 48
41-400 Mysłowice
tel. (032) 223 84 95

GUDEPOL

producent nowoczesnych sprężarek śrubowych o niewielkich mocach

Firma GUDEPOL działa w branży pneumatycznej od 1990 roku. Kluczowym zagadnieniem, którym się zajmujemy, są sprężarki śrubowe i tłokowe, systemy uzdatniania sprężonego powietrza,narzędzia pneumatyczne, armatura oraz instalacje sprężonego powietrza.

Wprowadziliśmy system zarządzania jakością oparty na normie ISO 9001-2000, aby zagwarantować stałą wysoką jakość obsługi klientów. Odpowiadając na zapotrzebowanie naszych klientów, po blisko 18 miesiącach badań rynkowych i prac konstrukcyjnych stworzyliśmy nową, opartą o własne rozwiązania konstrukcyjne serię sprężarek śrubowych, o wydajnościach 0,8-1,7m^3 przy maksymalnym nadciśnieniu 12 bar i mocach silnika elektrycznego 7,5, 11 i 15 kW. Dołączyliśmy w grono nielicznych w Polsce producentów tych wysoko technicznie przetworzonych urządzeń.

Tym, co odróżnia nasz produkt od innych, jest zastosowanie nowoczesnego mikroprocesorowego układu sterowania sprężarki, rzadko stosowanego do tej pory w sprężarkach o tak małych wydajnościach. Zaletami tego rozwiązania jest prosta i czytelna obsługa sprężarki – użytkownik na bieżąco jest informowany o parametrach pracy, jego czasie i liczbie godzin pozostałych do przeglądu serwisowego. Wszelkie nieprawidłowości są wykrywane przez układ zabezpieczający, który informuje użytkownika o rodzaju usterki i wyłączając automatycznie sprężarkę, zabezpiecza ją w ten sposób przed poważniejszym uszkodzeniem. Urządzenie można uruchomić dopiero po zlikwidowaniu usterki i skasowaniu alarmu.

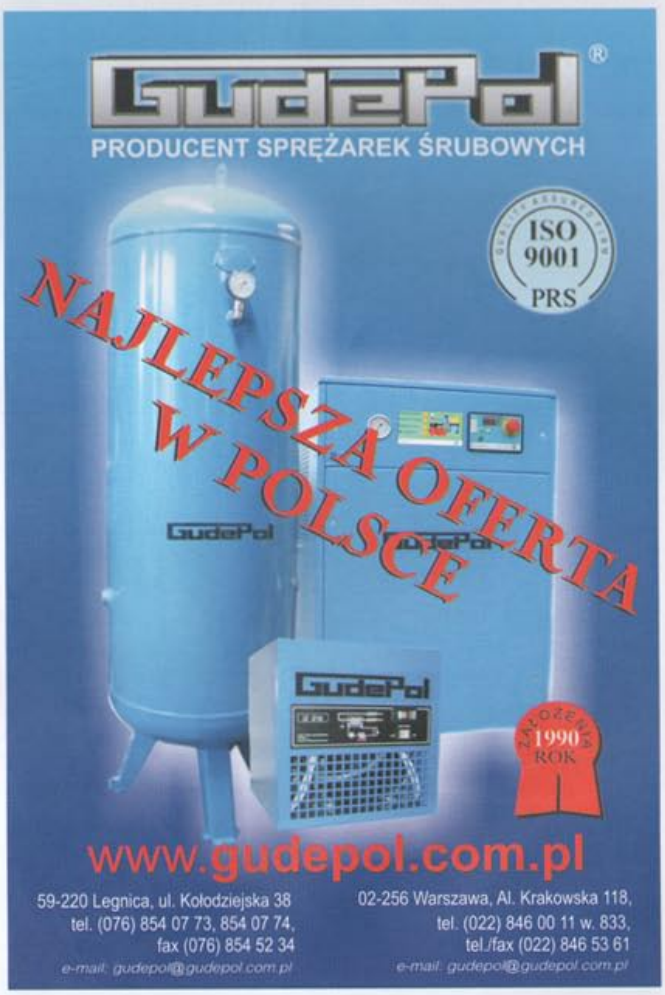
Nasz kompresor zabezpieczony jest przed awariami spowodowanymi przez:

- spadek napięcia w sieci elektrycznej poniżej bezpiecznej zadanej wartości;
- zanik fazy zasilającej;
- niewłaściwy kierunek obrotów silnika;
- przeciążenie silnika i wentylatora chłodnicy;
- pracę przy zbyt wysokiej temperaturze oleju;
- włączenie sprężarki przy zbyt niskiej temperaturze otoczenia;
- rozruch sprężarki, podczas gdy moduł śrubowy nie został jeszcze w pełni odciążony.

Ponadto nasza sprężarka charakteryzuje się cichą, stabilną pracą. Poziom ciśnienia szumów dla sprężarki o silniku 7,5 kW i nadciśnieniu 9 bar nie przekracza 68 dbA w odległości 1 metra. Tak dobry wynik uzyskaliśmy dzięki odpowiedniej konstrukcji ramy nośnej oraz użyciu nowoczesnych materiałów wygłuszających. Jest to szczególnie ważne, gdy urządzenie znajduje się w bezpośrednim sąsiedztwie stanowiska pracy ludzi.

Naszą dewizą jest indywidualne podejście do każdego z klientów. Nasza doświadczona kadra techniczna stara się rozwiązać każdy problem klienta związany z pneumatyką. Mamy nadzieję, że te nowoczesne rozwiązania czynią pracę naszych klientów bezpieczną, wygodną i wydajną. W związku z tym, aby dotrzeć do jak największej grupy odbiorców indywidualnych, chętnie nawiążemy współpracę z profesjonalnymi handlowcami z całej Polski.

Artykuł promocyjny
GUDEPOL
inż. Daniel Trzeciakiewicz



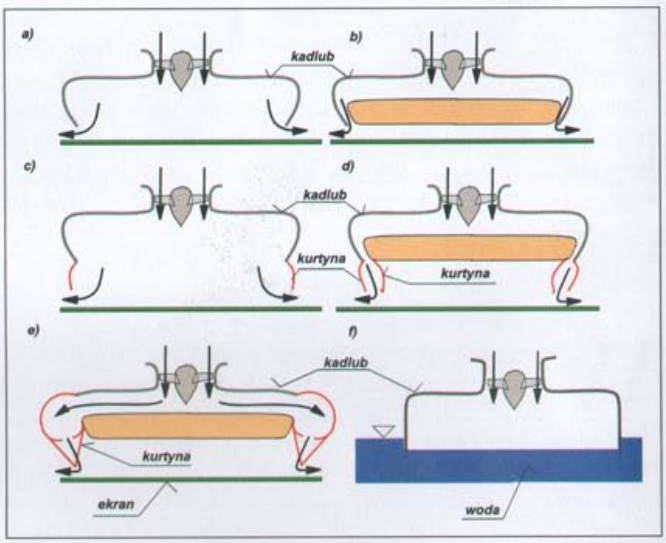
Unoszenie się pojazdów na poduszce powietrznej

Piotr Strzelczyk

Maszyny unoszące się na poduszce powietrznej mają już prawie pięćdziesięcioletnią historię. Jeżeli jednak uwzględnić „prehistorię" tego wynalazku, to okaże się, że koncepcja poduszkowca pojawiła już na początku XVIII wieku, kiedy znany szwedzki filozof i wynalazca E. Swedenborg wybudował platformę latającą, wykorzystującą do napędu siłę ludzkich mięśni. Oczywiście, maszyna ta nigdy nie oderwała się od ziemi [7].

W roku 1875 W. M. Froude przedstawił pomysł zmniejszenia oporu hydrodynamicznego statku, a ściślej, składowej lepkiej oporu poprzez wprowadzenie cienkiej warstewki powietrza pomiędzy kadłub statku a omywającą go wodą [5]. Podobną koncepcję zaproponował i wypróbował na modelu w 1877 r. inny angielski inżynier okrętowy, J. Thornycroft. W tym przypadku powietrze było wtłaczane pod redan (uskok dna łodzi). Ułatwiało to wejście jednostki w ślizg, tym samym redukując opory ruchu. W roku 1882 G. de Laval opatentował i przeprowadził badania modelowe tzw. „smarowania powietrznego" [5]. Jednakże bez pozytywnych wyników. W 1916 r. D. Müller zbudował na potrzeby marynarki austro-węgierskiej kuter torpedowy, w której wykorzystano wentylatory do wtłaczania powietrza pod kadłub[1] [7]. W ostatnich latach (1997) prowadzone są badania nad jednostkami pływającymi, wykorzystującymi tę ideę [6]. W 1925 roku V. F. Casey opatentował koncepcję poduszki powietrznej z recyrkulacją [1]. Pomysł ten nie przyjął się jednak ze względu na dość skomplikowaną konstrukcję układu unoszenia. Z kolei pomysł pociągu unoszącego się na filmie powietrznym nad specjalnie uformowanym torowiskiem zaprezentował w 1927 roku K. E. Ciołkowski [5]. Prototyp dużego aparatu na poduszce powietrznej L-1 zbudował w roku 1934 w ZSRR W. I. Lewkow [5]. Była to jednostka przeznaczona do poruszania się nad powierzchnią wody i nie posiadała elastycznej kurtyny. Za pierwszy użytkowy poduszkowiec uważany jest SR.N1 z 1959, będący zwieńczeniem prac C. Cockerella [1,3,7]. Od tego czasu poduszkowce znajdują zastosowanie w działaniach patrolowych na obszarach trudno dostępnych, do celów ratowniczych na obszarach klęsk żywiołowych czy wreszcie działań desantowych i patrolowych w zastosowaniach wojskowych.

Zagadnienie budowy poduszkowca, jak każdego złożonego systemu technicznego, jest problemem dość szerokim i z tych względów niemożliwym do omówienia w jednym, krótkim artykule. Ze względu na orientację tematyczną „Pneumatyki" przedstawimy jedynie zagadnienia związane z wytwarzaniem poduszki powietrznej. Pominiemy tu całkowicie zagadnienie wytwarzania ciągu, wyznaczania oporów ruchu, jak również dynamiczne generowanie poduszki powietrznej.



Rys. 1 Podstawowe typy układów unoszenia pojazdów na poduszce powietrznej

Podstawowe formy układów unoszenia poduszkowców

Podział konstrukcyjny układów unoszenia

Współcześnie spotykane poduszkowce posiadają jeden z poniżej wymienionych typów układu unoszenia lub ich odmiany konstrukcyjne:

- komora wyrównawcza;
- dysza pierścieniowa;
- zmodyfikowana komora wyrównawcza;
- film powietrzny

Wszystkie te typy systemów unoszenia mogą występować w wersji z kurtyną (fartuchem) lub bez. Odmianę konstrukcyjną komory wyrównawczej jest tzw. stałościan (boczności).

W przypadku prostej komory wyrównawczej (rys.1a) powietrze jest tłoczone bezpośrednio pod kadłub pojazdu. Jest to najprostsze rozwiązanie konstrukcyjne, jednakże posiada szereg wad, np. występują problemy z wyważeniem pojazdu, jak również niewielka zdolność do przekraczania przeszkód terenowych (praktycznie zredukowana do wysokości zawisu czyli do kilku, kilkunastu centymetrów) Temu ostatniemu ograniczeniu można zaradzić, stosując tzw. kurtynę (fartuch) wykonaną z elastycznego materiału (rys.1c). Zadaniem kurtyny jest zwiększenie efektywnej wysokości komory wyrównawczej. Pozwala to na zwiększenie możliwości zdolności pojazdu do pokonywania przeszkód. W przypadku stałościanu (rys. 1f) boczne ściany pojazdu zanurzone są w wodzie, natomiast kurtyna znajduje się jedynie w części dziobowej i rufowej statku.

Ze względu na możliwość pływania wypornościowego funkcję sztywnych ścian bocznych mogą pełnić kadłuby, o ile statek taki został zbudowany w układzie dwukadłubowym (katamaran) lub trzykadłubowym. Z natury rzeczy jednostka taka będzie poruszała się jedynie nad wodą. Można więc zastosować napęd śrubowy lub strumieniowy („strugowodny"). Zaletą tego typu jednostki jest możliwość regulacji głębokości zanurzenia, wysoka prędkość (niski opór falowy) i duże zdolności manewrowe. Cechy te predestynują taką jednostkę do wykorzystania jej np. w charakterze promu czy niszczyciela min. Lądowym analogiem bocznościanu mógłby być pojazd wykorzystujący poduszkę powietrzną do redukcji nacisku jednostkowego kół na powierzchnię ziemi. Koła służyłyby wówczas do napędu poziomego i pokonywania wzniesień o pochyleniu większym niż 10%. Pojazd tego typu mógłby znaleźć zastosowanie w terenie bagiennym czy arktycznym[2]. Skrajnym przypadkiem komory wyrównawczej jest komora wielostożkowa zaproponowana przez J. Bertina [1,3]. W układzie tym praktycznie cała komora wyrównawcza zastąpiona została przez układ elastycznych stożkowych komór osłoniętych kurtyną zewnętrzną. Układ ten odznacza się wysoką statecznością podłużną i poprzeczną. Teoretycznie znacznie efektywniejszy od komory wyrównawczej jest układ z dyszą pierścieniową (rys. 1b). Również w tym przypadku w celu poprawienia osiągów w terenie celowe jest zastosowanie kurtyny (rys. 1d) Możliwe jest także rozwiązanie, w którym fartuch i komora wyrównawcza stanowią integralną całość i wykonane są z materiału elastycznego. Przypadek takiej zmodyfikowanej komory wyrównawczej przedstawiono na rys. 1e.

Przykłady innych, na ogół dużo bardziej skomplikowanych układów unoszenia można znaleźć np. w [1,5].

Po omówieniu podziału i ogólnej charakterystyki układów unoszenia przejdziemy do opisania zasad działania dwóch podstawowych typów układów unoszenia: komory wyrównawczej i dyszy pierścieniowej.

Komora wyrównawcza

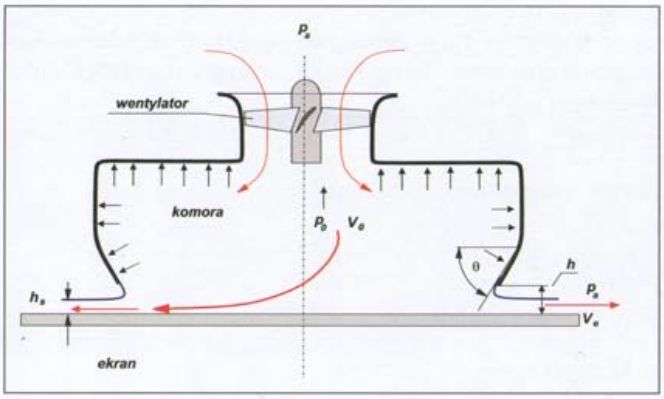
Schemat ideowy układu z komorą wyrównawczą przedstawiono na rysunku 2. Wentylator (tutaj: osiowy) podaje powietrze do wnętrza komory wyrównawczej. Wysokość zawisu pojazdu wynosi h, natomiast wysokość wypływającej strugi, na skutek jej kontrakcji [8], jest mniejsza i jest równa h_s. Prędkość przepływu wewnątrz komory można przyjąć za bliską zeru, tak więc ciśnienie w jej wnętrzu jest równe ciśnieniu spiętrzenia p_0. Strata miejscowa na wyjściu ze szczeliny zależy od kształtu jej krawędzi kąta nachylenia ścianki i jest równa ξ_s Ponieważ ciśnienie wewnątrz poduszki jest z reguły niskie, rzędu od 2,1..3,5 kPa dla poduszkowców lekkich do 4,2 kPa dla dużych jednostek transportowych [1], przepływ możemy uważać dla celów poniższej analizy za nieściśliwy. Równanie Bernoulliego dla komory wyrównawczej przyjmie zatem postać:

$$p_0 = \frac{\rho v_e^2}{2}(1+\zeta_c) + p_a \qquad (1)$$

Niech ciężar pojazdu wynosi mg a powierzchnia komory wyrównawczej w rzucie pionowym A wówczas:

$$v_e = \alpha\sqrt{\frac{2mg}{\rho A}} \qquad (2)$$

gdzie
współczynnik prędkości α dany jest wzorem:



Rys. 2 Schemat komory wyrównawczej

$$\alpha = \frac{1}{\sqrt{1+\zeta_s}} \qquad (3)$$

gdzie:
ξ_s współczynnik straty lokalnej dla szczeliny na krawędzi komory wyrównawczej.

Wydatek objętościowy powietrza niezbędny do utrzymania pojazdu na wysokości h jest równy:

$$Q = h_s l_s v_e = \beta h l_s v_e \qquad (4)$$

lub

$$Q = \alpha\beta h l_s\sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \qquad (4a)$$

gdzie:
l_s jest obwodem szczeliny (pojazdu), a ß współczynnikiem wydatku, uwzględniającym niejednorodność profilu prędkości strugi powietrza. Moc niezbędna do utrzymania pojazdu w locie wiszącym jest równa:

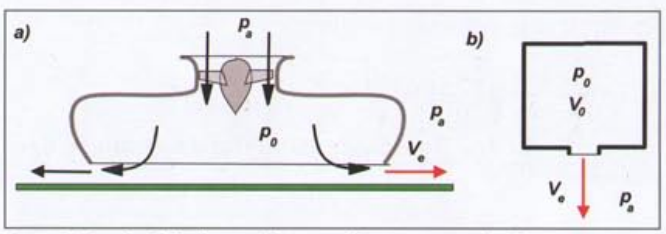
$$N_N = \Delta p Q = (p_0 - p_a)Q \qquad (5)$$

Jeżeli wyrazimy różnicę ciśnienia przez ciężar i powierzchnię rzutu pionowego komory wyrównawczej, korzystając z (2) i (4a), otrzymamy:

$$N_N = \alpha\beta\sqrt{\frac{2}{\rho}} l_s h\left(\frac{mg}{A}\right)^{\frac{3}{2}} \qquad (6)$$

W powyższym bilansie energetycznym nie uwzględniliśmy strat na układzie dolotowym wentylatora. W celu określenia mocy niezbędnej do utrzymania poduszkowca w zawisie, należałoby znać jeszcze sprawność wentylatora.

W celu scharakteryzowania jakości układu unoszenia wprowadza się [4] tzw. współczynnik wzmocnienia A_R (ang. augmentation ratio), określający stosunek siły nośnej P uzyskiwanej w rozpatrywanym układzie unoszenia (rys. 3b) do siły nośnej P_j uzyskiwanej na zasadzie zmiany pędu (rys. 3b). Aby porównanie to miało sens, zakłada się, że przekrój wylotowy dyszy jest równy powierzchni szczeli-



Rys. 3 Do definicji współczynnika wzmocnienia

ny obwodowej poduszki powietrznej. Takie samo jest ciśnienie spiętrzenia w zbiorniku i w komorze wyrównawczej. Siła nośna wynikająca ze zmiany pędu („odrzut") jest równa:

$$P_j = \rho Q v_r \qquad (7)$$

lub po podstawieniu (2) i (4a):

$$P_j = 2\rho\alpha^2\beta h l_s \Delta p \qquad (7a)$$

Stąd współczynnik wzmocnienia jest równy:

$$A_R = \frac{P}{P_j} = \frac{A}{2\alpha^2\beta h l_s} \qquad (8)$$

Analizując wzory (6) i (8), zauważymy, że z energetycznego punktu widzenia najkorzystniejsza będzie poduszka powietrzna posiadająca minimalny obwód, przy zadanej powierzchni. Oczywiście obrysem spełniającym ten warunek jest koło. Kształt ten jest jednak mało praktyczny z punktu widzenia aerodynamiki czy hydrodynamiki pojazdu, jak również ze względu na rozmieszczenie zespołów konstrukcyjnych i ładunku. Najczęściej spotykanym kształtem jest prostokąt o zaokrąglonych narożach lub z hydrodynamicznie ukształtowanym dziobem.

Dysza pierścieniowa

W układzie tym (rys. 4) wytwarzana jest kurtyna powietrzna wzdłuż obwodu poduszki powietrznej. Kurtynę tę tworzy strumień powierza wypływający z dyszy pod kadłub pojazdu. Rozwiązanie to pomaga utrzymać poduszkę powietrzną pod pojazdem (zmniejsza wypływ powietrza spod pojazdu). Siła nośna wytwarzana jest tu głównie przez nadciśnienie pod pojazdem oraz w pewnym stopniu zmianę pędu wypływającej strugi.

Ciężar równoważony jest przez sumę siły nośnej wynikającej z nadciśnienia pod pojazdem i zmiany pędu:

$$mg = \Delta p A + J_s l_s \sin\theta \qquad (9)$$

gdzie:
J_s – strumień pędu powietrza jednostkę obwodu dyszy.

Przy analizie pracy tego typu układów przyjmuje się na ogół następujące założenia:
- nieściśliwość ośrodka $<(p)=const$,
- struga jest cienka tj. $t_s << r$;
- struga wypływająca z dyszy porusza się po łuku koła stycznym do dyszy i podłoża,
- ciśnienie spiętrzenia w poprzek p_{0j} strugi jest stałe.

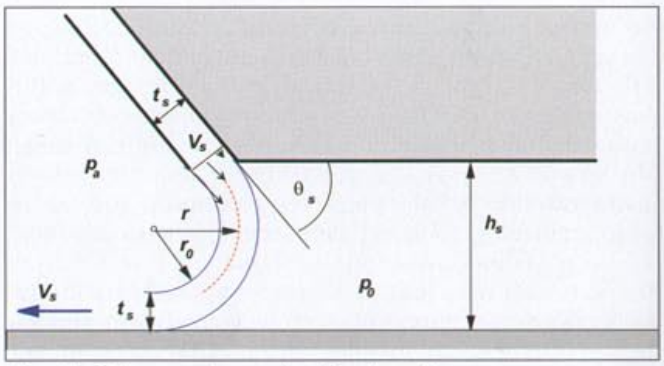
Wykorzystując te założenia, otrzymuje się, po dość długich przekształceniach, wzory na moc i nadciśnienie w poduszce powietrznej [1,5]:

$$\Delta p = p_{0j}\left[1 - e^{-2x}\right]$$
$$x = t_s\left(1 + \cos\theta_s\right)/h_s \qquad (10)$$

wydatek objętościowy powietrza:

$$Q = \frac{l_s h_s}{1+\cos\theta_s}\sqrt{\frac{2p_{0j}}{\rho}}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{\Delta p}{p_{0j}}}\right) \qquad (11)$$

a moc niezbędna do unoszenia takiego aparatu będzie równa:



Rys. 4 Schemat dyszy pierścieniowej

$$N_N = \sqrt{\frac{2}{\rho}}\frac{4 l_s h_s \Delta p^{\frac{3}{2}}}{1+\cos\theta_s}\frac{1-e^{-x}}{\left(1-e^{-2x}\right)^{\frac{3}{2}}} \qquad (12)$$

Dla zadanej wysokości przy ustalonej wysokości zawisu, i ciśnieniu w poduszce minimalna moc niezbędna odpowiada przypadkowi x=0,693

$$N_N^{(\min)} = \frac{4}{3\sqrt{3}}\sqrt{\frac{2}{\rho}}\frac{l_s h_s}{1+\cos\theta}\left(\frac{mg}{A}\right)^{\frac{3}{2}} \qquad (13)$$

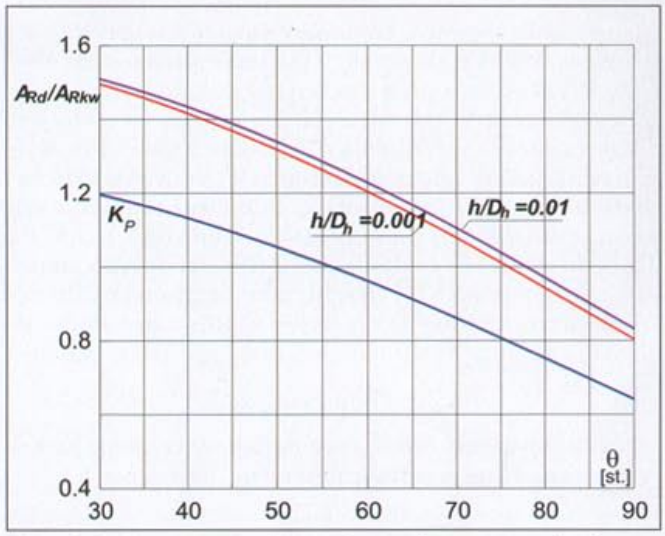
Dzieląc (6) przez (13) otrzymamy:

$$K_p = \frac{N_N}{N_N^{(\min)}} = \frac{3\sqrt{3}}{4}\alpha\beta\left(1+\cos\theta_s\right) \qquad (14)$$

Jak widać, przewaga dyszy pierścieniowej według oszacowania pokazanego na rys. 5 pozwala na redukcję mocy niezbędnej nawet o ok. 20% w stosunku do komory wyrównawczej. Przewaga ta jest widoczna w zakresie dla kątów sięgających 55 stopni.

Rozpatrzmy teraz współczynnik wzmocnienia dyszy A_R uwzględniając w nim człon związany ze zmianą pędu. Siła nośna dana jest wzorem (9). Dzieląc (9) przez strumień pędu, otrzymuje się:

$$A_R = \frac{\Delta p A}{J_s l_s} + \sin\theta_s \qquad (15)$$



Rys. 5 Stosunek mocy i współczynnika wzmocnienia oraz komory wyrównawczej i dyszy pierścieniowej dla α=0,83 $\alpha\beta$=0,50

lub wprowadzając pojęcie średnicy hydraulicznej [8]

$$D_h = \frac{4A}{l_s}:$$

$$A_R = \frac{D_h}{4J_s}\Delta p + \sin\theta_s \qquad (16)$$

strumień pędu na jednostkę długości dyszy (rys. 4) można natomiast wyrazić [1] wzorem:

$$J_s = \int_{r_0}^{r_0+l_s} \rho v_s^2 \, dr = r_{sr}\Delta p \qquad (17)$$

Uwzględniając zależności geometryczne z rysunku 4, otrzymamy wzór:

$$A_R = \frac{D_h}{4h_s}(1+\cos\theta_s) + \sin\theta_s \qquad (18)$$

Załóżmy teraz, że poduszkowiec z dyszą pierścieniową i poduszkowiec z komorą wyrównawczą mają tę samą średnicę hydrauliczną i wykonują zawis na tej samej wysokości. Wówczas będziemy mogli dokonać porównania odpowiadających im współczynników wzmocnienia.

Porównując stronami wzory (8) i (18), otrzymamy zależność:

$$\frac{A_{Rd}}{A_{Rkw}} = 2\alpha^2\beta\left(1+\cos\theta_s + 4\frac{h}{D_h}\sin\theta_s\right) \qquad (19)$$

Zależność ta została naniesiona na wykres na rys. 5. Do obliczeń wybrano tu dwa różniące się o rząd wielkości stosunki wysokości lotu do średnicy hydraulicznej: 0,001 i 0,01. Jak widać, wpływ tej wielkości jest stosunkowo niewielki. Można natomiast zauważyć, że zysk na ciągu w porównaniu do komory wyrównawczej może sięgać nawet 50%.

Uwagi końcowe

Wydawać by się mogło, że układ z dyszą pierścieniową ma praktycznie same zalety. Nie uwzględniono tu jednak straty ciśnienia w układzie dolotowym do dyszy pierścieniowej, która zwiększać będzie zapotrzebowanie na moc niezbędną do napędu. Dysza pierścieniowa ma również inną poważną wadę: zdolność do przekraczania przeszkód terenowych jest niska, nawet w przypadku zastosowania elastycznego przedłużenia dyszy (rys 1d). W takim przypadku przedłużenie to musi by dość sztywne, aby zapewnić odpowiednią geometrię dyszy, a co za tym idzie, zwiększa ją się opory ruchu pojazdu. Z tych względów, jak również ze względu na prostotę konstrukcji, najczęściej stosowanym rozwiązaniem jest komora wyrównawcza.

Literatura

[1] Amyot J. R.: „Hovercraft Technology, Economics and Applications", Elscevier, Amsterdam 1989.
[2] Ashley S.: „Podwodny ślizg", Świat Nauki , Nr 7 (119) lipiec 2001, str. 22-31.
[3] Cheda W., Ostrowiecki E.: „Pojazdy poduszkowe", WMON, Warszawa 1975.
[4] McCormick B. W.: „Aerodynamics of V/STOL Flight", Academic Press, New York 1967.
[5] Chanżonkow V. I.: „Aerodinamika apparatov na vozdusznoj poduszkie", „Maszinstrojenije", Moskwa 1972.
[6] Latorre R.: Ship Hull Drag Reduction Using Bottom Air Injection, Ocean Engineering Vol. 24 No. 2, 1997, pp. 161--175.
[7] Moldenhawer A.: Poduszkowce, WKiŁ, Warszawa 1966.
[8] Prosnak Wł. J., „Mechanika Płynów. Statyka i Dynamika Cieczy" T.1. PWN , Warszawa 1970.

[1] Warto zauważyć, że koncepcja redukcji oporów ruchu poprzez częściowe odseparowanie powierzchni opływanego ciała za pomocą warstwy gazu została skutecznie urzeczywistniona w tzw. pociskach superkawitacyjnych, wokół których tworzy się otwarta kawerna, na skutek spadku ciśnienia statycznego poniżej ciśnienia nasycenia pary wodnej. „Bańka" taka powstaje wokół obiektu poruszającego się w cieczy z dostatecznie dużą prędkością [8]. Jest ona dodatkowo stabilizowana przez wprowadzanie do niej sprężonego gazu: powietrza lub spalin z silnika rakietowego. Więcej informacji na ten temat można znaleźć w [2].

[2] Prace takie były prowadzone m.in. w USA na zlecenie DARPA [1]. W wyniku tych badań stwierdzono, że niskociśnieniowe opony balonowe średnicy 4...6 m zastosowane w poduszkowcu o masie 100 000...700 000 kg zwiększyłyby ich zdolność do pokonywania stoku o ok. 25%. Oceniono, że ciężar pojazdu wzrósłby jednak przy tym o ok. 15...20%.

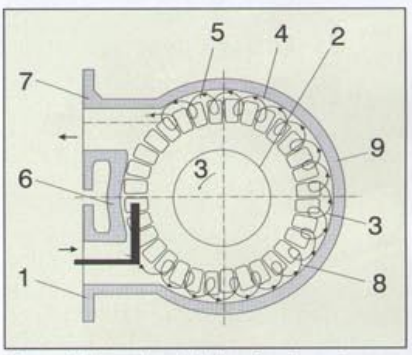
dr inż. Piotr Strzelczyk
Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa
Politechniki Rzeszowskiej
Zakład Mechaniki Płynów i Aerodynamiki

Dmuchawy bocznokanałowe SC, DSC

We wszystkich gałęziach przemysłu, oprócz stosunkowo prostych wentylatorów spełniających funkcję urządzeń dostarczających świeżego powietrza do pomieszczeń, w których przebywają ludzie, wykorzystuje się także wentylatory o znacznym stopniu skomplikowania konstrukcyjnego i nierzadko dużych rozmiarach, spełniające funkcje ważnych maszyn technologicznych.

Jedną z takich grup stanowią dmuchawy bocznokanałowe (peryferalne) SC/DSC, które wytwarzają wysokie przyrosty ciśnienia w stosunku do małych strumieni. Najczęściej okazuje się, że jest to najbardziej opłacalna metoda tworzenia nad- lub podciśnienia.

Działają on na zasadzie generowania ruchu w licznych kanałach promieniowo-bocznych względem tarczy nośnej (2), usytuowanych na obwodzie piasty, w których powietrze jest wielokrotnie promieniowo przyspieszane. Po opuszczeniu jednej łopatki (5) poprzez kanał pierścieniowy (4) dopływa do następnej, płynąc przez kolejne od wlotu (1) do wylotu (7) poprzez cały obwód wirnika obracającego się w obudowie (3). Przepływ obiegowy (8) ma charakter ruchu śrubowego (9). Pod- lub nadciśnienie wytwarzane przez te wentylatory osiąga wartości rzędu kilkuset milibarów.



Rys. 1 Zasada działania dmuchawy bocznokanałowej SC/DSC

Dmuchawy bocznokanałowe SC/DSC, oferowane przez Venture Industries Sp. z o.o., są całkowicie produkowane w Polsce, w oddziale produkcyjnym w Grudziądzu. Standardowo konstrukcja oparta jest na napędzie bezpośrednim. Wirnik jest montowany bezpośrednio na wale silnika elektrycznego, a korpus, wirnik oraz obudowa tłumika dźwięku wykonane są ze stopów aluminium o starannie dobranym składzie chemicznym, co zapewnia lekkość i wytrzymałość konstrukcji. Aby zapewnić jak najlepszą jakość, przed zmontowaniem wykonuje się komputerową kompletację wszystkich części. W dmuchawach tych montowane są wirniki z łopatkami prostymi lub pochylonymi (typ A lub C) – łopatki proste umożliwiają (w pewnym zakresie) pracę rewersyjną. Wirnik jest starannie wyważony, co w połączeniu z zastosowaniem markowych łożysk wysokotemperaturowych i sprawdzonego jakościowo silnika pozwala całkowicie wyeliminować ryzyko wystąpienia drgań w urządzeniu. Dzięki tym

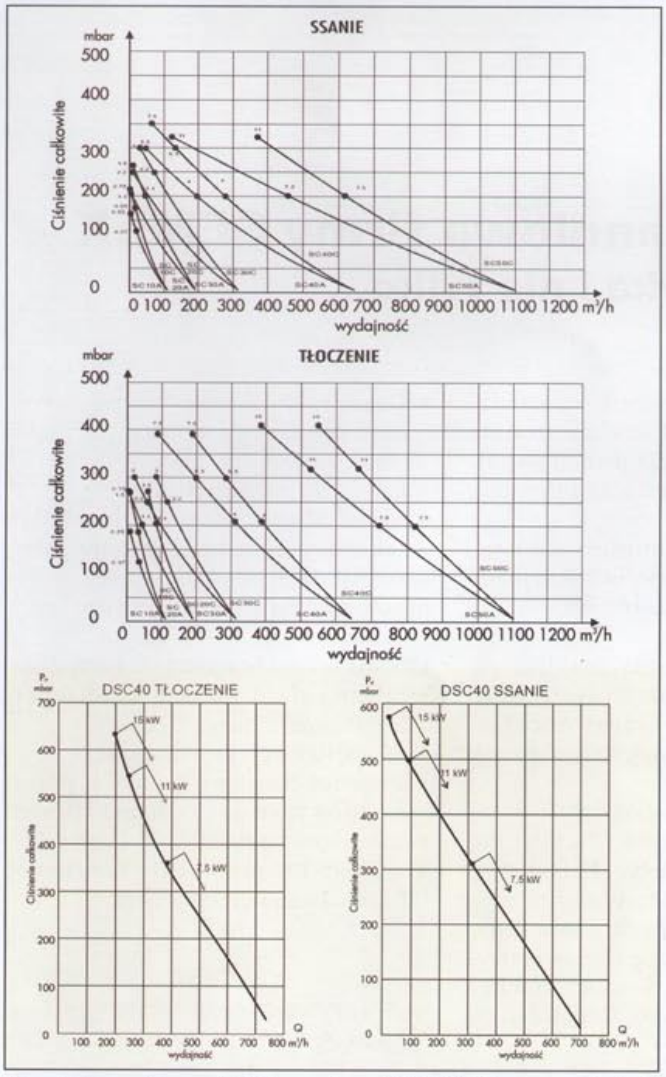
Fot. 1 Dmuchawa bocznokanałowa DSC

zabiegom stosowanie wibroizolatorów może być zbędne. Wentylatory są wyposażone we wstępne tłumiki hałasu w kanałach dolotowym i wylotowym. Wtórnie spieniona pianka spełniająca wszelkie normy ekologiczne, zabezpieczona ocynkowaną blachą perforowaną, pozwala na znaczne wyciszenie dmuchawy. Dzięki temu SC/DSC są dużo cichsze od analogicznych konstrukcji dostępnych na rynku. Dodatkowo, na specjalne życzenie klienta, Venture Industries oferuje obudowy dźwiękochłonne zapewniające jeszcze lepszą ochronę przed hałasem.

Do napędu całej gamy dmuchaw SC10, SC20, SC30, SC40 i SC50 oraz DSC40, umożliwiającej uzyskiwanie nadciśnienia do 620 mbar i wydajności do 1200 m^3/h, stosowane są silniki elektryczne o szerokim przedziale mocy. Mogą być to asynchroniczne silniki jednofazowe 220-240 V, 50 Hz z kondensatorem o mocach: 0,37, 0,55, 0,75, 1,1, 1,5 i 2,2 kW lub trójfazowe 220-240/380-420 V (400/660 V powyżej 3 kW), 50 Hz o mocach: 0,37, 0,55, 0,75, 1,1, 1,5, 2,2, 3,0, 4,0, 5,5, 7,5, 11,0 i 15,0 kW, wykonane zgodnie ze standardem IEC 72 oraz IEC 34-1 w klasie izolacji F i stopniu ochrony IP 55. Od wielkości 5,5 kW wzwyż w uzwojeniu silnika montowane są trzy czujniki termistorowe PT-C140 połączone szeregowo, po jednym dla każdej fazy. W połączeniu z odpowiednim przekaźnikiem lub elektronicznym modułem zabezpieczenia czujniki te zwiększają bezpieczeństwo użytkowania wentylatora i stanowią dodatkowe zabezpieczenie silnika. Ma to szczególne znaczenie przy pracy przerywanej, regulacji obrotów przemiennikiem częstotliwości i pracy w układach, gdzie silnik narażony jest na ryzyko częstych przeciążeń.

Na życzenie klienta dmuchawa może być wyposażona w silnik przeciwwybuchowy budowy wzmocnionej lub przystosowany do pracy w sieci elektrycznej na inne napięcie i częstotliwość. Oprócz nietypowych wersji silnikowych oferujemy także wentylatory z korpusami doszczelnionymi dodatkowym simmeringiem (wymóg np. przy zwiększonej wilgotności), wentylatory w wersji wysokotemperaturowej HT z tarczką dyspersyjną oraz wentylatory przystosowane do współpracy z napędem pasowym, hydraulicznym lub silnikiem spalinowym.

Bogate wyposażenie dodatkowe i wiele konfiguracji czynią te urządzenia naprawdę uniwersalnymi. Króćce wlotowe i wylotowe o standardowych średnicach zewnętrznych: 51, 63, 76, 102 mm; stalowe kołnierze gwintowane: R1.5"×15, R2"×15, R2.5"×20, R3.5"×20 oraz kołnierze do spawania pozwalają na dowolne podłączenie urządzeń do każdej istniejącej instalacji. Zewnętrzne tłumiki hałasu dodatkowo poprawiają komfort pracy, a filtry ssania chronią wnętrze komory wirnika i układ, w którym pracuje wentylator przed przedostawaniem się pyłów. Dla każdego typu dmuchawy oferowane są zawory przeciążeniowe na ssaniu lub tłoczeniu. Ich stosowanie zalecane jest wszędzie tam, gdzie występuje częste zatykanie wlotu lub wylotu, a co za tym idzie – przeciążanie silnika.

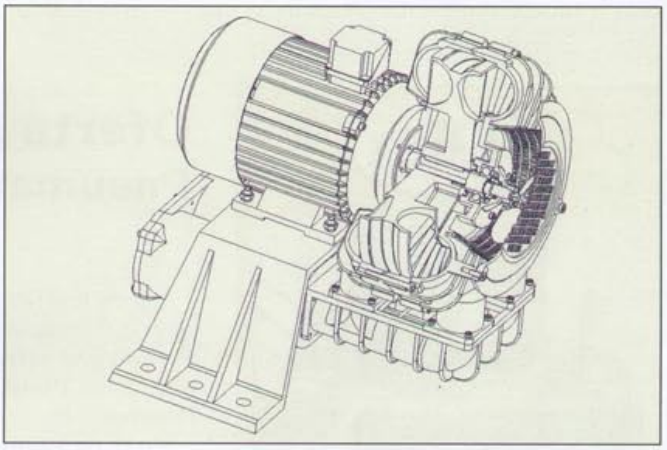


Rys. 2 Charakterystyki dmuchaw SC i DSC (tolerancja 10% przy ciśnieniu 1013 mbar, temperatura wlotu powietrza 15°C i maks. temperaturze otoczenia 40°C)

Fot. 2 Dmuchawy bocznokanałowe SC

W zależności od liczby komór sprężania rozróżniamy wentylatory jednostopniowe i wielostopniowe. Dwustopniowym cyklem sprężania charakteryzuje się najnowszy produkt Venture Industries – DSC40 (rys. 3)

Tłoczenie pierwszego stopnia połączone jest ze ssaniem stopnia drugiego. W wykonaniu dwustopniowym powietrze wlotowe przechodzi wokół przedniej części wirnika,

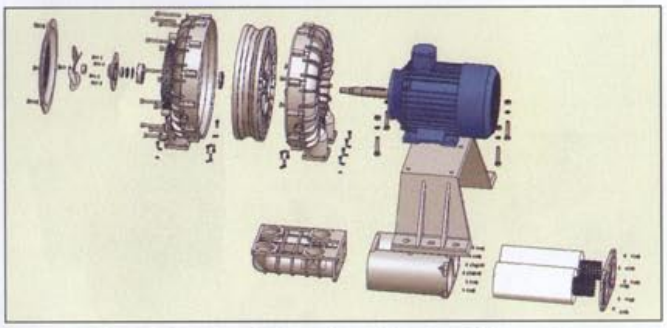


Rys. 3 Dmuchawa bocznokanałowa DSC – przekrój komory wirnika

a następnie, zamiast ulec wytłoczeniu z urządzenia (jak w jednostopniowym SC), jest kierowane poprzez kolektor na tylną stronę wirnika i przechodzi kolejny pełny obrót. Dlatego też liczba uderzeń wirnika w cząstki powietrza jest podwójna. Dzięki temu na wylocie DSC40 uzyskujemy ciągłe ciśnienie robocze wynoszące nawet 620 mbar (6,2 m słupa wody).

Dzięki unikalnej konstrukcji kolektora powietrze jest sprawnie przetłaczane (przy minimalnych oporach) między komorami. Kolektor spełnia też funkcję radiatora (użebrowanie), tak więc oddaje na zewnątrz ciepło pochodzące ze sprężonego powietrza. W DSC kolektor jest szeregowy. W ofercie znajduje się także wentylator PSC z kolektorem równoległym, pozwalającym na uzyskanie podwójnej wydajności (rys. 4).

W DSC40 zastosowano silnik z wałem długości 180 mm. Pociąga to za sobą konieczność montażu dodatkowego, trzeciego łożyska umieszczonego w pokrywie drugiej ko-



Rys. 4 Schemat montażowy dmuchawy DSC

mory sprężania. Zapewnia to odpowiednią sztywność tak długiego wału. W celu zapewnienia optymalnych warunków pracy na zewnątrz zamontowano wirnik chłodzący, starannie zabezpieczony perforowaną obudową.

Na bocznej stronie obudowy znajdują się otwory kontrolno-inspekcyjne, przez które w trakcie montażu oraz prób odbiorczych sprawdzana jest szerokość szczeliny pomiędzy korpusem a wirnikiem. W gotowym wyrobie otwory zabezpiecza się śrubami.

Dmuchawy bocznokanałowe SC/DSC stosowane są do wytwarzania poduszki powietrznej do transportu stosów papieru, do transportu wstrząsowego różnych materiałów płaskich, odwadniania miazgi papierowej. Często są stosowane do transportu pneumatycznego materiałów sypkich, takich jak mąka, zboże, tworzywa sztuczne. Są również wykorzystane w maszynach pakujących pras drukarskich, suszarniach, przemysłowej armaturze próżniowej, komorach osadu czynnego, piaskownikach, przydomowych oczyszczalniach ścieków, oczkach wodnych (napowietrzanie zapobiega zamarzaniu wody zimą), technice basenowej, stawach rybnych oraz wielu innych nietypowych zastosowaniach.

Jedną z największych zalet stosowania dmuchaw bocznokanałowych jest – z racji ich nieskomplikowanej konstrukcji – brak konieczności konserwacji i nieustannej kontroli. Jedyną poruszającą się częścią jest wirnik, a ponieważ nie dotyka on obudowy – nie ulega wytarciu i nie wymaga smarowania. Do materiałów eksploatacyjnych zaliczane są tylko łożyska, które należy wymieniać raz na kilka tysięcy roboczogodzin (w zależności od czasu pracy i punktu pracy). Ponadto wyrzucane powietrze jest czyste i wolne od pulsacji.

Wszędzie tam, gdzie wymagane jest wysokie ciśnienie, dmuchawy bocznokanałowe SC/DSC są idealnym rozwiązaniem. Właściwie zainstalowane i eksploatowane będą działały przez wiele lat bez konieczności serwisowania.

Artykuł promocyjny
Venture Industries Sp. z o.o.

SEMEX® sp. j.

• kompresory
• uzdatnianie powietrza,
• armatura do instalacji pneumatycznych
• narzędzia pneumatyczne.

P.H.P.U SEMEX Sp. J. Fertacz & Huszno

Siedziba:
42-200 Częstochowa, ul. Jagiellońska 104
tel. 034/365 87 87, e-mail: semex@semex.pl

Filie:
Kłobuck, ul Staszica 29
Częstochowa, ul. Nadrzeczna 14

www.semex.pl

Oferta handlowa firmy SEMEX
Pneumatyka i nie tylko...

Semex jest firmą handlową, działającą od 1990 roku. Obecnie zatrudnia 56 osób pod zarządem dwóch współwłaścicieli Piotra Fertacza i Romana Huszno.

Siedziba Semexu mieści się w Częstochowie, a w odległości 20km firma posiada oddział w Kłobucku .

W magazynach firmy znajduje się ponad 22 tysięcy pozycji asortymentowych nie tylko z branży pneumatycznej ale budowlanej, spawalniczej, bhp itd.

Aktualnie Semex zaopatruje w towary około 150 sklepów i hurtowni ze środkowej i południowej Polski.

Wśród licznego asortymentu produktów sprzedawanych przez firmę Semex, znaczącą grupę stanowią artykuły z pneumatyki. Należą do nich:
- kompresory: tłokowe, śrubowe, bezolejowe,
- osuszacze ziębnicze,
- osprzęt do uzdatniania powietrza,
- armatura do instalacji pneumatycznych i do maszyn sterowanych pneumatycznie,
- narzędzia pneumatyczne.

Firma Semex prowadzi doradztwo w zakresie doboru kompresorów, montażu instalacji pneumatycznej, systemów uzdatniania powietrza itp.

Dodatkowo zajmujemy się sprzedażą:
- elektronarzędzi Bosch, Makita, Perles, Celma, Electra, Beckum,
- osprzętu do elektronarzędzi,
- spawarek transformatorowych, półautomatów spawalniczych firmy Bester,
- inwertorów spawalniczych firmy Enel,
- oraz artykułów z branży metalowej, budowlanej i elektrycznej.

Artykuł promocyjny
Semex Sp. J.

BORA

Dmuchawy i pompy próżniowe Rootsa

Włoski producent pomp i dmuchaw, firma BORA srl., wprowadza na rynek polski nowy produkt, będący odpowiedzią na potrzeby wyselekcjonowanej grupy odbiorców. Unikatowe rozwiązania konstrukcyjne proponowane przez producenta zaskakują swoim nowatorstwem.

Założycielem i szefem firmy BORA jest były konstruktor fabryk Lamborghini i Maseratti. Wiedza, doświadczenie i know-how nabyte w branży motoryzacyjnej pozwoliły włoskim inżynierom na skonstruowanie niezawodnych i dopracowanych w szczegółach urządzeń o wyjątkowych parametrach technicznych. Zakres produkcji BORA obejmuje suche pompy próżniowe i dmuchawy Rootsa o wydajnościach od 100 do 3000 m^3/h i ciśnieniach z zakresu od 150 do 2000 mbar Abs. Oferta firmy zawiera również wyposażenie dodatkowe, takie jak np. tłumiki hałasu i obudowy dźwiękoszczelne.

Zastosowanie rotorów trójlobowych BORA (patent STEAM) w pompach i dmuchawach, w odróżnieniu od tradycyjnych pomp Rootsa, zmniejsza niekorzystne zjawisko pulsacji generowanego ciśnienia. Na jeden pełen cykl tłoczenia/ssania przypada 6 cykli składowych (w pompach 2 - lobowych są to 4 cykle). W oferowanych przez BORA dmuchawach Rootsa zastosowanie odmiennej budowy pozwoliło na wyeliminowanie wielu charakterystycznych wad, którymi obarczone były znane dotychczas modele pomp.

Fot. 1 Przekrój pompy – dmuchawy BORA

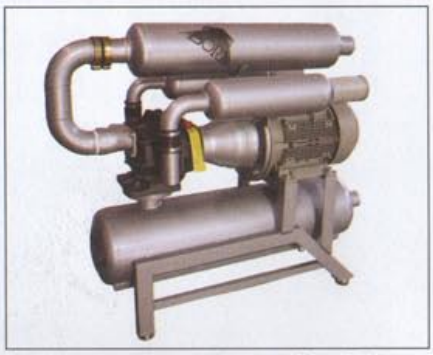
Rozwiązania konstrukcyjne BORA pozwalają na:

- wyeliminowanie zjawiska kieszeni tzn. przechwytywania i zatrzymywania przetłaczanego gazu w stadiach pośrednich pracy pompy przez odpowiedni dobór profilu krzywek;
- redukcję efektu recyrkulacji gazu;
- optymalne wykorzystanie objętości komory roboczej, co przekłada się na wysoką wydajność całego urządzenia przy niewielkich wymiarach;
- zminimalizowanie liczby elementów składowych urządzenia;
- redukcję kosztów eksploatacji dzięki niskiemu zużyciu energii i dużej żywotności całego urządzenia.

Obsługa pomp i kompresorów BORA w normalnych warunkach ogranicza się wyłącznie do wymiany filtrów powietrza i oleju w przekładniach zębatych. Brak smarowania w komorze roboczej eliminuje stosowanie specjalnych separatorów chroniących przed przedostaniem się oparów oleju do otoczenia. Optymalizacja profilu kół zębatych zastosowanych w przekładniach prowadzi dodatkowo do znacznego zredukowania poziomu hałasu.

W urządzeniach firmy BORA zastosowano beztarciowe uszczelnienia labiryntowe. Zaletą tego rozwiązania jest ograniczenie przegrzań na wale pompy i możliwość stosowania układów napędowych o prędkościach obrotowych do 4500 obr/min.

Na szczególną uwagę zasługuje technologia montażu i dobór tolerancji wymiarów poszczególnych elementów składowych dmuchaw. Ponieważ rotory, korpusy oraz pokrywy boczne ulegają odkształceniom pod wpływem zmian temperatury, zaprojektowano je uwzględniając zjawisko rozszerzalności cieplnej i różnicy ciśnień pomiędzy wlotem i wylotem. Producent przewiduje możliwość budowy centralnych układów pompowych lub próżniowych ze sterowaniem częstotliwościowym w funkcji parametrów określonych przez klienta. System kontroli jakości BORA wymaga, aby każde wyprodukowane urządzenie było poddane specjalistycznym testom.



Fot. 2 Dmuchawa Bora 103AC-K

BORA 103 to połączenie pompy objętościowej z pompą odśrodkową (centryfugą). Model ten charakteryzuje się niespotykaną do tej pory budową. Odmiennie niż dotychczas wlot powietrza znajduje się od strony czoła wałów, a same rotory łożyskowane są jednostronnie na łożyskach umieszczonych od strony napędu. Takie rozwiązanie prowadzi dodatkowo do wytworzenia cyklu odśrodkowego, który wpycha gaz między trójtłokowe rotory, a następnie wyrzuca go na zewnątrz układu. W efekcie to niewielkie urządzenie, przy objętości komory roboczej wynoszącej zaledwie 4 dm^3, osiąga wydajność od 100 do 310 m^3/h i ciśnienie od 150 do 2000 mbar Abs. BORA 103 może pracować zarówno jako pompa i jako dmuchawa.

Wyłącznym przedstawicielem firmy BORA na terenie Polski jest Softrade Sp. z o. o. z siedzibą w Poznaniu.

W ofercie Softrade znajdują się także dmuchawy bocznokanałowe oraz pompy próżniowe i kompresory łopatkowe. Wszelkich informacji technicznych udziela dział techniczny pod numerem tel. (061) 867 71 68. Informacje handlowe znajdują się również na stronach internetowych www.softrade.com.pl. Zapraszamy Państwa do współpracy.

Artykuł promocyjny Softrade

Sprężarki CRS 132

Mimo wzmożonej aktywności producentów zagranicznych, CompRot Sp. z o.o. od lat utrzymuje czołową pozycję w branży pneumatycznej i ochrony środowiska na rynku polskim. To zasługa nie tylko wysokiej klasy oferowanych produktów, ich trwałości oraz umiarkowanie niskich cen, lecz przede wszystkim stałej gotowości do dzielenia się z klientami naszą wiedzą i doświadczeniem.
Od roku 1991 produkujemy i dostarczamy urządzenia do sprężania powietrza i gazów:

- kompresory śrubowe olejowe z urządzeniami do kompleksowego uzdatniania powietrza;
- kompresory śrubowe bezolejowe – jako jedyny polski producent;
- kompresory do przetłaczania gazu ziemnego, biogazu itp.
- osłony i obudowy dźwiękochłonno-izolacyjne dla wszelkiego typu urządzeń;
- komory kriogeniczne – nowy produkt z zakresu high-tech, opracowany przy wykorzystaniu najnowocześniejszych technologii oczyszczania i suszenia powietrza. Osiągnięcie temperatury do -160 °C umożliwia przeprowadzanie specjalistycznych zabiegów krioterapii w centrach sportowych i rehabilitacyjnych.

ZMIANA NUMERÓW TELEFONÓW

CompRot®

PRODUKCJA I SPRZEDAŻ
CompRot Sp. z o.o.
ul. Robotnicza 72, 53-608 Wrocław
tel. 071 798 5900, fax 798 5909
e-mail: comprot@comprot.com.pl
www.comprot.com.pl

SERWIS
CompRot-Serwis
ul. Robotnicza 72, 53-608 Wrocław
tel. 071 798 5900, fax 798 5909
e-mail: serwis@comprot.com.pl
www.comprot.com.pl

Europejski Fundusz Leasingowy

Nasz partner

Medale i wyróżnienia

Branża pneumatyczna w Polsce

Na naszej mapce branży pneumatycznej umieszczone są firmy o których redakcja ma informacje dotyczące ich działalności i które prezentują swoją ofertę na łamach pneumatyki.

Spis reklam

Amet ---------- 11
Anderol ---------- 6
Ara Pneumatik ---------- 17
Atlas Copco ---------- 15
Bovin ---------- 8
BP Techem ---------- 22
CompRot ---------- 56
dh ---------- 23
EDBU ---------- 33
Fachowiec ---------- 43
Fripol ---------- 7
Gudepol ---------- 47
Hiross ---------- 21, 38
Intech ---------- 10
Inwet ---------- 8
Kaltech ---------- 10
Kompress ---------- 9
Kaeser ---------- 13
Laska ---------- 3
Nivelco ---------- 19
Pneumat System ---------- 18
Pneumatik ---------- 7
Prema Kielce ---------- 39
Selltech ---------- 51
Semex ---------- 54
Unigoods ---------- 42
Venture ---------- 52
Wimtec ---------- 11

Okładka

I ---------- BRS
II ---------- Ingersoll Rand
III ---------- Ruda
IV ---------- Mobil

Artykuły promocyjne

BoschRexroth ---------- 14
BRS ---------- 44
domnick hunter ---------- 20
Fachowiec ---------- 43
Gudepol ---------- 47
Kaeser ---------- 12
Kompress ---------- 36
Nivelco ---------- 19
Pneumatik ---------- 16
BP Techem ---------- 22
Semex ---------- 54

Zapraszamy do prenumeraty dwumiesięcznika „Pneumatyka"

Poniższy druk polecenia przelewu/wpłaty gotówkowej służy do zapłaty za prenumeratę dwumiesięcznika „Pneumatyka" oraz jego archiwalnych egzemplarzy. Prosimy o wycięcie i uważne wypełnienie druków.
Prenumerata może być rozpoczęta w dowolnym momencie.
Cena prenumeraty: prenumerata roczna (6 egz.) 45,00 zł, prenumerata półroczna (3 egz.) 22,50 zł, wydanie bieżące 7,50 zł, wydanie archiwalne 5,00 zł.Wszystkie ceny zawierają VAT i obejmują koszty wysyłki.
Wystawienie faktury i wysyłka zamówionych egzemplarzy następuje po wpłynięciu na nasze konto należnej kwoty lub po otrzymaniu potwierdzenia zapłaty.
Wydawnictwo Lektorium, ul. Robotnicza 72, 53-608 Wrocław, tel. (071) 798 59 46, fax (071) 798 59 47 e-mail: prenumerata@lektorium.pl.

Uprzejmie informujemy, że prenumeratę oprócz naszej redakcji przyjmują: RUCH SA, SIGMA-NOT Sp. z o. o., KOLPORTER SA, GARMOND Ltd. W sprzedaży detalicznej czasopismo dostępne jest w „empikach", salonach prasowych oraz w siedzibie naszego wydawnictwa.

Bank Przemysłowo-Handlowy PBK SA
w Krakowie III o/Wrocław
95106000760000409910133389

Wydawnictwo Lektorium
53-608 Wrocław, ul. Robotnicza 72

zł gr

Zamawiam prenumeratę "Pneumatyka"

- ☐ roczną (6 egz.) od nr .....
- ☐ półroczną (3 egz.) od nr .....
- ☐ wydanie bieżące nr.....
- ☐ wydanie archiwalne nr.....

☐ Jestem płatnikiem VAT. Proszę o wystawienie faktury VAT bez podpisu odbiorcy.
☐ Wyrażam zgodę na przetwarzanie moich danych osobowych w celach marketingowych, zgodnie z Ustawą 29.08.1997 r. o Ochronie Danych Osobowych (Dz.U. nr 133, poz. 883) przez Wydawnictwo Lektorium.

podpis

Adres zamawiającego:

tel.

NIP

stempel dzienny

opłata

Polecenie przelewu / wpłata gotówkowa

nazwa odbiorcy: WYDAWNICTWO LEKTORIUM

nazwa odbiorcy cd.: 53-608 WROCŁAW ROBOTNICZA 72

l.k. | nr rachunku odbiorcy: 95 1060 0007 6000 0409 9101 3389

waluta: WP* PLN | kwota

nr rachunku zleceniodawcy (przelew) / kwota słownie (wpłata)

nazwa zleceniodawcy

nazwa zleceniodawcy cd.

tytułem

tytułem cd.

pieczęć, data i podpis(y) zleceniodawcy

Opłata:

Bank Przemysłowo-Handlowy PBK SA
w Krakowie III o/Wrocław
95106000760000409910133389

Wydawnictwo Lektorium
53-608 Wrocław, ul. Robotnicza 72

zł gr

Zamawiam prenumeratę "Pneumatyka"

- ☐ roczną (6 egz.) od nr .....
- ☐ półroczną (3 egz.) od nr .....
- ☐ wydanie bieżące nr.....
- ☐ wydanie archiwalne nr.....

☐ Jestem płatnikiem VAT. Proszę o wystawienie faktury VAT bez podpisu odbiorcy.
☐ Wyrażam zgodę na przetwarzanie moich danych osobowych w celach marketingowych, zgodnie z Ustawą 29.08.1997 r. o Ochronie Danych Osobowych (Dz.U. nr 133, poz. 883) przez Wydawnictwo Lektorium.

podpis

Adres zamawiającego:

tel.

NIP

stempel dzienny

opłata

Polecenie przelewu / wpłata gotówkowa

nazwa odbiorcy: WYDAWNICTWO LEKTORIUM

nazwa odbiorcy cd.: 53-608 WROCŁAW ROBOTNICZA 72

l.k. | nr rachunku odbiorcy: 95 1060 0007 6000 0409 9101 3389

waluta: WP* PLN | kwota

nr rachunku zleceniodawcy (przelew) / kwota słownie (wpłata)

nazwa zleceniodawcy

nazwa zleceniodawcy cd.

tytułem

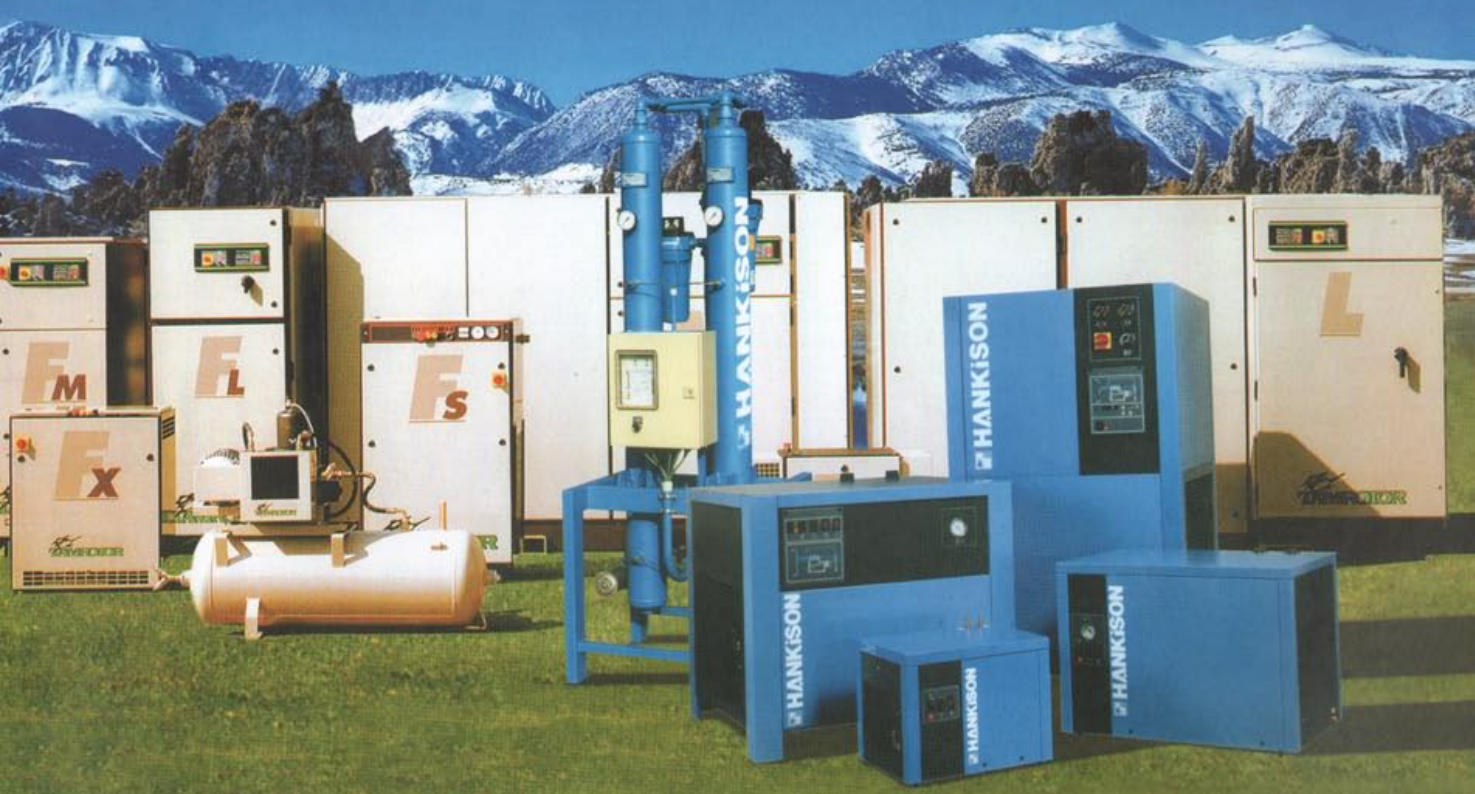
tytułem cd.

pieczęć, data i podpis(y) zleceniodawcy

Opłata:

Gardner Denver

HANKISON INTERNATIONAL



Sprężarki śrubowe o wydajności od 0,5 do 73,5 m^3/min
Sprężarki śrubowe bezolejowe z wtryskiem wody do zespołu śrubowego
Sprężarki śrubowe z falownikiem
Układy odzysku ciepła ze sprężarek
Elektroniczne sterowniki zespołów sprężarek
ISO 2001 - System jakości certyfikowany przez Lloyd's Register
Osuszacze ziębnicze, membranowe i adsorpcyjne sprężonego powietrza
Filtry sprężonego powietrza
Systemy uzdatniania kondensatu ze sprężarkowni
Zbiorniki wyrównawcze sprężonego powietrza
Projekty sprężarkowni i sieci rozprowadzania sprężonego powietrza
Pomoc w doborze optymalnego rozwiązania
Serwis 24 godziny na dobę
Oryginalne części zamienne
Szkolenie personelu użytkownika
Gwarancja 5 lat na zespoły śrubowe

Z NAMI MASZ WŁAŚCIWE CIŚNIENIE !

Biuro Handlowe RUDA Trading International
ul. E. Zegadłowicza 10
40-555 Katowice
tel./fax +48 32 251 25 53
tel./fax +48 32 757 44 65
tel./fax +48 32 757 26 03
e-mail: bh-ruda@bh-ruda.pl

BIURO HANDLOWE JR RUDA TRADING INTERNATIONAL

Oddział Serwisowo-Remontowy
ul. Kopalniana 1
59-101 Polkowice
tel./fax +48 76 848 14 74
tel./fax +48 76 848 14 75
tel./fax +48 76 848 14 76
e-mail: ruda-ost@cuprum.com.pl

Więcej informacji otrzymasz dzwoniąc pod numer (22) 586 18 00.

Mobil **Lider osiągnięć.**